

Benapozás vizsgálat

Sugárzási hőnyereség

Elméleti alapok és számítási módszerek

Dr. Harmathy Norbert, PhD



Benapozás

Alapfogalmak

A sugárzás spektruma

Környezet és napsugárzás

Nappálya és nappályadiagram

Árnyékszerkesztés

Benapozás

TNM 7/2006 rendelet – benapozás és sugárzási nyereség számítás

Direkt sugárzási nyereség számítás

Nyári sugárzási hőterhelés

Indirekt sugárzás

Üvegezés karakterisztikák

Szoláris nyereség modellezése (Revit + Radiance)

Fényerősség szimuláció (Revit + Radiance)

Alapfogalmak

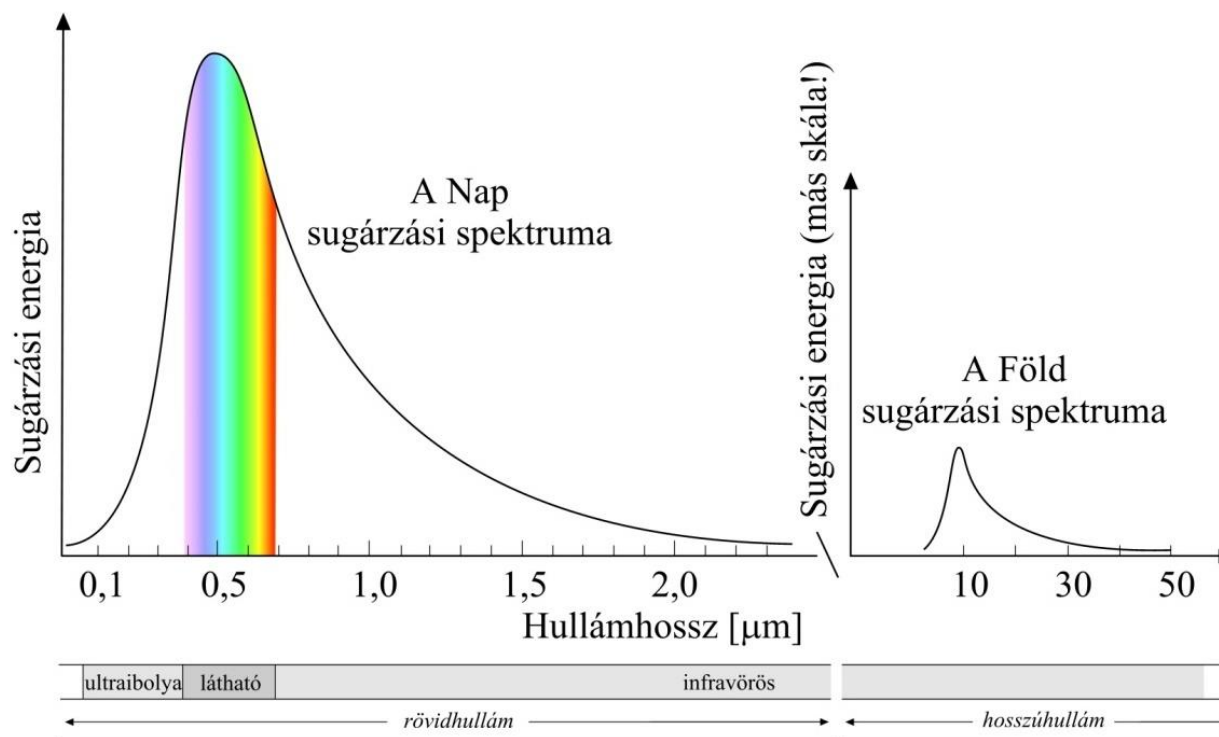
- **Azimut:** Vízszintes vetületi szög fokokban.
- **Beesési szög:** Függetlenes árnyékszög (altitude), vagyis a napsugárnak a homlokzat síkjára merőleges vetítősíkban lévő komponense.
- **Benapozás:** A napsugárzás időtartama, ameddig az egy adott felületet érhet.
- **Helyi középidő:** A Föld egyenletes pályasebességének feltételezésével számított, a földrajzi hosszúságoknak pontosan megfelelő közepes idő.
- **Homlokzat azimut:** A homlokzat síkjának tájolása fokokban, északról mérve.
- **Idővonal:** Az azonos középidőhöz tartozó napállások mértani helye az égbolton vagy vetületben.
- **Lehetséges napfény tartam:** A geometriailag lehetséges benapozási időszak.
- **Magasságvonalak:** Azonos szög alatt látható égbolti pontok mértani helyei vízszintes vetületben.
- **Napazimut:** A napsugárzás vízszintes vetületi szöge fokokban az északi pólustól mérve.

Alapfogalmak

- **Napállás:** A Nap azimutjával és altudjával (magassági szögével) meghatározott helyzete az égbolton.
- **Napdiagram:** Az égbolti nappályák vetületi nyomvonalait tartalmazó diagram a Nap helyzetének meghatározására.
- **Napfénydiagram:** A direkt napsugárzás időtartama órákban.
- **Napmagasság:** A Nap horizontsík fölötti szögmagassága fokokban.
- **Nappálya (napnyomvonal):** A Nap nyomvonala az égbolton, vagy ennek vízszintes vetülete.
- **Napszögek:** A Nap helyzetének meghatározására szolgáló azimut- és magassági szögek fokokban.
- **Valószínű napfénytartam:** A meteorológiai viszonyoktól függő, mért adatok alapján valószínűsített napsütötte időtartam, mely alatt direkt sugárzás jut a Föld felszínére. Mindig kevesebb, mint a lehetséges napfény tartam.

A sugárzás spektruma

- A Nap valamennyi **időjárás** **éghajlati elem** közvetett meghatározója, egyben az építészeti eszközökkel is hasznosítható **tiszta és megújuló energiaforrásunk**. A energia **sugárzás** formájában érkezik a Föld felszínére. A sugárzás során két test között az energiaáram közvetítő közeg nélkül, **elektromágneses hullámok** révén megy végbe.
- Az elektromágneses sugárzás hullámhossza függvényében beszélhetünk: gamma-sugárzásról, röntgensugárzásról, rádióhullámokról. A továbbiakban csak az épületek energiamérlege és állagvédelme szempontjából érdekes **hullámhossztartományokkal** foglalkozunk, amelyekbe az **ultraibolya sugárzás, a látható fény, valamint az infravörös sugárzás spektrumának** egy része tartozik.



Környezet – direkt napsugárzás

A sugárzás általános jellemzői:

- **Terjedéshez** nincs szükség közvetítő közegre.
- **Hőenergiává** alakul anyagi részecskék jelenlétében pl. a légkörön keresztül haladva.
- **Időben viszonylag állandó**: a napenergia állandó értéke átlagosan kb. 1280 kWh/m². A Napból a légkör felső határára ennyi hőenergia 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.

A napsugárzás

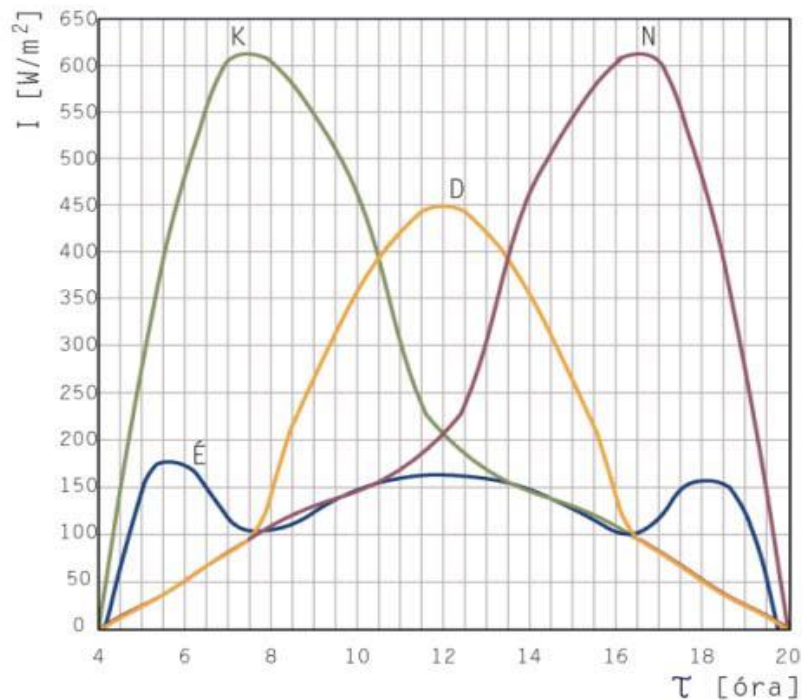
- A sugárzás energiahozamát a sugárzás intenzitásával (W/m^2) fejezzük ki.

A napsugárzás energiahozamának jellemzésére a következő adatokat használjuk:

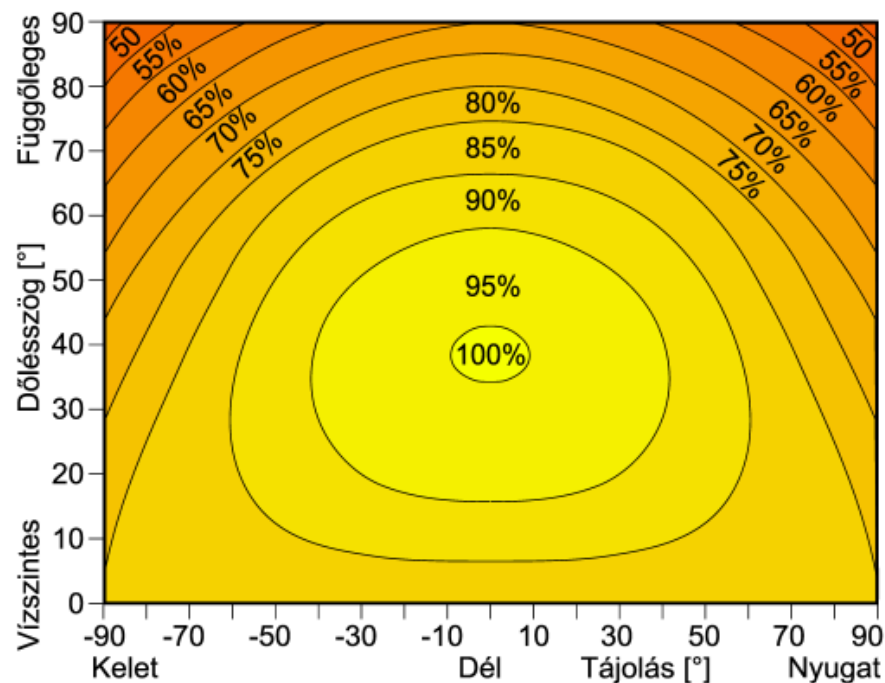
- **Globál sugárzás:** a vízszintes síkra a felső féltérből érkező összes rövidhullámú sugárzás.
- **Diffuz sugárzás:** a vízszintes síkra a felső féltérből érkező összes rövidhullámú sugárzás, amely a felhőrétegen áthalad. A diffúz sugárzást szórt sugárzásnak is nevezzük.
- **Direkt sugárzás:** a Nap korongjának térszögéből a Nap irányára merőlegesen álló felületre belépő rövidhullámú sugárzás. Közvetlen sugárzásnak is nevezzük.
- **Besugárzás:** valamilyen időtartam alatt a felületegység által kapott összes sugárzási energia, mértékegysége kWh/m^2 a besugárzás időtartamára vonatkoztatva (pl. óra, nap, év).
- Magyarországi statisztikai adatok alapján az átlagos fűtési idényre függőleges felületekre a következő tervezési adatokat használjuk:
 - északi tájolás: 100;
 - keleti és nyugati tájolás: 200;
 - déli tájolás: 400;az adatok $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{a}$ mértékegységben értendő.

A napsugárzás

A sugárzás intenzitásának tájolás szerinti megoszlása június hónapban

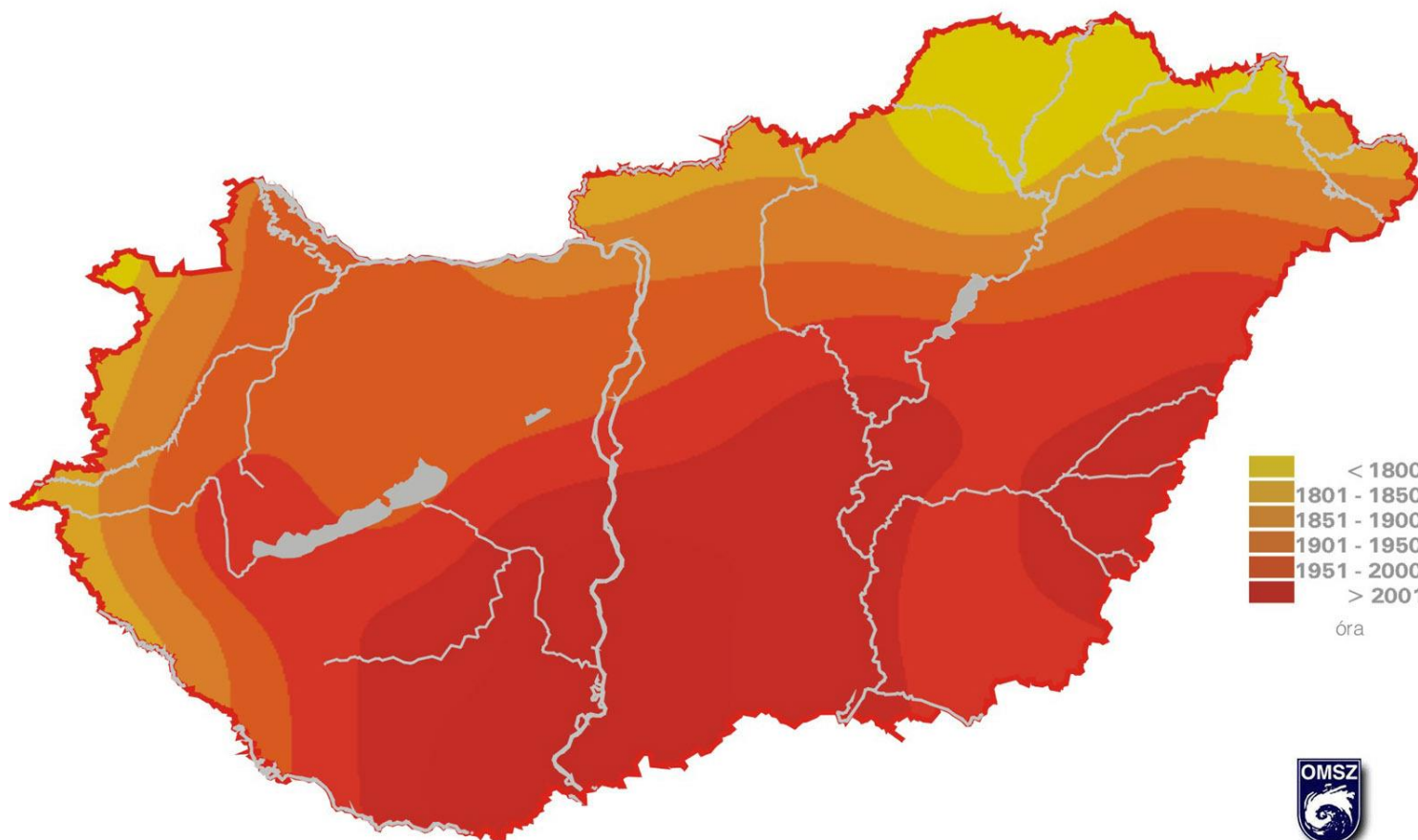


Az éves sugárzási energiahozam százalékos értéke a tájolás és a dőlésszög függvényében



Környezet – napsugárzás intenzitása

A napsütéses órák éves összege

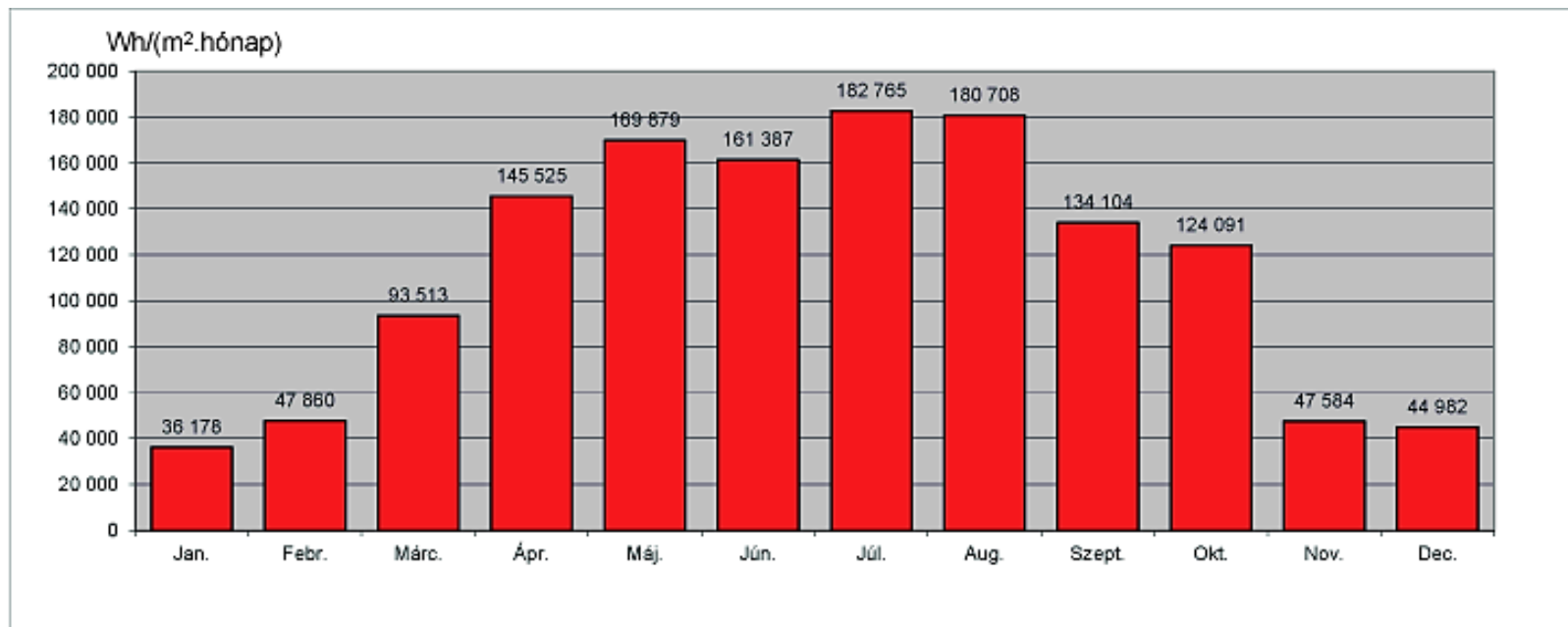


Környezet – napsugárzás intenzitása

Napsugárzási adatok, 2013.

- Éves sugárzásösszeg: **1368,6 kWh/m²**
- Átalagos napi sugárzás: **3750 Wh/m²**
- A legmagasabb napi sugárzásjövdelem június 29-én: **7586 Wh/m²**
- A legalacsonyabb napi sugárzásjövdelem január 17-én: **70 Wh/m²**

2013. évi napsugárzás havi bontásban ábrázolva



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

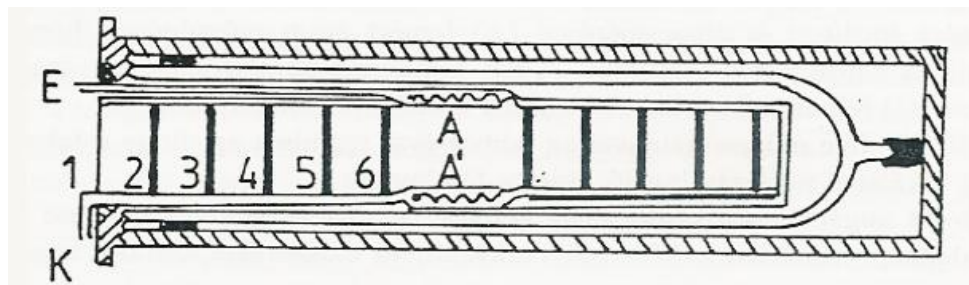
Napsugárzás intenzitásának a mérése

Direkt sugárzás - Pirheliométer

Abbot-féle Pirheliométer felül nyitott

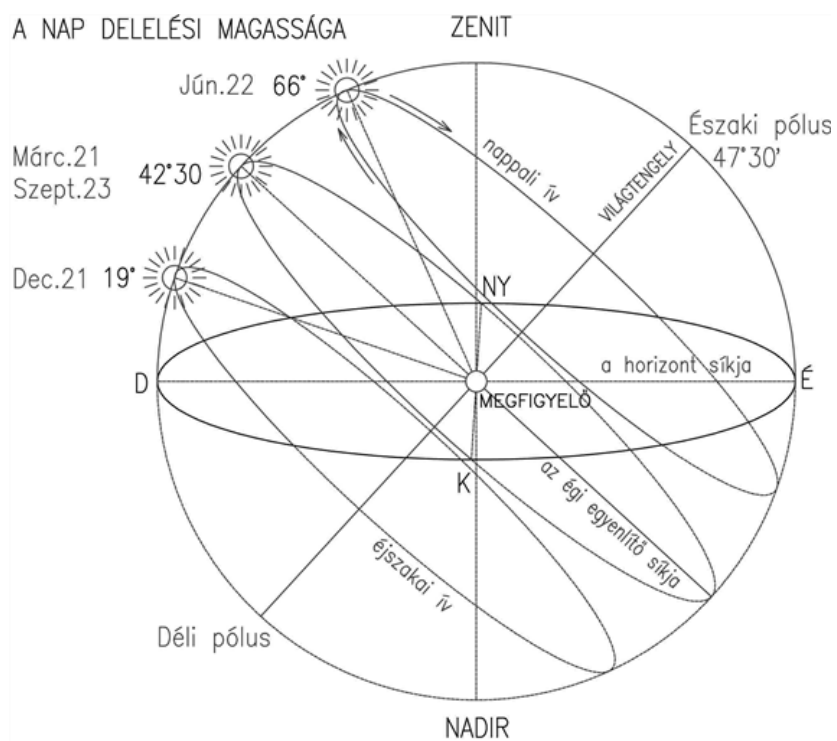
fémhenger, belső fala feketére van festve,

- 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



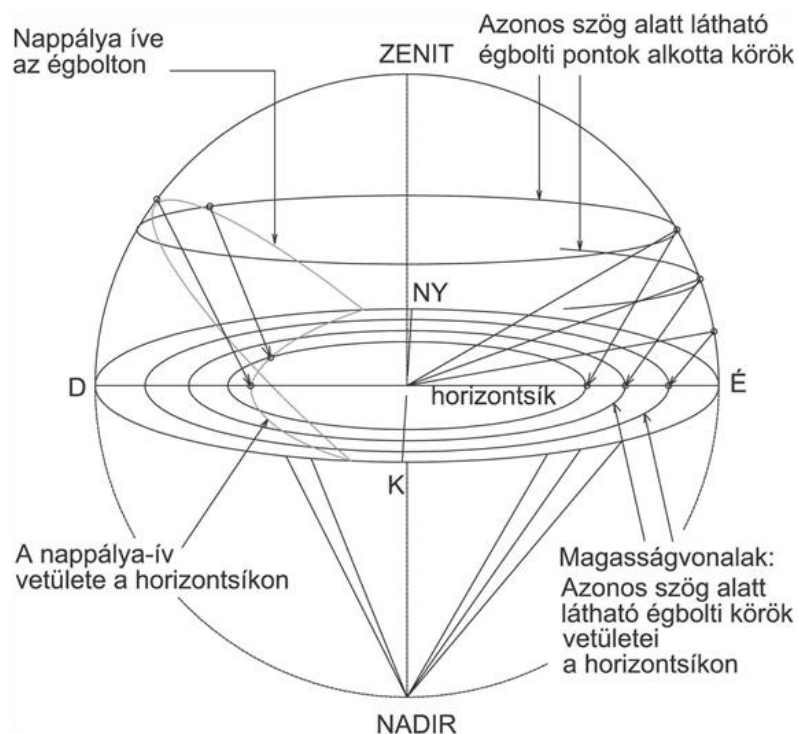
A nappálya

A napsugárzás időtartama az év folyamán változik, és a napsugarak iránya és beesési szöge is változik mind napszakonként, mind az éves ciklusidőben.



A NAP LÁTSZÓLAGOS NAPI MOZGÁSA BUDAPESTEN

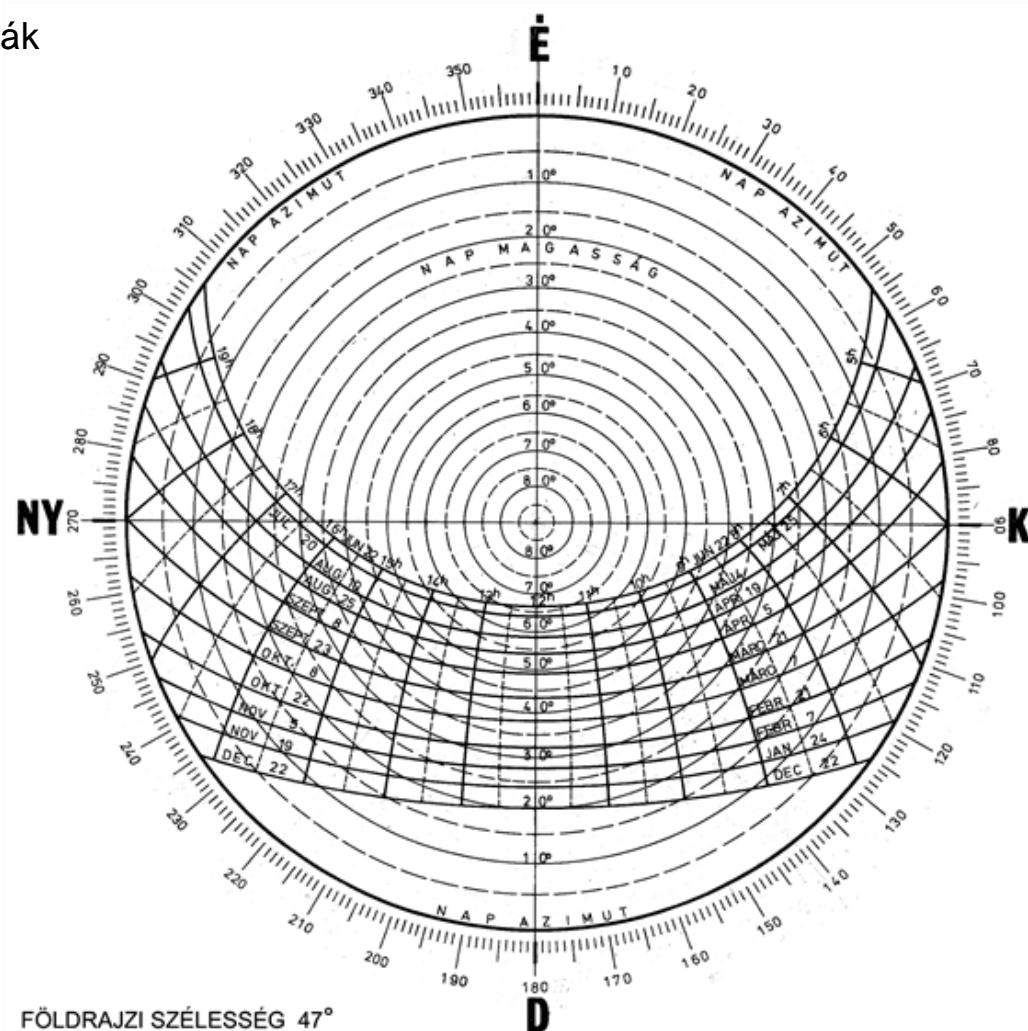
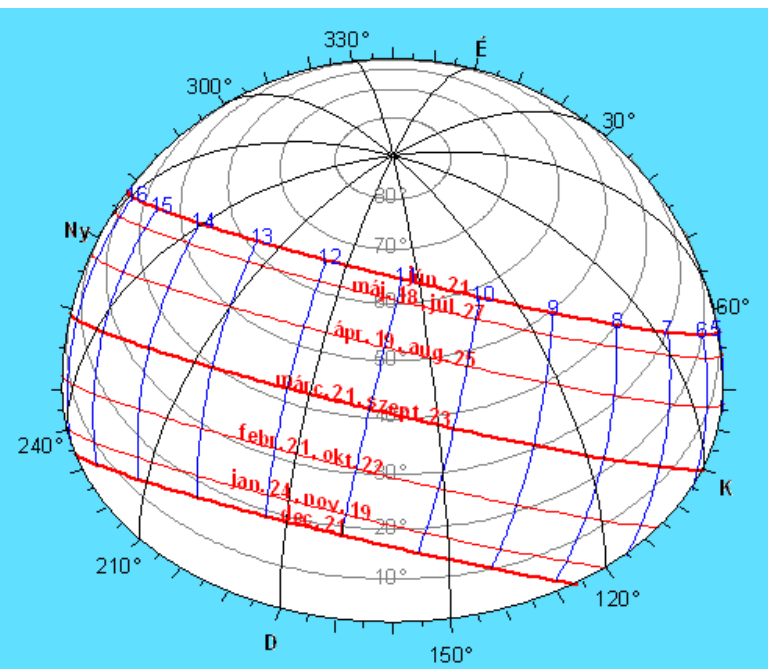
Az év adott napjának adott órájában a napsugárzás iránya és beesési szöge meghatározható. Erre szolgál az ún. „**nappálya-diagram**”, amely az évi és napi ciklusidőben szerkesztett nappályákat szemléletes módon mutatja.



Sztereografikus nappályadiagram

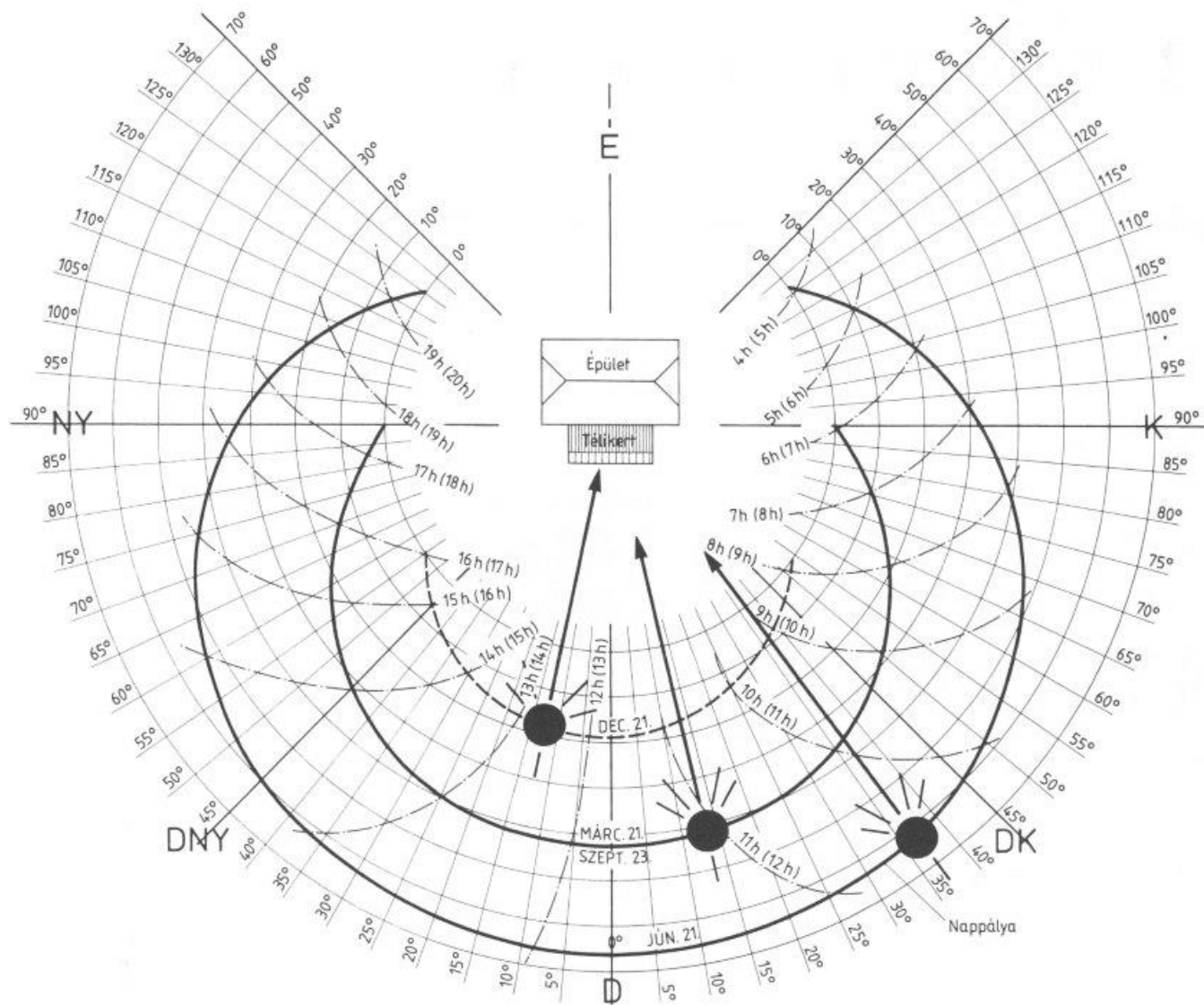
Sztereografikus vetület

Félgömb felületre felszerkesztett nappályák síkra való leképezésével kapjuk.



Nappályadiagram

Nappályadiagram



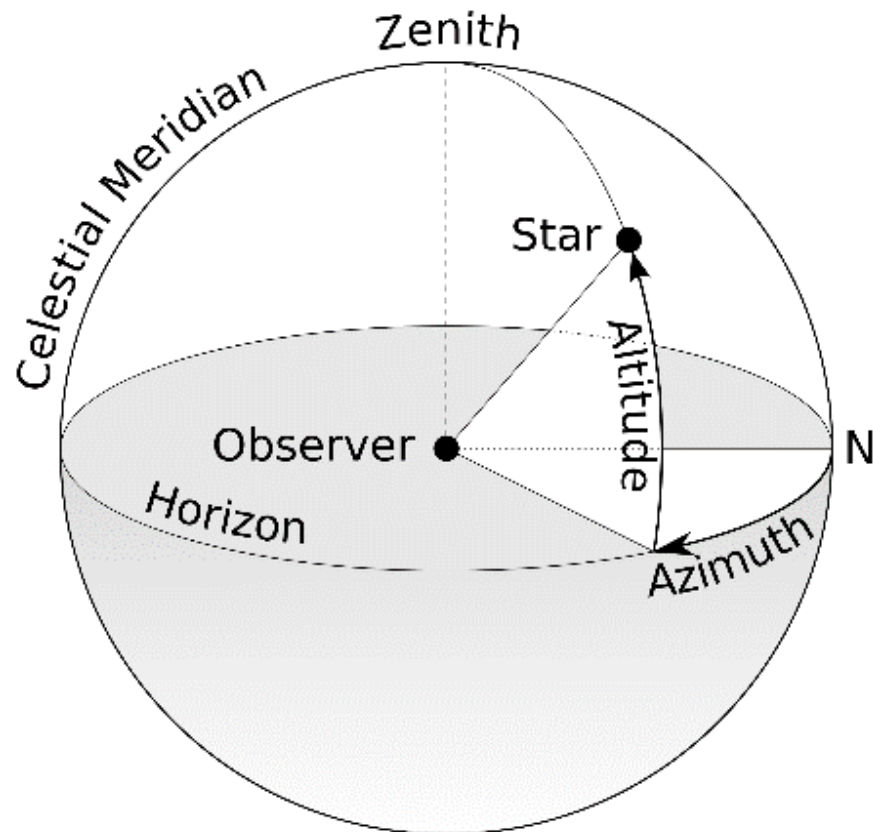
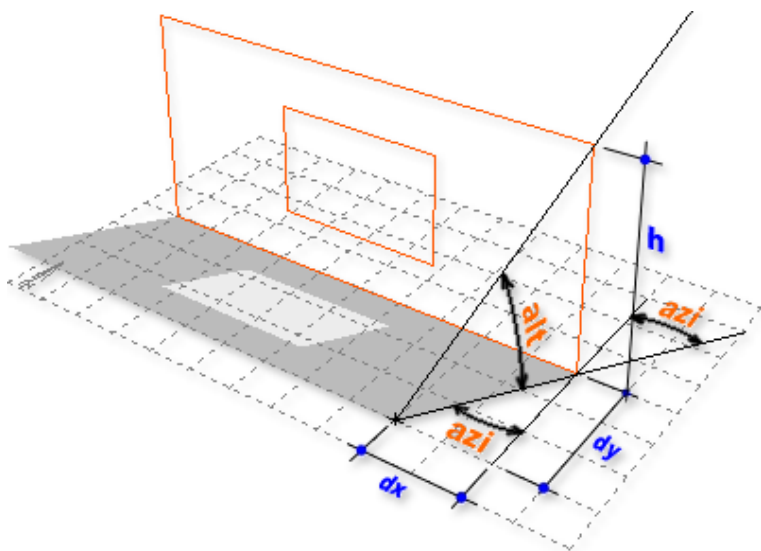
Árnyékszerkesztés

Nappálya és árnyékolás

Az árnyék szerkesztését meghatározzák

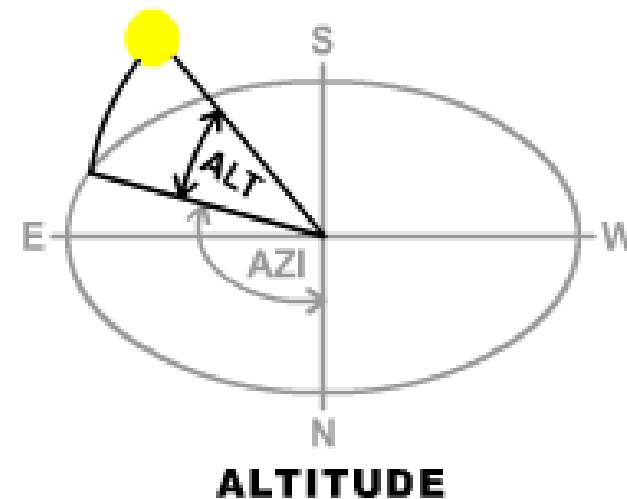
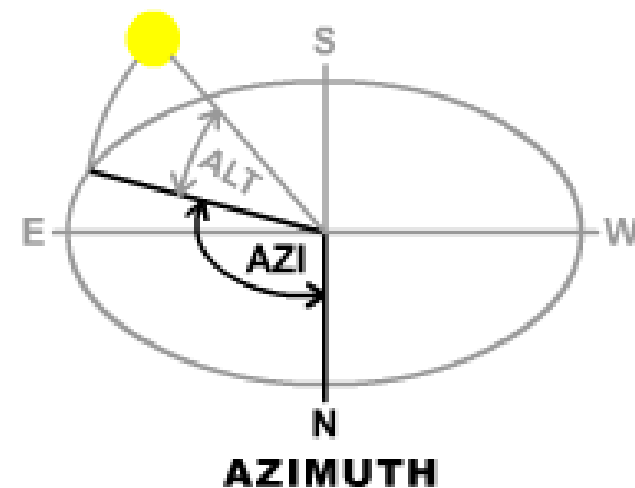
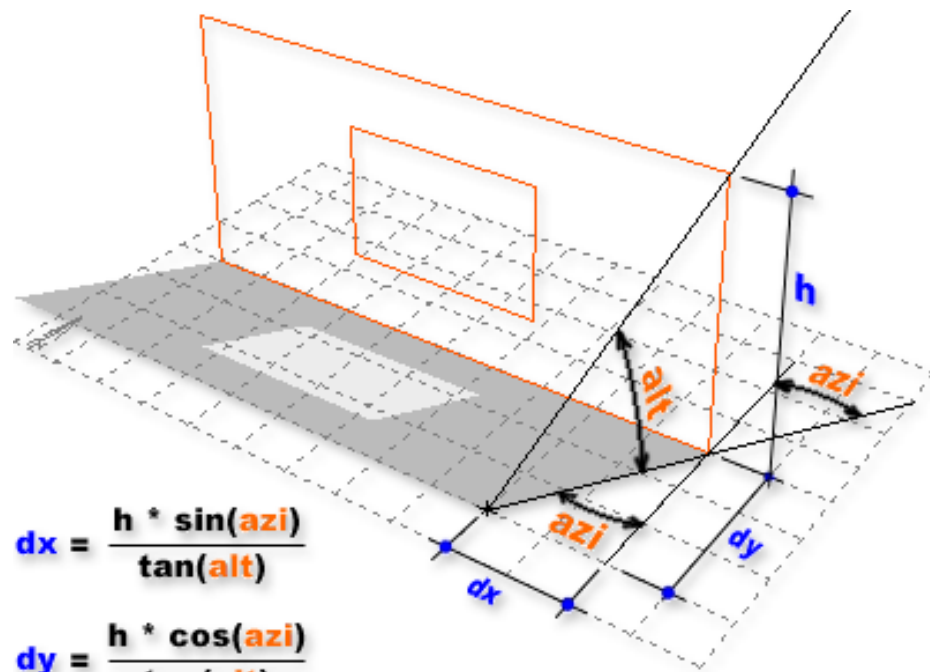
- a sugarak irányszöge (eng. **Azimuth**) és
- a sugarak beesési szöge (eng. **Altitude**)

Árnyékszerkesztés módszere



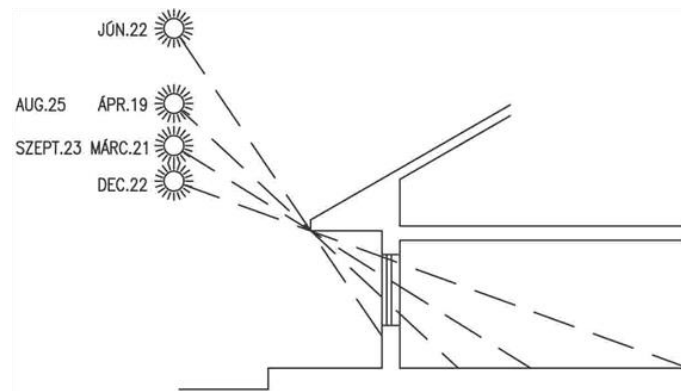
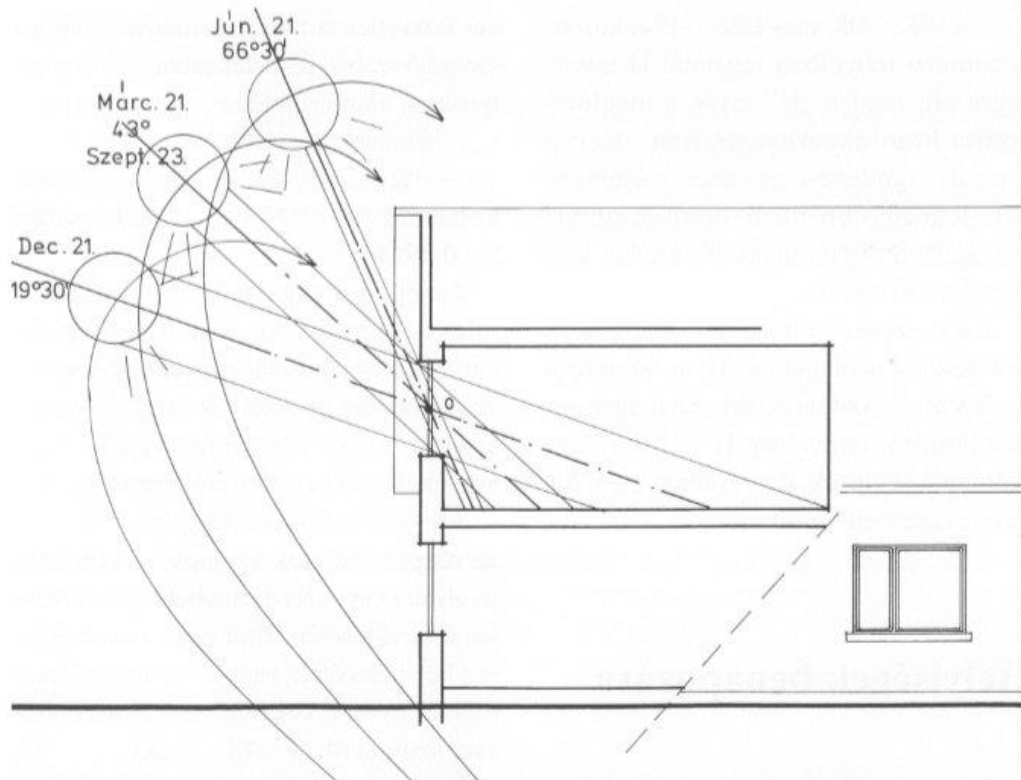
Árnyékszerkesztés

Nappálya és árnyékolás

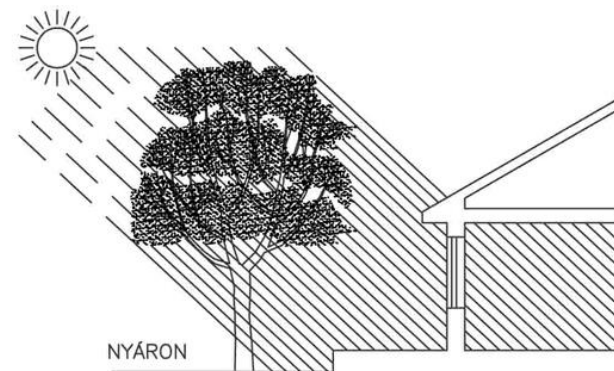
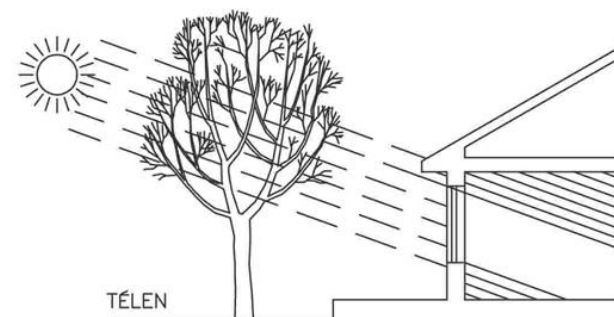


Benapozás

Függőleges síkú homlokzati ablak benapozása (a nappályagörbe szerint), évszakváltási napokon, délben.



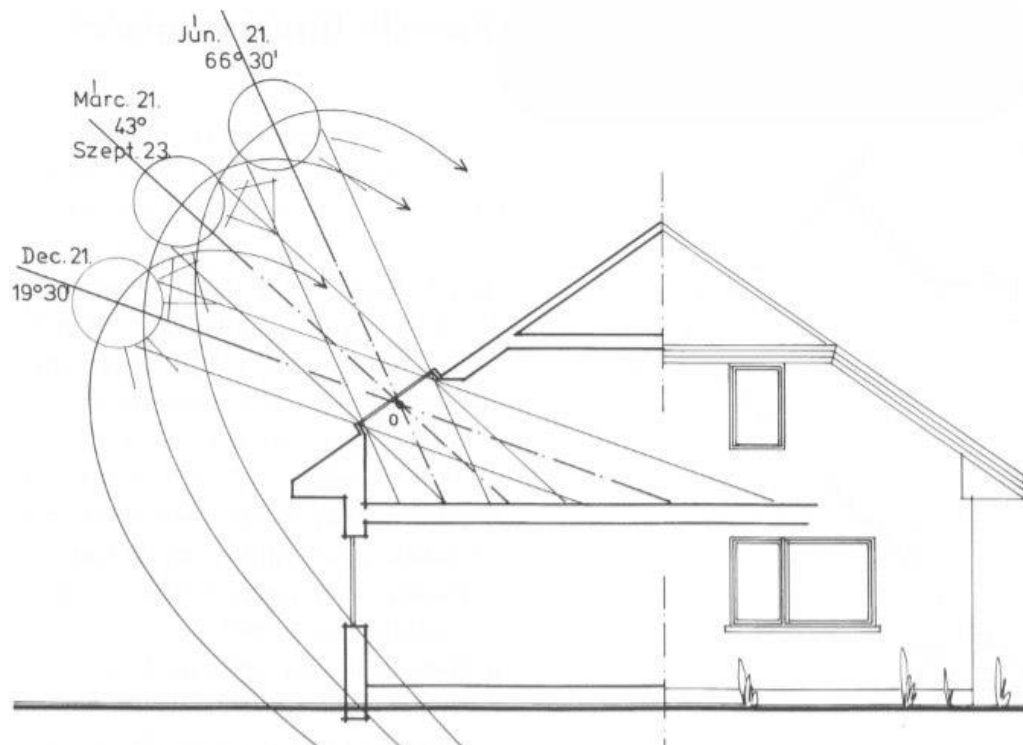
DÉLI HOMLOKZAT ÁRNYÉKOLÁSA VÍZSZINTES ÁRNYÉKOLÓ SÍKKAL



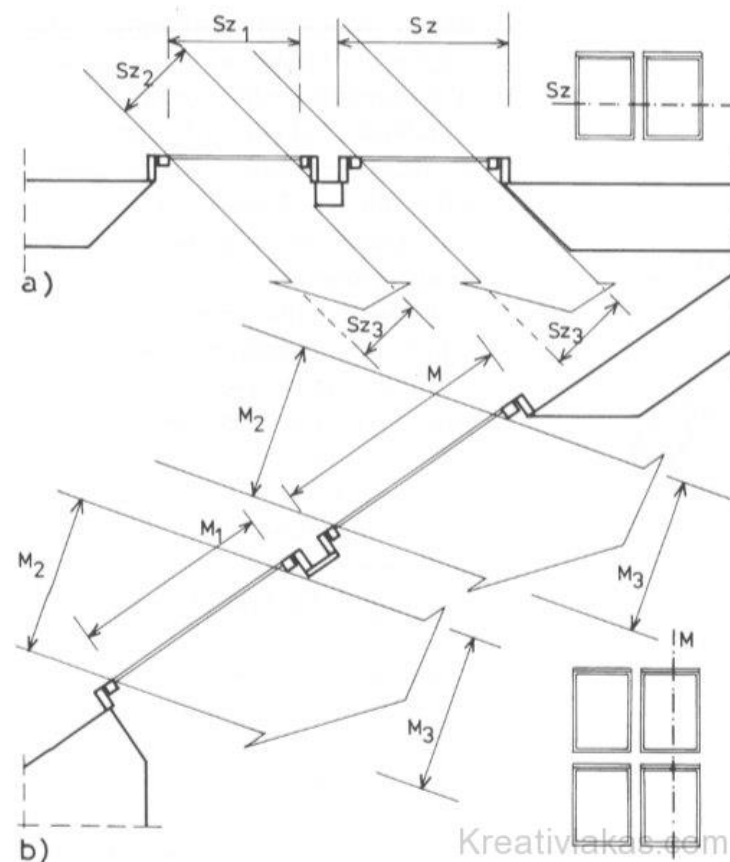
A NÖVÉNYZET ÁRNYÉKOLÓ HATÁSA

Benapozás

Ferde síkú tetőablak benapozása (a nappályagörbe szerint) évszakváltási napokon, délben.



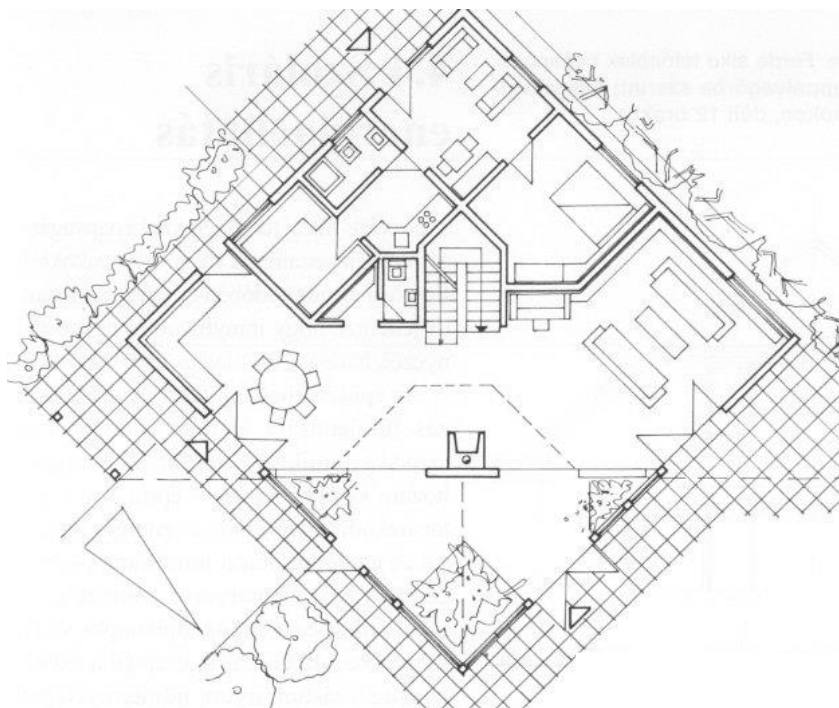
Padlástér benapozása sorolt tetőablakok esetén
a) vízszintes metszet; b) függőleges metszet.



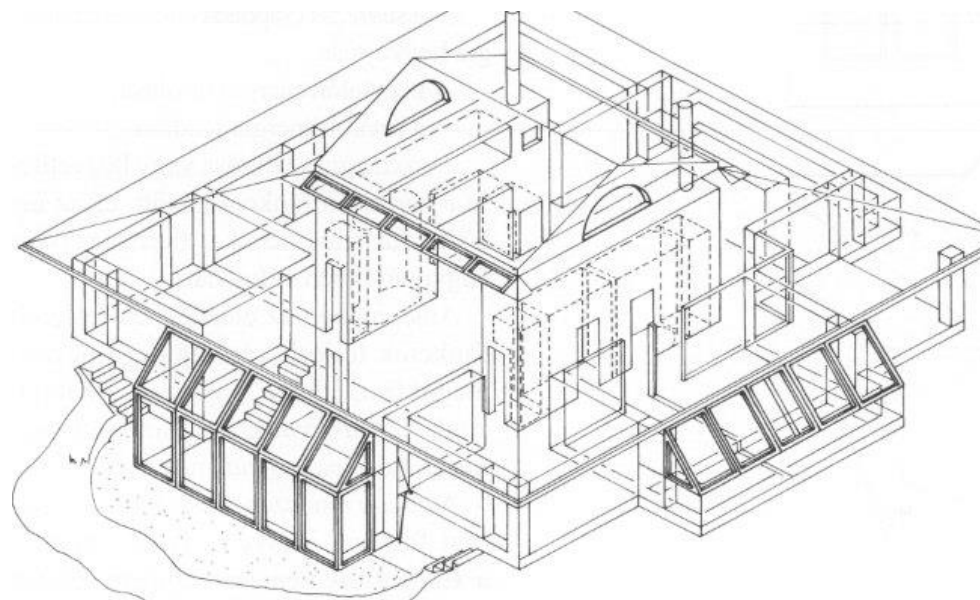
Kreativlakas.com

Benapozás

Tökéletes benapozás északdél irányú épület-elhelyezéssel érhető el, a „fényigényes” helyiségeket D-K és D-Ny irányok között tájolva.



Energiatakarékos, részint terepbe süllyesztett lakóház körkörös benapozással, felül közép- (tető-) bevilágítóval, sávablakos szellőztetéssel



Benapozás – TNM 7/2006 rendelet

Jelölések, a számítás során használt fogalmak és tervezési adatok

Jelölések és mértékegységek

Jelölés	A mennyiség megnevezése	Mértékegység
<i>A_ü</i>	az üvegezés felülete, az üvegezés mérete alapján számolva	m ²
<i>g</i>	az üvegezés összesített sugárzásátbocsátó képessége	-
<i>g_{nyár}</i>	az üvegezés és a „zárt” társított szerkezet együttesének összesített sugárzásátbocsátó képessége (pl. árnyékolóval, stb.)	-
<i>ε</i>	hasznosítási tényező	-
<i>Q_{sd}</i>	a direkt sugárzási hőnyereség vagy hőterhelés	W
<i>Q_{TOT}</i>	a hagyományos fűtési időnyre vonatkozó sugárzási energiahozam	W/m ²
<i>Q_{sdnyár}</i>	nyári sugárzási hőnyereség vagy hőterhelés	W
<i>I_b</i>	a napsugárzás intenzitása egyensúlyi hőmérséklet számításához	W/m ²
<i>I_{nyár}</i>	a napsugárzás intenzitása a nyári túlmelegedés kockázatának számításához	W/m ²

Sugárzás – TNM 7/2006 rendelet

Benapozás

- a) **részletes számítási módszer** alkalmazása esetén a transzparens szerkezetek benapozásának ellenőrzését homlokzatonként a november 15. - március 15. közötti időszakra, illetve november és június hónapokra kell elvégezni,
- b) **egyszerűsített számítási módszer** alkalmazása esetén a benapozás ellenőrzése elhagyható.

Direkt sugárzási nyereség fűtési idényre vonatkoztatva (Q_{sd})

- a) **részletes számítási módszer** esetén a következő összefüggéssel lehet meghatározni:

$$Q_{sd} = \varepsilon \sum A_{\ddot{U}} g Q_{TOT} \quad [kWh/a]$$

A fűtési idényre vonatkozó sugárzási energiahozam értékek a 3. *mellékletben* előírt tervezési adatok. A hasznosítási tényező értéke:

- nehéz szerkezetű épületekre: 0,75
- könnyűszerkezetű épületekre: 0,50

- b) **Egyszerűsített számítási módszer** esetén elhanyagolható vagy az északi tájolásra vonatkozó sugárzási energiahozammal számítható.

Sugárzás – TNM 7/2006 rendelet

Direkt sugárzási nyereség egyensúlyi hőmérséklet számításához (Q_{sd})

a) **Részletes számítási módszer** esetén a következő összefüggéssel lehet meghatározni:

$$Q_{sd} = \varepsilon \sum A_{\ddot{U}} I_b g \quad [W]$$

A napsugárzás intenzitásának értékei a 3. *mellékletben* C 1.2. november hónapra előírt tervezési adatok.

b) Egyszerűsített számítási módszer esetén az egyensúlyi hőmérsékletkülönbség számítása elhagyható.

Nyári sugárzási hőterhelés ($Q_{sdnyár}$)

a) **Részletes számítási módszer** alkalmazása esetén célszerű meghatározni ehhez a lépéshez kapcsolódóan, az esetleges társított (napvédő) szerkezet hatását is figyelembe véve.

$$Q_{sdnyár} = \sum A_{\ddot{U}} I_{nyár} g_{nyár} \quad [W]$$

A napsugárzás intenzitásának értékei a 3. *mellékletben* a nyári időnyire előírt tervezési adatok.

b) Egyszerűsített számítási módszer alkalmazása esetén a zavartalan benapozás feltételezésével az adott tájolásra vonatkozó intenzitás adattal számítható.

Sugárzás – TNM 7/2006 rendelet

Indirekt sugárzási nyereség (Q_{sd})

- Részletes számítási módszer** esetén az MSZ EN ISO 13790 szabvány szerint, vagy azonos eredményt adó módszerrel lehet meghatározni, ha az épületnek van csatlakozó **üvegháza, energiagyűjtő fala**.
- Egyszerűsített számítási módszer alkalmazása esetén a számítás elhagyható.

Megújuló részarány számítás (min. 25%)

Közel nulla energiaigényű épületek követelményszintje

A megújuló részarány számításánál **elszámolható volt** sugárzási nyereség fűtött alapterületre vetített fajlagos értéke:

$$E_{sd} = Q_{sd} / A \quad !$$

2020-tól nem számolható el a szoláris nyereség külön, mert a gépészeti rendszer méretezésénél eleve beleszámítandó.

Sugárzás– TNM 7/2006 rendelet

A naptényező az adott nyílászárót jellemző érték, árnyékolás nélküli esetben értékeit az alábbi táblázatból vehetjük. A hasznosítási tényező értéke nehéz szerkezetű épületekre $\varepsilon=0,75$; könnyűszerkezetű épületekre $\varepsilon=0,50$.

	Árnyékolás nélküli üvegek	
	Naptényező N(-)	Teljes sugárzás áteresztő tényező g (-)
Egyszeres üvegezések:		
Normál üveg (3mm)	1,00	0,87
Táblaüveg (6mm)	0,94	0,82
Abszorbens üvegek:	0,80-0,62	0,7-0,54
Kettős üvegezések:		
Normál üveg (3mm)	0,90	0,78
Táblaüveg (6mm)	0,80	0,70
Abszorbens üvegek:		
Kívül $a=48-56\%$, belül normál üveg	0,52	0,45
Kívül $a=48-56\%$, belül tábla üveg (6mm)	0,50	0,44
Hőszigetelő üvegezések:	0,87-0,78	0,72-0,65
Fényvédő üvegezések:	0,58-0,3	0,48-0,25
Hármas üvegezések:		
Normál üveg (3mm)	0,83	0,72
Táblaüveg (6mm)	0,69	0,60
Hőszigetelő üvegezés	0,60	0,50

Sugárzás– TNM 7/2006 rendelet

A napsugárzásra vonatkozó tervezési adatok. A fűtési idényre vonatkozó sugárzási energiahozam értékek az alábbi táblázatban előírt tervezési adatok.

A számítás célja	Tájolás		
	É	D	K-NY
Sugárzási energiahozam a fűtési idényre fajlagos hővesztésgtényező számításához Q_{TOT} [kWh/m ² /a]	100	400	200
Átlagintenzitás egyensúlyi hőmérsékletkülönbség számításához I_b [W/m ²]	27	96	50
Átlagintenzitás nyári túlmelegedés kockázatának számításához $I_{nyár}$ [W/m ²]	85	150	150

Az ÉK-ÉNY szektorban az északi tájolás adatai mérvadók.

A számításnál három lehetőség közül lehet választani:

- 1. A sugárzási nyereségeket tájolás szerint** számítja, ekkor benapozási vizsgálattal igazolni kell a nem északi üvegezett felületek benapozottságát. A benapozás vizsgálat elhagyható, ha az adott nyílászáróra nyilvánvalóan semmilyen árnyék nem vetül (sem a saját épület, sem más épület, növényzet által).
- 2. A sugárzási nyereségeket mindenütt északi tájolással** (árnyékolt eset) veszi figyelembe. Ezzel a biztonság javára téved.
- 3. A sugárzási energiahozam számítása teljesen elhagyható**, ekkor a tervező szintén a biztonság javára téved.

Feladat



- A. Határozd meg a **direkt sugárzási nyereséget fűtési idényre** vonatkoztatva (Q_{sd}) részletes számítási módszerrel!
- B. Határozd meg a **direkt sugárzási nyereséget egyensúlyi hőmérséklet számításához** (Q_{sd}) részletes számítási módszerrel!
- C. Határozd meg **nyári sugárzási hőterhelést** ($Q_{sdnyár}$) részletes számítási módszerrel!

Az épület adatai, nyílászárók/üvegezés:

D tájolás – bruttó 5 m², 15% keret

K tájolás – bruttó 8 m², 15% keret

Ny tájolás – bruttó 7 m², 15% keret

É tájolás – bruttó 5 m², 15% keret

Jelölés	A mennyiség megnevezése	Érték	Mértékegység
$A_{ü}$	az üvegezés felülete, az üvegezés mérete alapján számolva	Adott	m ²
g	az üvegezés összesített sugárzásátbocsátó képessége	0.65	-
$g_{nyár}$	az üvegezés és a „zárt” társított szerkezet együttesének összesített sugárzásátbocsátó képessége	0.65 (nincs árnyékoló)	-
ϵ	hasznosítási tényező	0.5	-
Q_{sd}	a direkt sugárzási hőnyereség vagy hőterhelés	?	W
Q_{TOT}	a hagyományos fűtési idényre vonatkozó sugárzási energiahozam	É100, D400, K-Ny 200	W/m ²
$Q_{sdnyár}$	nyári sugárzási hőnyereség vagy hőterhelés	?	W
I_b	a napsugárzás intenzitása egyensúlyi hőmérséklet számításához	É 27, D 96, K-Ny 50	W/m ²
$I_{nyár}$	a napsugárzás intenzitása a nyári túlmelegedés kockázatának számításához	É 85, D 150, K-Ny 150	W/m ²

Feladat



- A. Határozd meg a **direkt sugárzási nyereséget fűtési idényre** vonatkoztatva (Q_{sd}) részletes számítási módszerrel!

$$Q_{sd} = \varepsilon \sum A_{\ddot{U}} g Q_{TOT} \quad [kWh/a]$$

1519 kWh/a

- B. Határozd meg a **direkt sugárzási nyereséget egyensúlyi hőmérséklet számításához** (Q_{sd}) részletes számítási módszerrel!

$$Q_{sd} = \varepsilon \sum A_{\ddot{U}} I_b g \quad [W]$$

377 W

- C. Határozd meg **nyári sugárzási hőterhelést** ($Q_{sdnyár}$) részletes számítási módszerrel!

$$Q_{sdnyár} = \sum A_{\ddot{U}} I_{nyár} g_{nyár} \quad [W]$$

1892 W