



# NEMZETKÖZI KUTATÁSI KÖRNYEZET KIALAKÍTÁSA A FÉNYSZENNYEZÉS VIZSGÁLATÁNAK TERÜLETÉN

EFOP- 3.6.2-16- 2017-00014

## AZ ÉGBOLT FÉNYEI

## KOLLÁTH ZOLTÁN

SZÉCHENYI  2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



**BEFEKTETÉS A JÖVŐBE**

# Az éjszakai égbolt fényei



# Miért kék az ég?



# Leonardo da Vinci (~1500)

Nem a levegő kék.

A napfény hatására elpárolgó nedvesség fényessége keveredik a körülöttünk lévő sötétséggel...

Természettudományi Közlöny,  
XXIX. kötet. 1897. 370. oldal

**Miért kék az ég?** E kérdéssel a költők talán ép annyit foglalkoztak, mint a tudósok. *Tyndall* az ég azurját a "természet rejtvényé"-nek mondotta. A rejtvény megfejtéséhez most már elég közel járunk.

Kék szín tényleg nincs, mint egyáltalán semmiféle szín sincs a valóságban. A mit mi színnek mondunk, nem más, mint rezgés, melyet a szem vizsgál, s e vizsgálás eredményét mondjuk mi színnek.

Természettudományi Közlöny,  
XXIX. kötet. 1897. 370. oldal

Az égnek nincs színe; az ég kékje fénytelen odú, tele levegővel, melynek alkotó részei, a nitrogént kivéve, kékek. E mellett bizonyít *Pictet* kísérlete, ki a levegő folyósítása alkalmával eszközében szép kék színt látott.

*Spring*, újabb észleleteire támaszkodva, azt tételezi fel, hogy a Nap sugarainak útja légkörünkben igen rövid arra, hogy szemünkhöz érve, a kék szín érzetét kelthessék bennünk.

# Természettudományi Közlöny, XXIX. kötet. 1897. 370. oldal

Az ő magyarázata az ég kék színéről a következő: A napsugarak, miután a Föld felszínébe ütköztek, minden irányban visszaverődnek. A visszavert sugarak azután keresztül kasul járnak a légkört, többé-kevésbé sűrű rétegeiben egymással találkoznak és a merőleges iránytól mindinkább eltérnek; végre az utolsó rétegekbe beleütköznek, de olyan tompa szög alatt, hogy e rétegeken már nem hatolhatnak keresztül. Íme, ezzel létrehozzák a teljes visszaverődés jól ismert tüneményét és csak azután térnek vissza hozzánk, mikor már sokkal tetemesebb utat tettek meg a légkörben, mint a közvetlen napsugarak. Szemünk tehát, *Spring* szerint, azokat a sugarakat fogja fel, melyek az ismeretlen régiókban való utazás után érkeznek hozzánk és valódi légtükrözés következtében elhozzák a hatalmas légkör összes rétegeinek színét. (La Vie Scientifique nyomán.)



Az ég kékje

Fény szóródása a molekulákon:

$$\sim 1/\lambda^4$$

# Az égbolt kék színe

“Az égbolt színét a légköri fényszóródás okozza. ... Ez legjobban felhőtlen égen, páraszegény, pormentes levegőben, kevéssel naplemente előtt látható. A kékséget fokozza, hogy az alacsonyan álló Nap sugarai hosszabb utat tesznek meg a sűrűbb levegőben, mint amikor a Nap a zenitben látszik. A látott színek nem tiszta spektrumszínek, hanem a napfény színének olyan módosulatai, amelyekből a vörös, a sárga és a zöld színek többé-kevésbé hiányzanak. A telítettséget növeli a Földről a légkörbe szórtan visszaverődő napfény újabb szóródása a levegő molekuláin.” *Természet Világa 1986/7.*

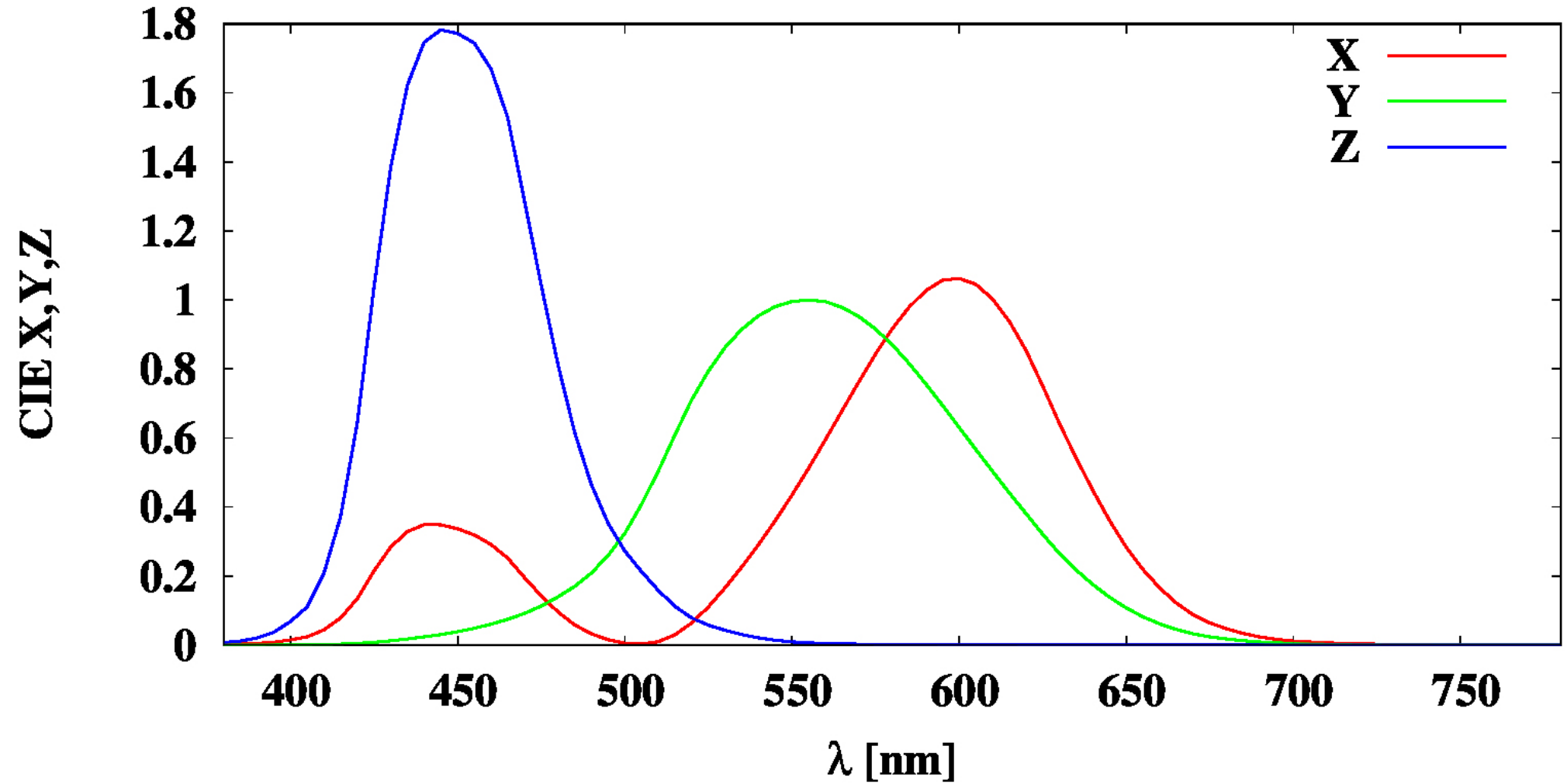
# Az égbolt kék színe

“Csupán a Rayleigh-szórást figyelembe véve az égboltnak ibolyakéknek kellene lennie, hiszen a látható spektrumban az ibolyaszín hullámhossza a legrövidebb. Azonban a levegőnek, különösen pedig a benne levő vízgőznek erős abszorpciója van az ibolyakéket is magában foglaló keskeny intervallumban, ezért elsősorban a szórt fény kék komponense jut le a Föld felszínére.”

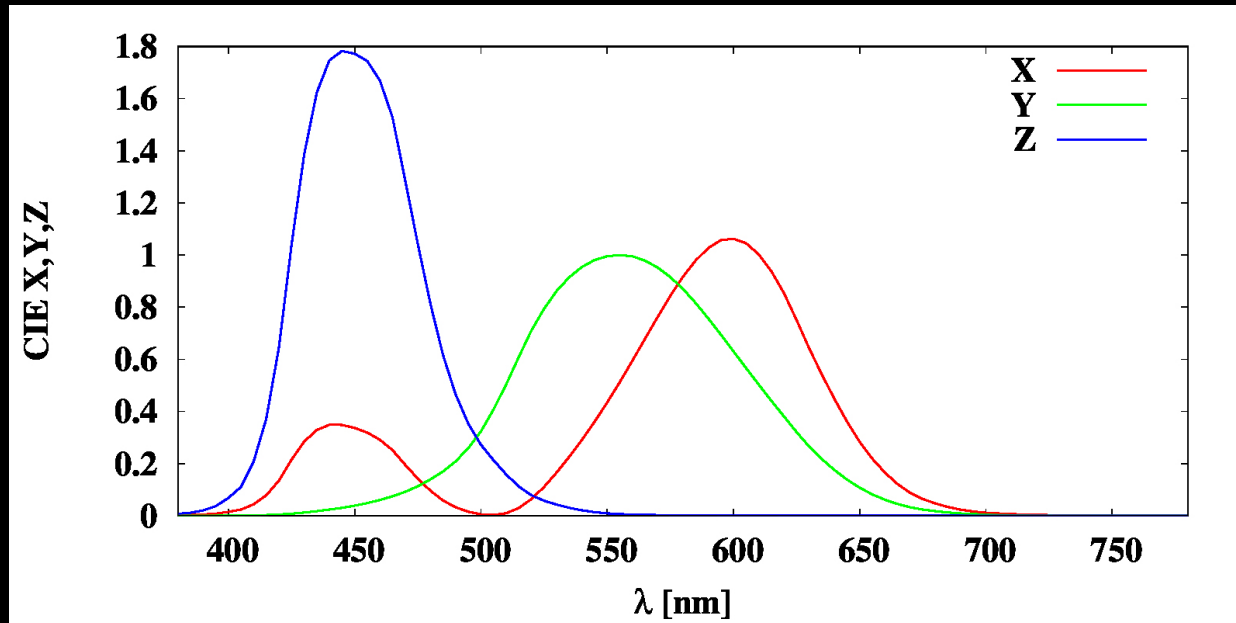
*Természet Világa 1986/7.*

**Igaz vagy hamis?**

# Mik a színek?

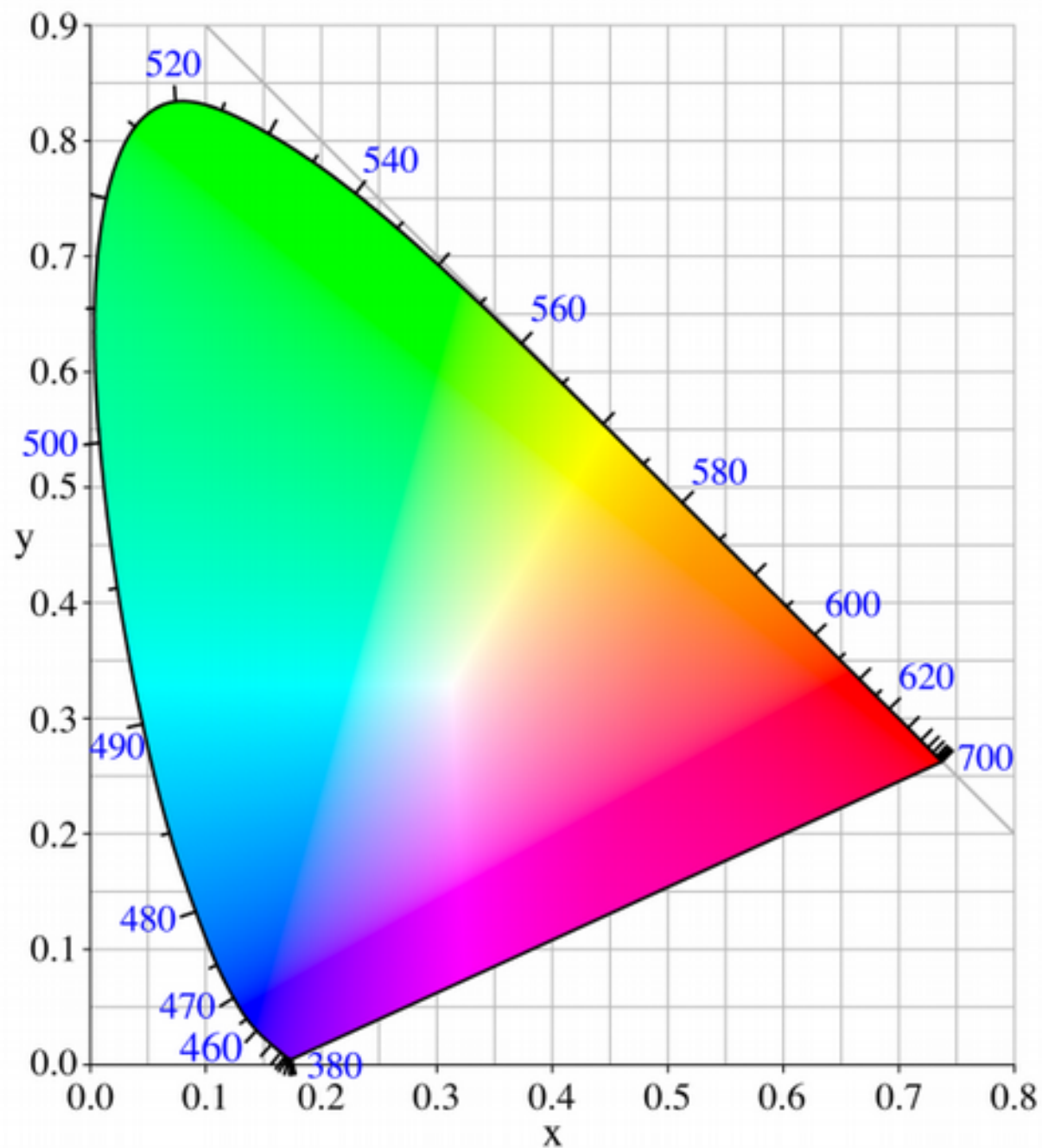


# Mik a színek?



$$\begin{aligned} R &= 2.0414 X - 0.5649 Y - 0.3447 Z \\ G &= -0.9693 X + 1.8760 Y + 0.0416 Z \\ B &= 0.0134 X - 0.1184 Y + 1.0154 Z \end{aligned}$$

# Mik a színek?

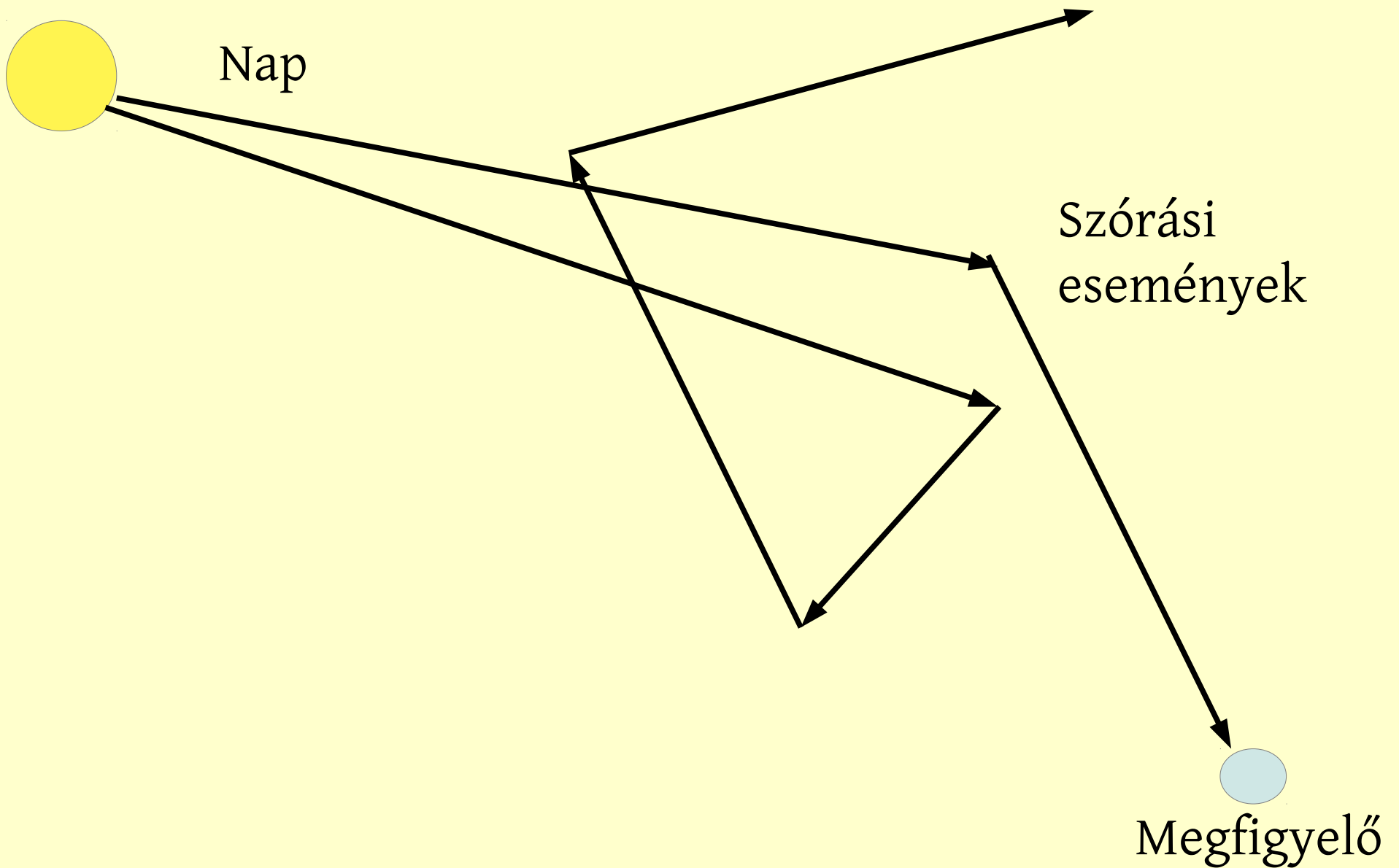


Az ég kékje

Fény szóródása a molekulákon:

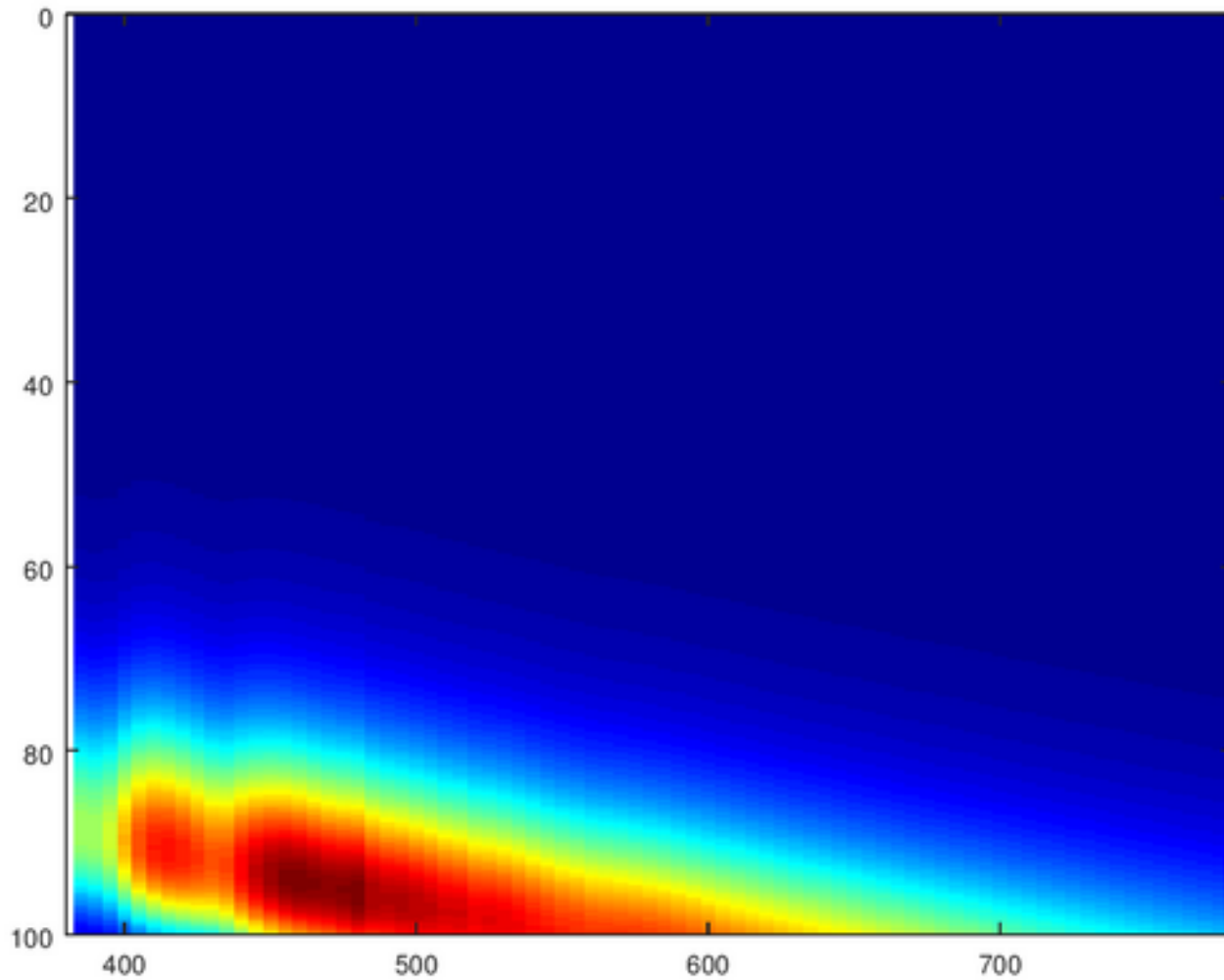
$$\sim 1/\lambda^4$$

# Fényszórás

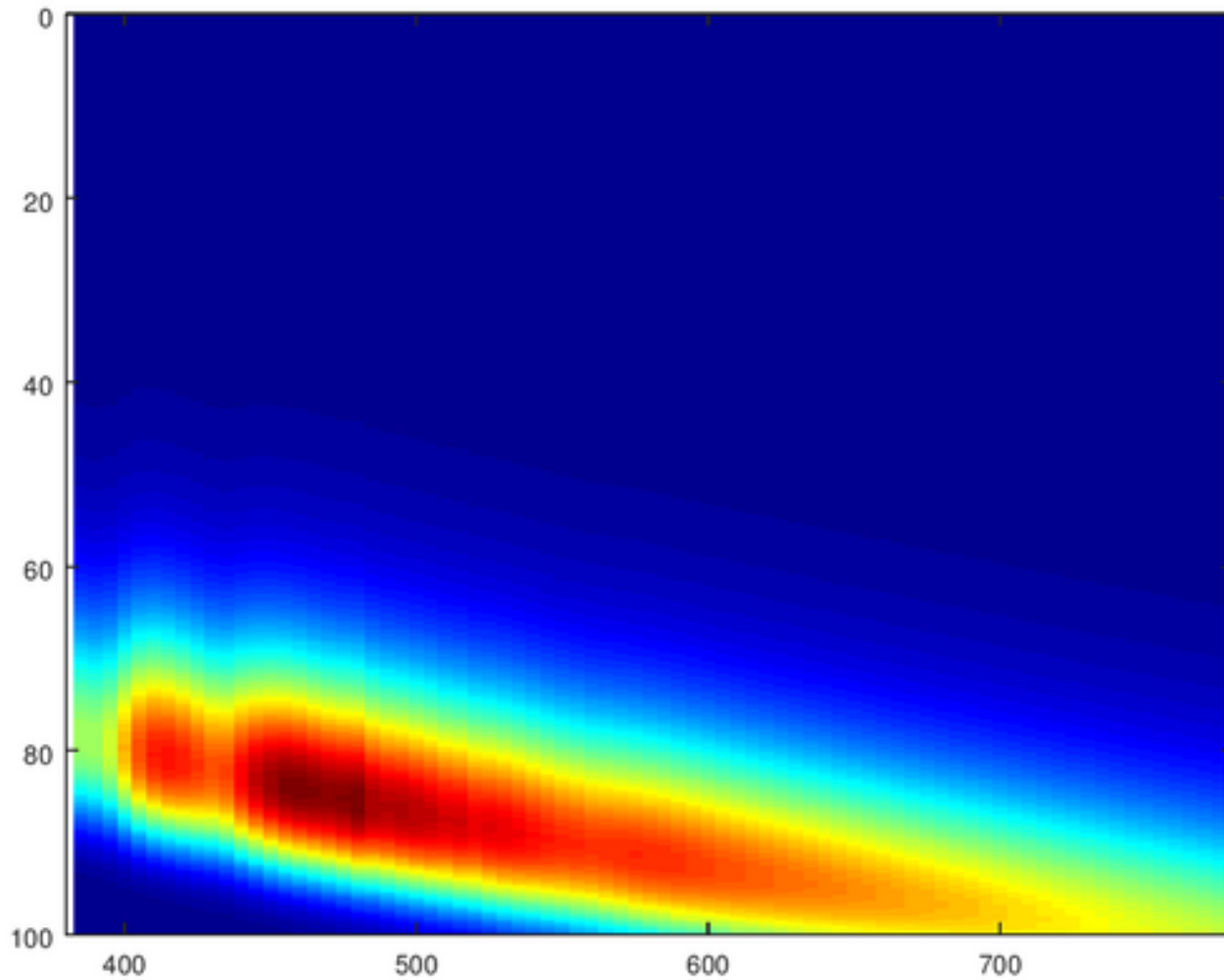




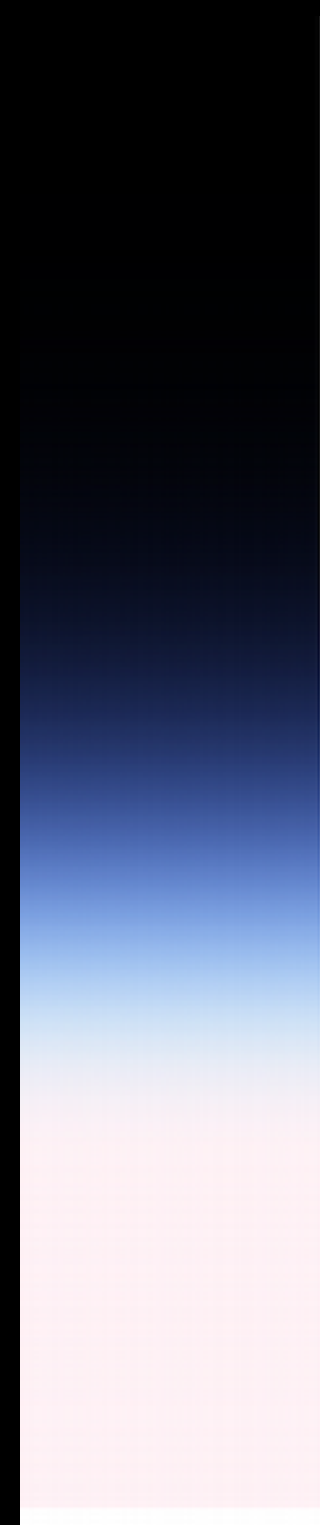
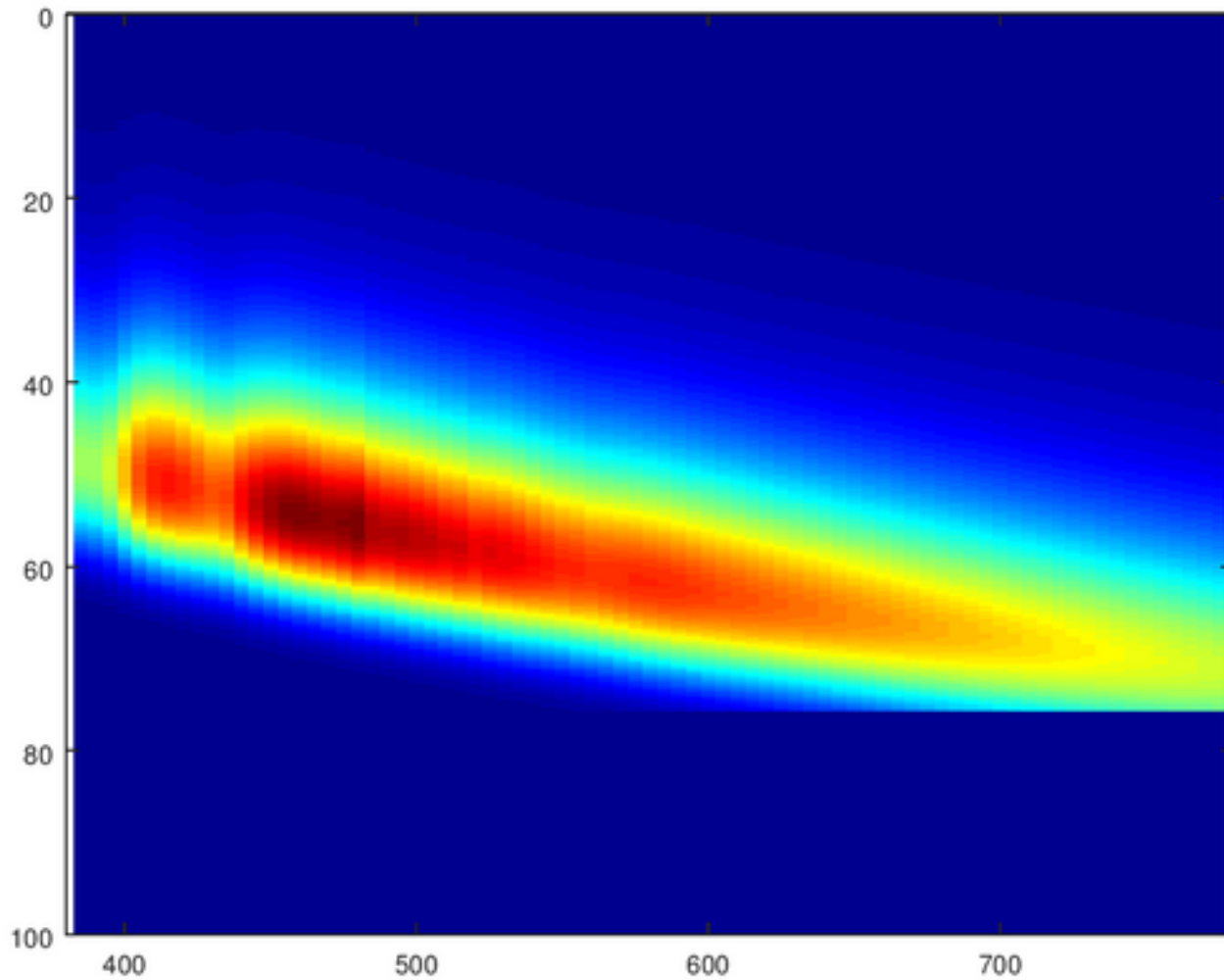
# A zenit kékje, $h_{\text{Nap}} = 5^\circ$



# A zenit kékje, $h_{\text{Nap}} = 0^\circ$



A zenit kékje,  $h_{\text{Nap}} = -5^\circ$

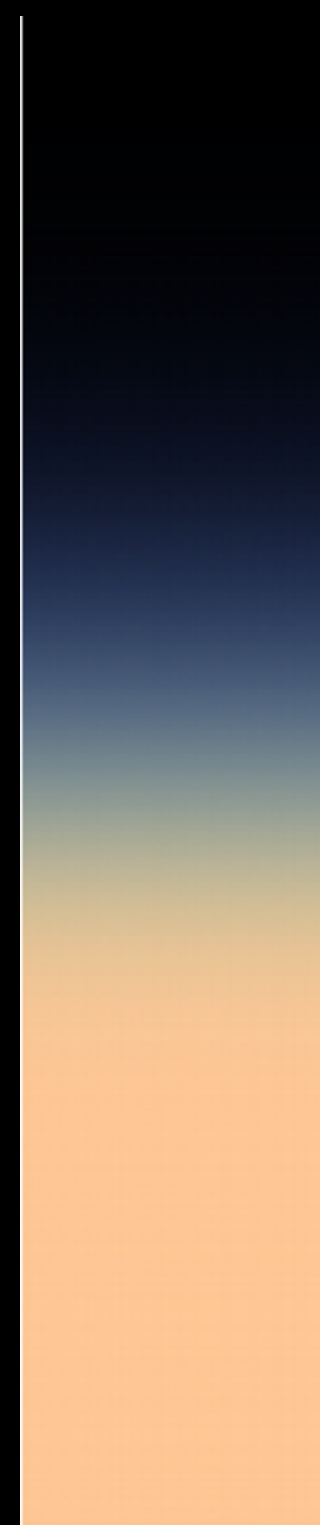
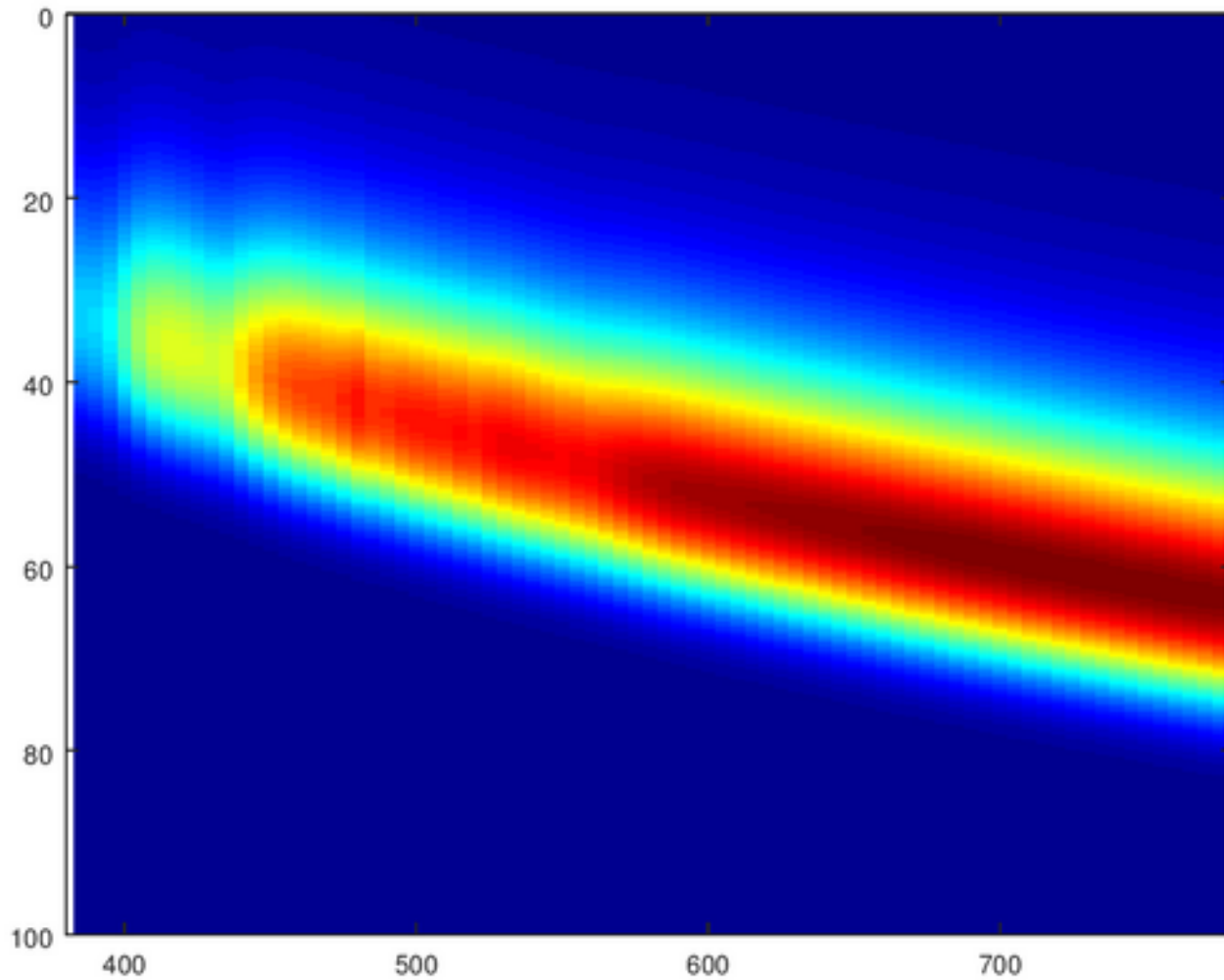


# Mi a helyzet a Vénuszon?

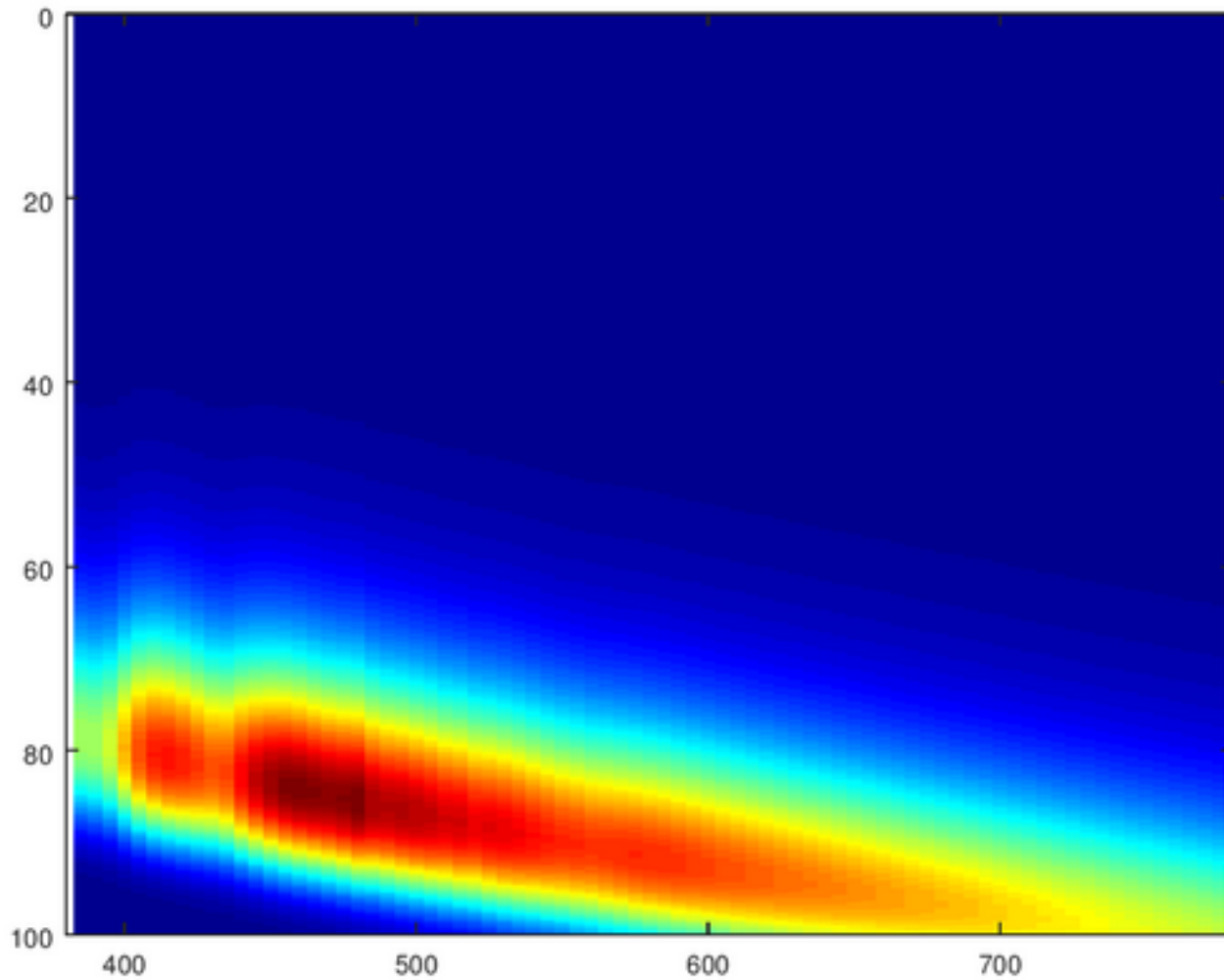
“...felhőtakaró hiányában az erőteljes fényszóródás érdekes színeffektusokat okozhat. A jóval erősebb Rayleigh-szórás miatt a Földön megszokottnál jóval intenzívebb kék lenne az égbolt, s a naplemente vörös színárnyalata is szokatlanul mélynek és erősnek tünne.” *Természet Világa 1986/6.*

**Igaz vagy hamis?**

“Vénusz”: a zenit kékje,  $h_{\text{Nap}} = 0^\circ$



Föld: a zenit kékje,  $h_{\text{Nap}} = 0^\circ$





# Éjszakai tájkép











# Az éjszakai égbolt láthatósága

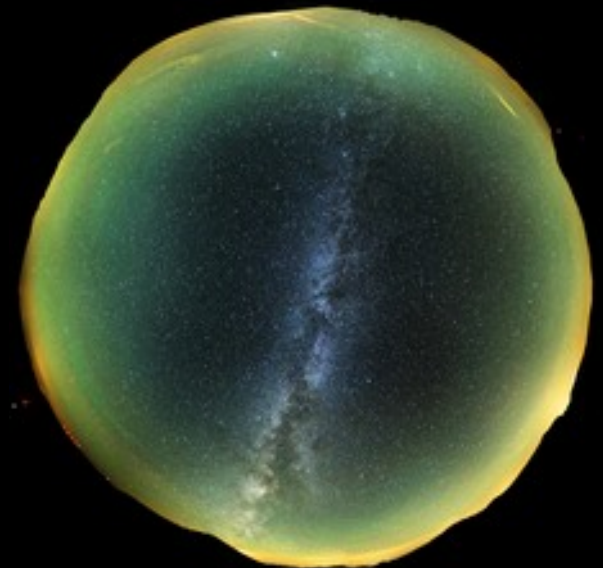
Csillagok ezrei

Tejút

Állatövi fény / Gegenshein

Légkörfény

Sarki fény







Zselici Csillagoségbolt-park – 2014

# Állatövi fény

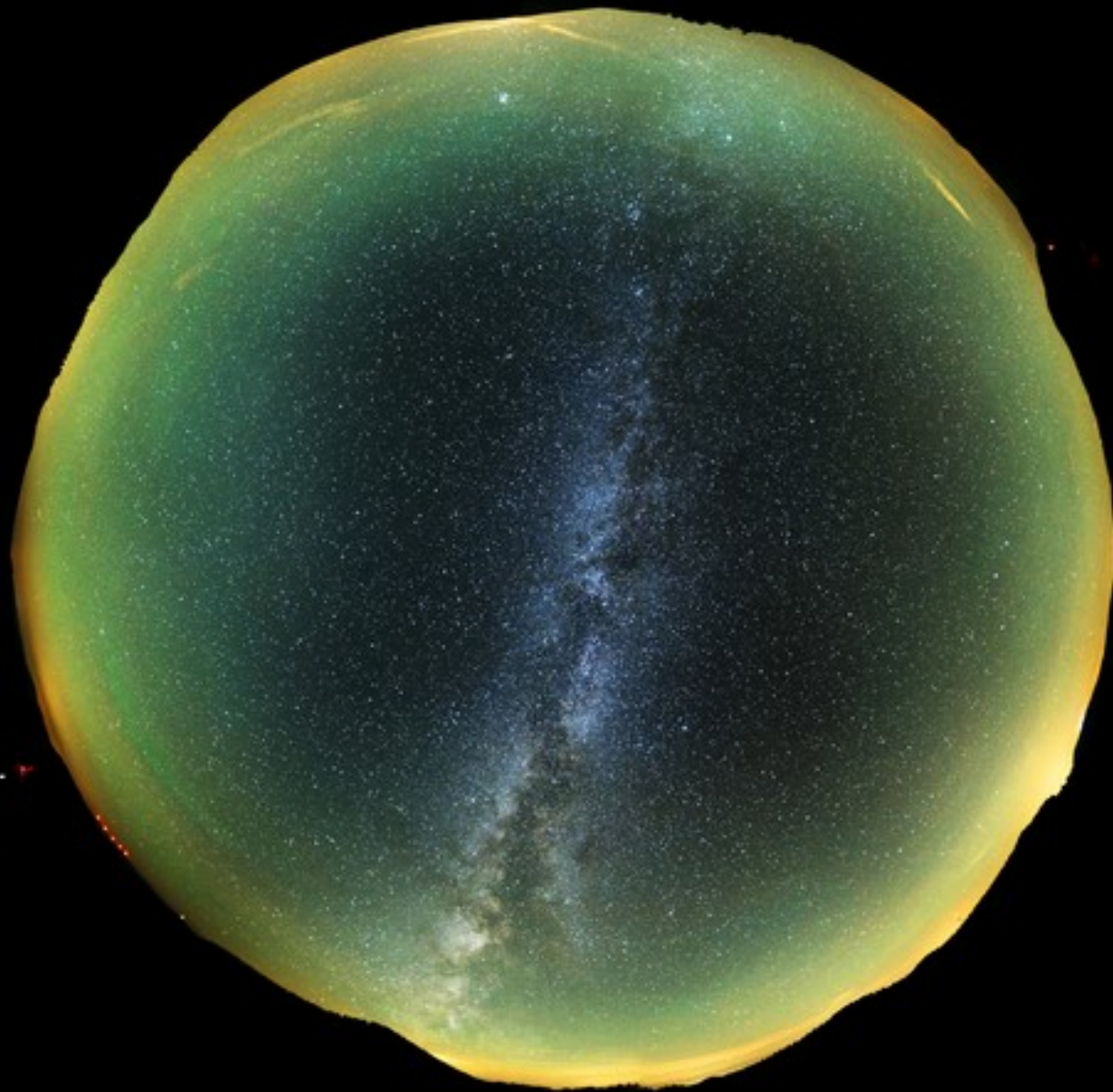


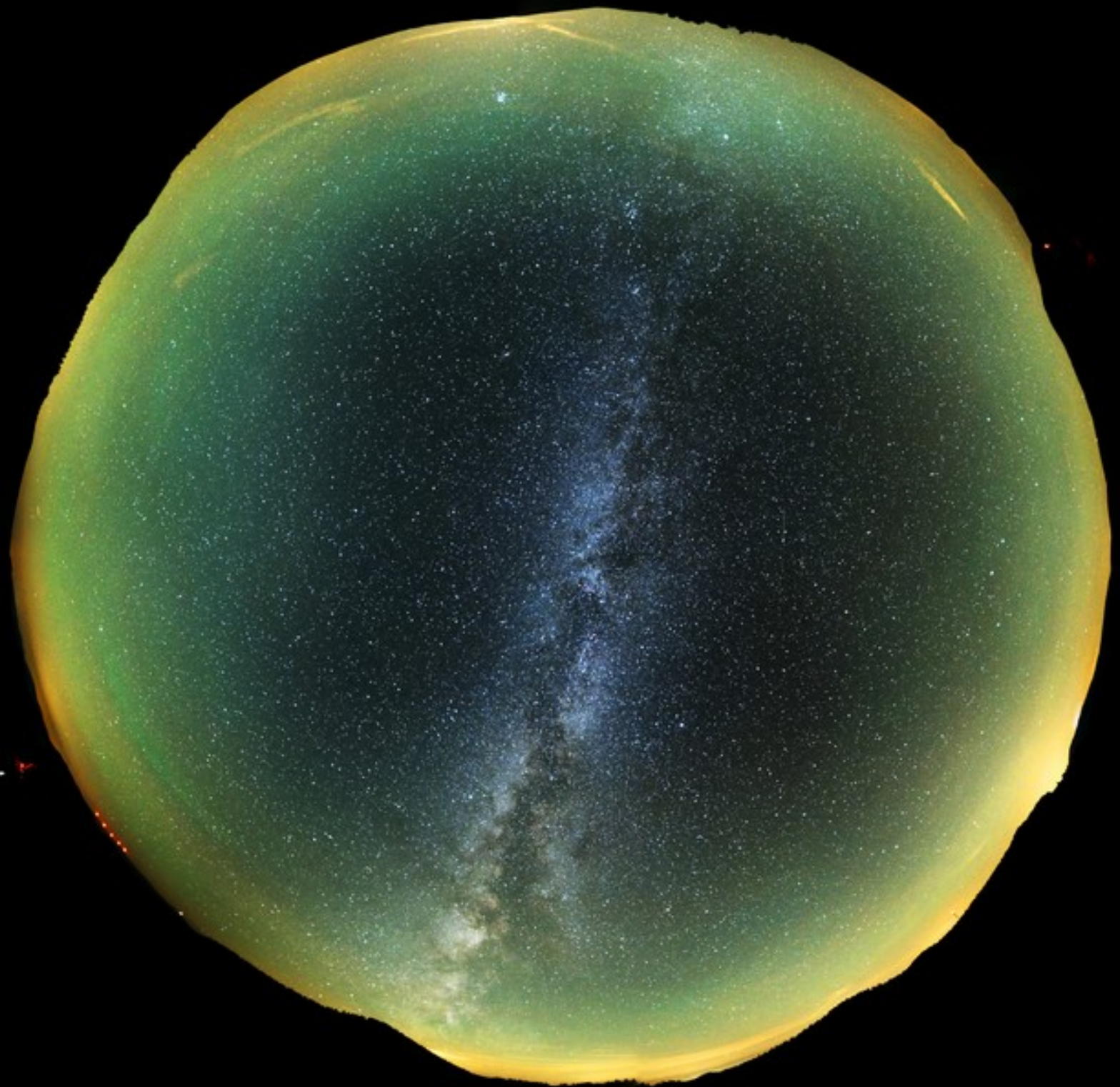
# Gegenschein





# Légekörfény (Pádis)



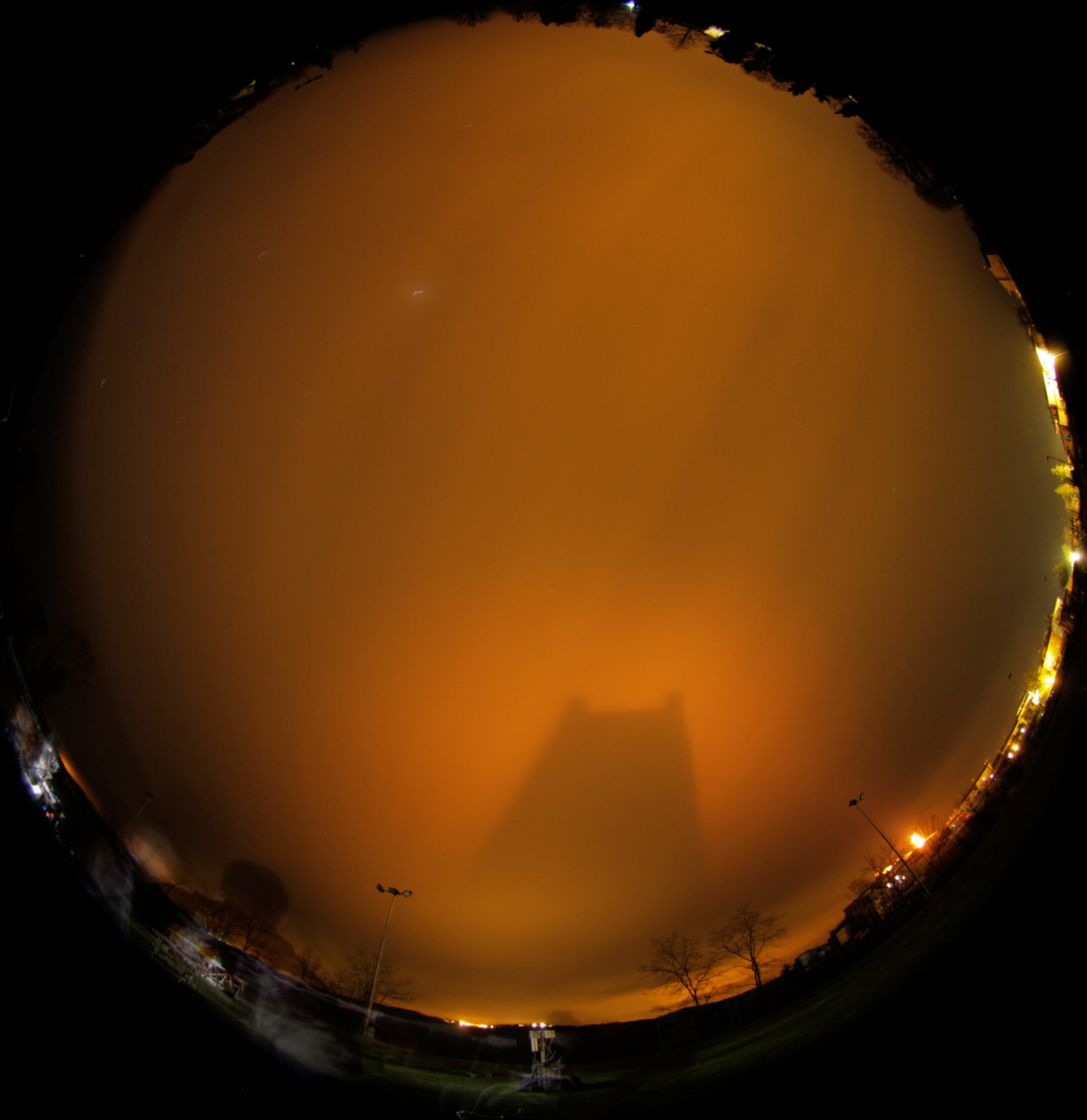


# Sarkifény a Zselicben





Perseidák a 80 perc alatt – Zselic 2016











# Égbolt minőség

Műholdas felvételek



Űrfotometrián alapuló fényszennyezés térképek  
(Falchi et al. 2016)

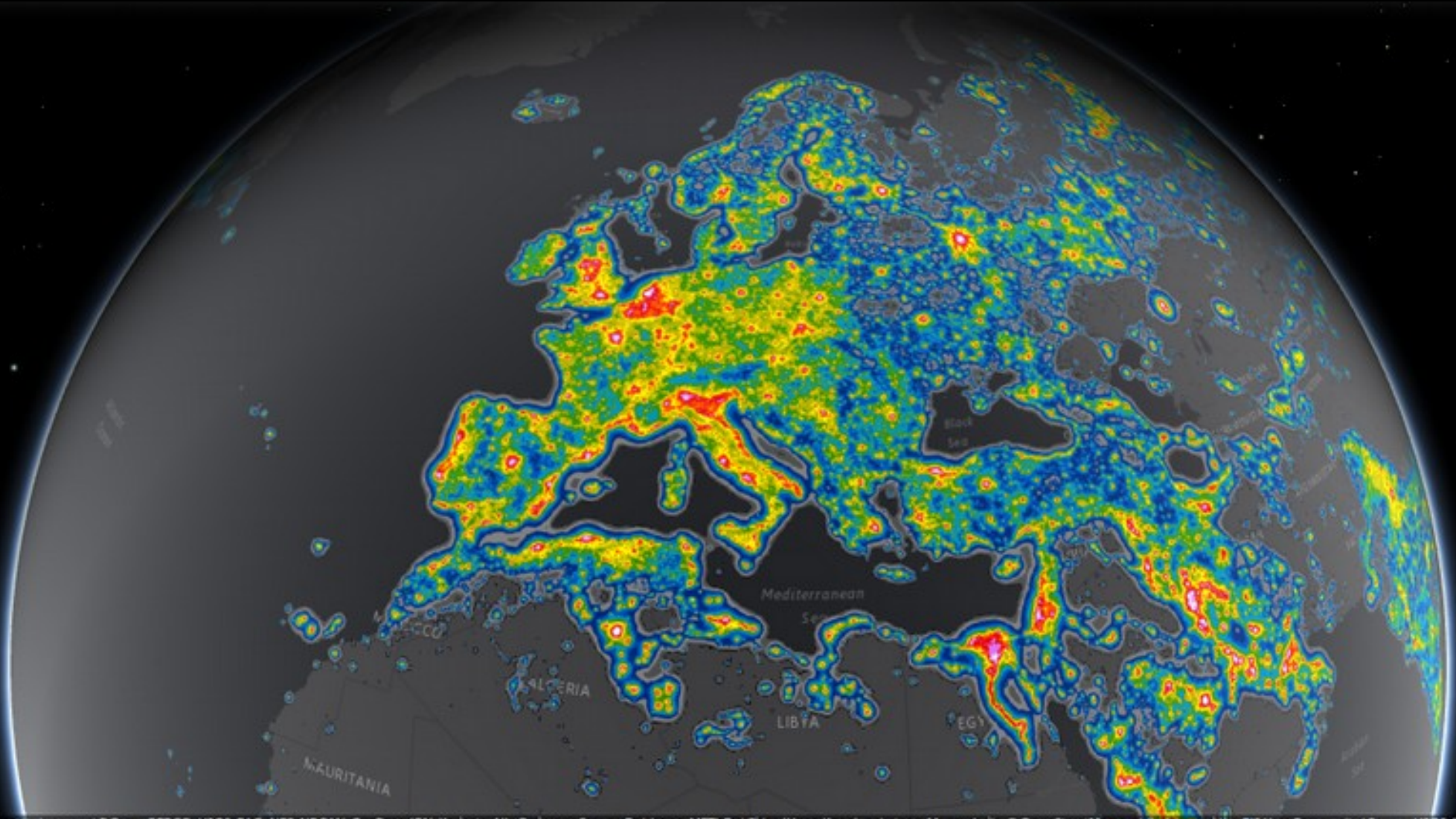
“Black marble”



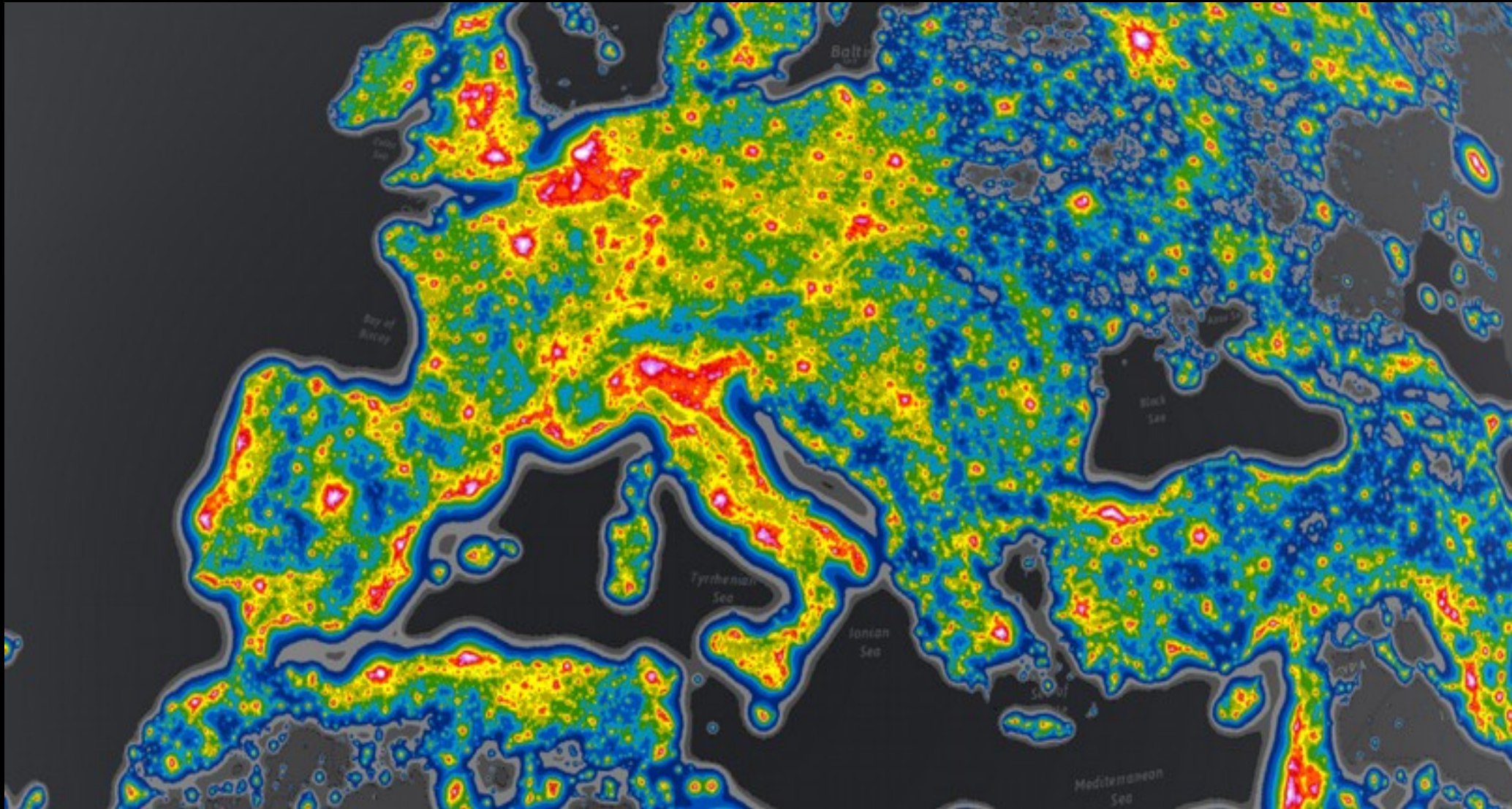
# “Black marble”



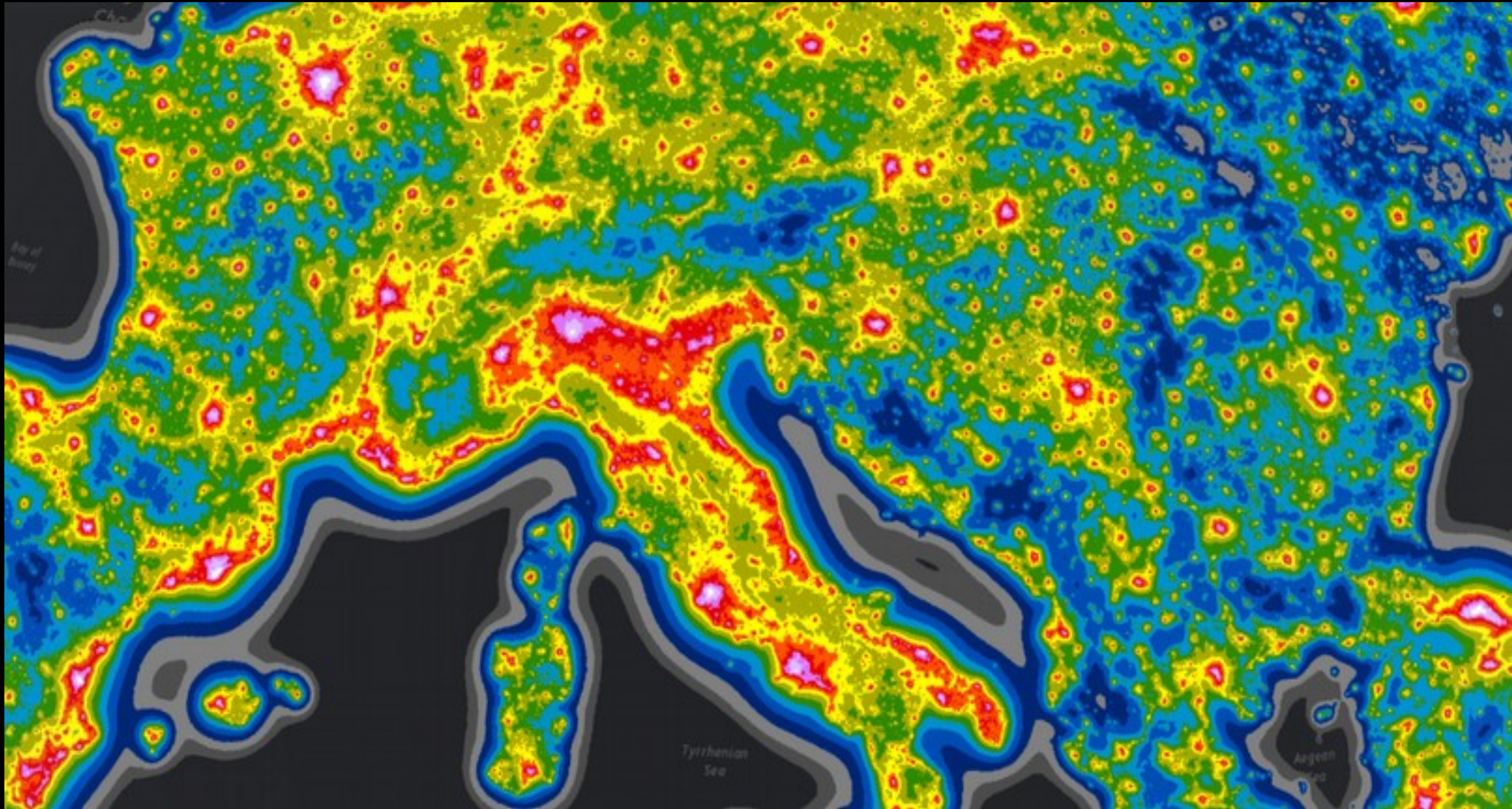
Source: Falchi et al. 2016  
[www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)



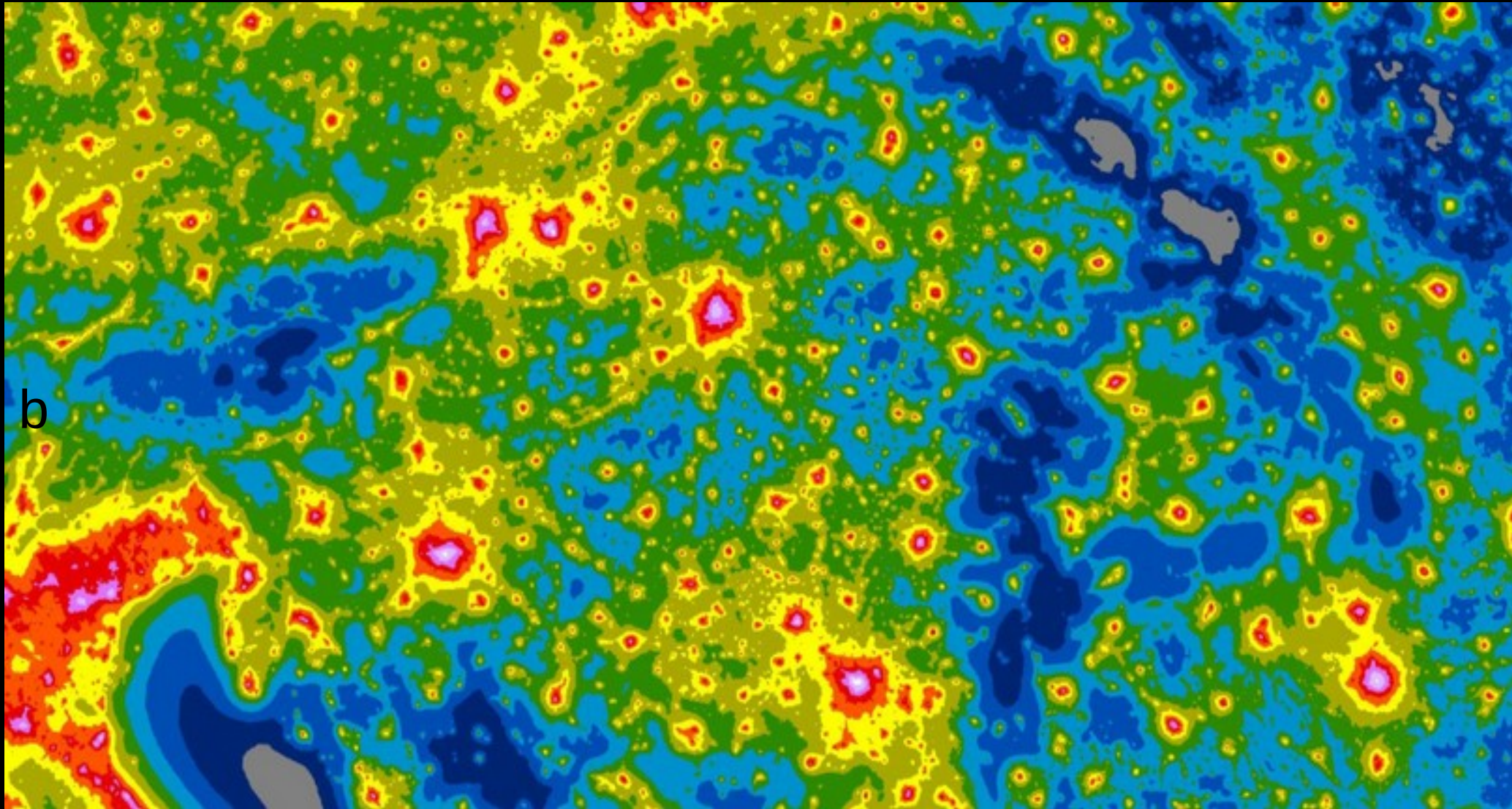
Source: Falchi et al. 2016  
[www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)



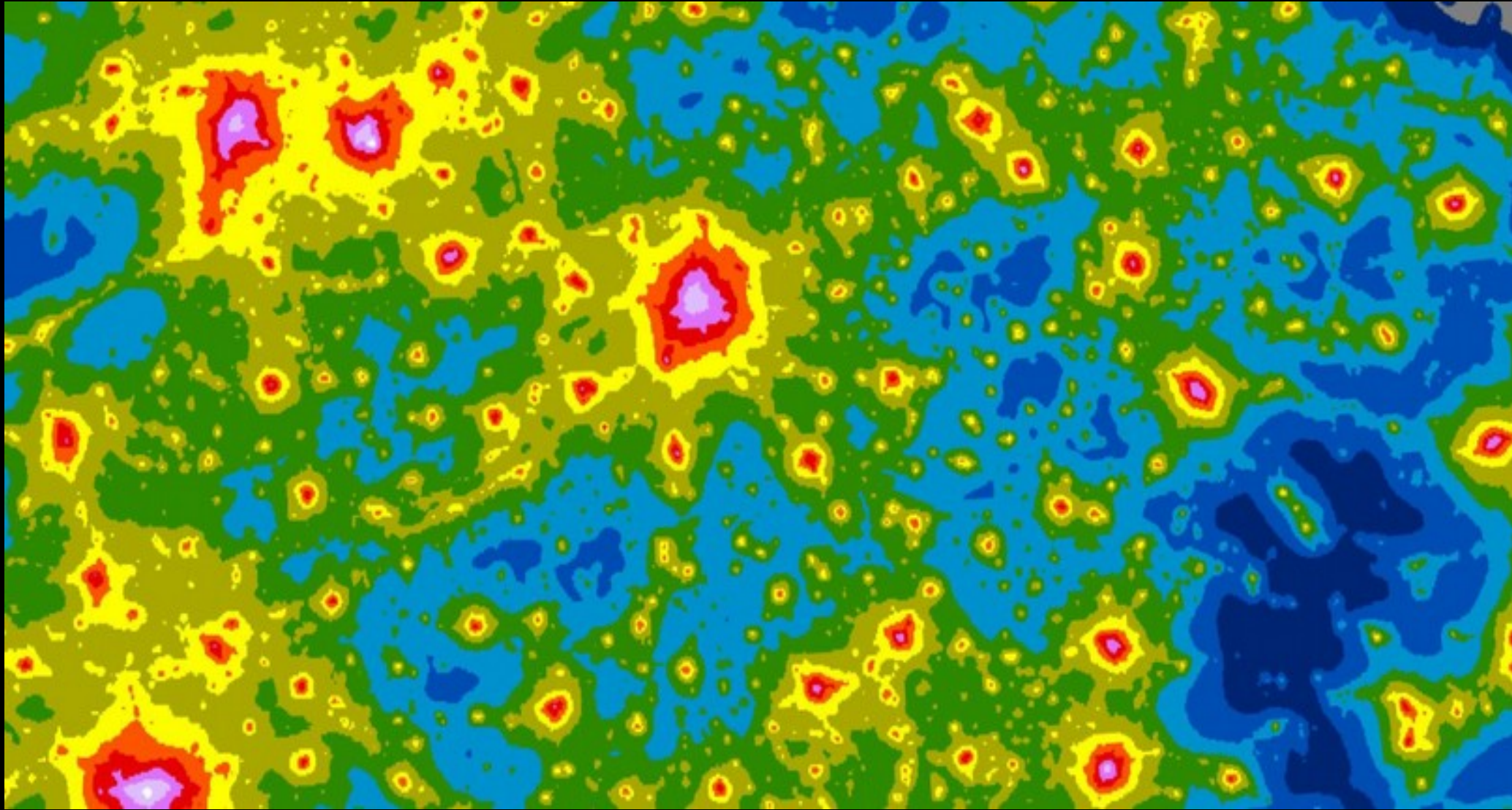
Source: Falchi et al. 2016  
[www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)



Source: Falchi et al. 2016  
[www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)



Source: Falchi et al. 2016  
[www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)





# Növekvő éjszakai fények



**Mi a fényszennyezés?**

# Törvényi szabályozás

Az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet (OTÉK) módosítása:  
211/2012. [VII. 30.] Korm. rendelet,  
Magyar Közlöny 2012. 103.

# Törvényi szabályozás

**Fényszennyezés:** olyan mesterséges zavaró fény, ami a horizont fölé vagy nem kizárólag a megvilágítandó felületre és annak irányába, illetve nem a megfelelő időszakban világít, ezzel káprázást, az égbolt mesterséges fénylését vagy káros élettani és környezeti hatást okoz, beleértve az élővilágra gyakorolt negatív hatásokat is.”

# Törvényi szabályozás

53. § (1) bekezdése j) pontja:

„Az építményt és részeit, az önálló rendeltetési egységet, helyiséget úgy kell megvalósítani, ehhez az építési anyagot, épületszerkezetet, beépített berendezést és vezetékhalózatot úgy kell megválasztani és beépíteni, hogy a környezet higiéniáját és a rendeltetésszerű használok egészségét ne veszélyeztesse

...

(j) fényszennyezés.”

# Törvényi szabályozás

OTÉK 54. § (2) bekezdése helyébe a következő rendelkezés lép:

Az építmény megvilágítását, a köz- és díszvilágítást, a fényreklámot és a hirdetőberendezést úgy kell elhelyezni és kialakítani, hogy a fényhatás

a) az építmény és a helyiségek, valamint a környezet rendeltetésszerű és biztonságos használatát ne akadályozza,

b) a közlekedés biztonságát ne veszélyeztesse,

c) az emberi egészséget és a környezetet ne károsítsa, és

d) fényszennyezést ne okozzon.”

# Gyorsabban nő mint...

- A Föld népessége
- A teljes energia fogyasztás
- CO<sub>2</sub> kibocsátás
- A Föld teljes gazdasági terméke



# Napjaink veszélye

- Nátrium lámpa → LED
- Növekvő kék emisszió
- Olcsóbb fény → még több fény





## NEWS

Home

Video

World

UK

Business

Tech

Science

Stories

Entertainment &amp; Arts

Health

World News TV

More

Science & Environment

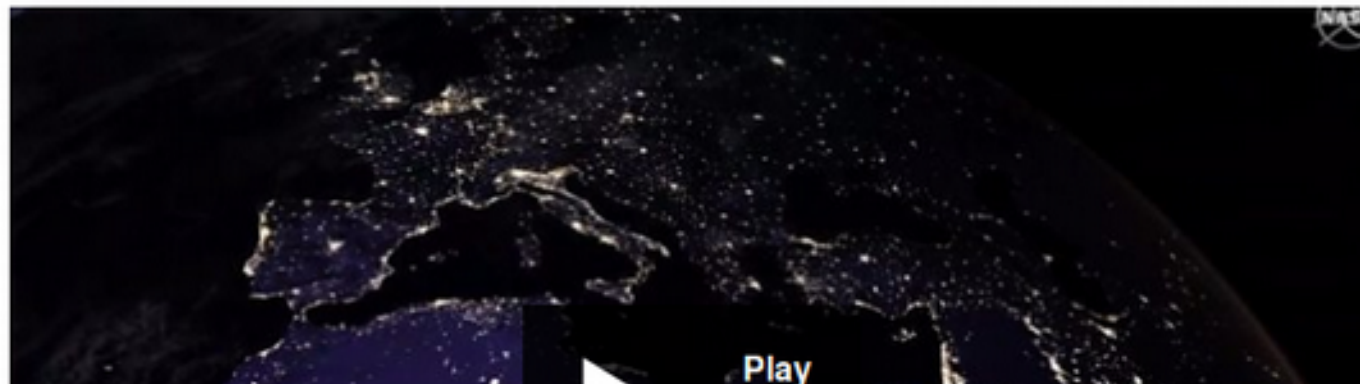
# Light pollution: Night being lost in many countries

By Victoria Gill  
Science reporter, BBC News

🕒 22 November 2017



Share



## Top Stories

**Thousands stranded by airport power cut**

🕒 2 hours ago

**Trump denies he plans to fire Mueller**

🕒 6 hours ago

**Murder team to probe billionaire deaths**

🕒 6 hours ago

## Features

# These Energy-Saving Bulbs Are Making One Pollutant Much Worse

Though energy-efficient, bright rays from LEDs are contributing to a host of human and animal problems.



Myanmar

Venezuela

Net Neutrality

The Trump Effect

North Korea

Moments of Innovation

Media

Energy & Environment

Cyber Risk

Investigates

Break

#ENVIRONMENT NOVEMBER 22, 2017 / 9:43 PM / 25 DAYS AGO

# The future looks bright: light pollution rises on a global scale

Will Dunham

3 MIN READ



WASHINGTON (Reuters) - The world is getting brighter, but scientists say that may not be a good thing.

SPONSORED





## Növekvőben bolygónk fényszennyezettsége

2017. 11. 24. 14:14 | MTI | [Környezetvédelem](#) | [Közélet](#) | [Mozaik](#)



A Föld éjszakai mesterséges megvilágítású felszínének fényessége és kiterjedése évente 2 százalékkal növekedett 2012 és 2016 között – állapították meg kutatók műholdas adatok alapján.

A Christopher Kyba, a potsdami Német Geotudományos Kutatóközpont munkatársa vezette nemzetközi kutatócsoport a Science Advances című tudományos lapban mutatta be eredményeit.

A műholdas felvételek alátámasztották azt a félelmet, hogy a Föld egyre világosabbá válik. Évente

### LEGFRISSEBB

09:20 | PÉNZÜGY

Erősödött a BUX

09:16 | GAZDASÁG

Magyarország elindult a digitális átalakulás útján

09:07 | KERESKEDELEM

Tovább nőtt a hazai boltok forgalma

08:45 | TŐZSDE

Pozitív korrekció kezdődött a budapesti tőzsdén

08:38 | PÉNZÜGYI HÍREK



**Minden, ami VIDEÓ:**  
Sztárok, gasztro, sport,  
érdekességek itthonról és a



AKTUÁLIS

SZTÁRVILÁG

**A TOJÁS A CSODA!**

SPORT

BLIKK TV

**KARÁCSONY**

BLIKK RÚZS

**GEO**

EROTIKA

GALÉRIA

-0.9 °C

Legfrissebb! | Blikk-esték | Le a náthával! | Foodyny | PotyaUtas | Autó | 18+ | Recepttár | TV-MŰSOR | Időjárás | Horoszkóp

Hirdetés

GEO » Egyre világosabb éjjelenként a Föld – de ennek ne örüljünk

# Egyre világosabb éjjelenként a Föld – de ennek ne örüljünk

2017. nov. 28. 16:41

CSAPOS LAJOS

FEJLŐDŐ ORSZÁGOK

LED-FÉNYEK

FÉNYSZENNYEZETTSÉG



## TERMÉKAJÁNLÓ



Ámulatba ejt: íme a titokzatos magyar csoda tó, milliók keresik fel évente, elmondjuk miért (x)



A nagy legfinomabb receptjei, a legújabb karácsonyi praktikák egy helyen. Adventi naptárunk minden nap új meglepetést hoz neked



Mi történhetett? Döbbenetesen olcsón kaphatunk szállást az ország egyik leggyönyörűbb helyén (x)

## ENVIRONMENTAL SCIENCES

# Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent

Christopher C. M. Kyba,<sup>1,2\*</sup> Theres Kuester,<sup>1</sup> Alejandro Sánchez de Miguel,<sup>3,4†</sup> Kimberly Baugh,<sup>5</sup> Andreas Jechow,<sup>1,2</sup> Franz Hölker,<sup>2</sup> Jonathan Bennie,<sup>6</sup> Christopher D. Elvidge,<sup>7</sup> Kevin J. Gaston,<sup>8</sup> Luis Guanter<sup>1</sup>

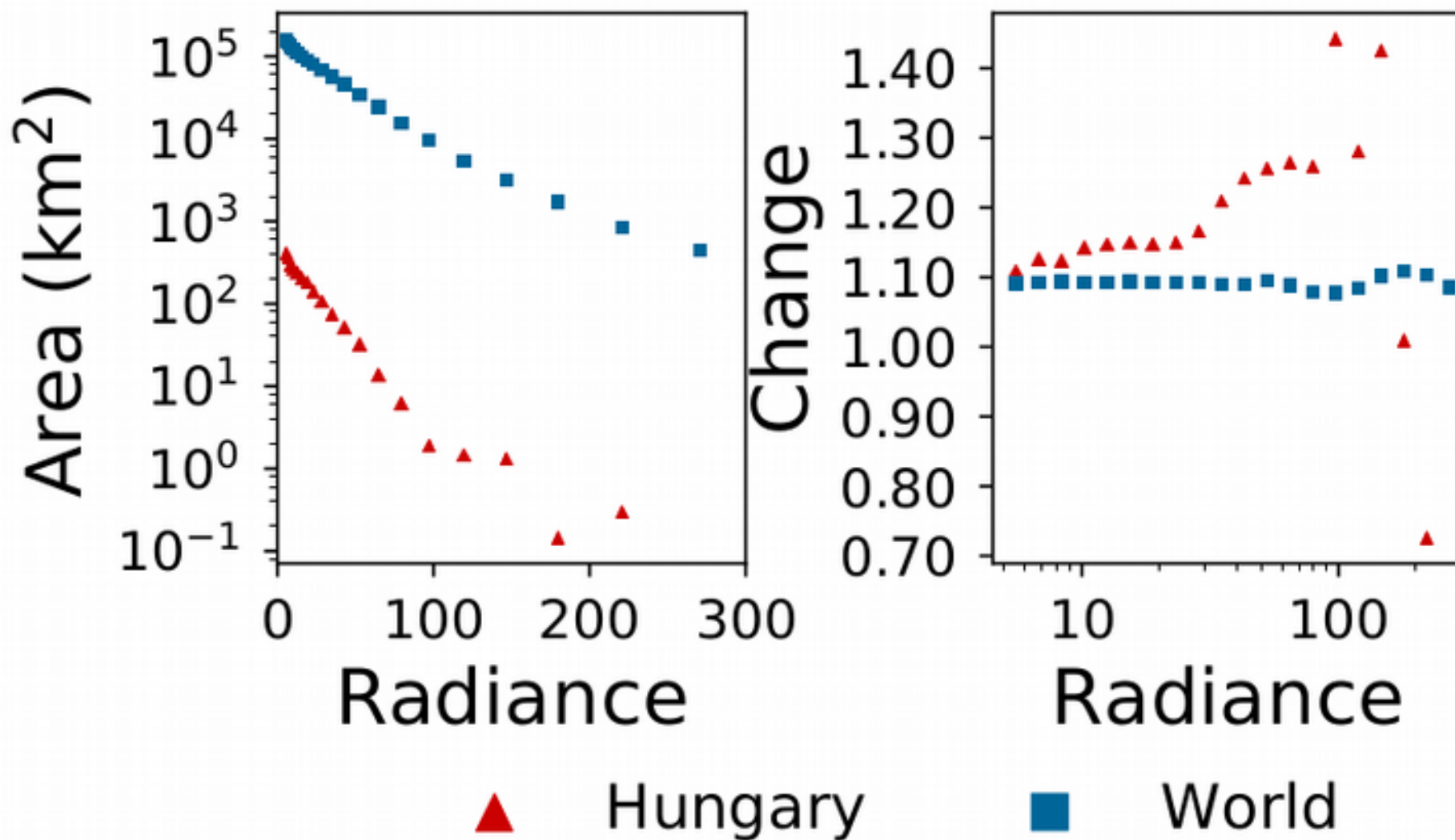
A central aim of the “lighting revolution” (the transition to solid-state lighting technology) is decreased energy consumption. This could be undermined by a rebound effect of increased use in response to lowered cost of light. We use the first-ever calibrated satellite radiometer designed for night lights to show that from 2012 to 2016, Earth’s artificially lit outdoor area grew by 2.2% per year, with a total radiance growth of 1.8% per year. Continuously lit areas brightened at a rate of 2.2% per year. Large differences in national growth rates were observed, with lighting remaining stable or decreasing in only a few countries. These data are not consistent with global scale energy reductions but rather indicate increased light pollution, with corresponding negative consequences for flora, fauna, and human well-being.

## INTRODUCTION

Continued improvement in the luminous efficacy of light sources and increases in gross domestic product (GDP) have resulted in tremendous growth in artificial light use over several centuries (*1*). Historically, lighting

has made global observations of night lights until recently. The well-known older images of Earth at night (*13*) were based on an uncalibrated sensor from a defense satellite [Defense Meteorological Satellite Program (DMSP)], which had frequent and unrecorded changes in sen-

Copyright © 2017  
The Authors, some  
rights reserved;  
exclusive licensee  
American Association  
for the Advancement  
of Science. No claim to  
original U.S. Government  
Works. Distributed  
under a Creative  
Commons Attribution  
NonCommercial  
License 4.0 (CC BY-NC).



2012-2016 változás (terület: 2014)

# Biológiai órák

A természetes fény változása szinkronizálja

- Éves – havi és napi ciklusok
- Évmilliók alatt alakult ki – Az élőlények nem tudnak rövid időskálán (10-100 év) alkalmazkodni
- Daganatos betegségek növekvő kockázata (pl. a melatonin hormon termelésének elnyomása – a bioritmus fő szabályozója)



# Miért baj a fényszennyezés?

**Energiapazarlás**

# Miért baj a fényszennyezés?

**Ökológiai hatások**

# Éjszakai fények és a rovarok



A photograph of a forest path. The path is made of dirt and is surrounded by dense green foliage and trees. Yellow caution tape is strung across the path in several places, indicating a restricted area. The lighting is somewhat dim, suggesting a shaded forest environment. The text "Szentjánosbogarak a Zselicben" is overlaid at the bottom of the image.

Szentjánosbogarak a Zselicben





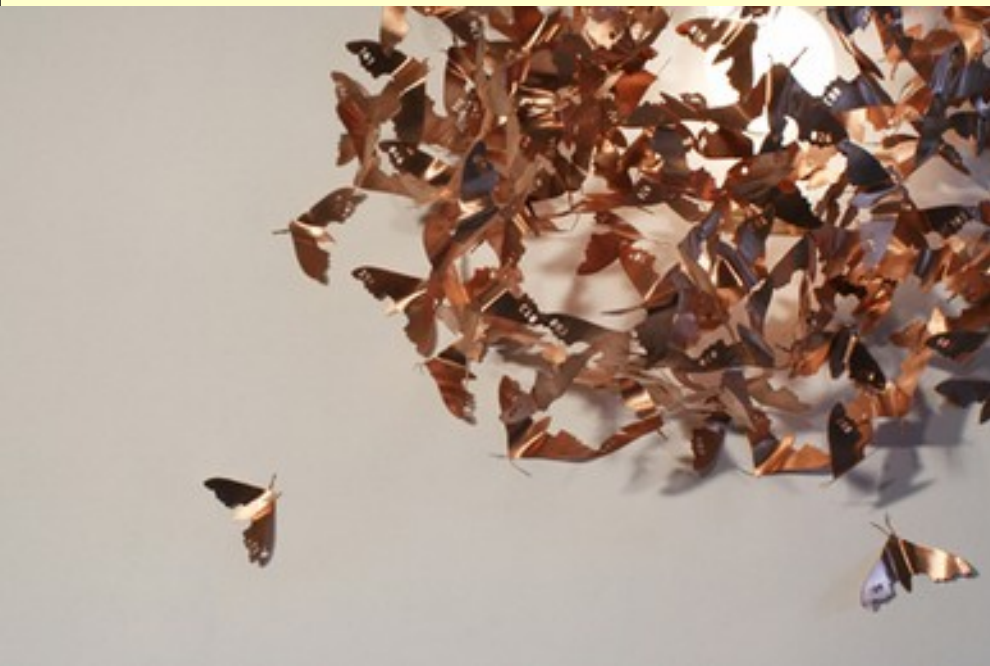
in memoriam  
Kovács István  
sz: Merzler Johanna  
megb. életének 75 évében  
4 béta aranybulla és kék  
szelvényekkel nemi szelvény!

Kovács István  
sz: 1880. március 15.  
elhunyt: 1955. március 15.  
75 éves korában  
Pécs városában

# Tölgyfaszender



[http://www.mischertraxler.com/projects\\_limited\\_moths.html](http://www.mischertraxler.com/projects_limited_moths.html)





# Madarak

- Költési időszak
  - Költőhely választás
  - Bioritmus
  - Táplálkozás
- Vonulási időszak
  - „Csapdába ejtő” fény
  - „Kényszerleszállás”
  - Ütközések kivilágított épületekkel



# Zavaró fény és madarak



# Denevérek – fotó: Dr. Boldogh Sándor



# Teknőcök



**Fajok kihalásához vezethet a felesleges fény**

# Halászat az Adrián...







# Miért baj a fényszennyezés?

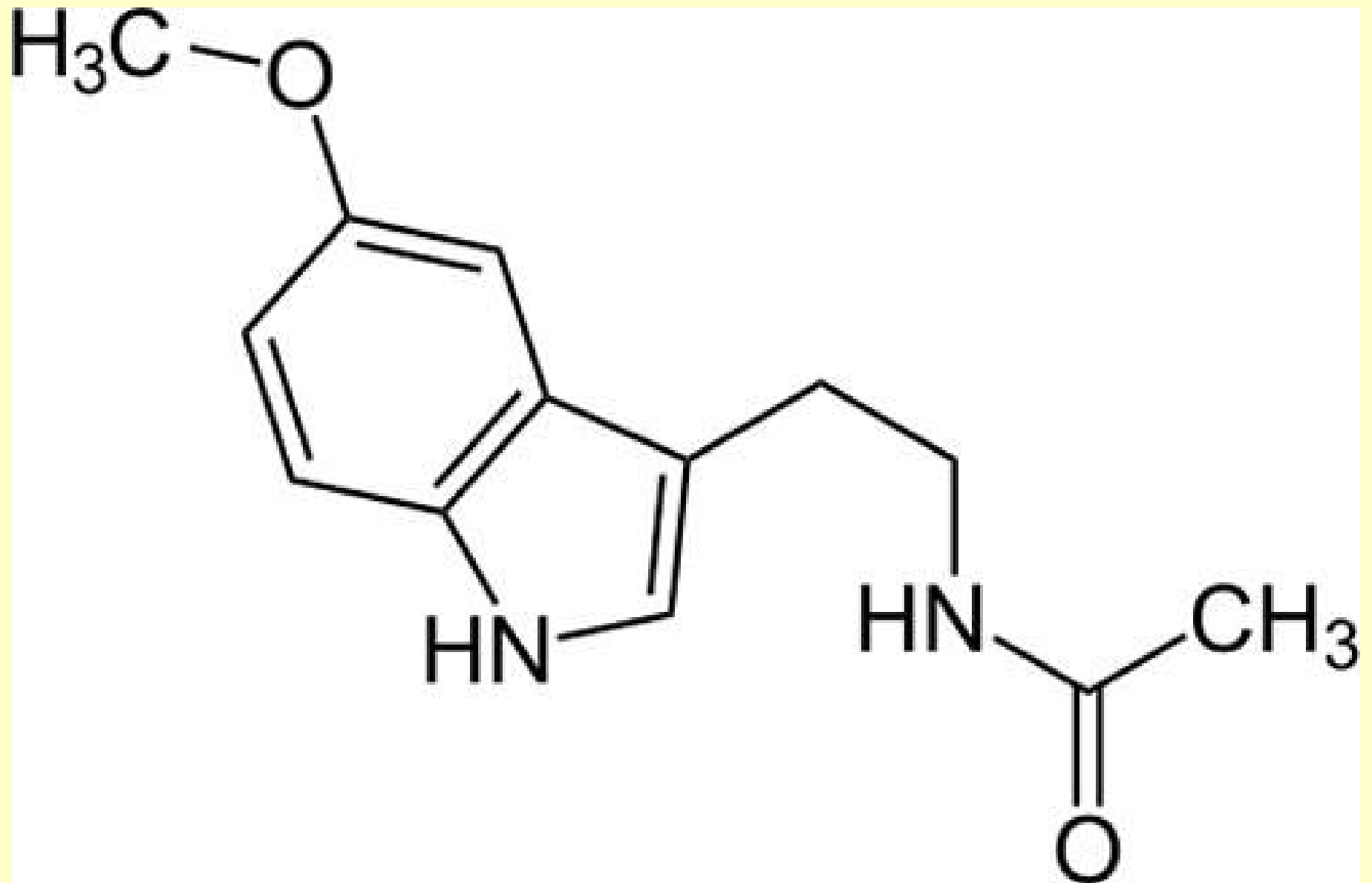
**Fényszennyezés  
és egészség**



# Alvás, cirkadián ritmus



# Melatonin



# Melatonin

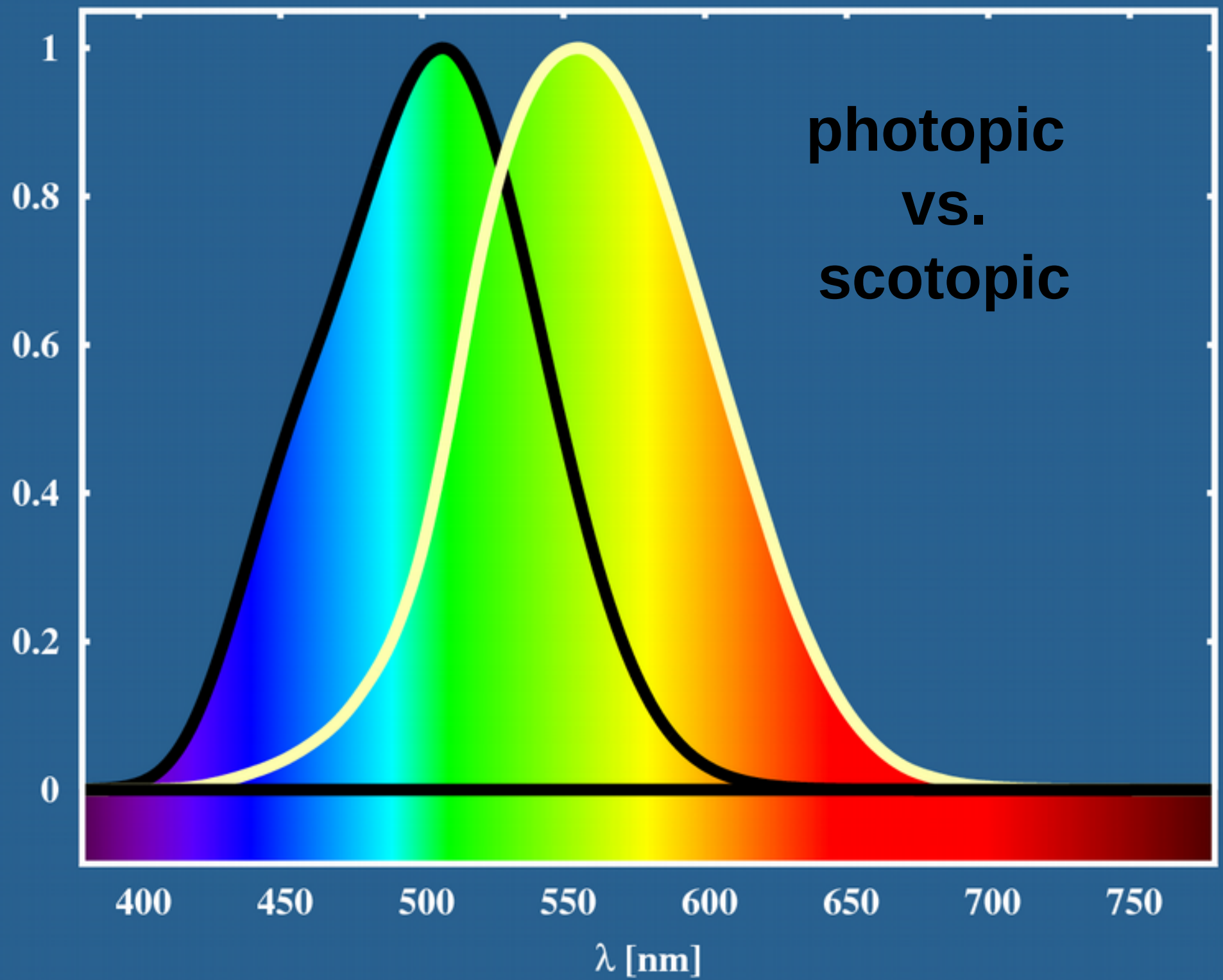
## **Képződés, anyagcsere:**

- A tobozmirigy fő hormonja
- Normál cirkadián ritmus fenntartója
- Éjszaka képződik, sötétben, alvástól függetlenül
- Fény expozíciójára szintézise lecsökken
- Fényérzékeny retinális ganglionsejtek (RGC)
- Korral csökken a kiválasztás
- Fél életideje 30–60 perc
- 70%: → 6-szulfatoxi-melatonin; vizelettel ürül

# Melatonin

## **Hatások:**

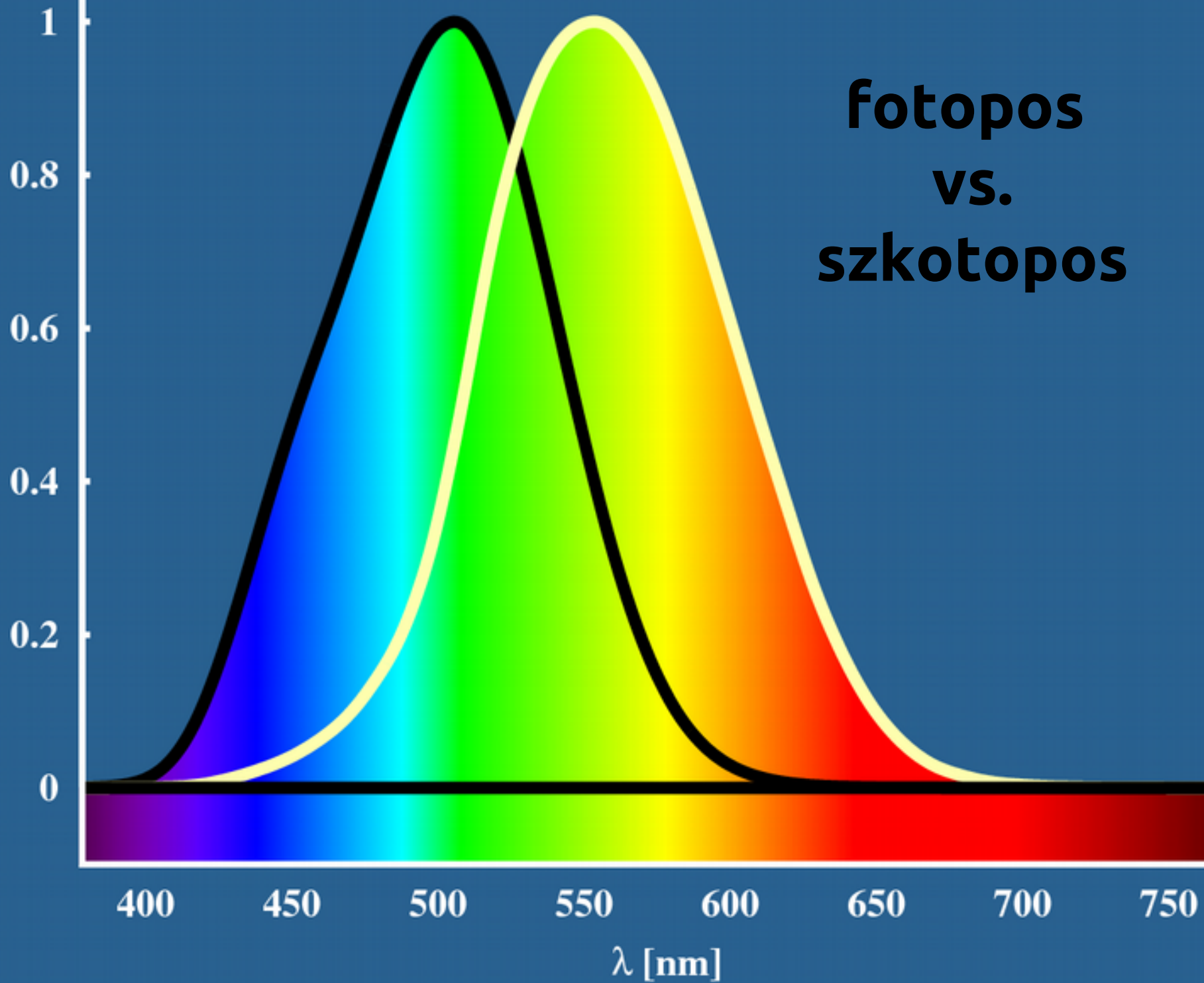
- Alvást elősegítő és szedatív; T↓, p↓
- Immunmoduláció; – Antiproliferatív (sejtszaporodást gátló)
- Csökkenti a vér LDL- és összkoleszterin-szintjét
- Gyökfogó; aktiválja még: szuperoxid-dizmutáz, glutation-peroxidáz, kataláz
- Hormonális hatások  
LH (luteinizáló hormon), kortizol,  
PRL (prolaktin), inzulin;  
PG (prosztaglandin)



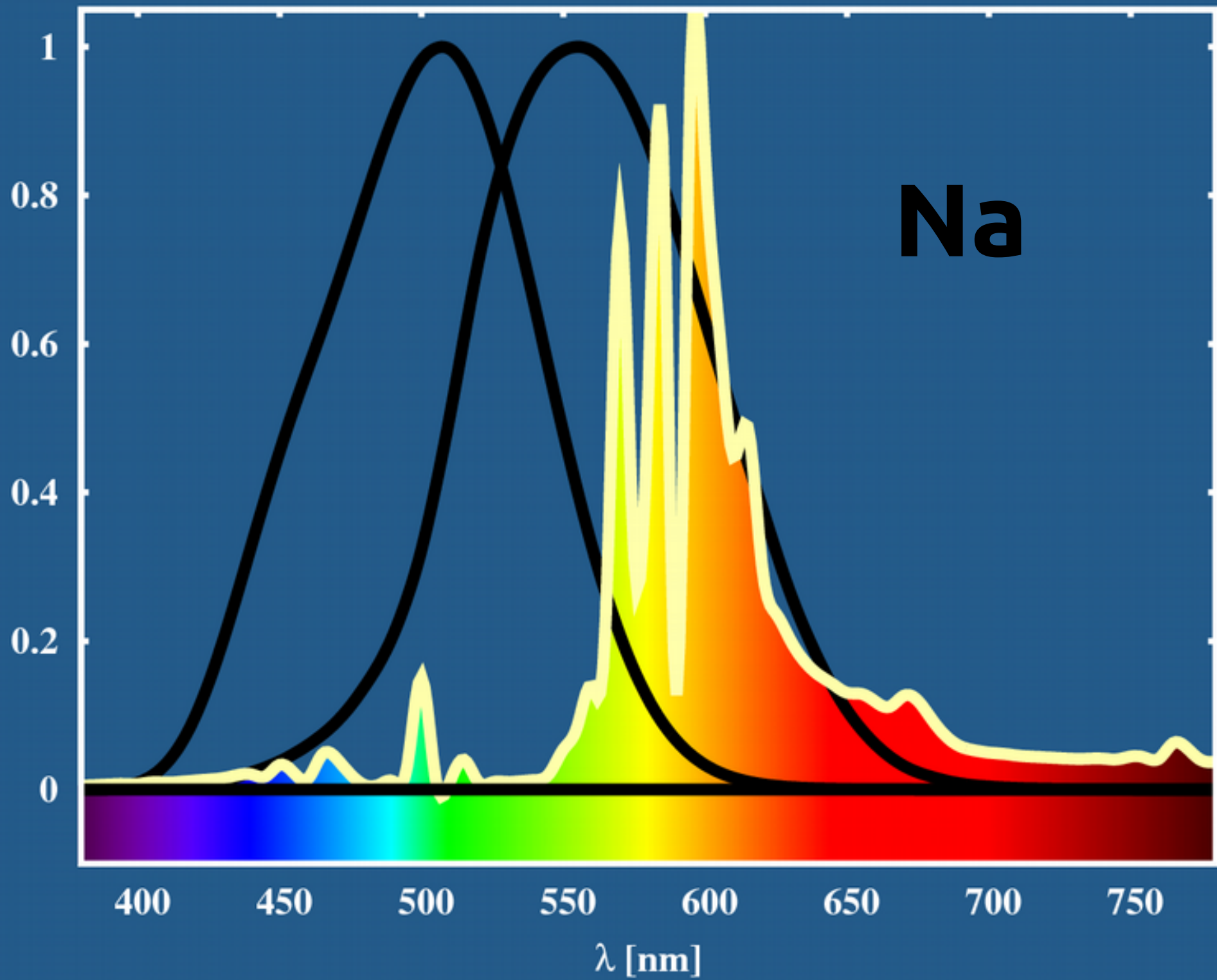


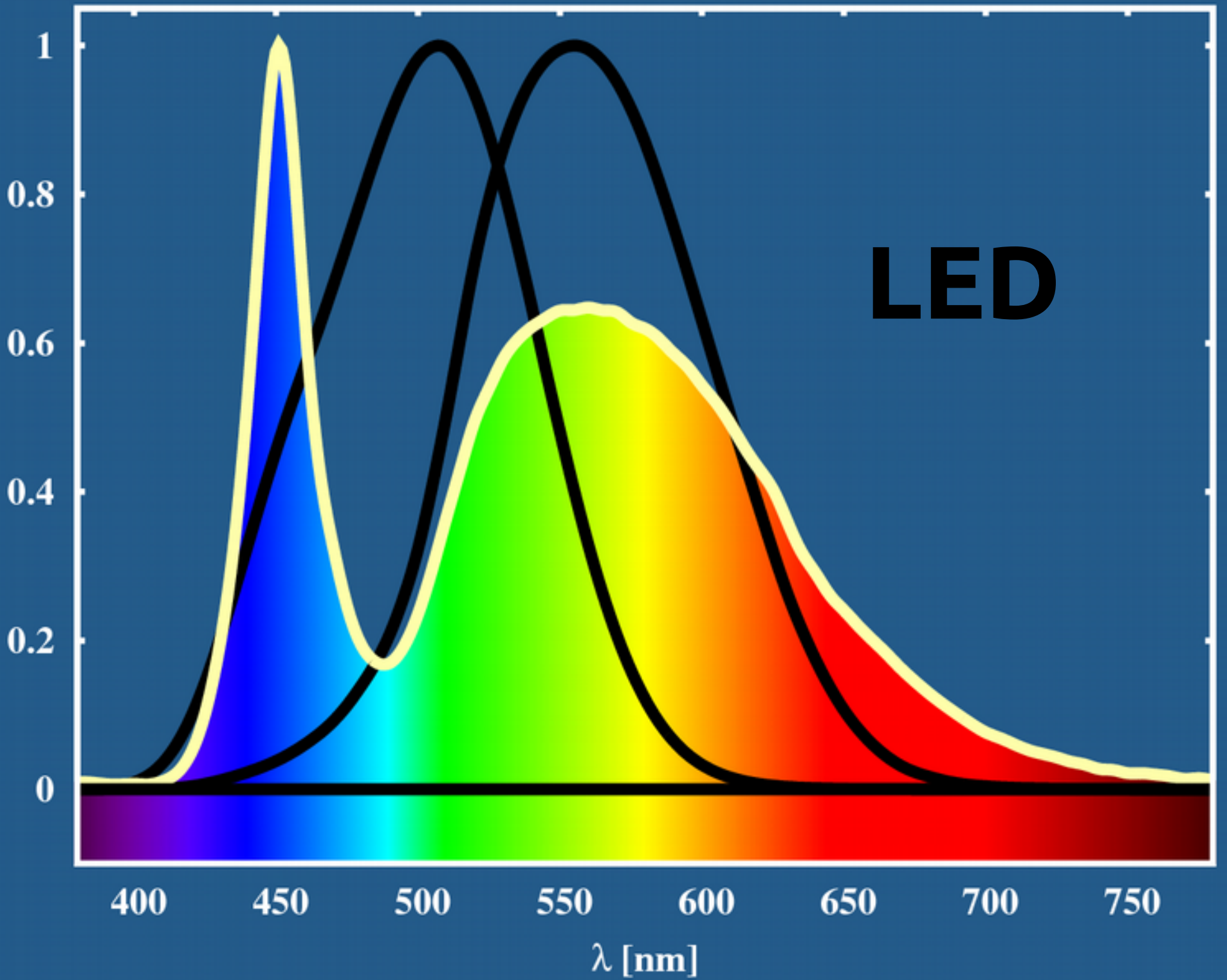


**fotopos  
vs.  
szkotoapos**









# Háborítatlan égbolt



Na lámpa okozta égboltfénylés



# LED okozta égboltfénylés



CCT 4500 K – tipikusan használatban

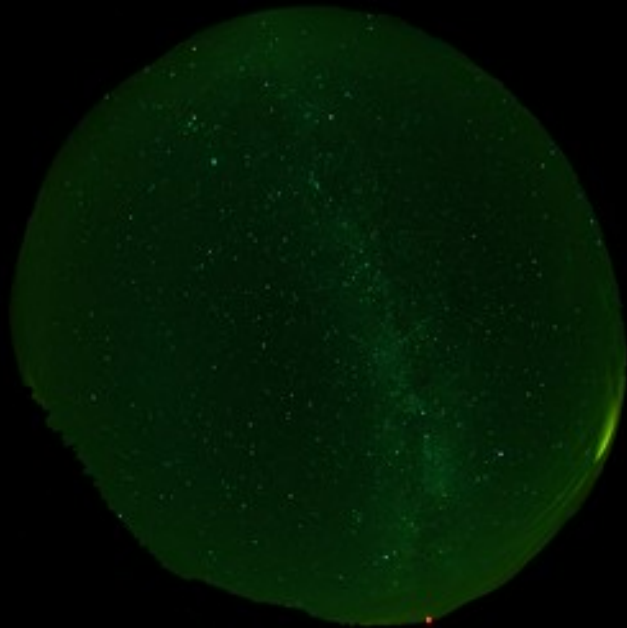
# A fény mérése



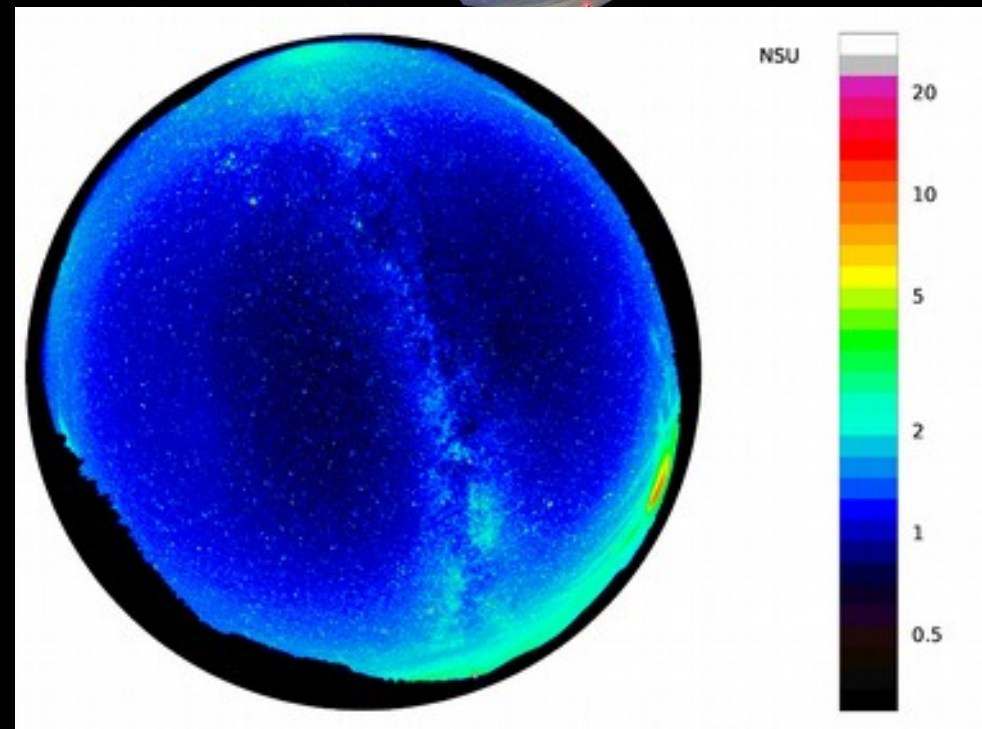
# Digitális kamera mint mérőműszer

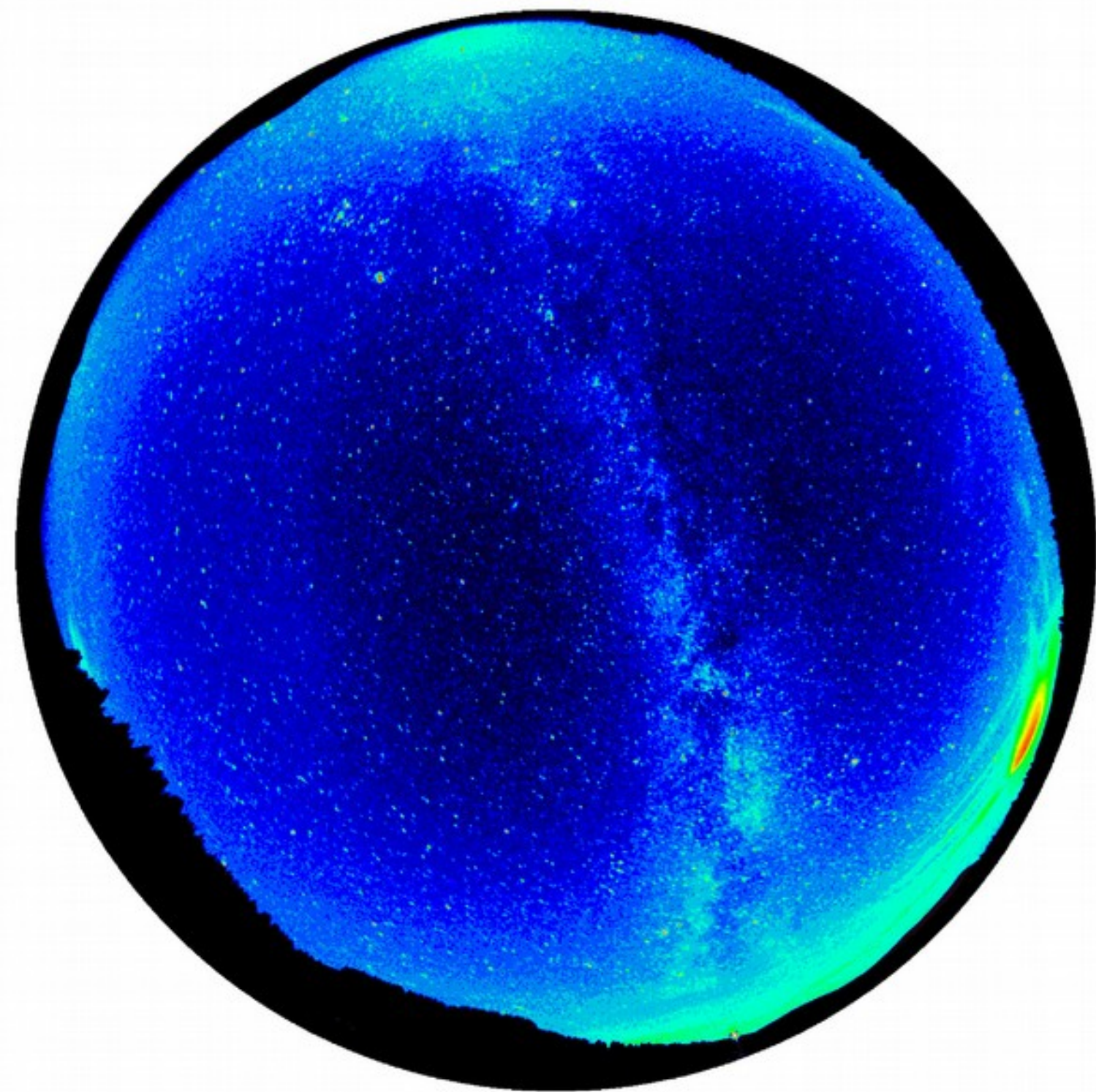
„Kidolgozott” fotó

Raw (lineáris) kép

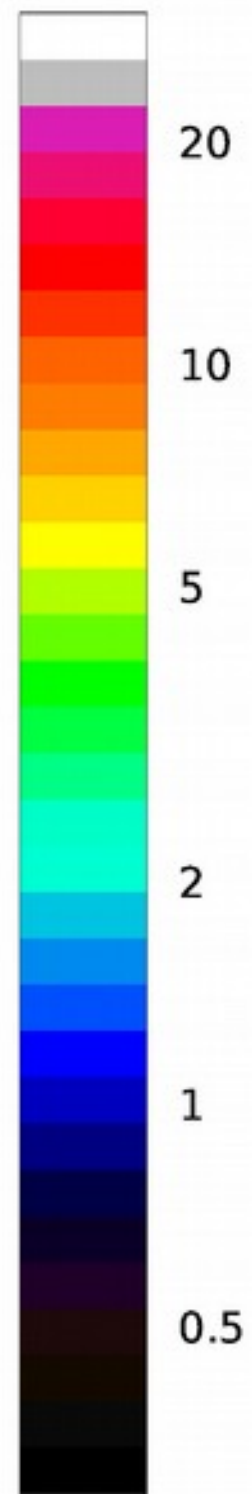


Kalibrált  
radiancia térkép





NSU

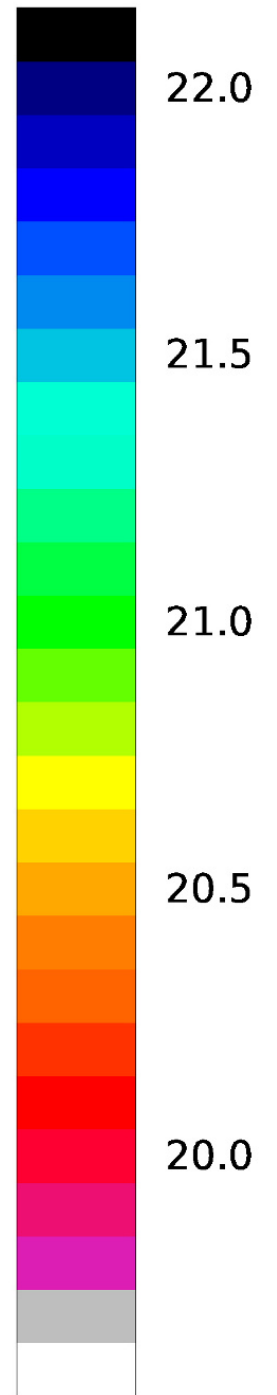
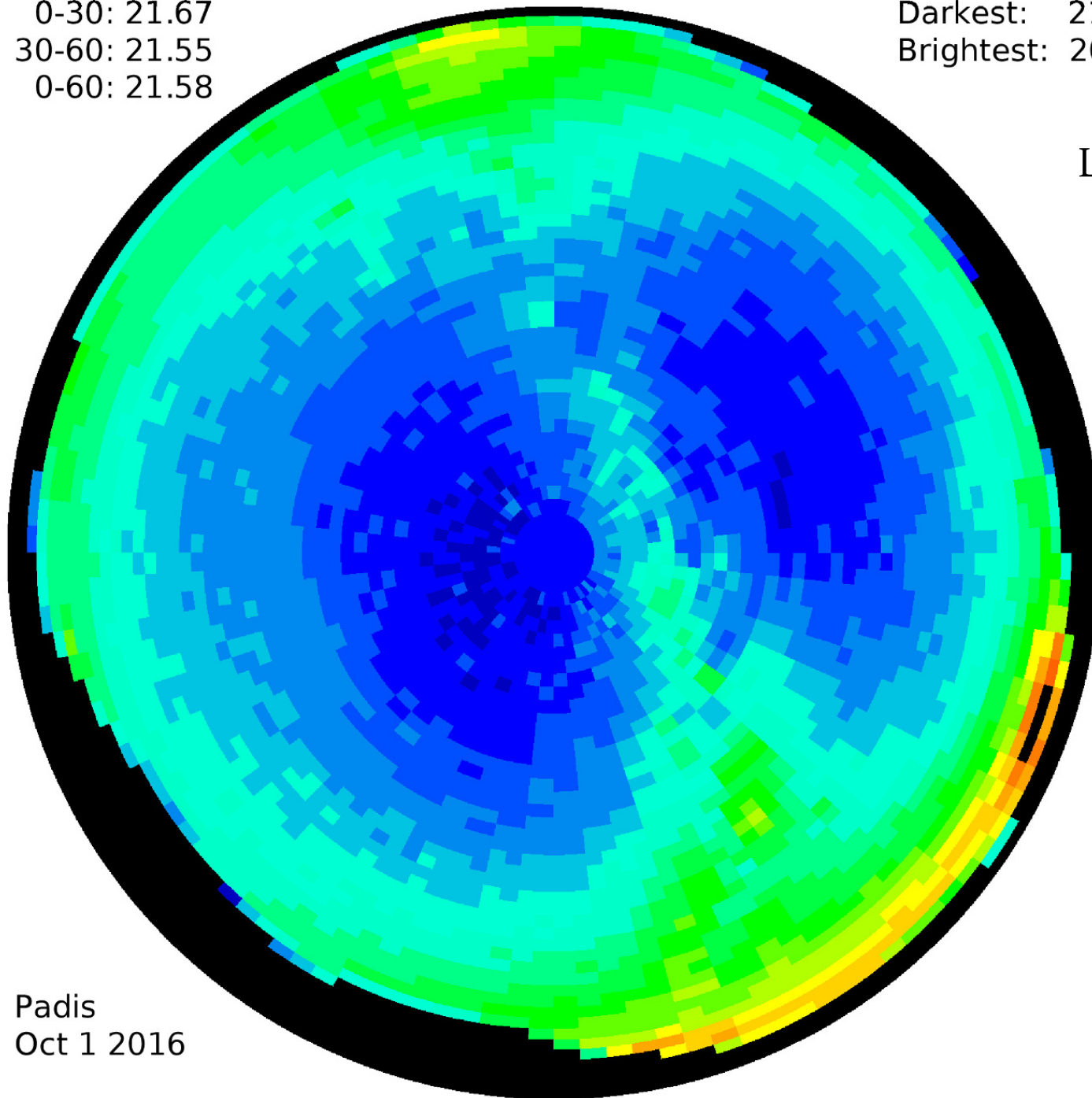




0-30: 21.67  
30-60: 21.55  
0-60: 21.58


Darkest: 21.92  
Brightest: 20.26

$L$  [mag/as<sup>2</sup>]



Padis  
Oct 1 2016






Fényforrás: Szombathely  
távolság: 17-18km



Szent-Vid Kápolna

Árnyék a falon

A városból eredő megvilágítás  
40%-a a vasútállomásról  
származik...



Fényforrás: Szombathely  
távolság: 17-18km



Szent-Vid Kápolna

Árnyék a falon

A városból eredő megvilágítás  
40%-a a vasútállomásról  
származik...





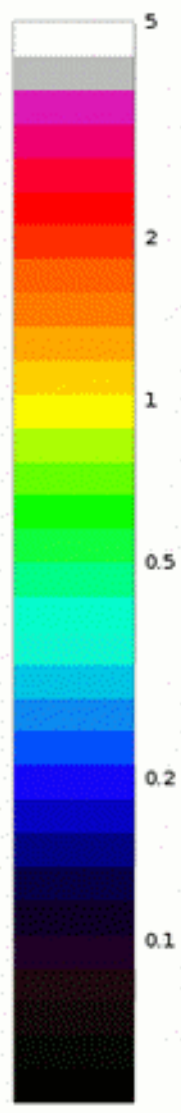
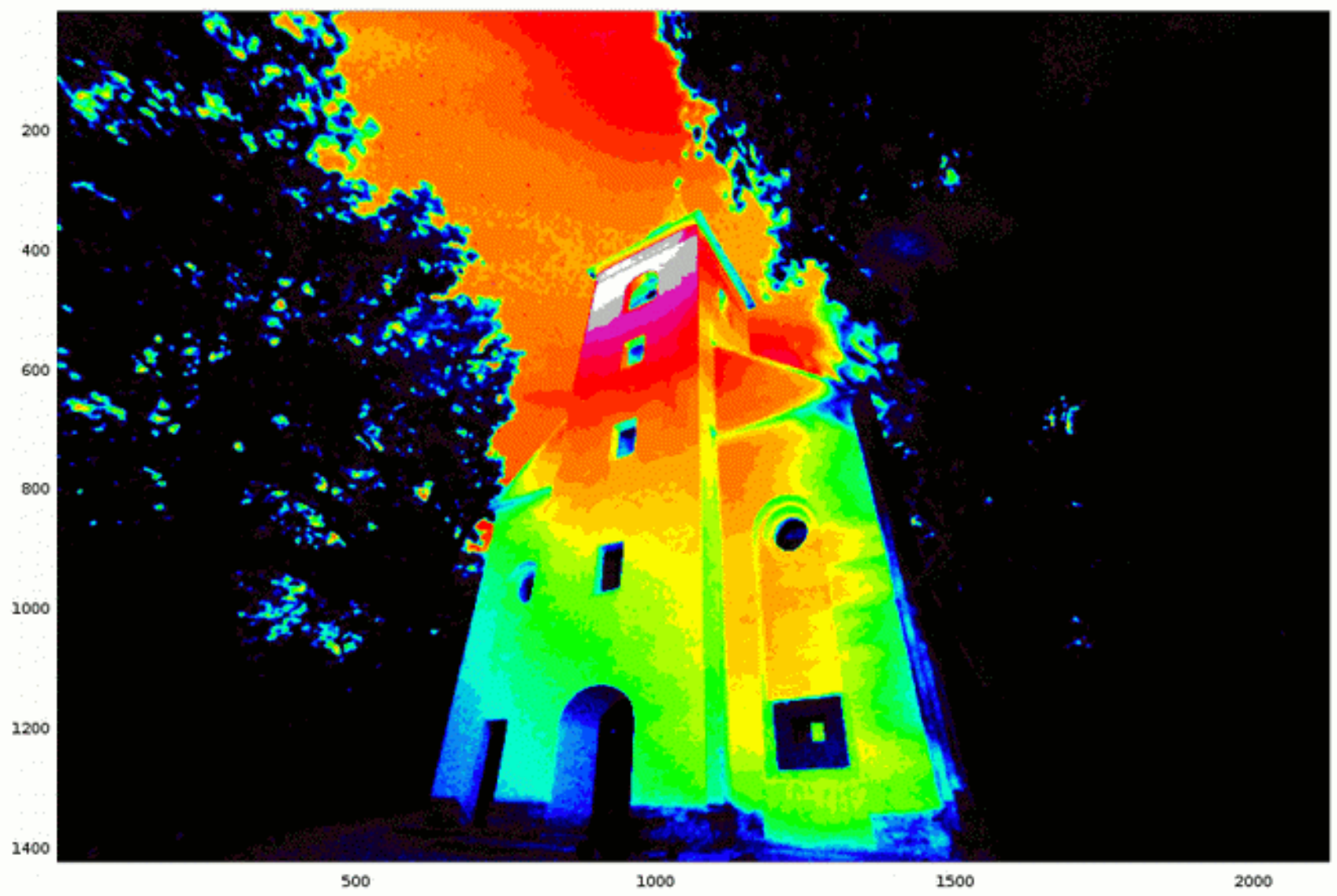


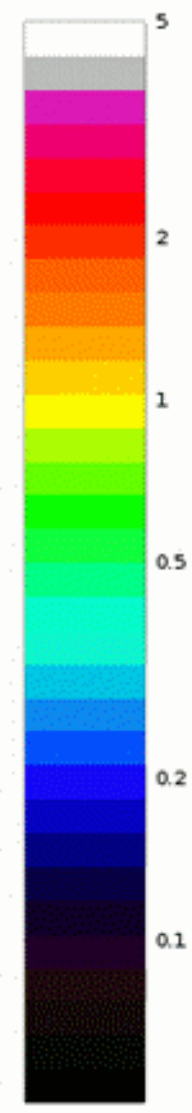
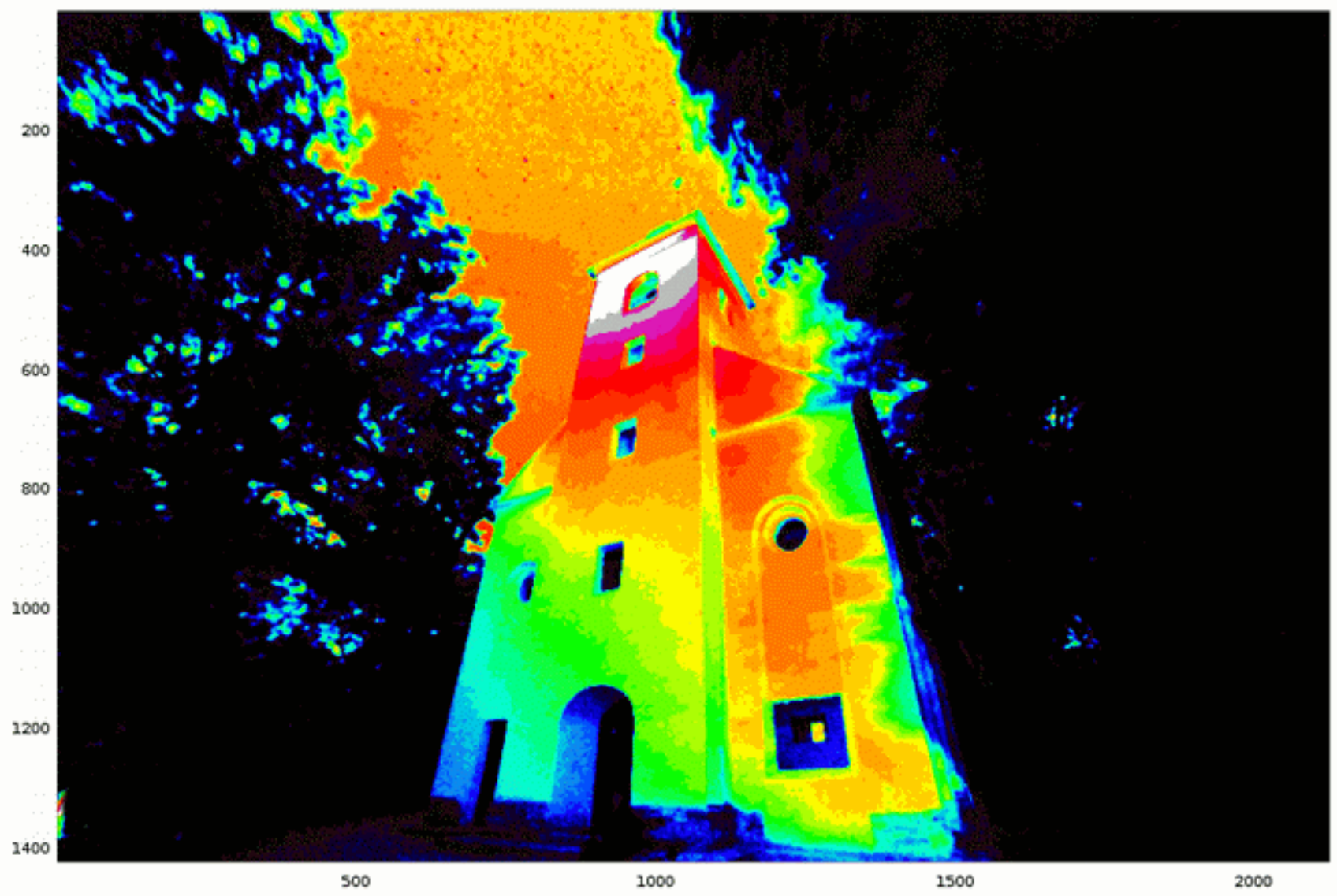


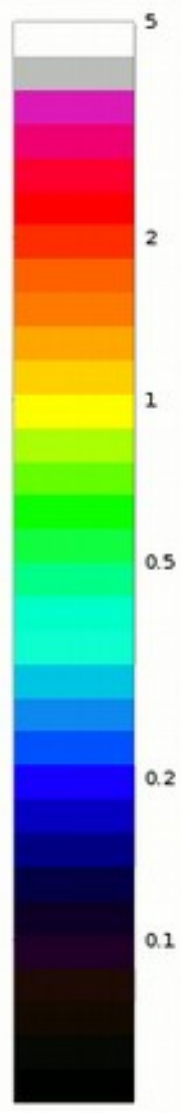
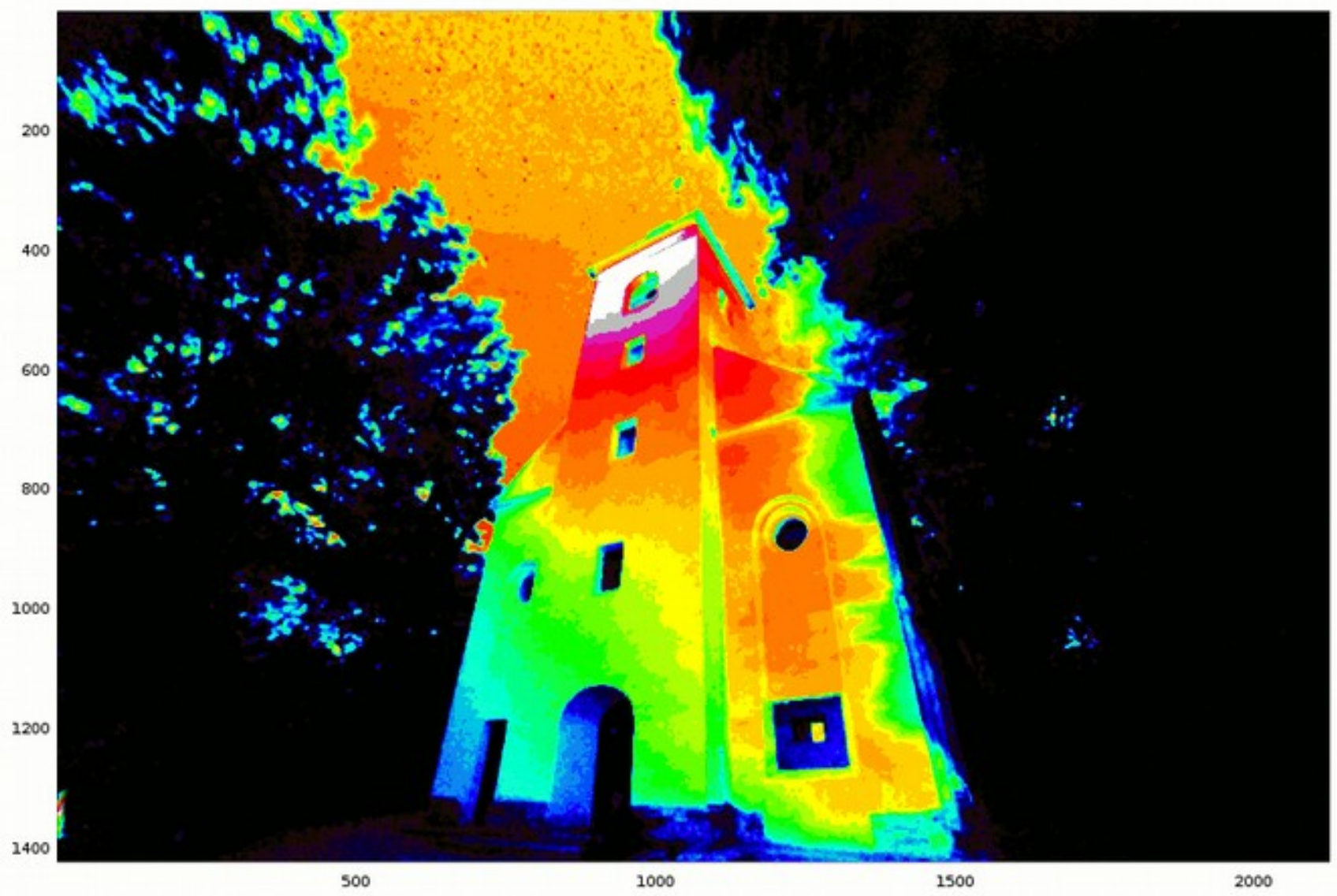




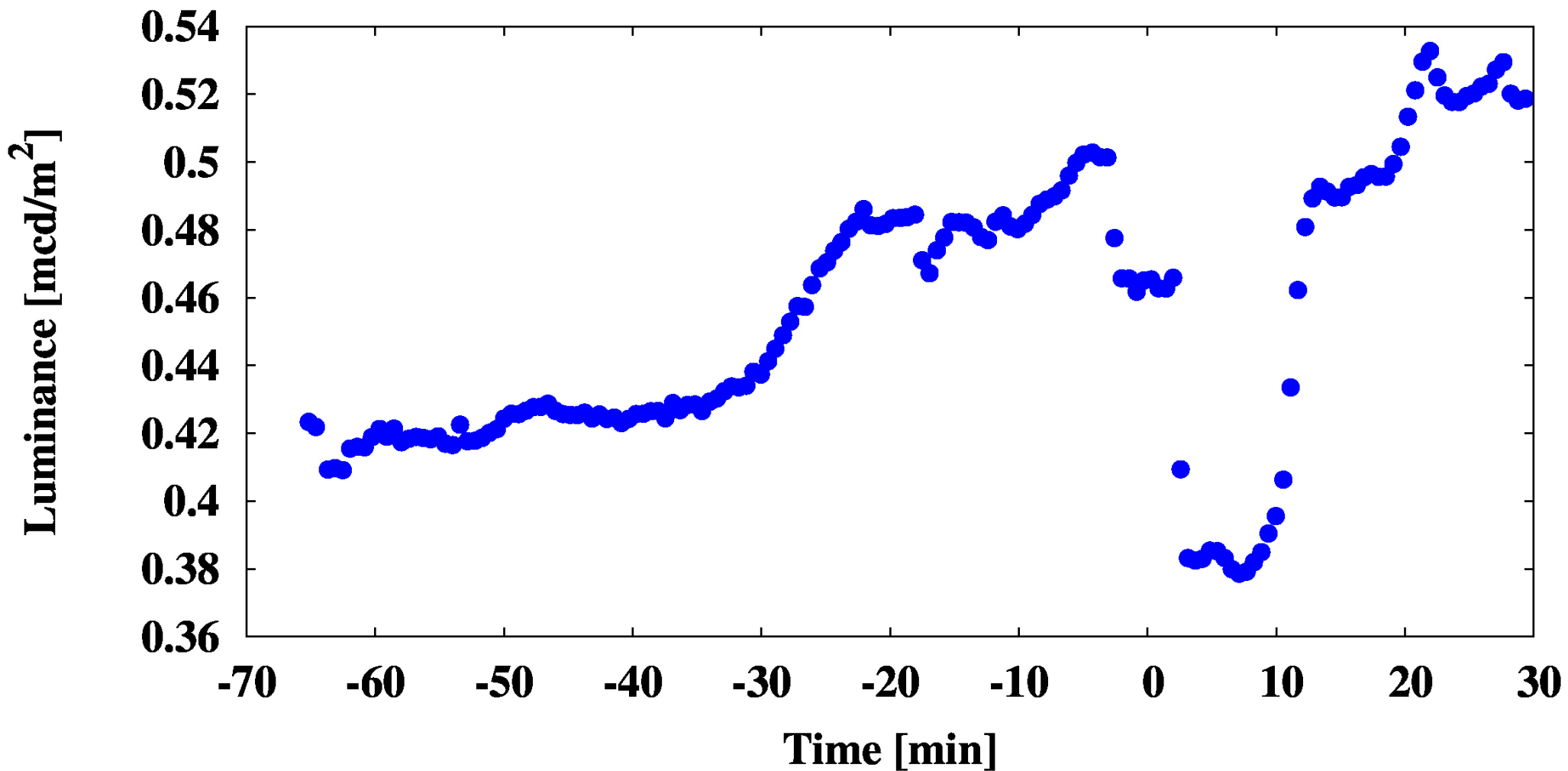




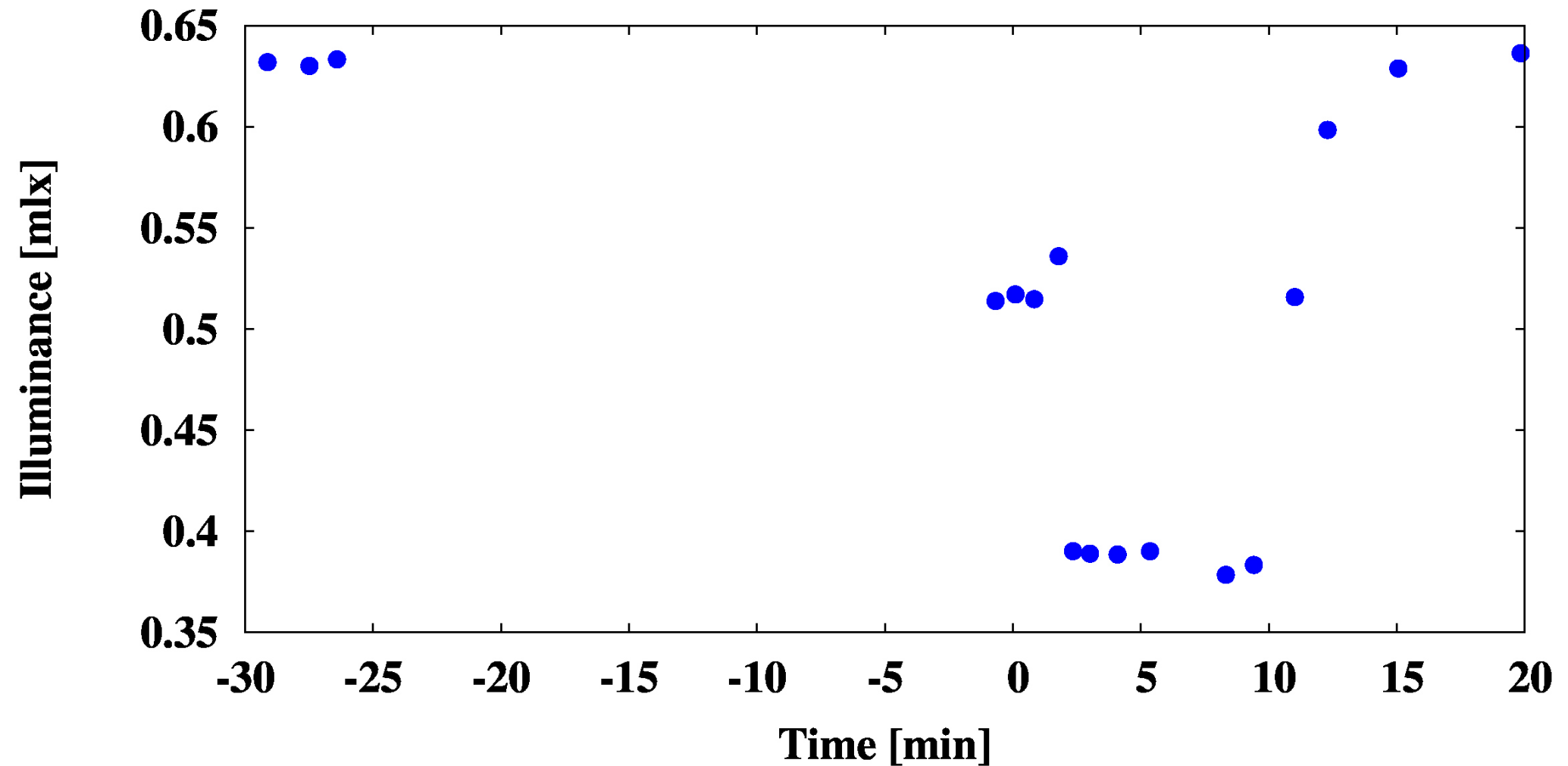




# Vasúti pályaudvar hatása



# Vasúti pályaudvar hatása



# Olcsó fényszennyezni...

A vasútállomástól származó megvilágítás:

$$E=0.26 \text{ mlux}$$

$$R=17\text{km}, \Delta h=350\text{m}$$

Fényáram az  $R$  sugarú és  $h=500\text{m}$  magas hengeren:

$$\Phi = 2R\pi hE = 14000 \text{ lumen}$$

80 lm/W fényhasznosítással

$$P = 175 \text{ W}$$



Taurus mozdony:  $P = 6400 \text{ kW}$













# KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

SZÉCHENYI  2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



**BEFEKTETÉS A JÖVŐBE**