

# BEVEZETÉS AZ ÉPÜLETFIZIKÁBA

Dr. Harmathy Norbert, PhD



**BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM**  
**Építészmérnöki Kar, Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék**

# Épületfizika = tudomány?

**Az Épületfizika (Building Physics, US Eng. Building Science)** tudományos ismeretek és tapasztalatok gyűjteménye, amely összpontosít az építészetet érintő fizikai jelenségek vizsgálatára.

Európában az épületfizika és az alkalmazott fizika (**Applied Building Physics**) olyan fogalok, amelyek egy tudományterülethez kapcsolódnak.

Az épületfizika a természetben előforduló fizikai jelenségeket alkalmazva elősegíti az építészmérnöki és műszaki megoldások vizsgálatát.

# Épületfizika területei

## Épületfizika

**Építészmérnöki tervezés**  
**Épületenergetika és épületgépészet**  
**Építőmérnöki tervezés**  
**Anyagtudományok**  
**Számítástechnika**

Energetikai tanúsítás  
Energiatudatos épületminősítés  
Számítógépes szimulációs technológiák

# Épületfizika témakörei

HŐVÉDELEM

PÁRAVÉDELEM

TERMÉSZETES VILÁGÍTÁS

ÉPÜLETENERGETIKA

LEVEGŐFORGALOM

AKUSZTIKA

# Hővédelem

## **Határolószerkezetek energiamérlege**

Hőátviteli folyamatok (hőtranszport)

Időben állandósult egydimenziós energiaáram

Felületi hőátadási tényező

Hőátbocsátás

Hőhidak

Egyidejű hő- és légáteresztés

Talajra fektetett szerkezetek

## **Sugárzást át bocsátó szerkezetek**

Hőátbocsátás

Sugárzási energiamérleg

# Párávédelem

## Párafizikai alapok

Párás levegő, nedves anyag

Párafizikai jelenségek

## Nedvesség az épületszerkezetekben

Folyékony állapotú nedvesség

Gőz állapotú nedvesség

Párajelenség hőtechnikai vonatkozása

## Páraterhelés számítás és befolyása

Párakeletkezés okai

Páraterhelés csökkentése

## Páradiffúzió

Számítási eljárások

Páradiffúzió számítási eljárása és méretezés

Kondenzáció a szerkezetben

# Természetes világítás

## Világítástechnikai alapfogalmak

A fény

Világítástechnikai mennyiségek

## Természetes fény mint fényforrás

Természetes fényforrás jellemzése

## Természetes fény hasznosítása

Környezeti adottságok hatása

Építészeti kialakítással összefüggő tényezők

## Természetes fénymodellezés és szimuláció

Síkra vetített fényszórás és fényerősség

Térben modellezett fényszórás és fényerősség

# Épületenergetika

## Épületburkolat energetika

Határolószerkezetek energetikai jellemzői

Homlokzati falak, födémek, padlószerkezetek

Üvegszerkezetek energetikai jellemzői

Többrétegű üvegszerkezetek, szigetelések és bevonatok

## Helyiségek energiamérlege

Egyensúlyi állapot és állandósult állapot egyenletrendszere

## Épületfizikai és energetikai számítások

Fajlagos hőveszteség számítás

## Hőszükséglet számítás

Helyiség hőszükséglet számítása



# Épületfizikai hatások

Hőmérsékleti hatások

Szél hatás

Hősugárzás

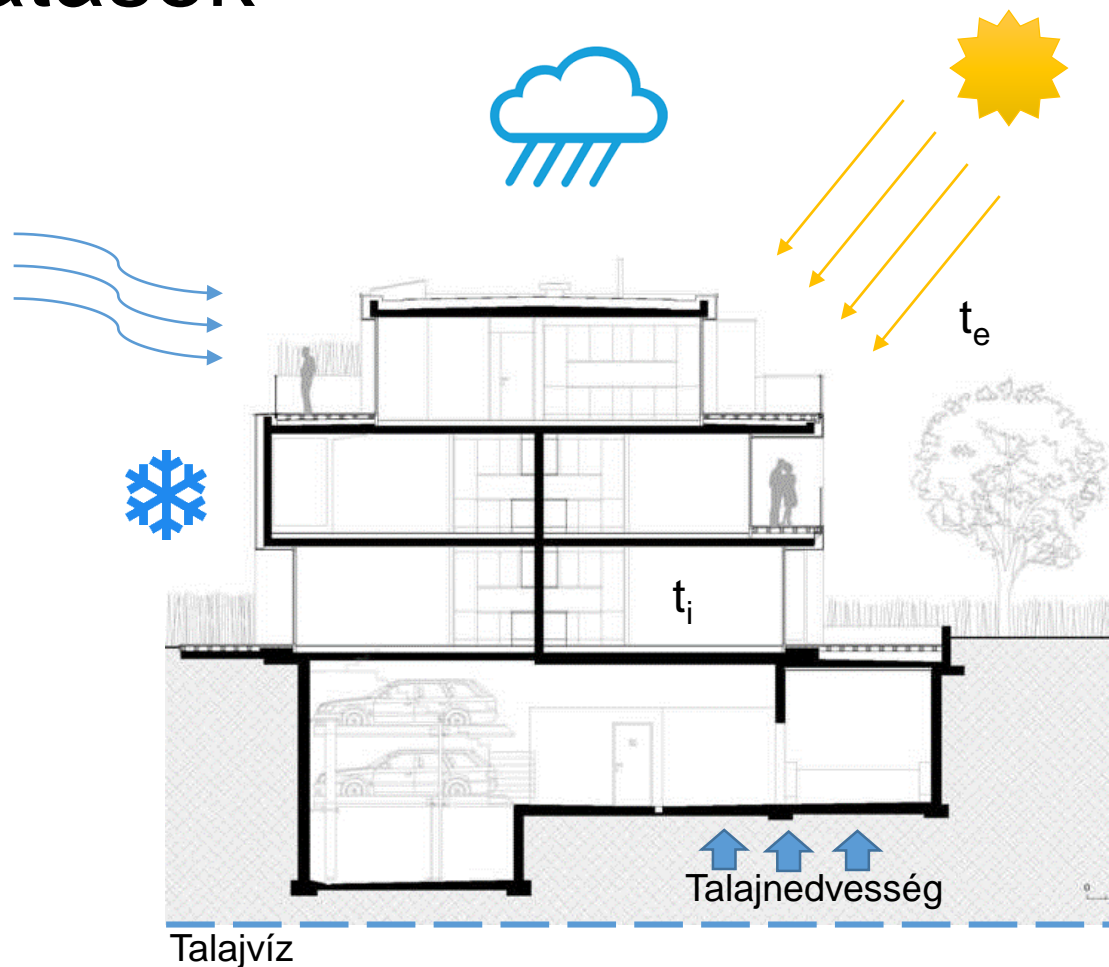
Csapadék

Nedvesség hatások

Hó és fagy hatások

Egyéb hatások:

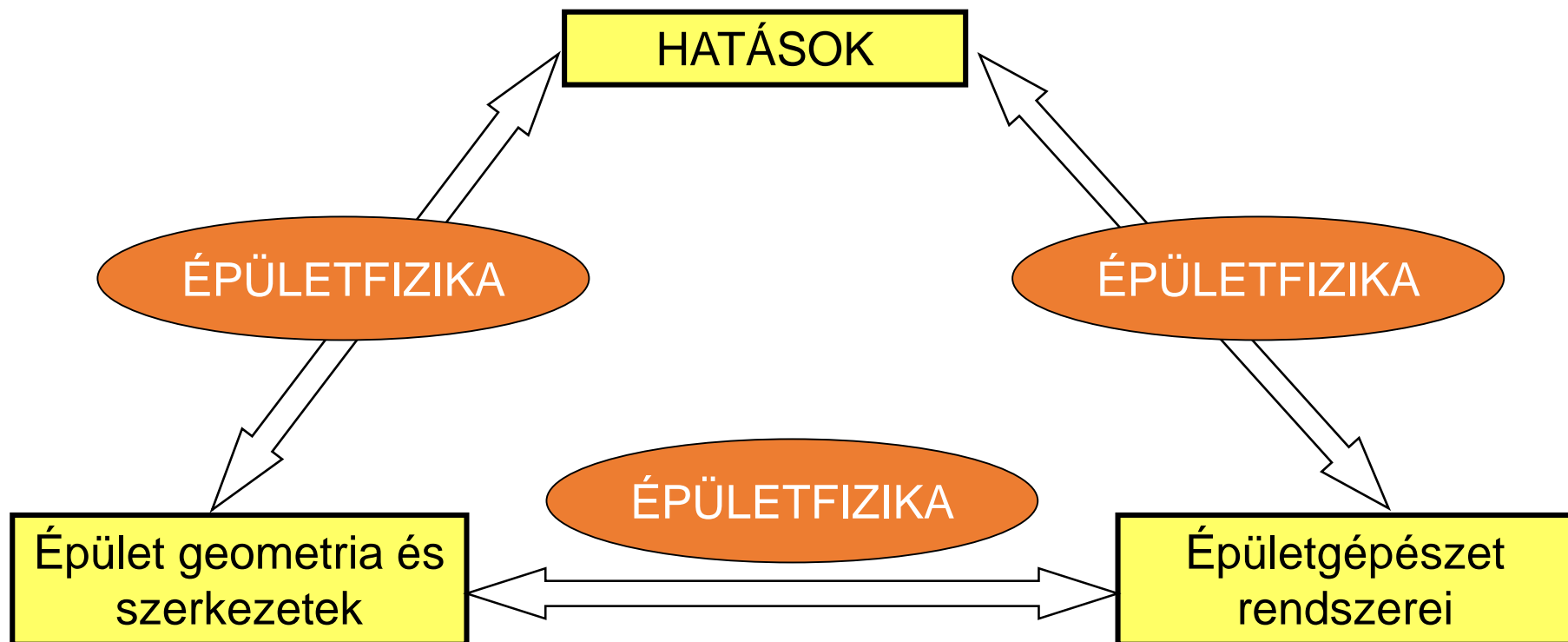
zaj, rezgés ...



# Épületfizika szerepe

Épületfizikai tervezésnek három fő elemre épülő célrendszere van:

1. **A megfelelő belső komfort biztosítása**
2. **A megfelelő állagvédelmi viszonyok biztosítása**
3. **Megfelelő energetikai viszonyok kialakítása**



# Fogalmak, elméleti alapok

## Éghajlat

### Környezet

Hőmérséklet

A napsugárzás spektruma

Direkt napsugárzás

Napsugárzás intenzitása

Csapadék

A levegő nedvességtartalma, állapotjellemzők

Árnyékolóhatás

### Mikroklíma

Hőérzet és mérőszámai

# Éghajlat

Az építés egyik célja olyan **komfortos terek létrehozása**, amelyekben a külső környezettől eltérő állapotokat kell biztosítani.

A tervezői feladat szakszerű megoldásához **nélkülözhetetlen az épületet érő környezeti hatások ismerete**.

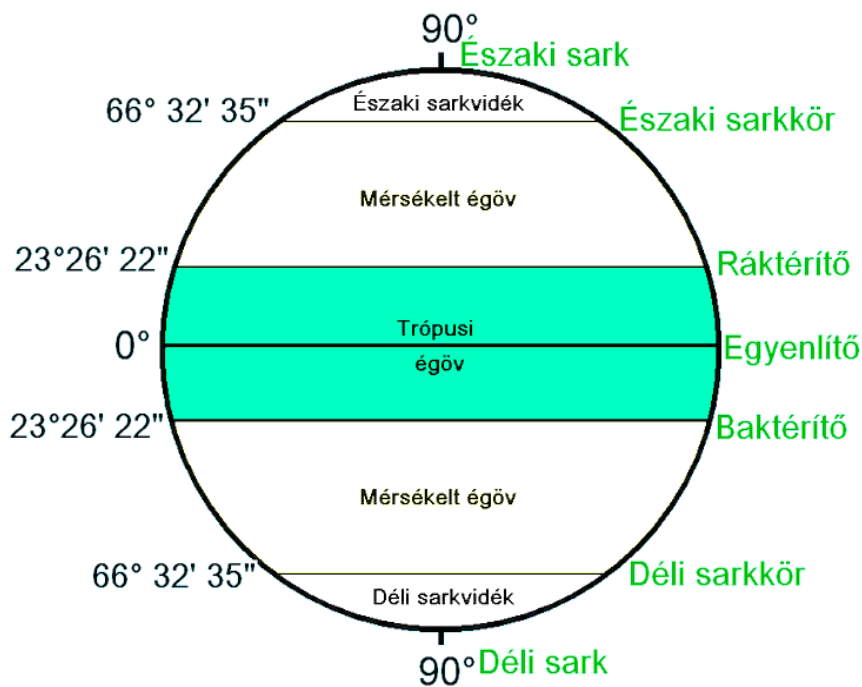
Az éghajlatból meghatározó természetes környezeti hatások köre tág. Ide értjük a következőket:

- Földrajzi hely
- Domborzati-vízrajzi jellemzők
- Szűkebb környezet éghajlati jellemzői
- Növényzet
- Időjárási elemek

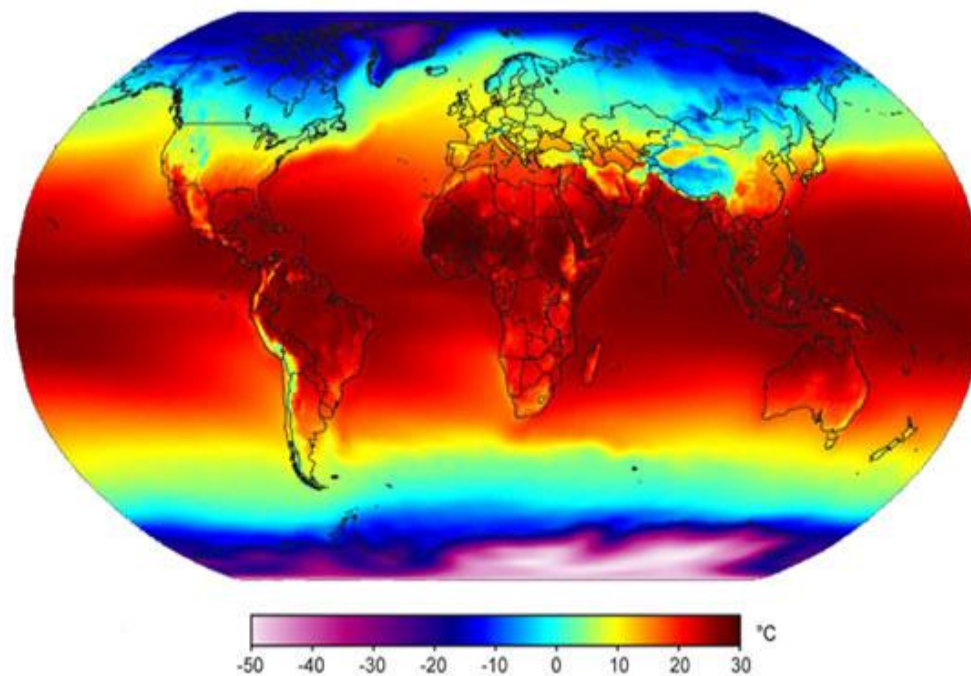
Az **éghajlat** az időjárási elemek időbeli összegeződéséből tevődik össze és a különböző időszakokra vonatkozó **statisztikai adatokkal jellemezzük**.

# Éghajlat

## A Föld éghajlati övei



## Léghőmérséklet átlagértékek



# Éghajlat

**Legösszetettebb építési követelményekkel** a mérsékelt éghajlati övezetben találkozunk. Jellemzők:

1. Téli hideg
2. Nyári túlmelegedés
3. Nappálya
4. Különböző formájú csapadék

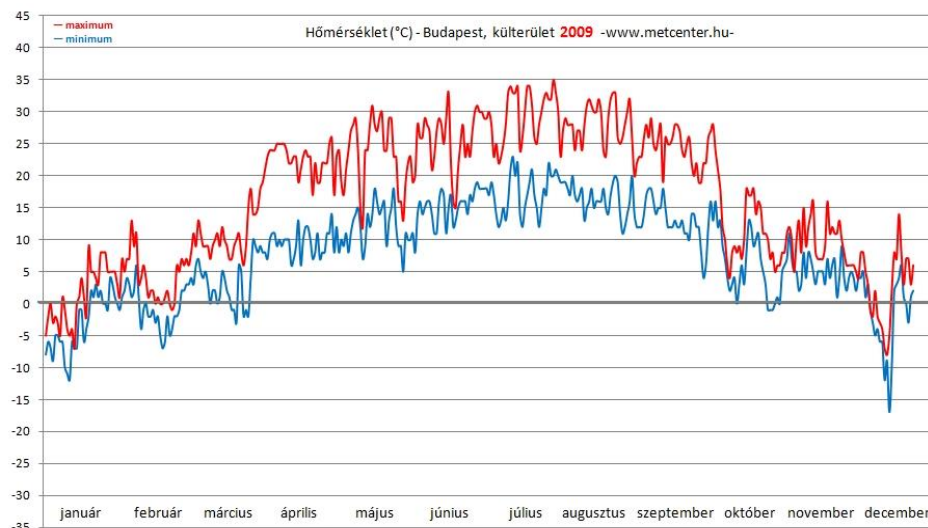
**Klímatudatos és környezettudatos tervezésnél** az éghajlati adottságokhoz ajánlott illeszteni a jellemző formákat és szerkezetek termikus karakterisztikáit.

**Elkerülhetetlen** a meteorológiai állomásokon begyűjtött **éghajlati adatok ismerete és vizsgálata** ahhoz, hogy a tervező megfelelő és hatékony módon alakítsa ki az **épület épületfizikai és energetikai jellemzőit.**

# Környezet – hőmérséklet

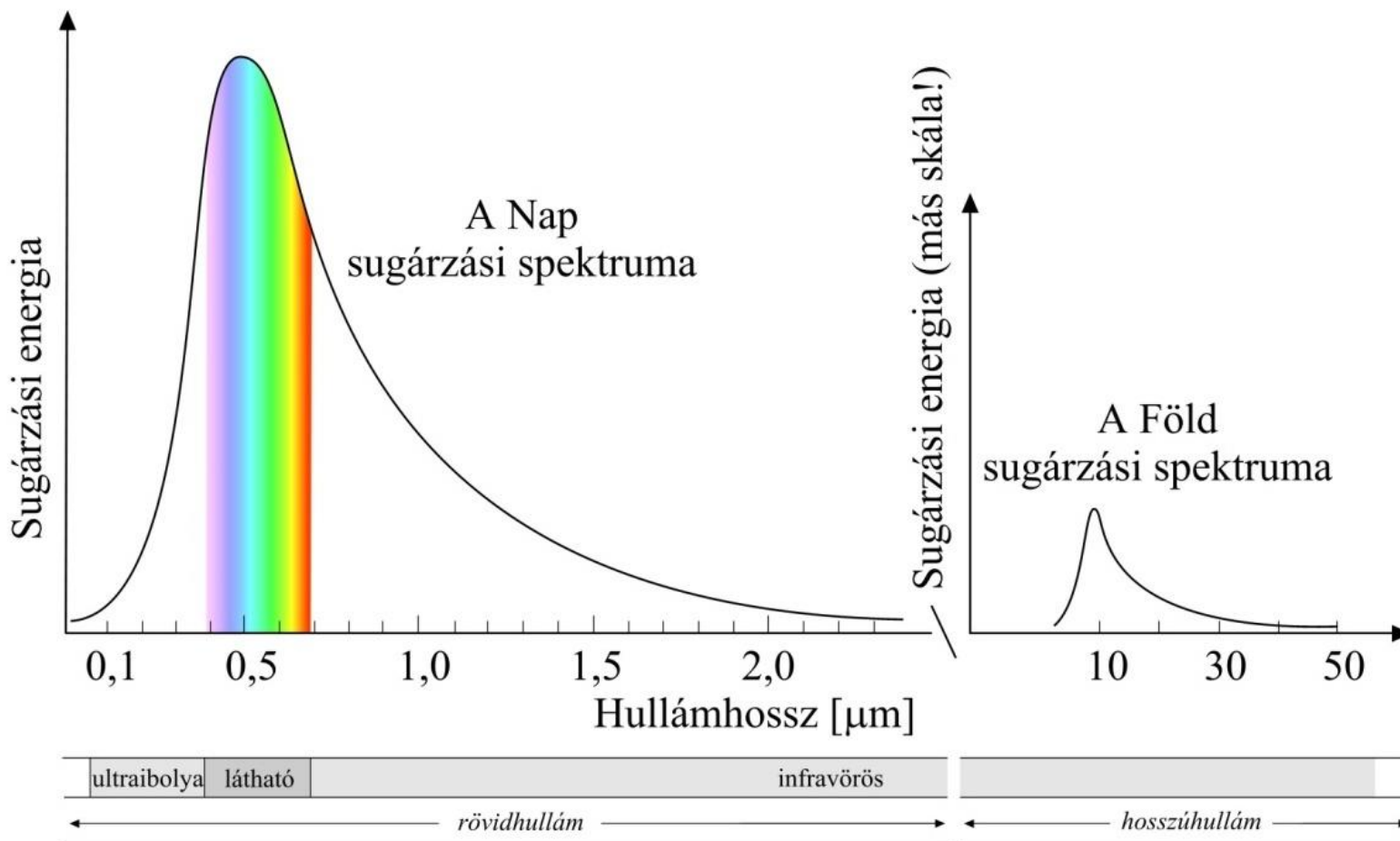
A hőmérsékletet statisztikai adatokkal jellemzik:

- **Éves középhőmérséklet**
- **Havi középhőmérsékletek**
- **Hőmérsékletlengések**
- **Szélsőséges (extrém) értékek**
- **Tervezési értékek** (extrém értékeknél enyhébbek, elfogadható kockázat mellett)
- **Fűtési hőfokhíd** (a fűtési energiaigény egyik meghatározója az, hogy az idény folyamán a helyiség és a környezet közötti hőmérsékletkülönbség mekkora és milyen hosszú időtartamú)



# Környezet – a napsugárzás spektruma

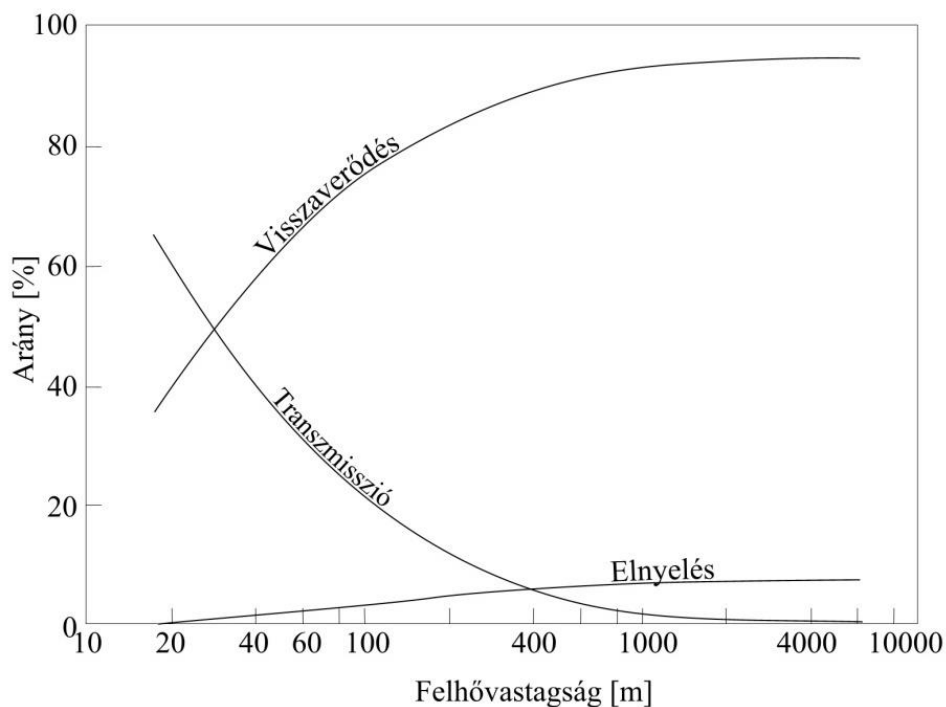
A bejövő napsugárzás és a kimenő földsugárzás Planck függvényei, azaz a Nap és a Föld által kibocsátott sugárzási energia spektrális eloszlásának összehasonlítása (Forrás: T. L. McKnight, 1990)





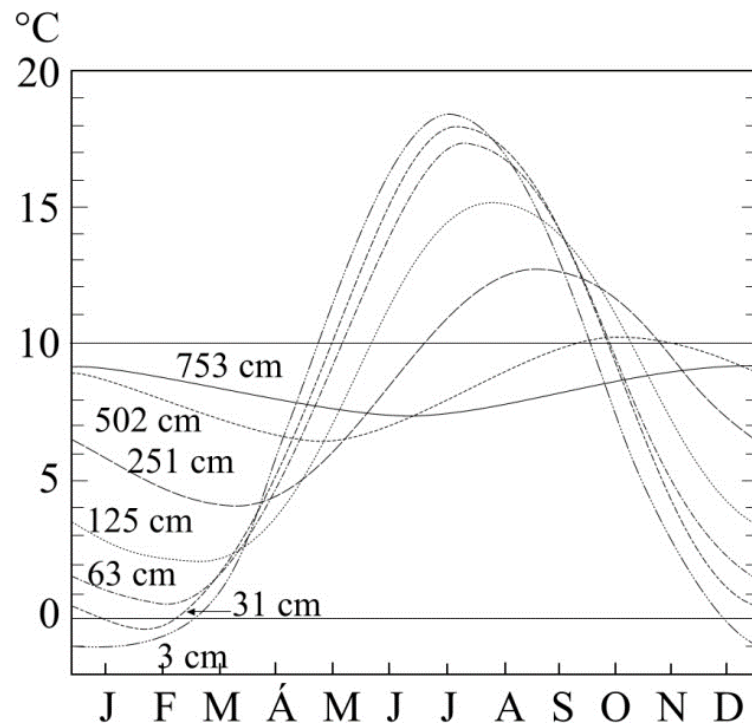
# Környezet – a napsugárzás spektruma

A felhőrétegen visszaverődött, elnyelt és áttersztett (transzmittált) napsugárzás százalékos arányai a felhővastagság függvényében (%)



Különböző mélységű talajrétegek éves átlagos hőmérsékleti menete.

A méréseket a talaj felszínén, illetve 3 cm, 31 cm, 63 cm, 125 cm, 251 cm, 502 cm és 753 cm-es talajrétegekben végezték, Königsberg (Kalinyingrád) körzetében (Geiger, 1965 nyomán).



# Környezet – direkt napsugárzás

Általános jellemzők:

- **Terjedéshez** nincs szükség közvetítő közegre.
- **Hőenergiává** alakul anyagi részecskék jelenlétében pl. a légkörön keresztül haladva.
- **Időben viszonylag állandó**: a napenergia állandó értéke kb.  $1368 \text{ W/m}^2$ . A Napból a légkör felső határára ennyi energia érkezik.
- A Napból érkező, hullámok formájában terjedő **elektromágneses energiának** sajátos hullámhossz szerinti eloszlása van – spektrális eloszlás.
- A légkörön áthaladva a sugárzás **szóródik**, **elnyelődik**, illetve **visszaverődik**. A felszínre érkező sugárzás veszteséget szenved, gyengül, változik a spektrális összetétele.

# Környezet – direkt napsugárzás

## A sugárzás erőssége és mérése

- A **sugárzás erőssége** jellemezhető azzal a **hőmennyiséggel**, amely akkor keletkezik, ha a sugárzást egy tökéletesen elnyelő testtel elnyelhetjük.
- Mértékegysége:  $W/m^2$
- Másik fontos sugárzási jellemző a **napfénytartam**, ami a  **$120 W/m^2$  feletti** sugárzás **időtartama** (óra/év).
- 1965 óta a sugárzásmérés központi obszervatóriuma Pestlőrinc.

## Campbell-Stokes-féle napfénytartam mérő



# Környezet – napsugárzás intenzitása

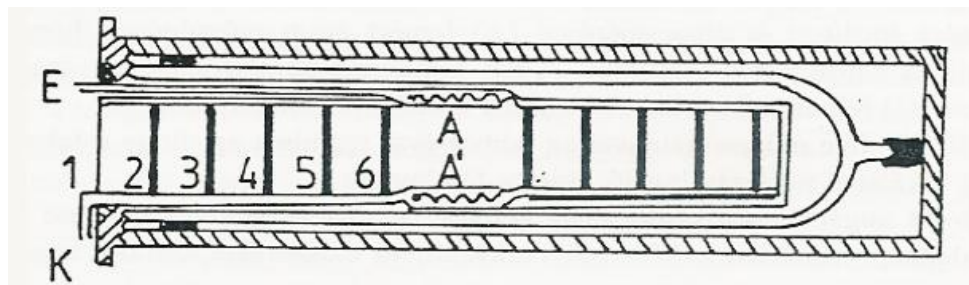
Napsugárzás intenzitásának a mérése

Direkt sugárzás - Pirheliométer

**Abbot-féle Pirheliométer** felül nyitott

fémhenger, belső fala feketére van festve,

- Ebben diafragmák (1-6) – csak a direkt sugárzást engedik be,
- A henger falán spirál alakban, ismert sebességgel víz áramlik, ez felmelegszik, hőmérsékletét a henger falával való érintkezés előtt (A), majd a falától való távozáskor mérik (A'),
- A víz mennyisége és fajhője ismert, a felmelegedésből számítható a sugárzás hőegyenértéke



# Környezet – napsugárzás intenzitása

## Globális sugárzás - Pyranométer

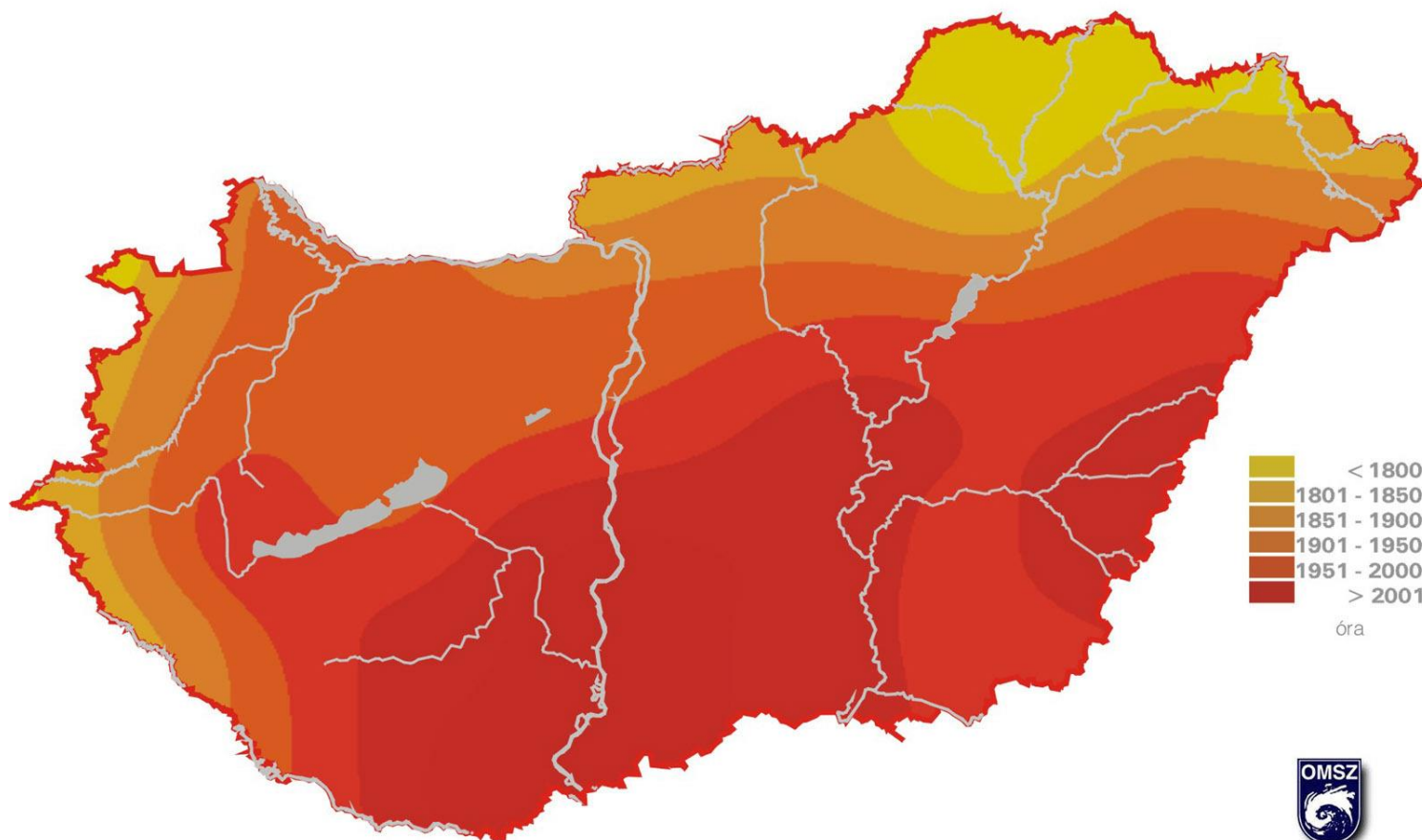
Globál sugárzás mérésére szolgálnak, azaz **a Nap és az égbolt** együttes sugárzását mérik:

- érzékelőjük vízszintes, az érzékelő felületét a teljes félgömbi tartományból érkező sugárzás szabadon éri
- az érzékelő két koncentrikus ezüstgyűrűből áll, a belső feketére, a külső fehérre van festve
- a két gyűrű hőmérsékletkülönbségét egy ún. termooszlop méri
- kialakult termofeszültség arányos a beérkező rövidhullámú globál sugárzással.



# Környezet – napsugárzás intenzitása

A napsütéses órák éves összege

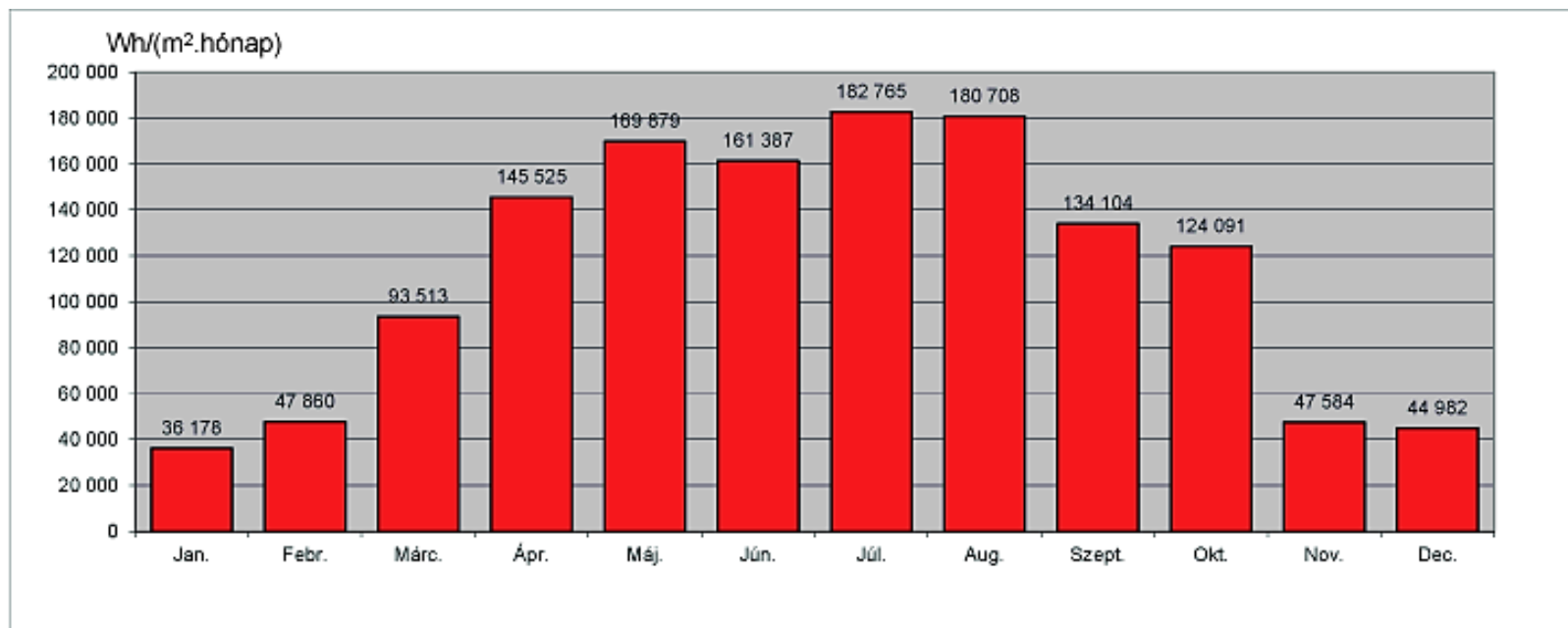


# Környezet – napsugárzás intenzitása

## Napsugárzási adatok, 2013.

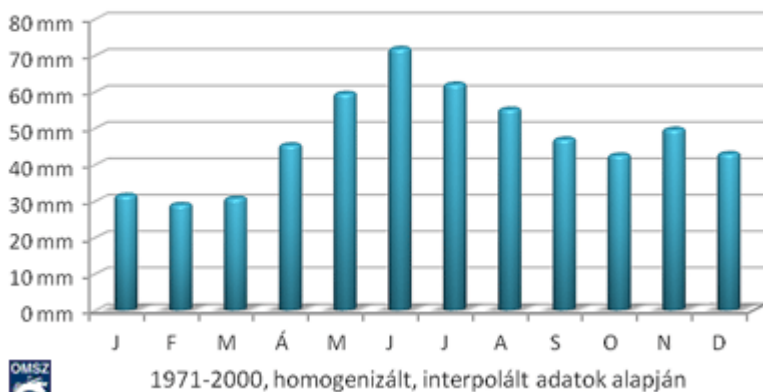
- Éves sugárzásösszeg: **1368,6 kWh/m<sup>2</sup>**
- Átalagos napi sugárzás: **3750 Wh/m<sup>2</sup>**
- A legmagasabb napi sugárzásjövdelem június 29-én: **7586 Wh/m<sup>2</sup>**
- A legalacsonyabb napi sugárzásjövdelem január 17-én: **70 Wh/m<sup>2</sup>**

2013. évi napsugárzás havi bontásban ábrázolva

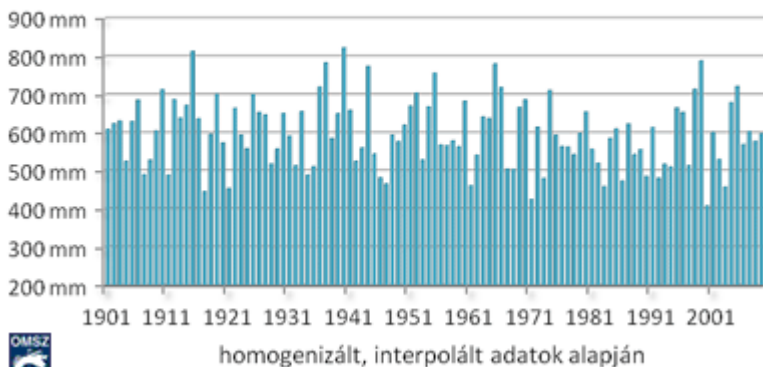


# Környezet – csapadék

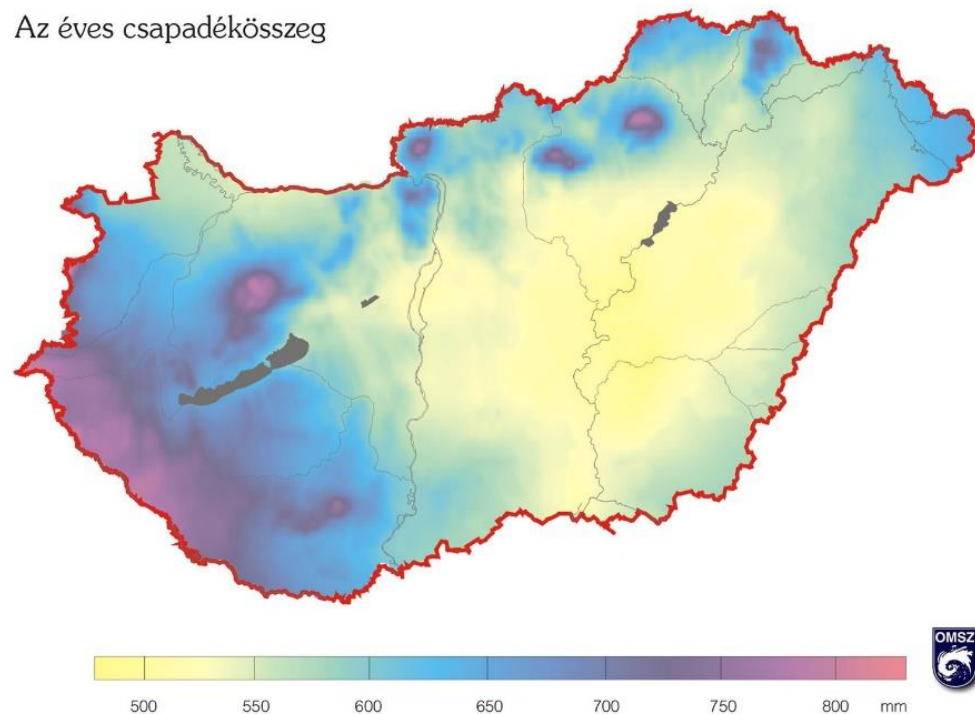
## Országos átlagos havi csapadékösszegek



## Országos éves csapadékösszegek 1901-2009



## Az éves csapadékösszeg





# Mikroklíma

A mikroklíma mindazoknak a tér aránylag kicsiny részére vonatkozó és **egymással kölcsönhatásban** is levő elemeknek, tényezőknek összegzése, amelyek az e térben (térrészben, helyiségben) levő élettelen tárgyak és élő szervezetek hő- és anyagcsere folyamatait befolyásolják.

Az élő szervezet hőérzetét a szervezet és a környezet közötti hő- és anyagtranszport határozza meg.

## A mikroklíma és az ember

A kellemes hőérzeti állapot feltétele az, hogy az emberi test biológiai hőtermelése a kellemes bőrfelületi hőmérséklet mellett jusson a környezetbe.

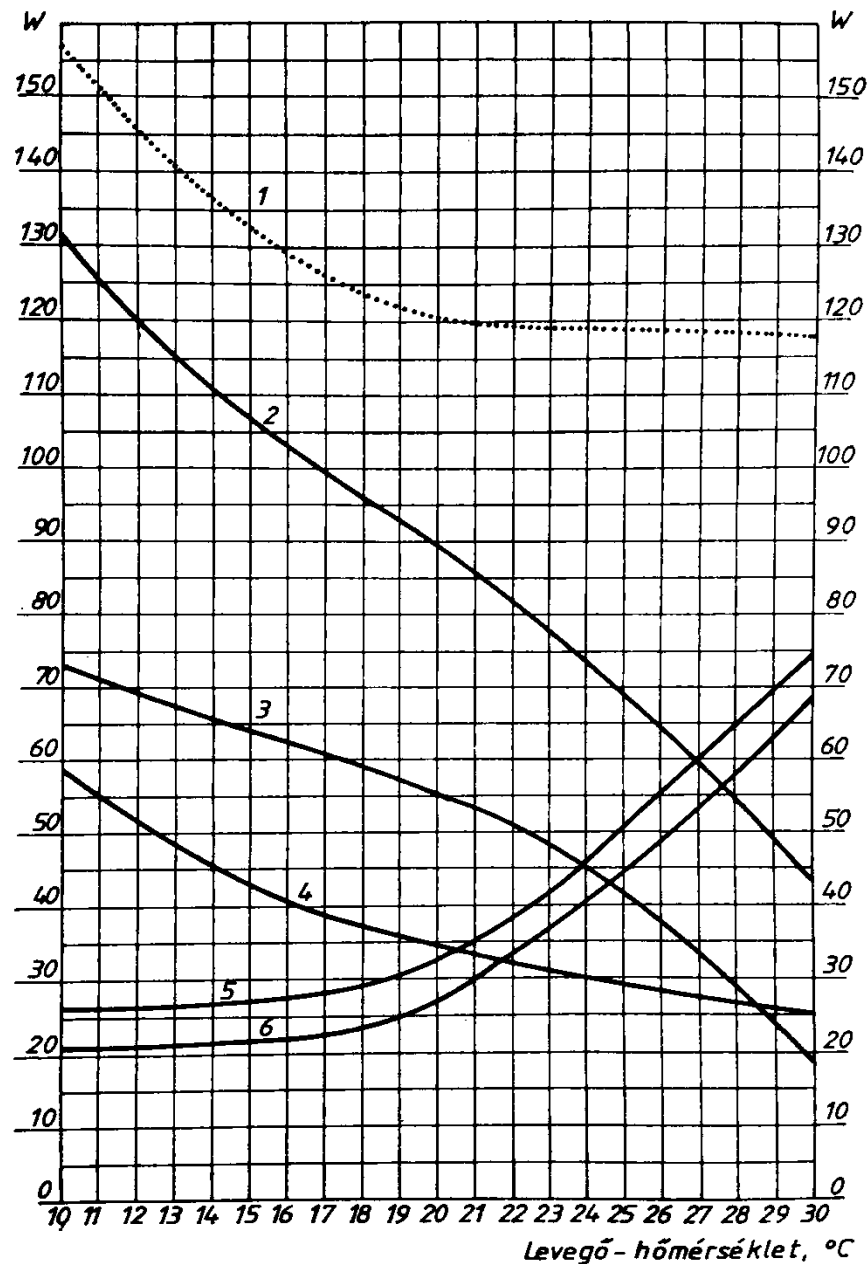
Az emberi szervezet hőtermelése az anyagcsere folyamatokhoz kötődik. A **hőátszármaztatási folyamat** négy legfontosabb tényezője:

- a száraz hőleadás a környező levegőbe,
- a sugárzásos hőleadás,
- a légzés útján történő hőleadás,
- a párolgás útján történő hőleadás.

# Mikroklíma

## Az emberi szervezet hőleadása:

1. Összes hőleadás
2. Száraz (konvekciós+sugárzásos) hőleadás
3. Sugárzásos hőleadás
4. Konvekciós hőleadás
5. Nedves (párolgás + légzés) hőleadás
6. Párolgásos hőleadás

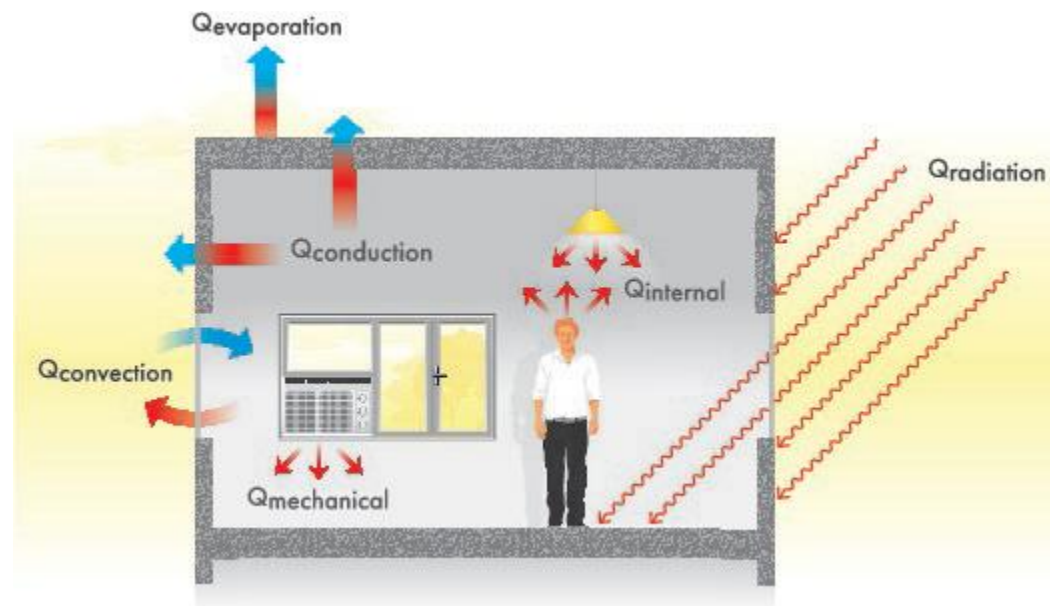


# Mikroklíma – hőérzet és mérőszámai

A **kellemes hőérzet** az általánosan elfogadott meghatározás szerint az a tudatos állapot, amely a termikus környezettel kapcsolatos elégedettséget fejezi ki.

A belső mikroklímára ható legfontosabb műszaki paraméterek:

- levegő hőmérséklete
- a környező felületek hőmérséklete
- a sugárzás mértéke
- a levegő nedvességtartalma
- a levegő sebessége



<https://www.ecophon.com/en/about-ecophon/functional-demands/thermal-comfort/>

# Állagvédelem

A belső felületek állagvédelmi ellenőrzése

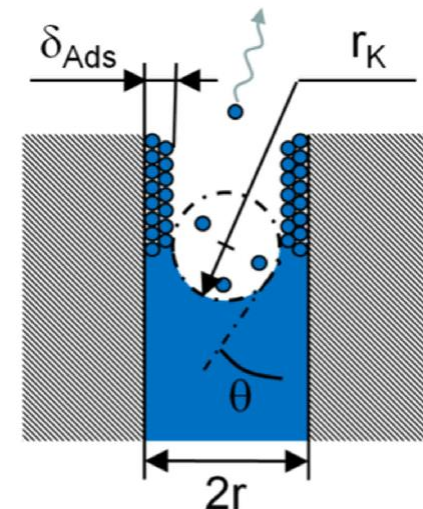
A lehetséges állagkárosodások:

- **Felületi kondenzáció**

Ha a felülettel érintkező, azzal azonos hőmérsékletű határrétegben a relatív nedvességtartalom eléri a **100 %-ot**

- **Kapilláris kondenzáció**

Ha a felülettel érintkező, azzal azonos hőmérsékletű határrétegben a relatív nedvességtartalom eléri a **75 %-ot**.



J. Guillot, 2017, Développement de faisceaux radioactifs : Influence de la microstructure d'une cible d'UCx sur les propriétés de relâchement des produits de fission

# Állagvédelem

A nedvesség jelenléte a **gombásodás** szükséges feltétele!

Szaporodásra képes penészgomba spórák mindig vannak a levegőben.

A több ezer faj között mindig található olyanok, amelyek számára az adott hőmérséklet- és fényviszonyok megfelelőek.

Penészképződés szempontjából a kritikus részek a határolószervezetek belső felületének **legalacsonyabb hőmérsékletű felületei**, vagyis a csatlakozási élek, sarkok, hőhidak.

Penészes fal



<http://m.cdn.blog.hu/fu/furdancs/image/gyokosi2/p%C3%A11ra5.jpg>

Nedves hőszigetelés



<https://insofast.com/explore/insofast-vs-traditional-fiberglass/>

# Solar Decathlon 2019

## Nemzetközi házépítő verseny

<http://www.sde2019.hu>



hungarian nest+  
projekt



mor projekt



inhabit2030  
(h2030) projekt