



# BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM FOTOGRAMMETRIA ÉS TÉRINFORMATIKA TANSZÉK

**KUGLER ZSÓFIA:**

**MŰHOLDAS TÁVÉRZÉKELÉS**

Műegyetem rkp. 3. K. ép. I.em. 31.  
1111 Budapest

Tel: +36 1 463-1187  
Fax: +36 1 463-3084  
[www.fmt.bme.hu](http://www.fmt.bme.hu)



# Bevezetés

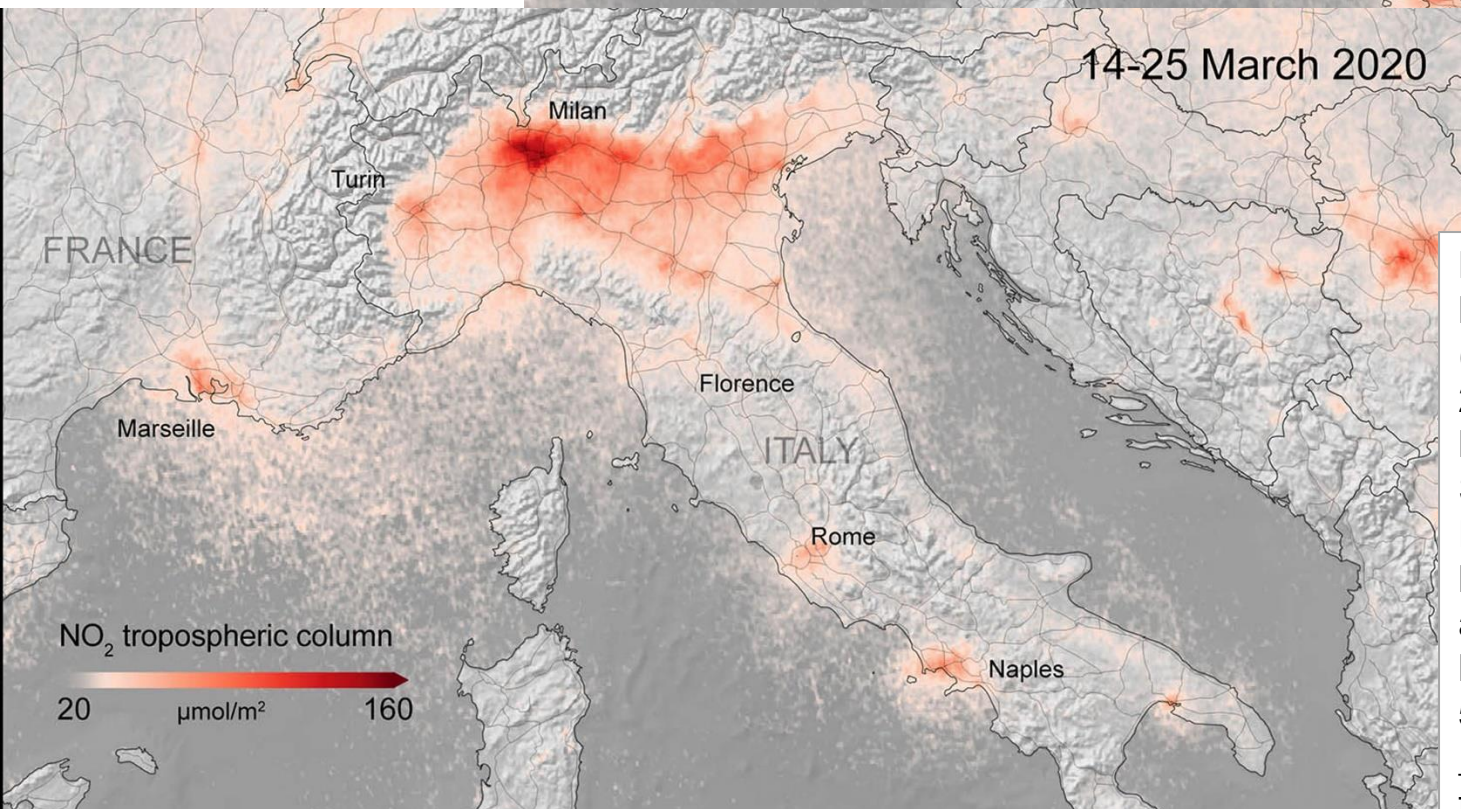
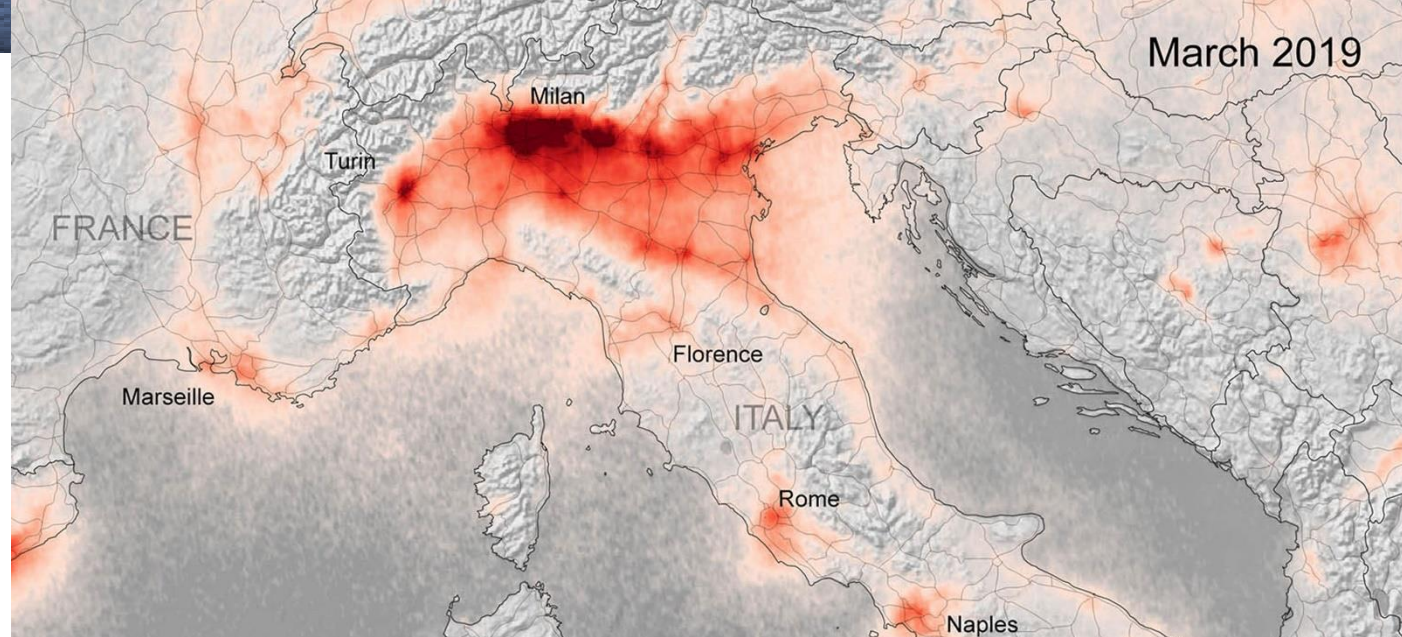
# Műholdas távérzékelés a mindennapokban: Időjárás előrejelzés



MET9 IR039 2009-02-20 12:00 UTC



# Koronavírus hatása (COVID-19) a légszennyezettségre



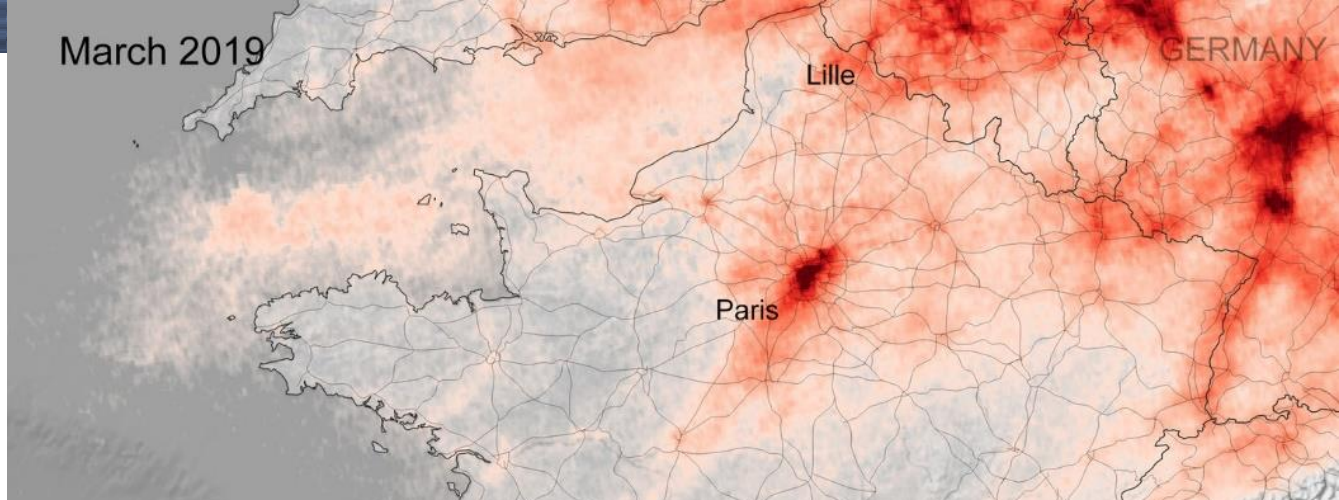
Légköri nitrogén-dioxid koncentráció mérése (NO<sub>2</sub>)  
2019 márc és 2020 márc között  
Sentinel-5P műholdról  
Forrás:  
[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Coronavirus\\_lockdown\\_leading\\_to\\_drop\\_in\\_pollution\\_across\\_Europe](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Coronavirus_lockdown_leading_to_drop_in_pollution_across_Europe)

NO<sub>2</sub> tropospheric column  
20  $\mu\text{mol}/\text{m}^2$  160

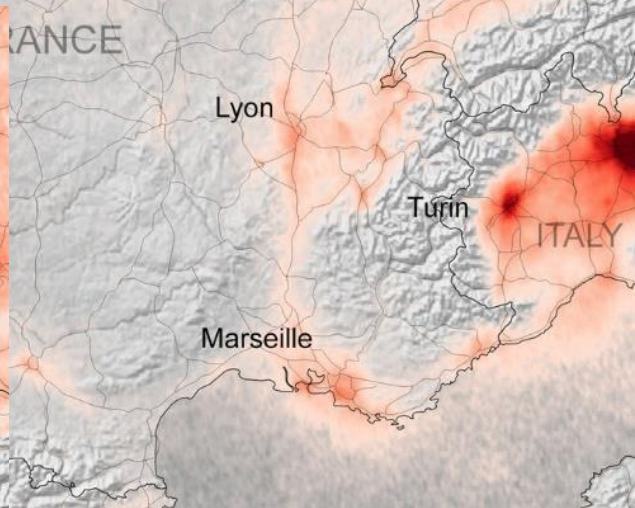
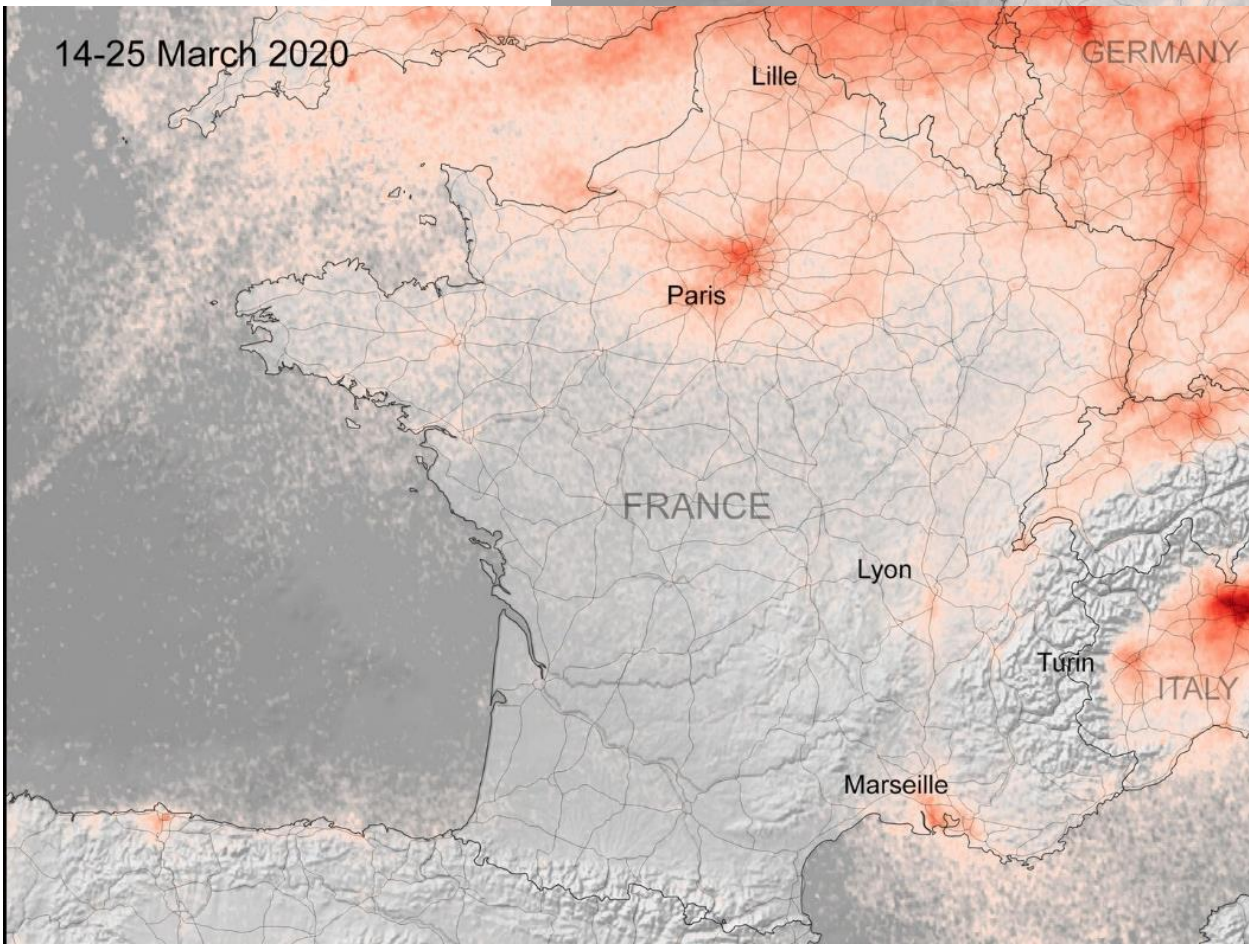


# Koronavírus hatása (COVID-19) a légszennyezettségre

March 2019



14-25 March 2020



Légköri nitrogén-dioxid koncentráció mérése (NO<sub>2</sub>)

2019 márc és 2020 márc között Sentinel-5P műholdról

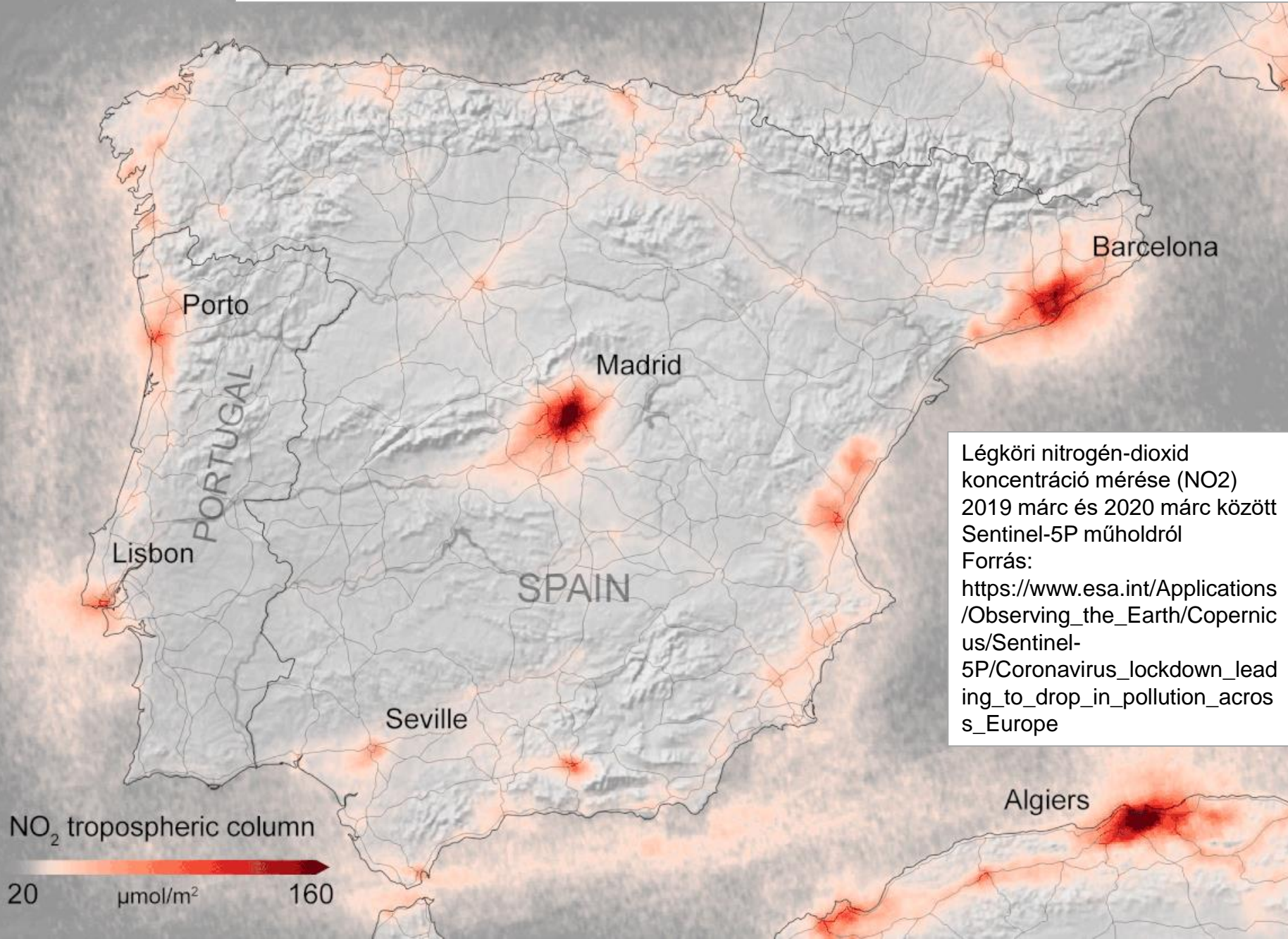
Forrás:

[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Coronavirus\\_lockdown\\_leading\\_to\\_drop\\_in\\_pollution\\_across\\_Europe](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Coronavirus_lockdown_leading_to_drop_in_pollution_across_Europe)



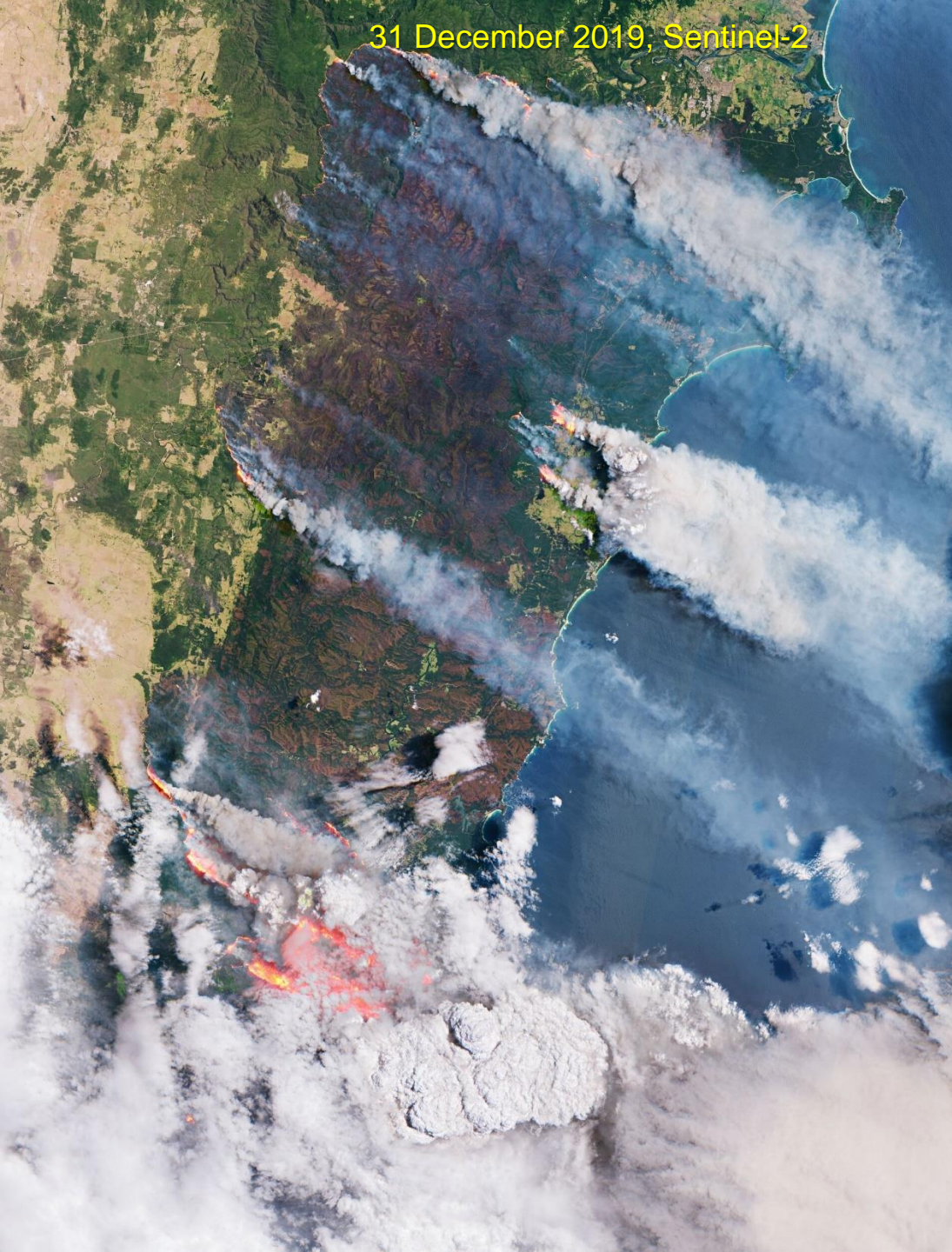
March 2019

# Koronavírus hatása a légszennyezettségre





31 December 2019, Sentinel-2



# Ausztrál erdőtűz, 2019 Október – 2020 Január

2019 Október – 2020 Január  
Tűzfészkek száma:  
Sentinel-3 műhold  
1km felbontás



# Ausztrál erdőtűz, 2019 Október – 2020 Január



**Szén-monoxid koncentráció**  
2019 szept. és dec. között  
Sentinel – 5 műhold









# Távérzékeléses példák



Balaton a troposzférából és sztratoszférából

Troposféra „teteje”

2017. február 6



Hordozó eszközök:

- Műhold
- Ballon
- Repülőgép
- Drón
- Állvány

<https://www.idokep.hu/hirek/jegviragok-a-vilagurbol---i>



# Távérzékeléses példák



- Hordozó eszköz alkalmazástól függ
  - Milyen információra van szükségünk?
  - Milyen részletességgel?
  - Mely részlet a fontos?

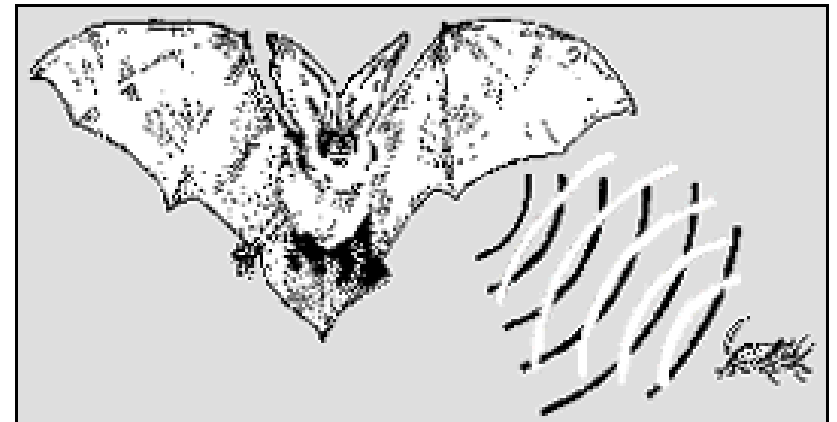


# Mi a távérzékelés?

*Tárgyak, felszínekről történő információ gyűjtés úgy, hogy a vizsgálandó objektummal fizikai kapcsolatba nem lépünk. (NASA)*

Műholdas távérzékelés:

**Képalkotó, Földmegfigyelő**





# Mi az előnye a műholdas távérzékelésnek ?

- Térbeli-, időbeli információ forrás
  - földfelszín, óceánok, légkör, jégfelszín
- Környezet megfigyelése, folyamatok monitorozása
- Jellemzői **pontos**, **aktuális**, **konzisztens** és **nagyterületű**
- Régre visszanyúló adatok (60'/70'+)
- Kvantitatív vizsgálatot támogatja
  - Klíma adatok (hőmérséklet, légköri gázok, földfelszín, aeroszolok....)
- Néhány 'kereskedelmi' adat
  - időjárás, mezőgazdasági monitoring, nyersanyag kezelés



# De....

- **Távérzékelés hátránya**
  - Drága beruházás
  - Technikailag eszközigenyes
  - Nincs közvetlen mérés
    - helyettesítő változókat mér
    - pl. visszaverődés (%), világosság hőmérséklet ( $\text{Wm}^{-2} \Rightarrow \text{°K}$ ), visszavert jel (dB)
    - ezekkel kapcsolják össze a fizikai paramétereket.

# Téradat nyerési eljárások rendszerében

- Elsődleges adatforrások:
  - Geodéziai felmérés
  - GPS helymeghatározás
  - Fotogrammetria (mérőkamerás kiértékelés)
  - **Távérzékelés**
  - Mobil térképező (pl. Google streetview)
  - Drónos felmérés
- Másodlagos adatforrások:
  - Térképek, szkennelése, digitalizálása
  - Adatállomány/információ átalakítása



# NASA, Jet Propulsion Laboratory (JPL)

Founded in the 1930s

The first **NASA** institute ever

Managed by the nearby

**California Institute of Technology (Caltech)**





# How did the story begin?

The origins of the Jet Propulsion Laboratory date back to the 1930s, when **Caltech** professor **Theodore von Kármán** oversaw pioneering work in rocket propulsion. After unsuccessful and sometimes hazardous experiments, several graduate students led by **Frank Malina**, along with rocket enthusiasts from the Pasadena area, moved their work off campus. They chose the Arroyo Seco, a dry canyon wash north of the Rose Bowl in Pasadena, California – and future home of JPL.



Read more: <https://www.jpl.nasa.gov/who-we-are/history>



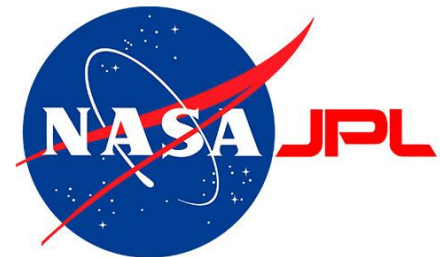
# And who was Kármán Tódor (Theodor von Karman)?

Hungarian mathematician, aerospace engineer, and physicist who was active primarily in the fields of aeronautics and astronautics.

- ✓ Student at BME in the early 1900'
- ✓ Professor at Caltech from 1930'
- ✓ Cofounder and first president of JPL in 1944



Caltech



So your teacher is currently at JPL

Here





And these folks also work here





# And what s JPL famous for?



Have you ever heard of the Mars rover named Perseverance?



# And the first helicopter drone flown on the MARS?



For more: <https://www.youtube.com/watch?v=oOMQOqKRWjU>



Look at the **Assembly facility** where many flight hardware and the also the Rover was built

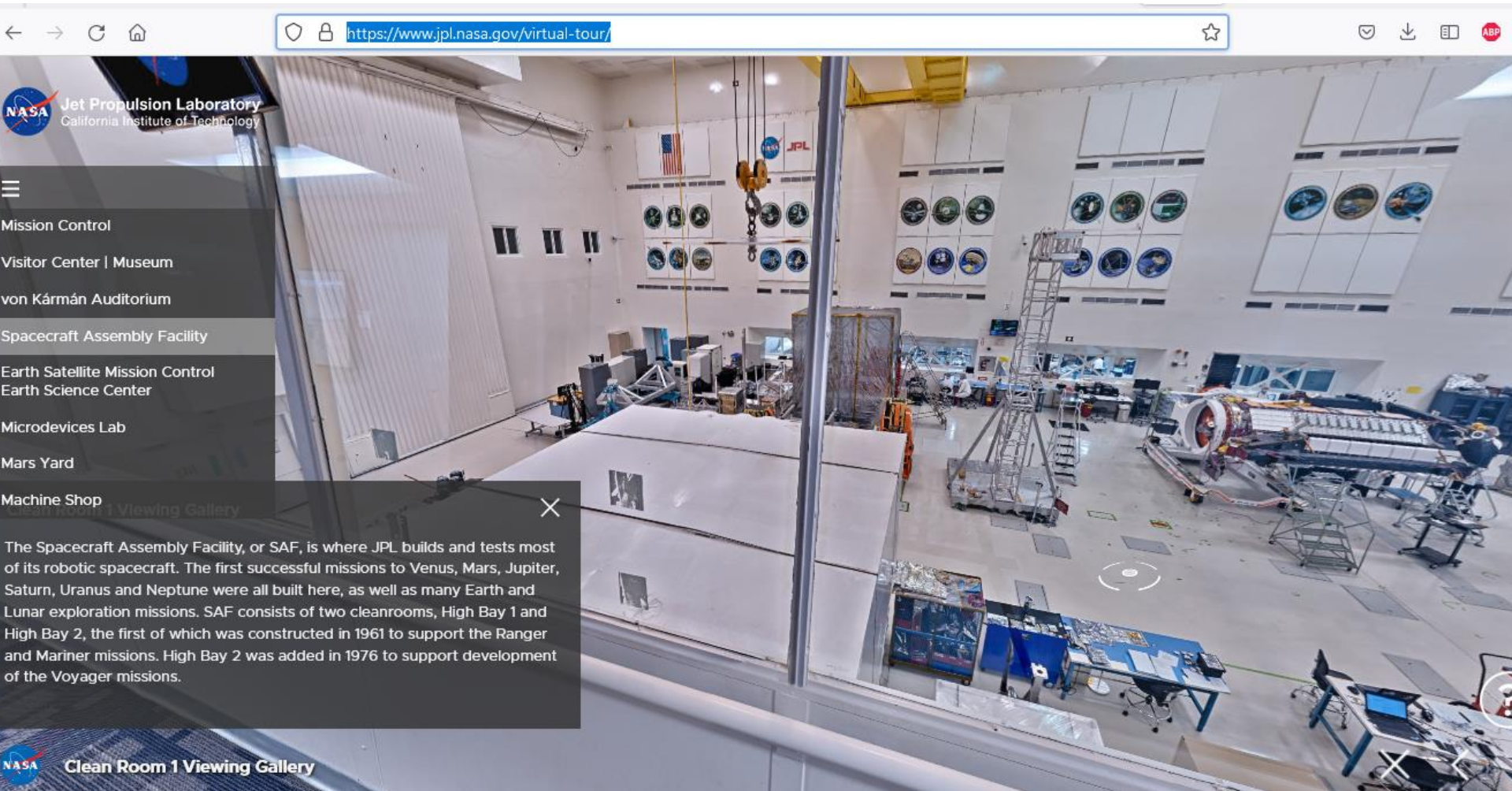




And the Mission Control room where not only the rover is controlled 24/7

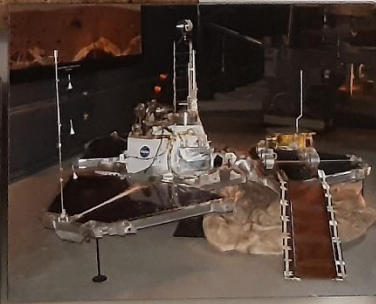
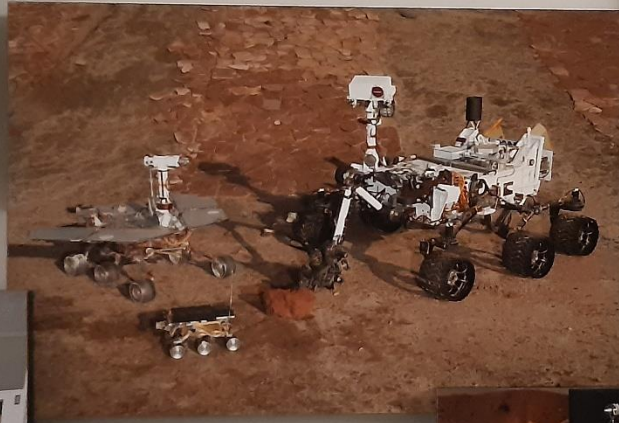


# Check out the fancy virtual tour at <https://www.jpl.nasa.gov/virtual-tour/>





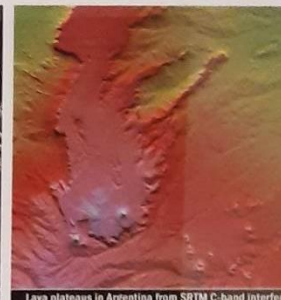
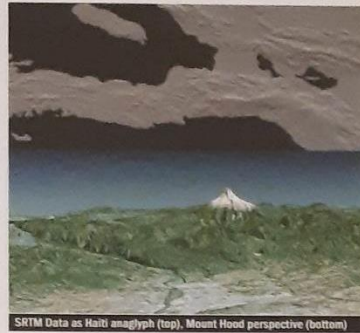
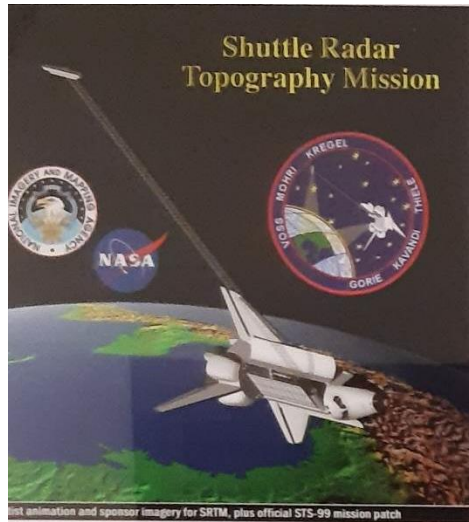
# Do you know how many Mars robots have been built here since 1970'?



# But its not only Mars that made JPL famous

Do you remember SRTM?  
Interferometric SAR mission?

Flight hardware was built here.



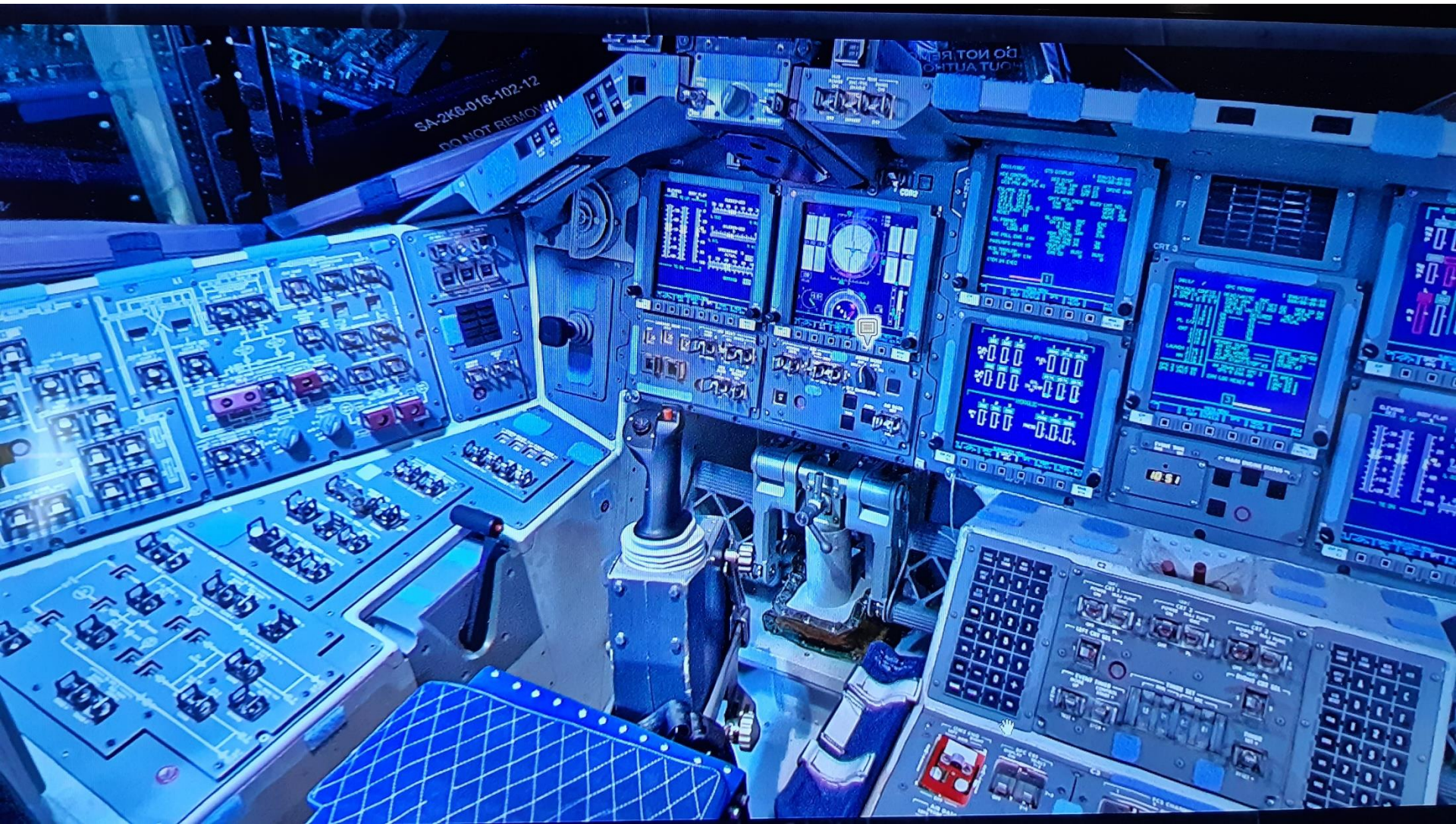


It was sent in orbit with  
Endeavour space shuttle





Have you ever been flying a space shuttle?





Careful when space shuttles are Xing..



Careful when space shuttles are Xing..





And there is so much more in orbit that was built here..



# And many of them are still in orbit

## JPL MISSIONS IN FLIGHT

### INTERSTELLAR SPACE

**Voyagers 1 and 2**  
LAUNCH: 8.20.77 AND 9.3.77  
Flaw by Jupiter and Saturn;  
Voyager 2 went on to Uranus  
and Neptune. Both have  
entered interstellar space.



### STARS & GALAXIES

**Hubble**  
LAUNCH: 2.24.90  
Using high-energy X-rays  
to hunt black holes and  
other extreme objects.



**Spitzer Space Telescope**  
LAUNCH: 8.25.03  
Uses infrared light to study  
the early universe and planets  
around nearby stars.



### COMETS AND ASTEROIDS

**Wise/NEOWISE**  
LAUNCH: 9.19.09  
Manned sky in four infrared  
bands; studying asteroids  
with infrared light.



### PHYSICS

**Cold Atom Laboratory**  
LAUNCH: 4.21.08  
A facility aboard the International  
Space Station, this  
makes use of the  
space station's unique  
microgravity environment to



### EARTH

**Advanced Spaceborne  
Thermal Emission and  
Reflection Radiometer  
on Terra**  
LAUNCH: 9.15.02  
Obtains high-resolution images  
of Earth in 14 color bands.



**Atmospheric Infrared  
Sounder on Aqua**  
LAUNCH: 4.25.02  
Measures temperature,  
humidity, clouds, carbon  
dioxide and other gases to  
study weather and climate.



**CloudSat**  
LAUNCH: 4.28.06  
Studies clouds on a global  
basis to contribute to better  
predictions of clouds and their  
role in climate change.



**ECOSTRESS**  
LAUNCH: 8.09.18  
The Ecosystem Spaceborne  
Thermal Radiometer  
Experiment on Space  
Station (ECOSTRESS),  
monitors one of the most basic  
processes in living plants: the loss  
of water through the tiny pores in  
leaves.



**Gravity Recovery and Climate  
Experiment Follow-On**  
LAUNCH: 5.20.18  
Twin satellites measuring  
changes in Earth's gravity field.



**Jason 3**  
LAUNCH: 1.12.16  
Follow-on to Jason 1  
and 2 recording global  
sea-level heights.



**Microwave Limb  
Sounder on Aura**  
LAUNCH: 7.15.04  
Measures vertical  
profiles of atmospheric  
gases, temperature  
and pressure.



**Multi-angle Imaging  
Spectroradiometer  
on Terra**  
LAUNCH: 9.15.02  
Images surface and atmospheric  
components from nine camera angles.



**Ocean Surface Topography  
Mission/Jason 2**  
LAUNCH: 7.03.08  
Extends the Jason 1  
climate record to continue  
the study of ocean circulation,  
climate change and sea-level rise.



**Orbiting Carbon  
Observatory 2**  
LAUNCH: 7.14.14  
Charting sources and sinks of  
carbon dioxide across  
the globe to under-  
stand better how carbon  
is contributing to climate change.



**Orbiting Carbon  
Observatory 3**  
LAUNCH: 8.1.19  
The OCO-3 instrument on the  
International  
Space Station will continue  
OCO-2's measurements of atmospheric  
carbon dioxide in the midlatitudes,  
where most people live.



**Soil Moisture Active Passive**  
LAUNCH: 1.8.13  
Satellite mapping Earth's soil  
moisture and freeze/thaw state  
to understand terrestrial water,  
carbon and energy cycles.



### MARS

**2001 Mars Odyssey**  
LAUNCH: 4.7.01  
Looking for water and ice  
from orbit; studying surface  
minerals; relaying rover data.



**InSight**  
LAUNCH: 8.18.18  
InSight: quest for interior  
Exploration using  
Seismic Investigations,  
Geodesy and Heat Trans-  
port. It is investigating the interior  
structure of Mars from a landing  
site on Elysium Planitia.



**Mars Reconnaissance Orbiter**  
LAUNCH: 8.12.05  
Examining Mars in high  
resolution; has returned  
more data than all other  
Mars missions combined.



**Mars Science Laboratory/Curiosity**  
LAUNCH: 11.26.11  
Curiosity rover is examining  
Mount Sharp to assess changes  
in environments once  
favorable for life.



### JUPITER

**Juno**  
LAUNCH: 8.5.11  
Juno is mapping the gravity field,  
magnetic field and atmospheric  
structure of Jupiter from a unique  
polar orbit.



For the latest on our missions, including our





# JPL satellite datasets: [eyes.nasa.gov](https://eyes.nasa.gov)

[https://www.youtube.com/watch?v=Ls\\_r0DXFX0o](https://www.youtube.com/watch?v=Ls_r0DXFX0o)



Can you tell us a little  
bit about the software?

# Watch this video for JPL activities

[https://www.youtube.com/watch?v=Po\\_9xjt3eWk](https://www.youtube.com/watch?v=Po_9xjt3eWk)





# February 18 2021

## Earth was watching to the Mars

<https://www.jpl.nasa.gov/videos/perseverance-rover-lands-on-mars-as-the-world-watches>



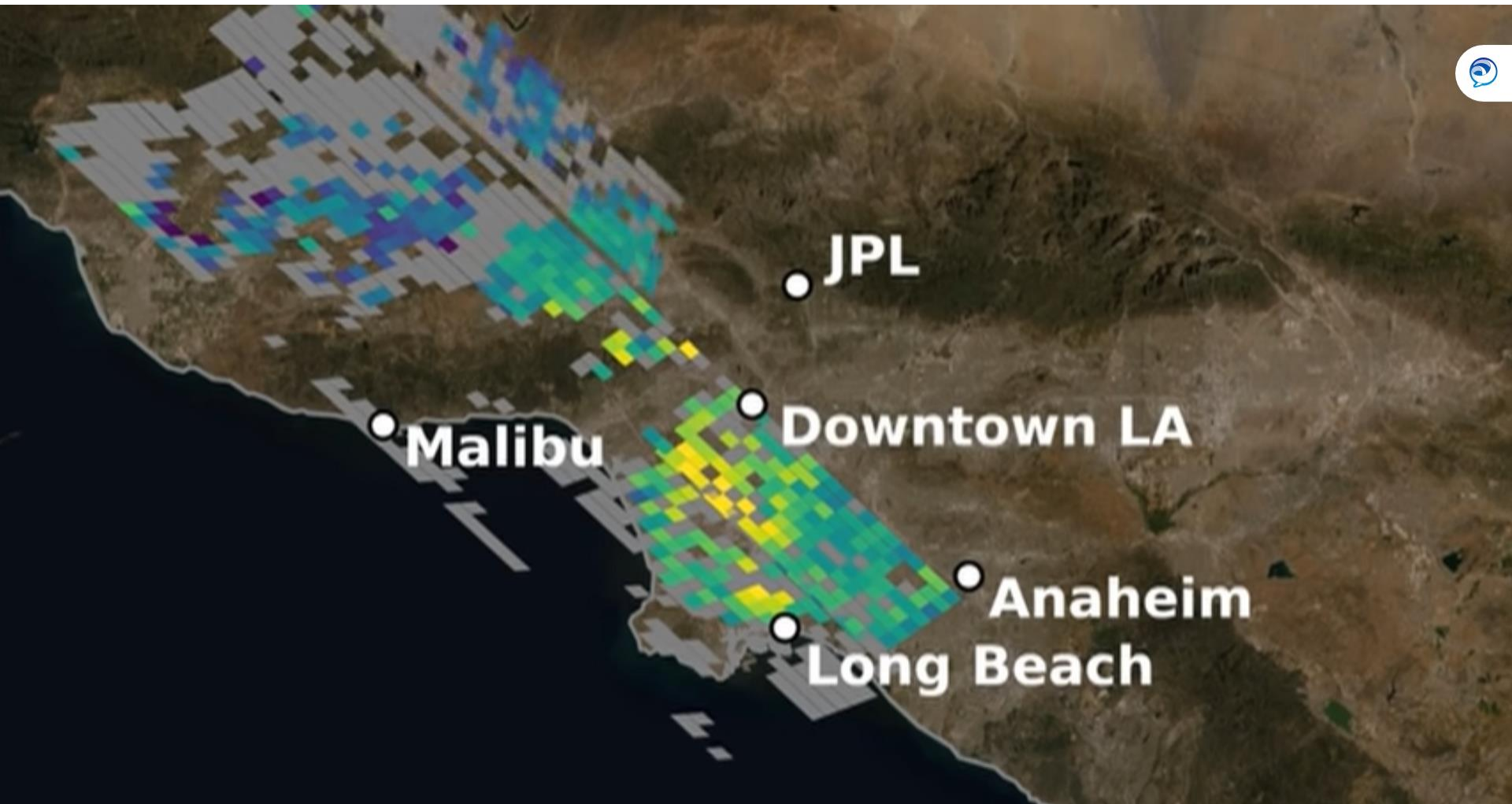
More here: <https://www.jpl.nasa.gov/videos?topics=Mars&page=1>

And here: <https://www.youtube.com/watch?v=rzmd7RouGrM>

And here: [https://www.youtube.com/watch?v=gm0b\\_ijaYMQ](https://www.youtube.com/watch?v=gm0b_ijaYMQ)

# JPL Science: Sky High Climate Change 2022

<https://www.youtube.com/watch?v=0KBI0QmEWuo>





# If you want to make an internship here, check out these opportunities

<https://www.jpl.nasa.gov/edu/intern/>

**NASA** Jet Propulsion Laboratory  
California Institute of Technology

Education | Intern | Learn | Teach | News | Events | Share

## Intern

Discover exciting internships and research opportunities at the leading center for robotic exploration of the solar system.

[ABOUT](#)

[APPLY](#)

[FAQ](#)

# Bye for now from JPL





# Műholdas távérzékelés kezdetei



# Első légifelvétel

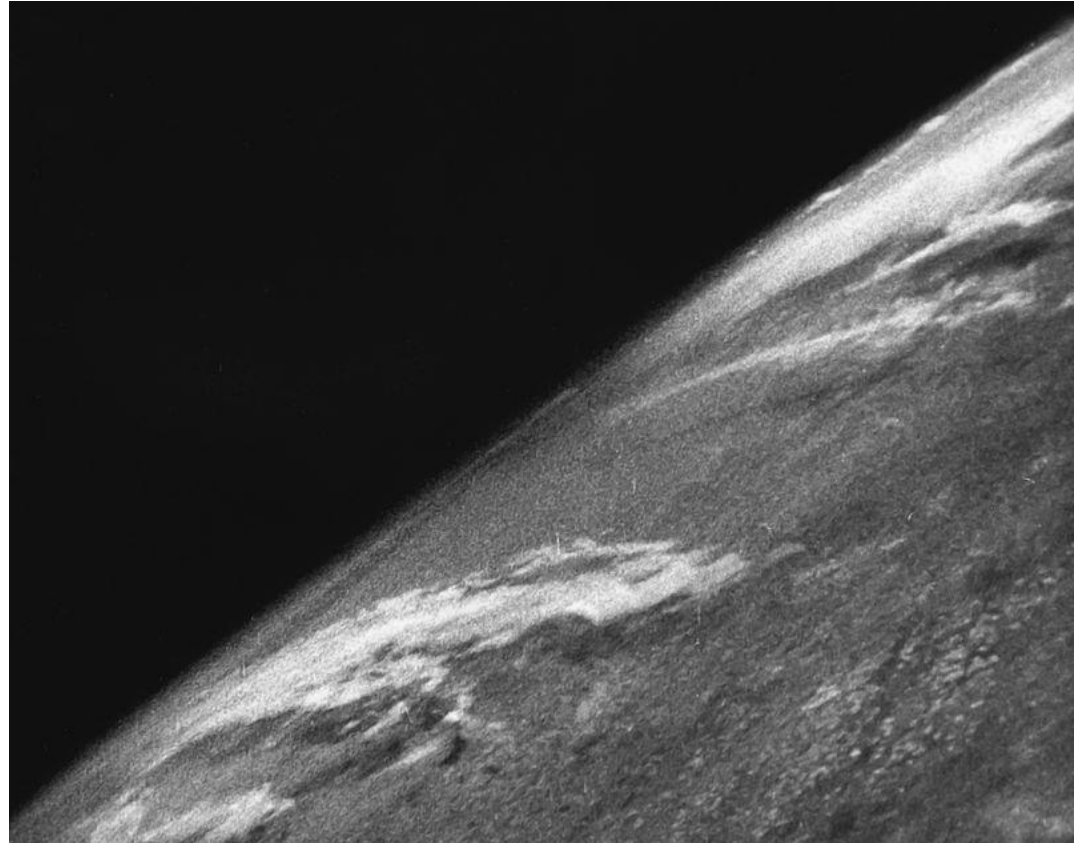
- Gasper Felix Tournachon "Nadar"
- Első perspektív felvétel
- Balloonról
- Városok: Paris in 1858, Boston 1860





# Első űrfotó ballisztikus rakétáról

- 1946 október 24 léggömből az űrbe lépve amerikai tudósok készítettek
- Amerikai hadizsákmány német világháborús fejlesztésű **V-2 rakéta**
- Minden későbbi rakéta őszanya
- hosszú hatótávolságú, irányítható ballisztikus rakéta
- 105 km apogree magasság
- Egyszeri fellövés, nem kering



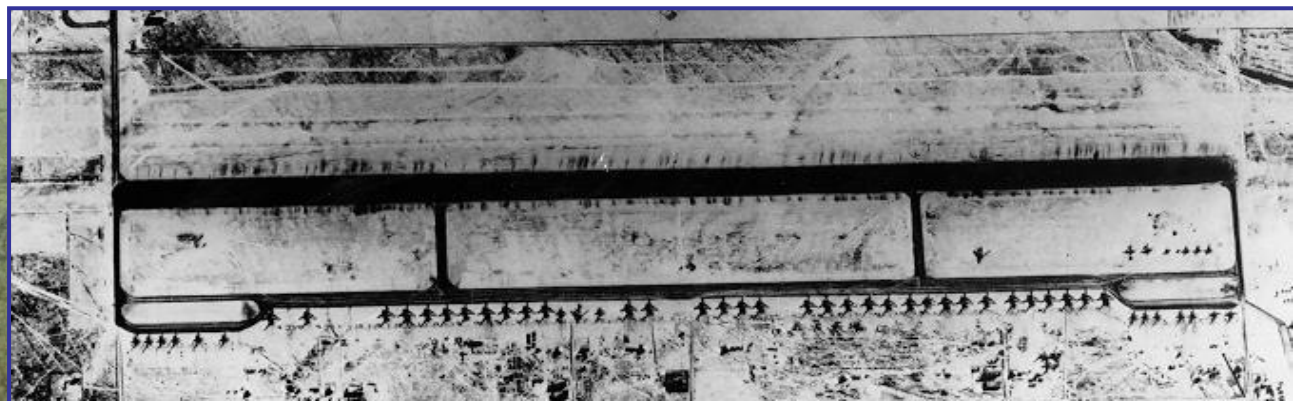
# Űr meghódítása

- Légi távérzékelés mellett űrtávérzékelés elindul: ~1960', 70' évek
- Mozgatója: USA – Szovjet hidegháborús rivalizás
- Elsődleges cél: kémkedés
  - „Ellenség” erejének és rakétáinak felderítése
  - Katonai objektumok térképezése



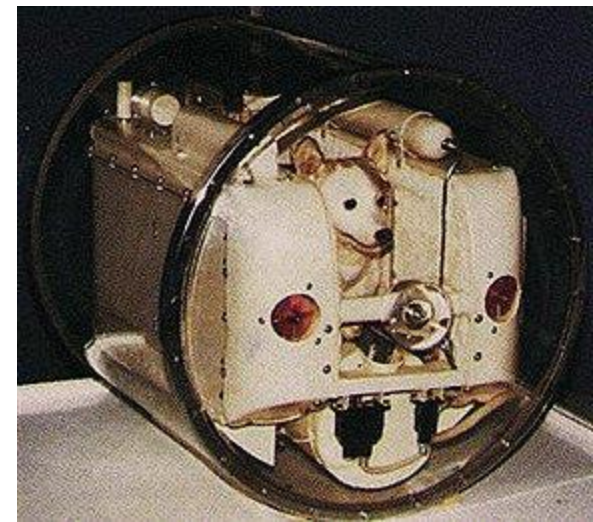
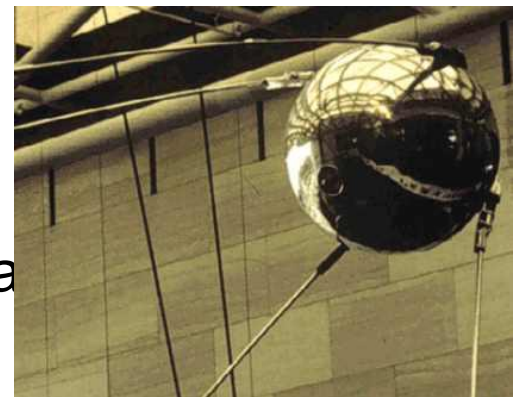
# U-2 felderítő repülőgép

- amerikai Lockheed
- Nagy magasságon repülő (~21 000 m)
- Nagyfelbontású kamerával majd SAR szenzorral rendelkezik
- 1956 első felderítés a Szovjetek felett
- Eisenhower: felderített ország szuverenitását sérti
- 1960 szovjetek lelövik felderítés közben, pilótát 2 évre börtönbe zárják
- Sürgetik a műholdas felderítést



# Űr meghódítása: első keringő műhold

- első Föld körüli pályán keringő műhold:  
szovjet Szputnyik program:
  - **Szputnyik–1: 1957. 10. 4.**
    - 58 cm, 3,6 kg alumíniumgömb
    - négy darab 2,4 m-es antenna
    - két rádióadó: *bip-bip-bip* csipogást sugározta
    - rádióadás méréseiből meghatározni pályája:  
földközelpont 215 km, földtávolpont 935 km
    - Hordozórakéta: első, szovjet interkontinentális ballisztikus rakétájának, R-2
    - 92 nap keringés, visszasüllyedt és elégett a légkörben, 1440 keringés
  - **Szputnyik–2: 1957. 11. 3.**
    - első élőlény az űrben
    - Lajka kutya
    - 162 napnyi keringés után  
tért vissza a légkörbe



Megfelelő teljesítményű hordozó rakéta és űrkabin fejlesztése



# Űr meghódítása: ember az űrben

- első szovjet ember a világűrben
- 1961. április 12-én
- Jurij Alekszejevics Gagarin űrhajós,
- Vosztok–1 űrhajó
- Fellövés: Bajkonur



- első amerikai űrhajós a világűrben
- 1961. május 5-én
- Alan Bartlett Shepard
- Freedom 7 űrhajóval
- Mercury-program keretében

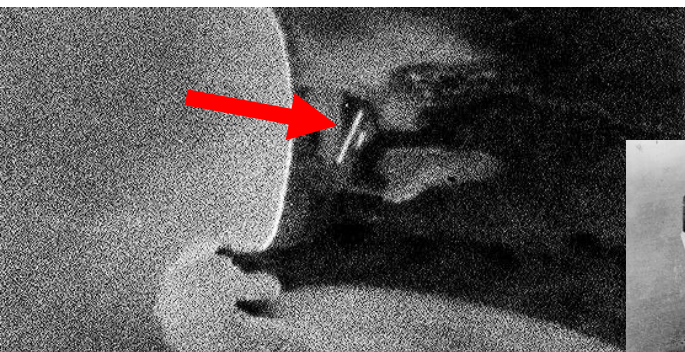


Kézikamerás, űrhajós felvételeket kiváltani ember nélküli műholdas felvételeivel

# Felderítő műholdak



- USA: keringő műholdak  
*CORONA sorozat*
- Első fellövés: **1960 augusztus**
  - Fotografikus felvételek
  - 17 x kerüli meg a Földet
  - 64 katonai reptér, 26 rakétakilövő felderítése
  - Kémrepülőnél sokszorosán több területet felvételezett
- 1972-ig ~ 100 fellövés
- Távérzékelés forradalma
- Szovjet: *Kozmosz sorozat*
- **1962** - 2007 több mint 2400 műholdat indítottak (évi 70-80)
- *Katonai felderítés: Zenit-2 sorozat (1962–1994, ~500)*
- *Kutatási céllal:*
  - Metyeor, **1969**: első hivatalos szovjet meteorológiai műhold
  - Foton, 1985: anyagtudományi kutatás
  - Bion 1966: Bioszputnyik
- Fellövés: Bajkonur (Kazahsztán)



Szovjet katonai reptér

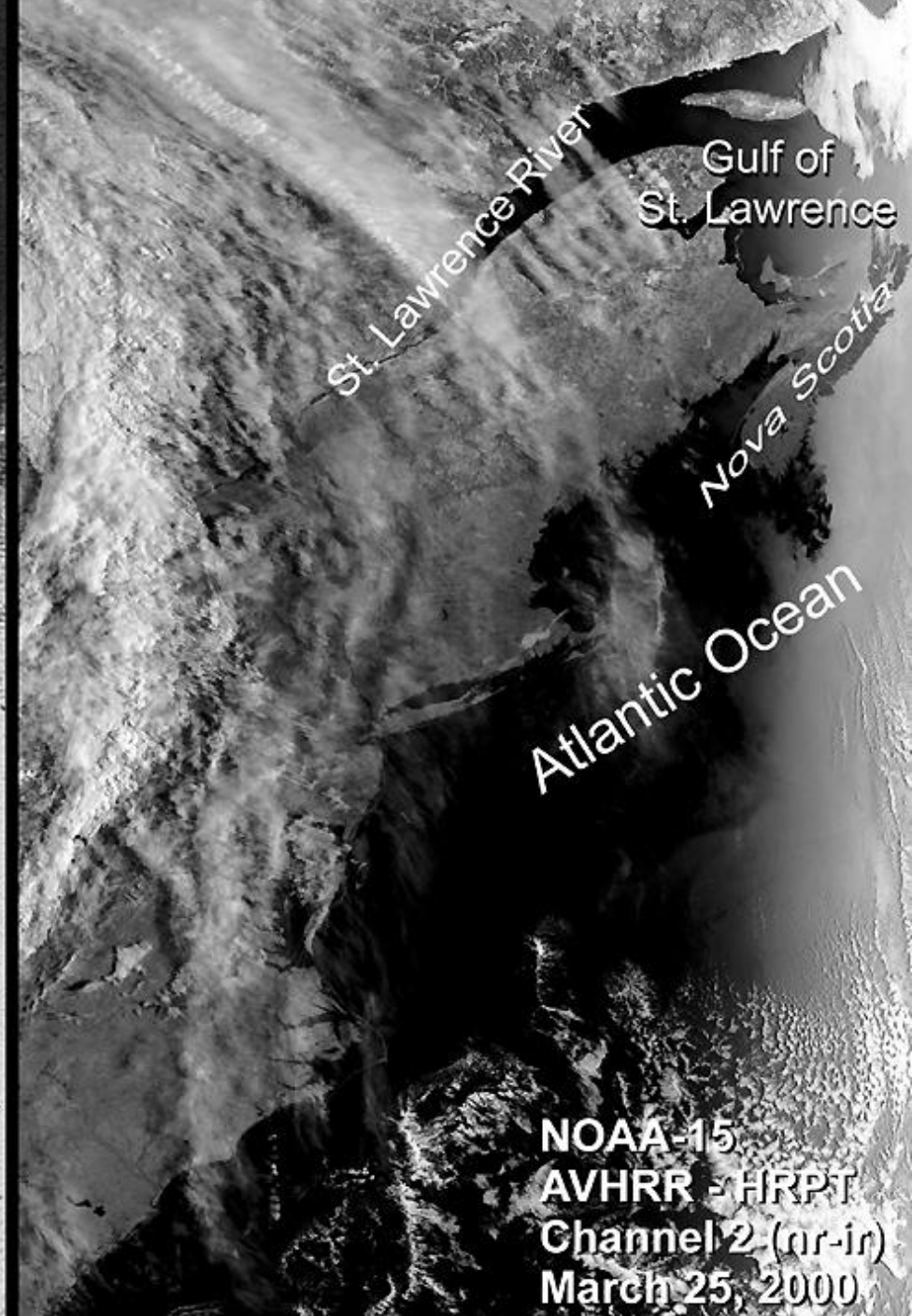
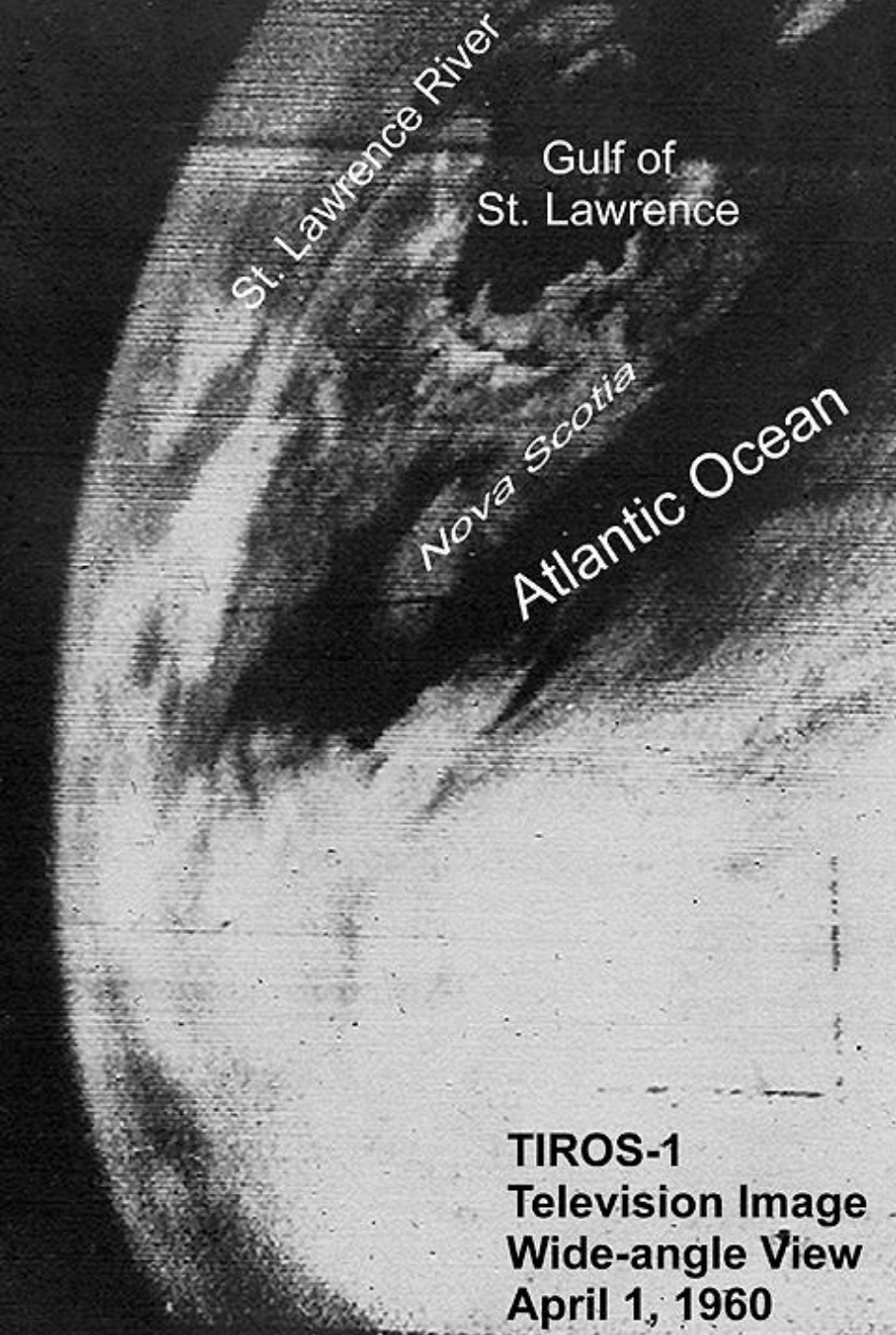
CORONA visszatérése





# Első meteorológiai műhold

- **TIROS** (Television Infrared Observational Satellite)
- amerikai katonai/polgári meteorológiai műhold
- speciális televíziós kamera
- Földi felhőborítottságot figyelte
- TIROS -1 felövés: **1960. április 1-jén** Florida, Cape Canaveral, Kennedy Űrközpontból
- 48,4 fokos hajlásszögű, elliptikus pálya
- alacsony Föld körüli pálya: földközeli 693 kilométer, az földtávoli 750 kilométer
- Adattárolás: mágneses magnó
- Telemetriai kapcsolat: földi parancsra a vevőállomásra visszajátszotta
- 2,5 hónapig működött
- Későbbi meteorológiai műhold programokat indítottak: ESSA, NIMBUS

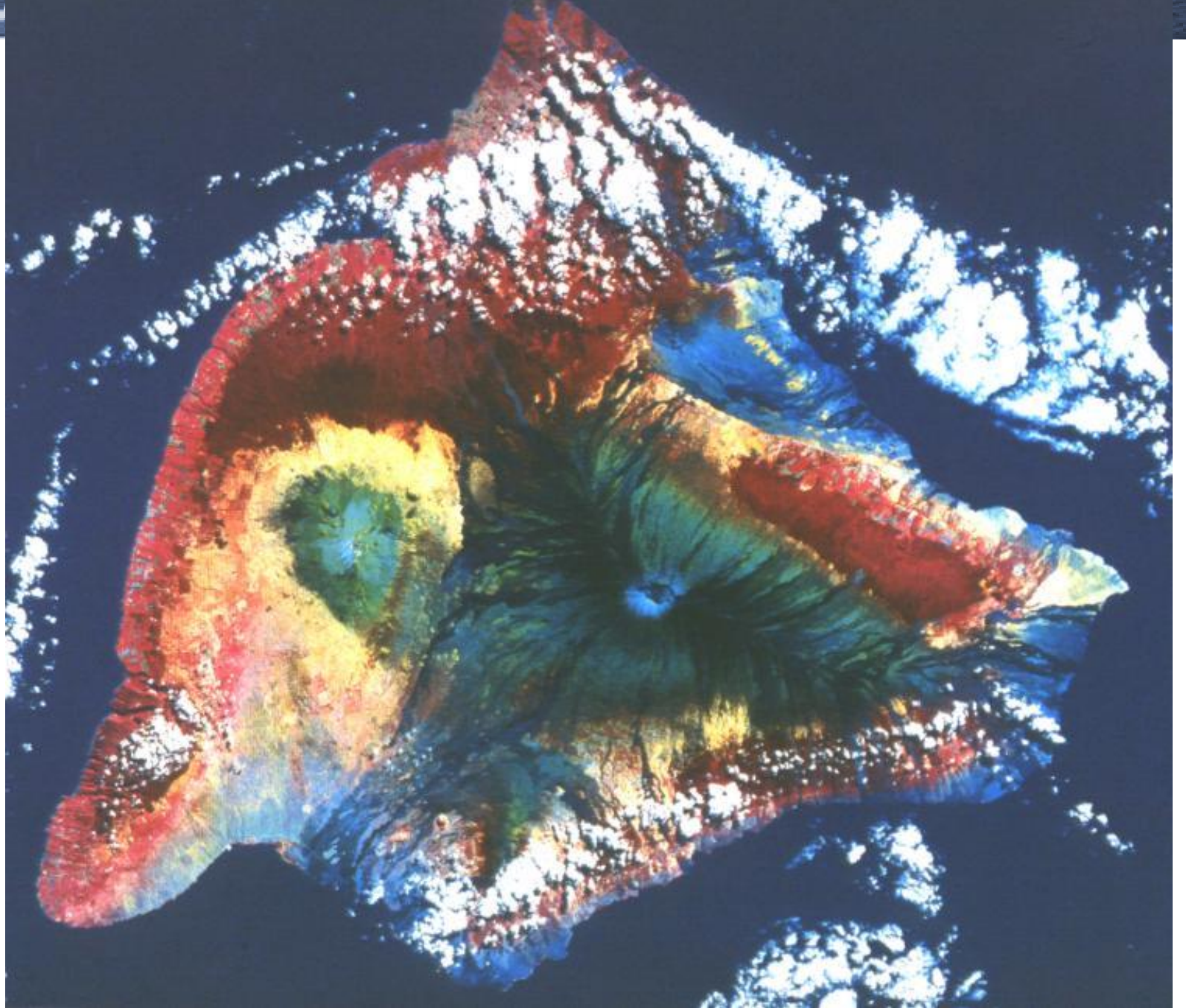




# USA civil, kutatási műholdak kezdete: LANDSAT program



- Cél: Földfelszín tanulmányozása, főleg a szárazföld területek monitorozás, erőforrás kutatás
- Első civil, Földmegfigyelő műhold sorozat:
  - **1972 ERTS - 1** (Earth Resources Technology Satellite), később átnevezés LANDSAT – 1
- Keringési magasság: 900 km
- szenzorai: Return Beam Vidicon (RBV) kísérleti jelleggel  
Multispectral Scanner System (MSS)
- Forradalmi újítás: digitális kép, multispektrális felvétel (7 csatorna), 58m és 78 m felbontás
- Adatok földi vevőállomások: Alaszka, Kalifornia, és Maryland, később világméretű hálózat épült
- LANDSAT-1 1978 – ig működött,
- további sorozatok: LANDSAT 2 - 8



Landsat MSS felvétel: Kona Hawaii



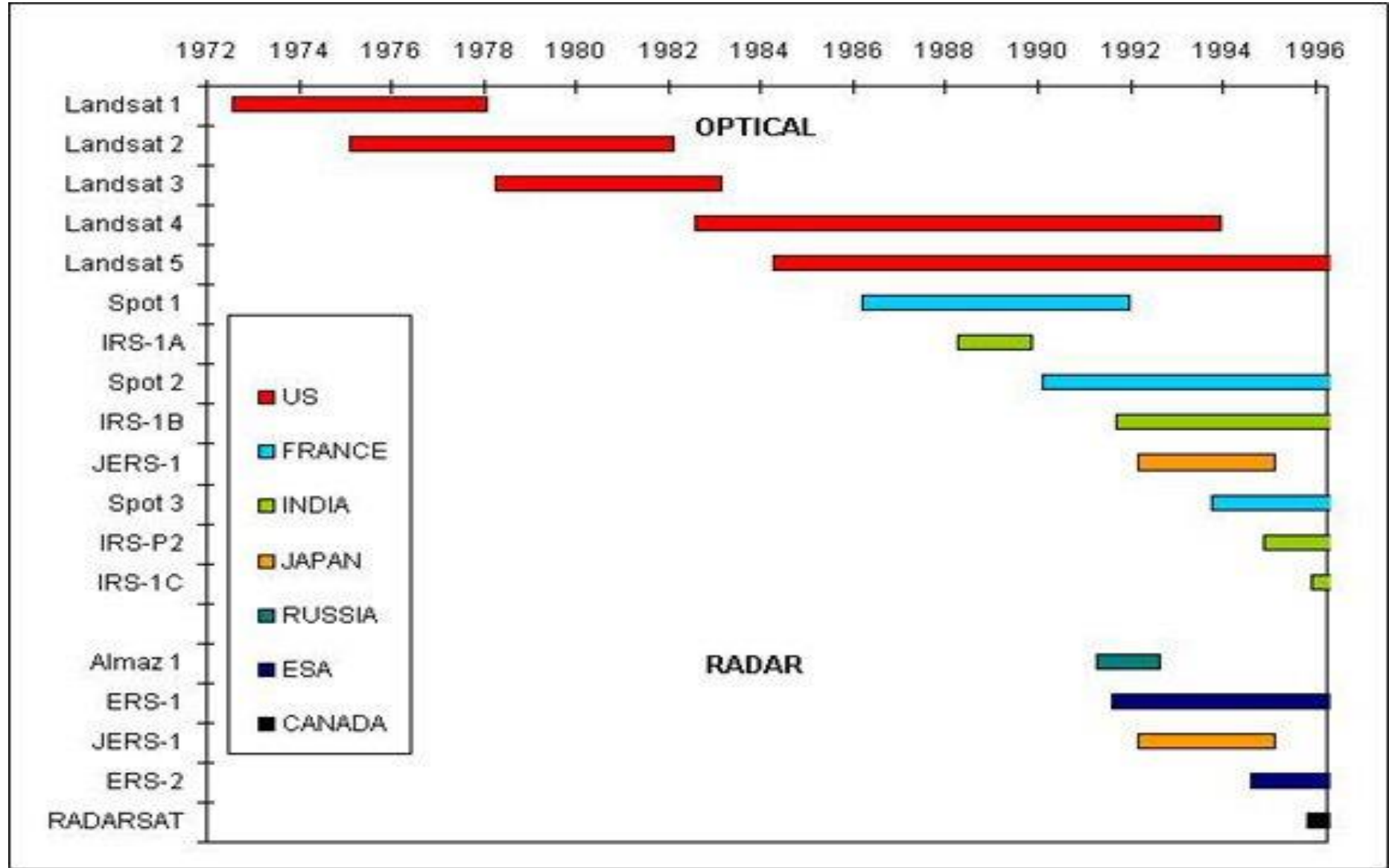
# Műholdas Földmegfigyelés civil elterjedése

- Földmegfigyelő műholdas rendszerek operatív alkalmazása 1970' kezdődik
- Első optikai szenzorok: *LANDSAT* (1972), *TIROS* (1960)
- Első európai műhold: *Meteosat – 1* (1977)
- Első radar szenzor: *Seasat* (1978)
- 1980' *LANDSAT* privatizálása: műholdas távérzékelés üzletiesedett
- USA és Szovjet után Franciaország, Japán és sokan mások is belefogtak
  - Francia: *SPOT-1* (**S**ysteme **P**robatoire de la **O**bservation de la **T**erre) (1986)
  - India: 1988 - *IRS-1A* (**I**ndian **R**emote **S**ensing Satellites)

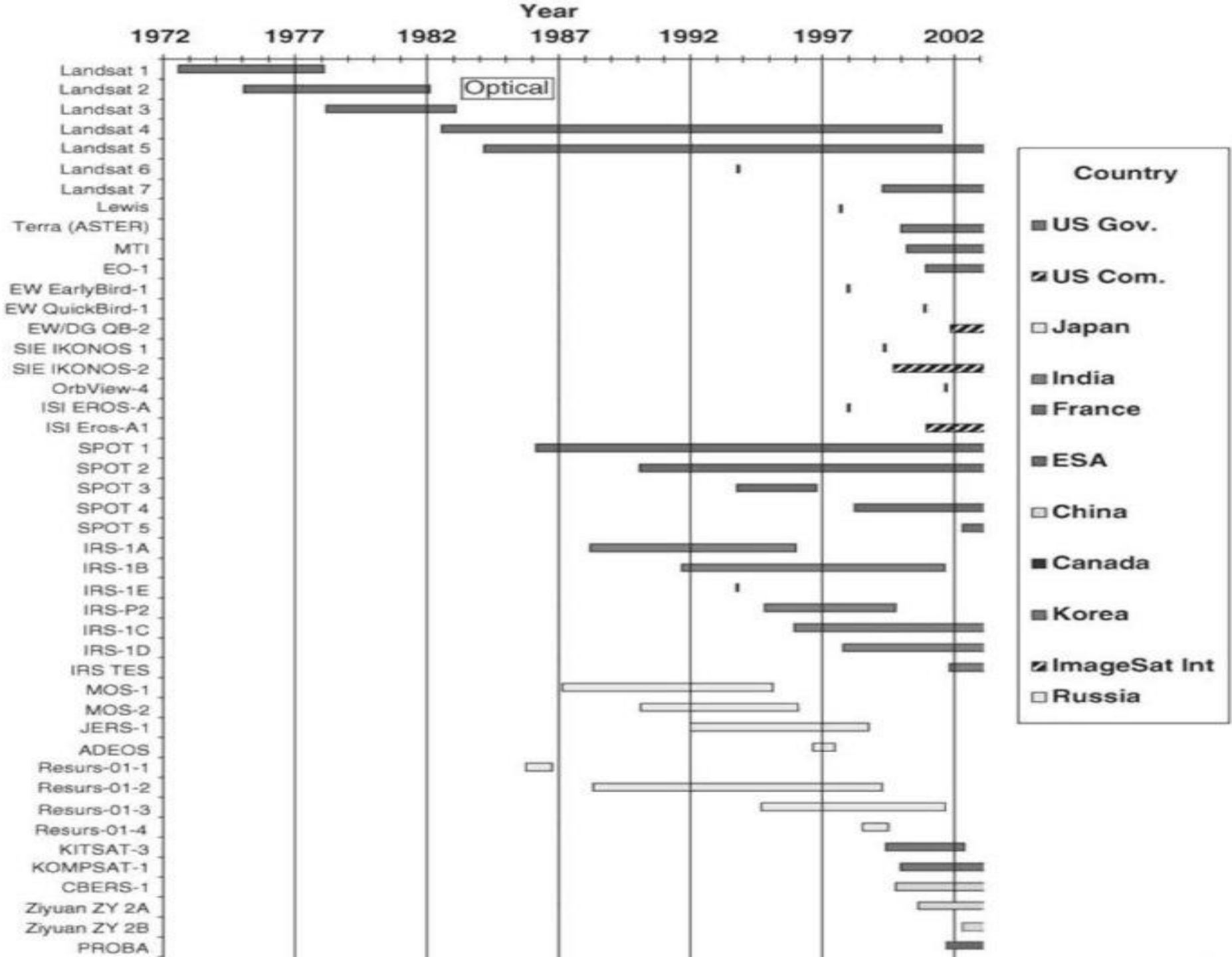


Meteosat – 1

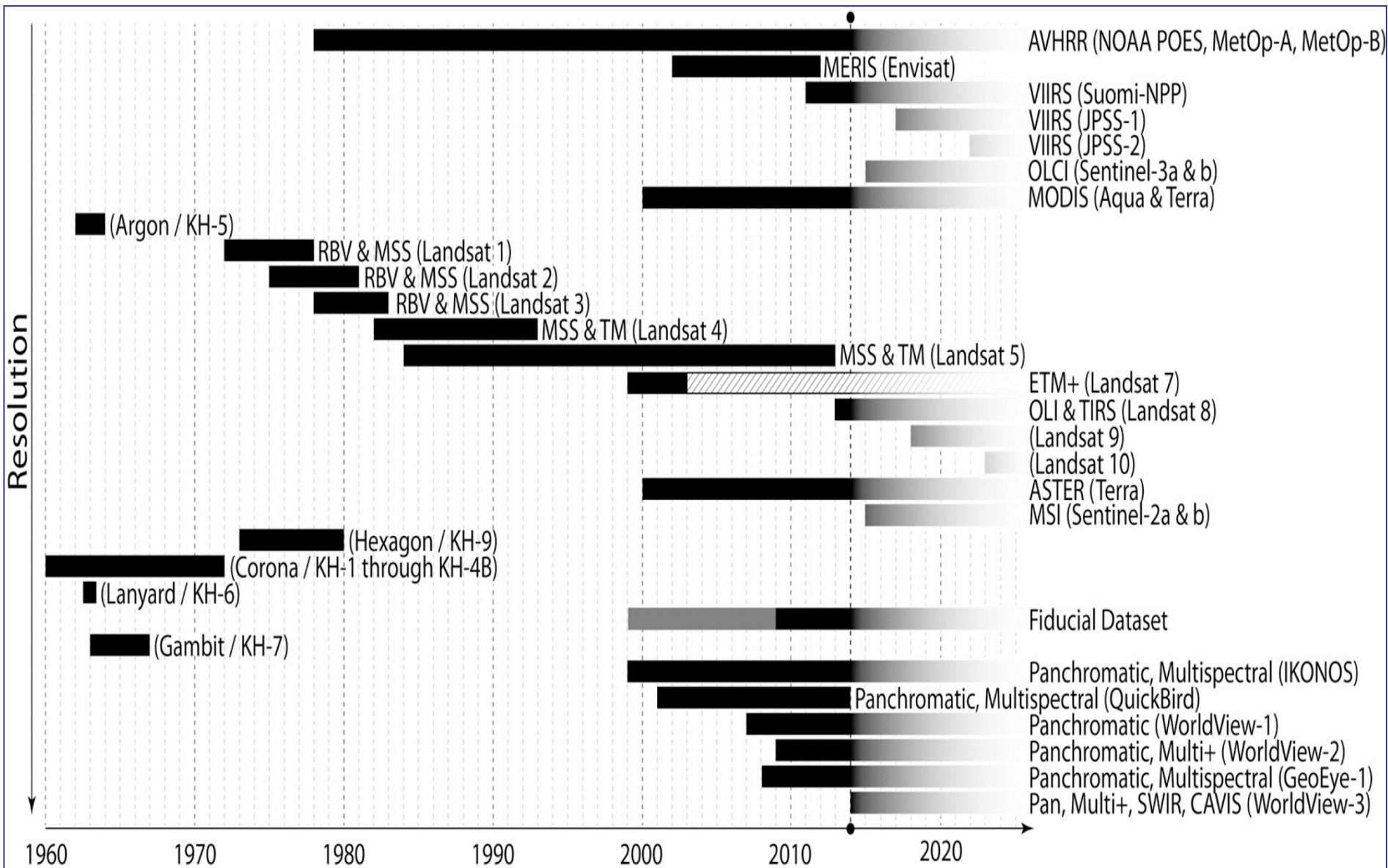
# Optikai és radar műholdak 1972-1996





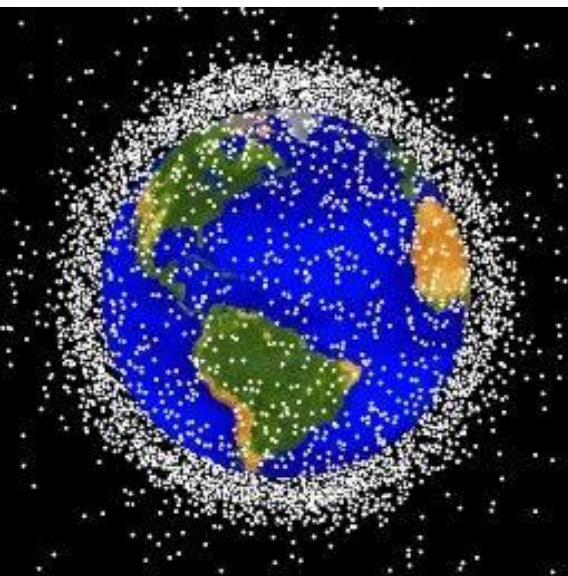


# Optikai, multispektrális képalkotó szenzorok (80m felbontás felett, ingyenes adatszolgáltatással)



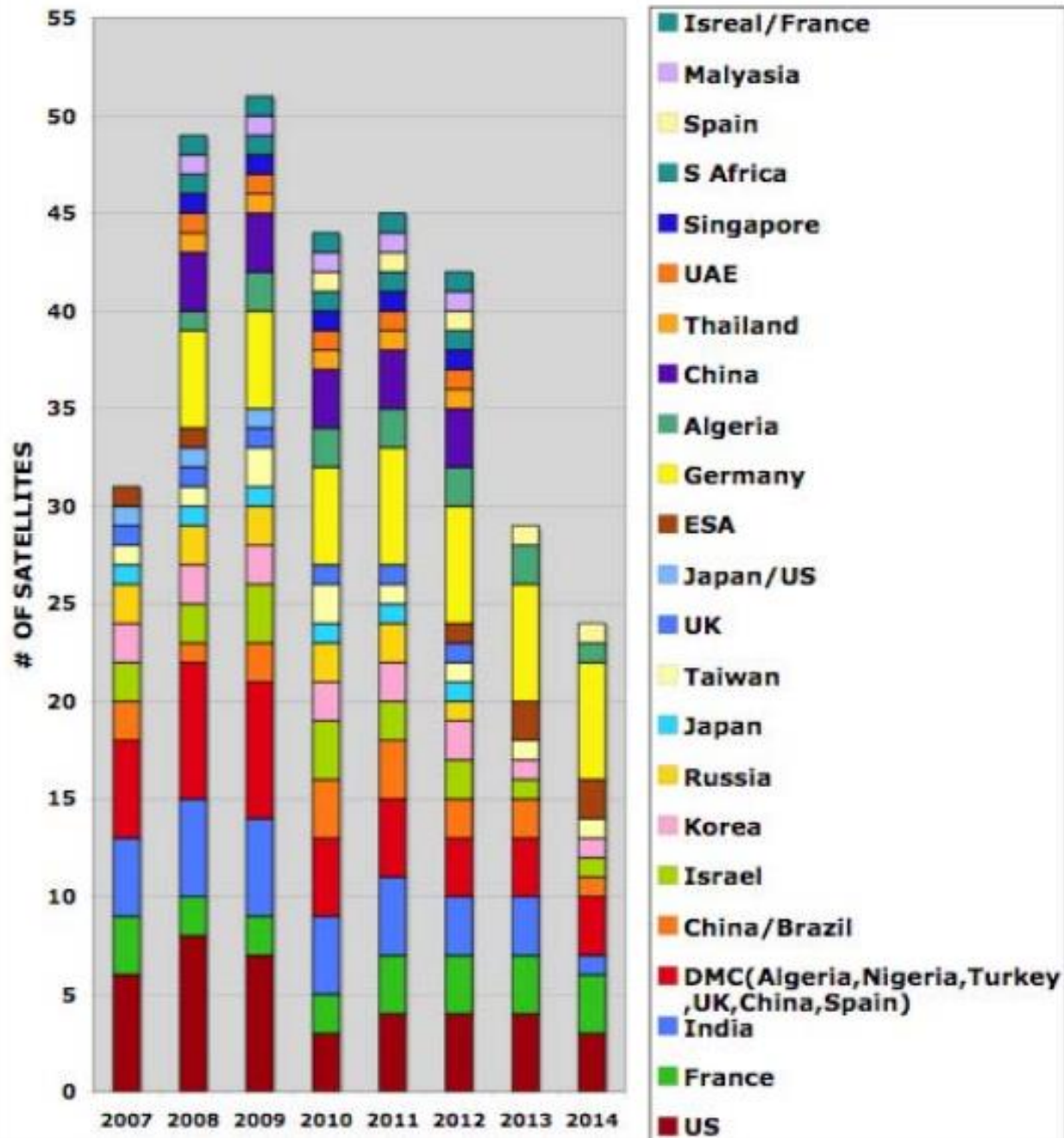


LEO(2000 km) űrszemét



NASA Orbital Debris Program Office

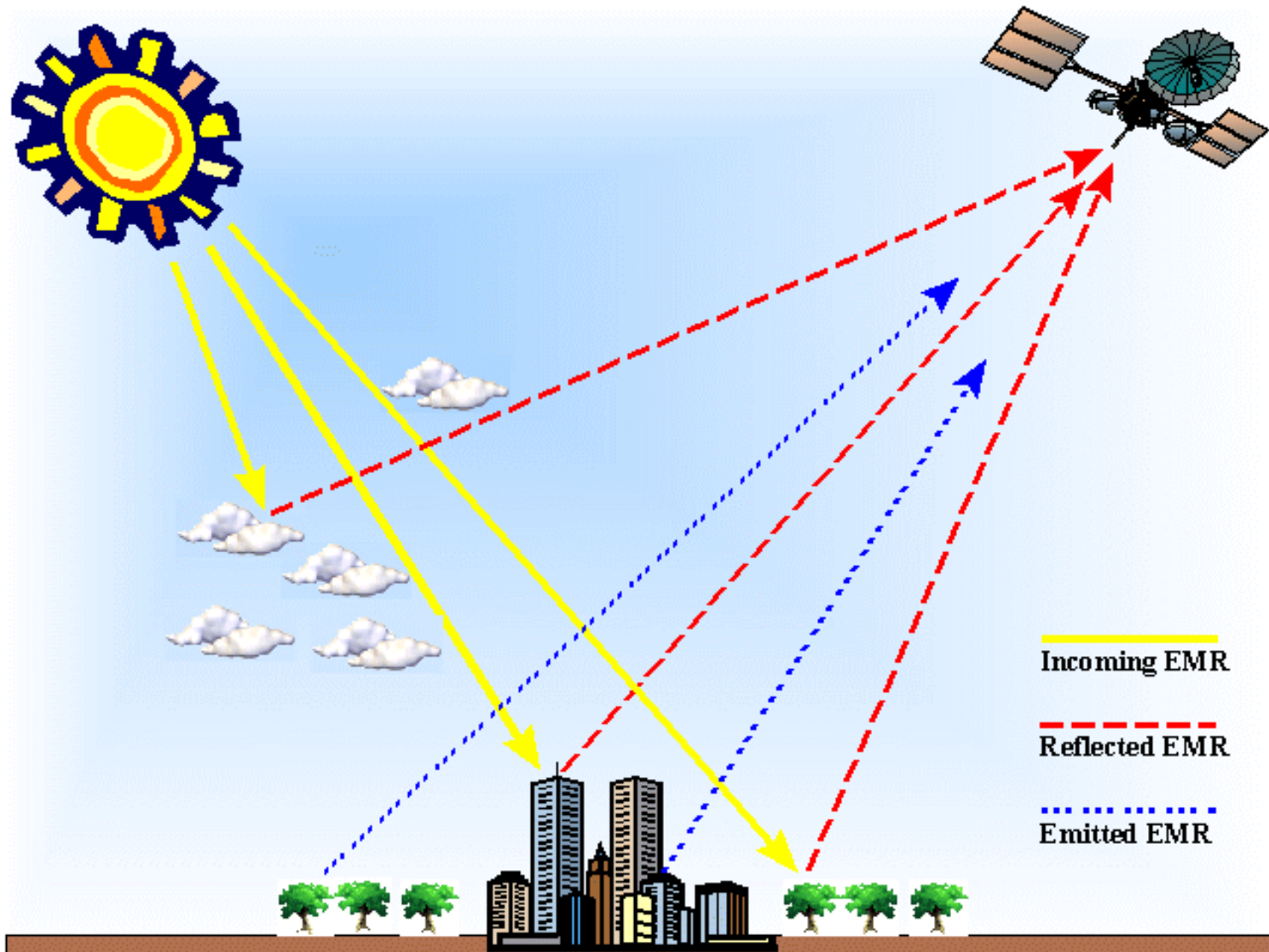
### ESTIMATED # OF OPTICAL SATELLITES ON ORBIT



# Távérzékelés fizikai alapjai



# Űrtávérzékelés



# Elektromágneses sugárzás

## •Hullám elmélet:

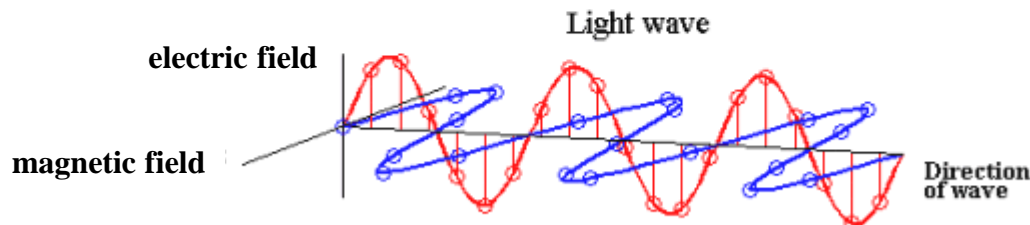
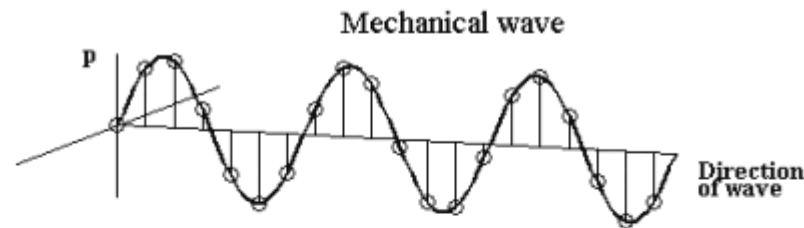
- Elektromágneses sugárzás egy **ELEKTROMOS** és **MÁGNESES** komponensből áll, mely hullámok terjedés irányába, egymásra merőlegesen haladnak.

- vákuumbeli sebessége

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

## •Kvantum elmélet:

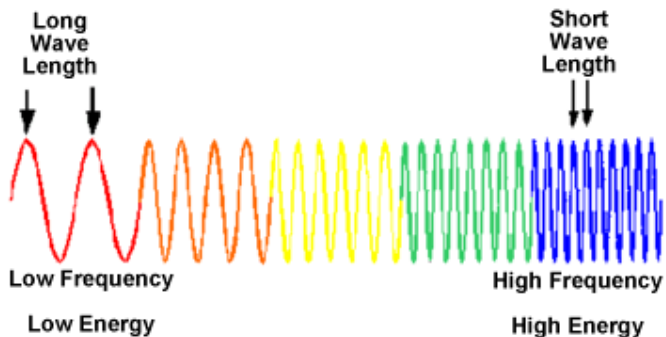
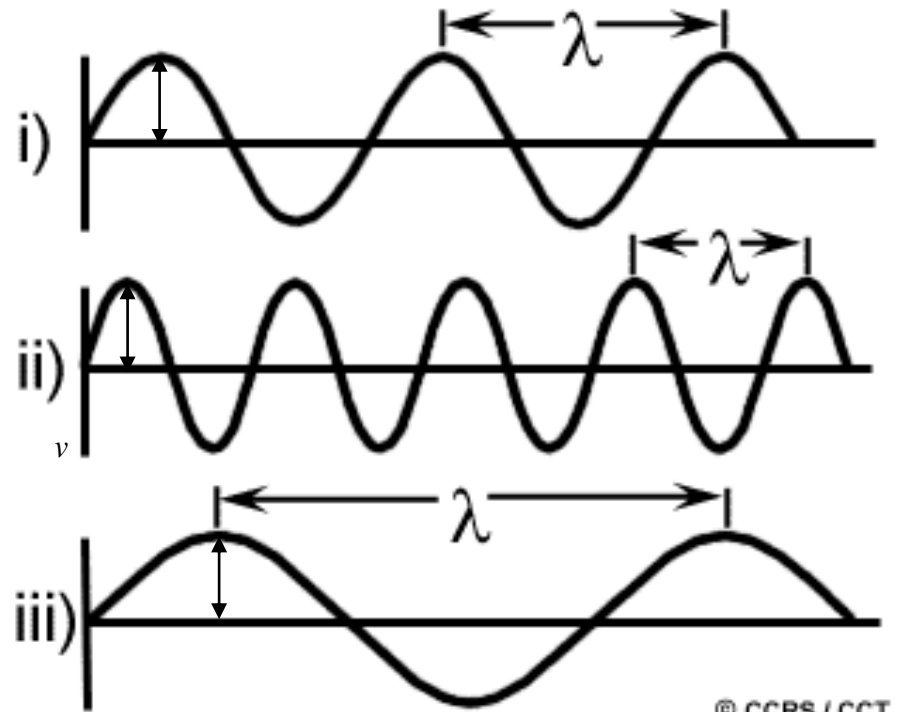
- Elektromágneses sugárzás **HULLÁMCSEMÉNYEK**ben valósul meg, melynek egy diszkrét egysége a foton





# Hullám tulajdonságai

- Hullámhossz,  $\lambda$  (m)
- Amplitúdó,  $a$  (m)
- Sebesség,  $v$  (m/s)
- Frekvencia,  $f$  (1/s or Hz)
- Periódus,  $T$  (time for one oscillation)

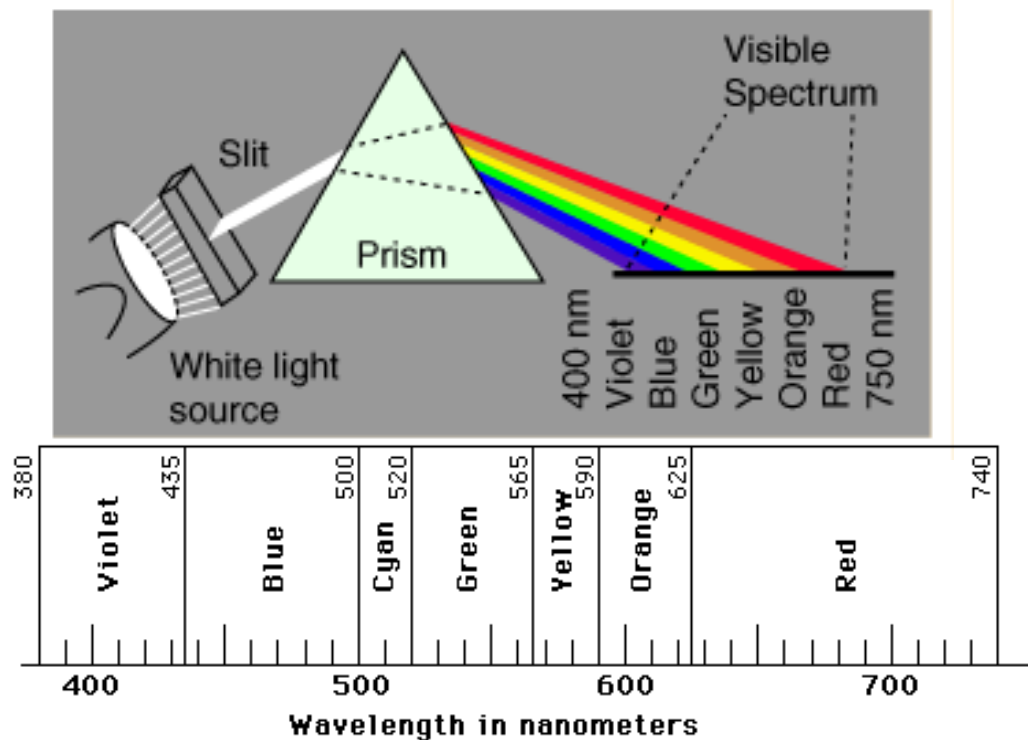


$$\lambda \propto \frac{1}{f}$$

$$v = f\lambda$$

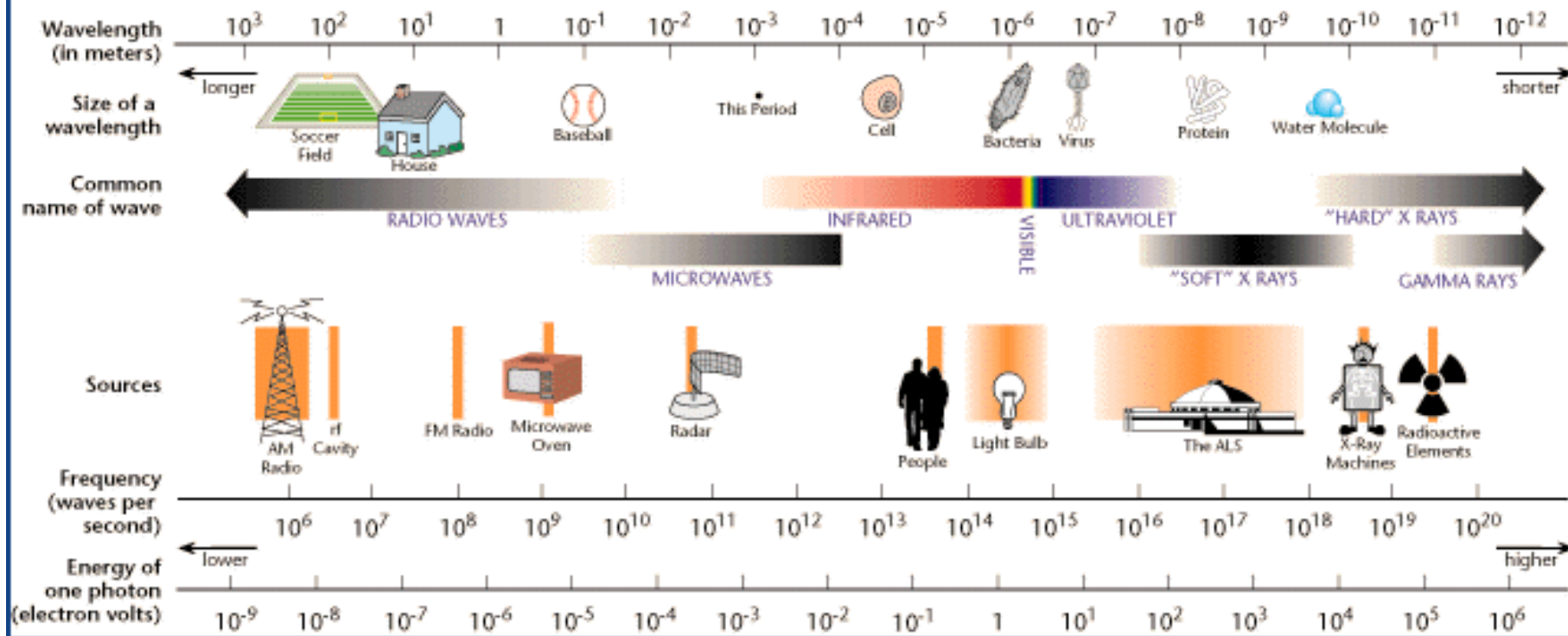
# Elektromágneses spektrum

- Az elektromágneses spektrum a sugárzás teljes tartománya az összes létező frekvenciában.
- Prizma törésén keresztül a látható fény tartomány folyamatos spektrumát kapjuk.



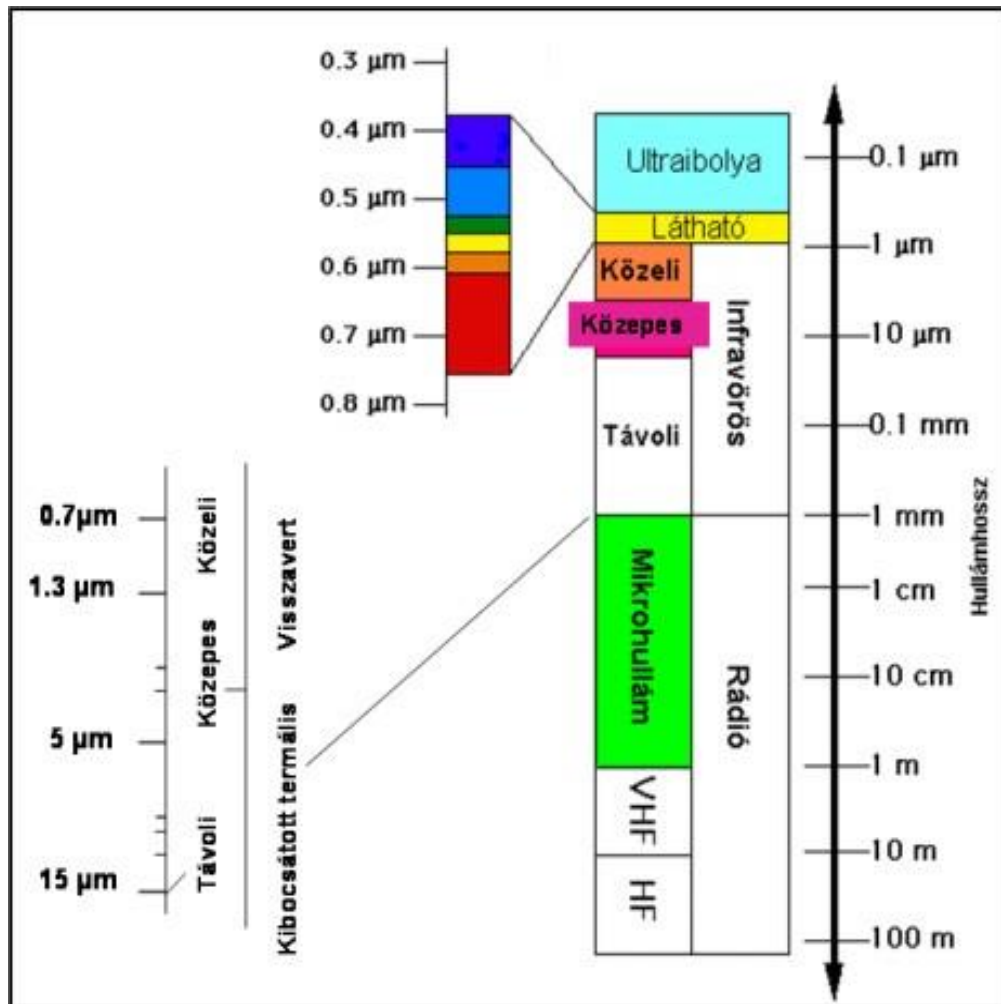


# THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



- Sugárzási energia  $\propto 1/\text{hullámhossz}$  ( $1/\lambda$ )
  - rövid  $\lambda$  (magas f) == magasabb energia
  - hosszú  $\lambda$  (alacsony f) == alacsony energia

# Elektromágneses spektrum: látható fény tartomány



- A látható fény tartománya (VIS)
- $\lambda = 0,4 - 0,7 \mu\text{m}$
- az emberi szem által érzékelhető elektromágneses sugárzás, a kéktől, a zöldön át a vörös színig terjed.

Viola:  $0.4 - 0.446 \mu\text{m}$

Kék:  $0.446 - 0.500 \mu\text{m}$

Zöld:  $0.500 - 0.578 \mu\text{m}$

Sárga:  $0.578 - 0.592 \mu\text{m}$

Narancs:  $0.592 - 0.620 \mu\text{m}$

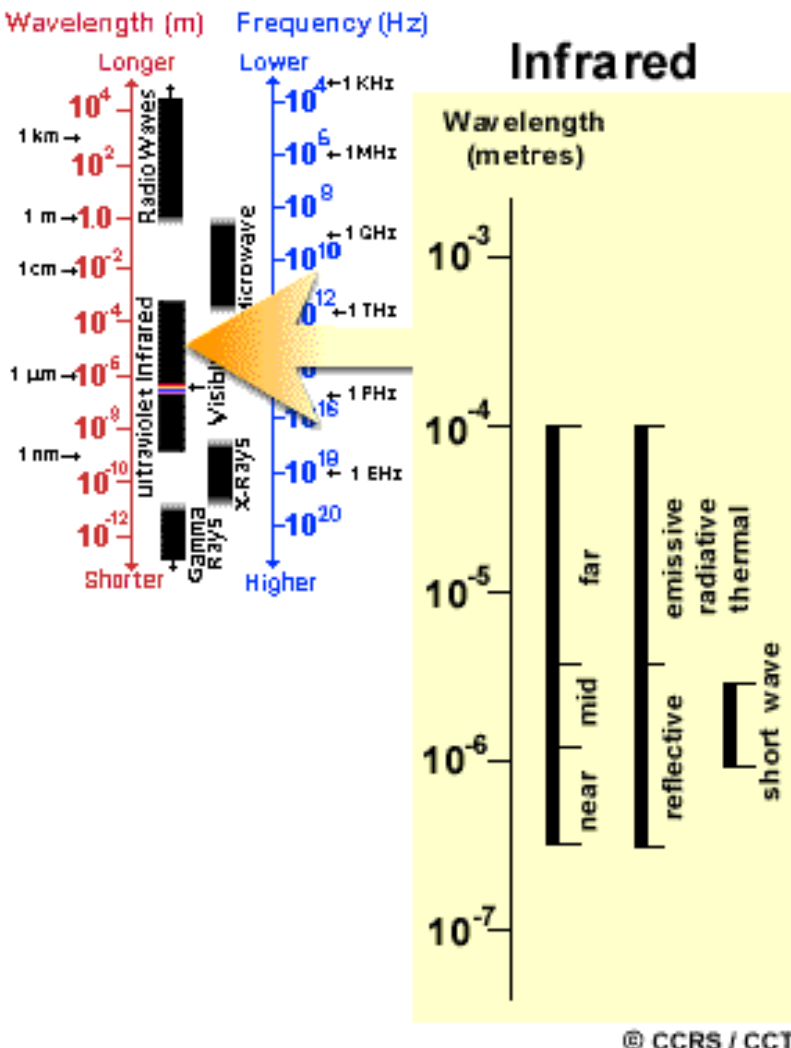
Vörös:  $0.620 - 0.7 \mu\text{m}$

# Elektromágneses spektrum: infravörös tartomány

- A közeli infravörösben (NIR) ( $\lambda = 0,7 - 1,3 \mu\text{m}$ ) visszavert napsugárzás közvetíti az információt.

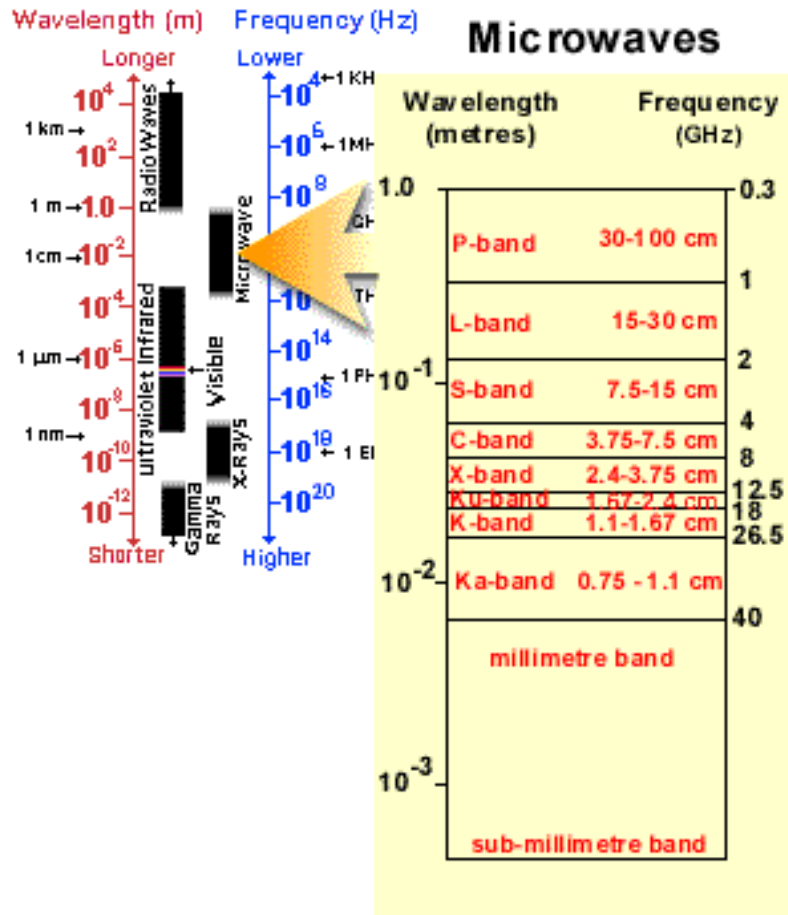
A közepes infravörös (MIR) ( $\lambda = 1,3 - 3,0 \mu\text{m}$ ) visszavert napsugárzás dominál

A távoli (termális) infravörösben (TIR) ( $\lambda = 3 - 15 \mu\text{m}$ ) jelentőssé válik a felszín által kibocsátott sugárzás, mellyel a felszín termális tulajdonságait tanulmányozhatjuk. A 3-5  $\mu\text{m}$ -es tartományban a visszavert sugárzás is számottevő. Termális felvételt éjszaka érdemes készíteni.





# Elektromágneses spektrum: mikrohullámú tartomány



- RADAR
- $\lambda = 1 \text{ mm} - 1 \text{ m}$
- A légkörnek csekély hatása van ebben a tartományban, így a felvételezés gyakorlatilag független az időjárástól és a napszaktól.

# Feketetest-sugárzás

- **Minden test** az abszolút zéró hőmérséklet felett (0 K vagy  $-273^{\circ}\text{C}$ ) **elektromágneses sugárzást bocsát ki**
- **Abszolút feketetest** egy idealizált, amelyre jellemző, hogy tetszőleges *hullámhosszú* ( $\lambda$ ) elektromágneses sugárzást képes **teljesen elnyelni** (100% abszorpció) vagy **kibocsátani** ( $\text{Wm}^{-2}$ ) adott *hőmérsékleten* (K).

# Érzékelők, szenzorok

## 1) látható / közel- / közepes infravörös

### – Passzív: optikai

- Nagy felbontású
  - IKONOS QUICKBird
- Alacsony felbontású
  - NOAAH, MODIS
- Közepes felbontású
  - Landsat, SPOT, IRS, ENVISAT
- Hiperspektrális szenzor
  - Hyperion

### – Aktív

- LIDAR - lézerszkenner
- időmérés (height)

## 2) Termális infravörös

- Landsat, ASTER

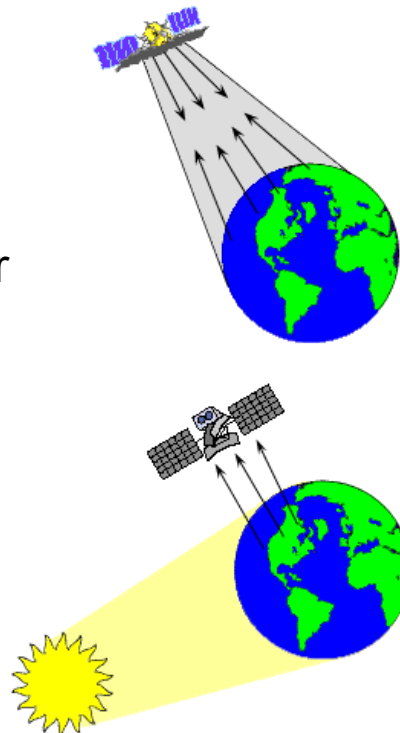
## 3) Mikrohullámú

### – Aktív

- RADARSAT, ERS, SRTM

### – Passzív

- AMSER-E, TRMM





# Sugárzási törvények:

## Planck sugárzási törvény

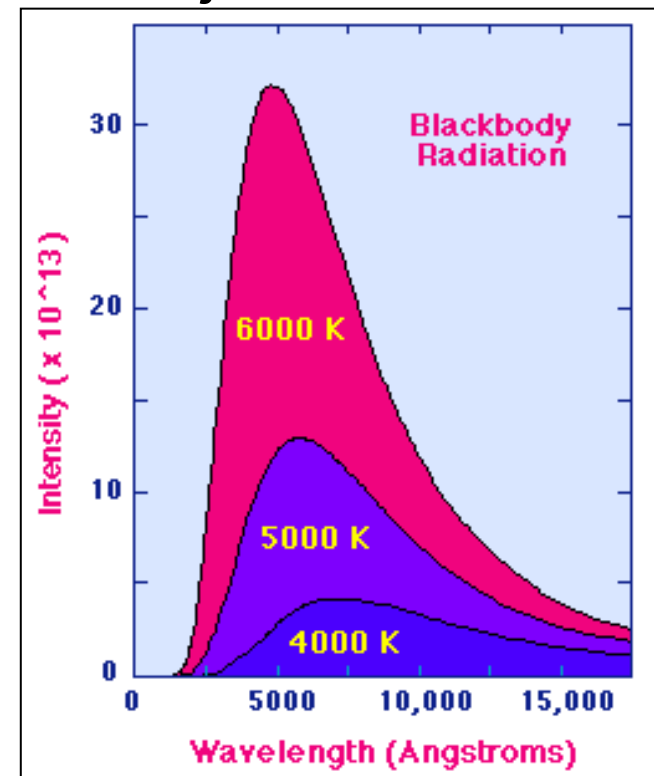
- Az abszolút fekete test **hőmérsékleti sugárzásának** hullámhossz szerinti energiaeloszlását írja le
- energia kisugárzás hullámhossz-függését leíró függvényt

$$E(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

$$h = 6.625 \times 10^{-27} \text{ erg-sec (Planck Constant)}$$

$$k = 1.38 \times 10^{-16} \text{ erg/K (Boltzmann Constant)}$$

$$c = 3 \times 10^{10} \text{ cm/sec (Speed of Light)}$$



- Energia maximuma magasabb hőmérséklet esetén a rövidebb hullámhossz felé tolódik
- A sugárzási görbe alatti terület nő a hőmérséklet emelkedésével

# Stefan-Boltzmann törvény

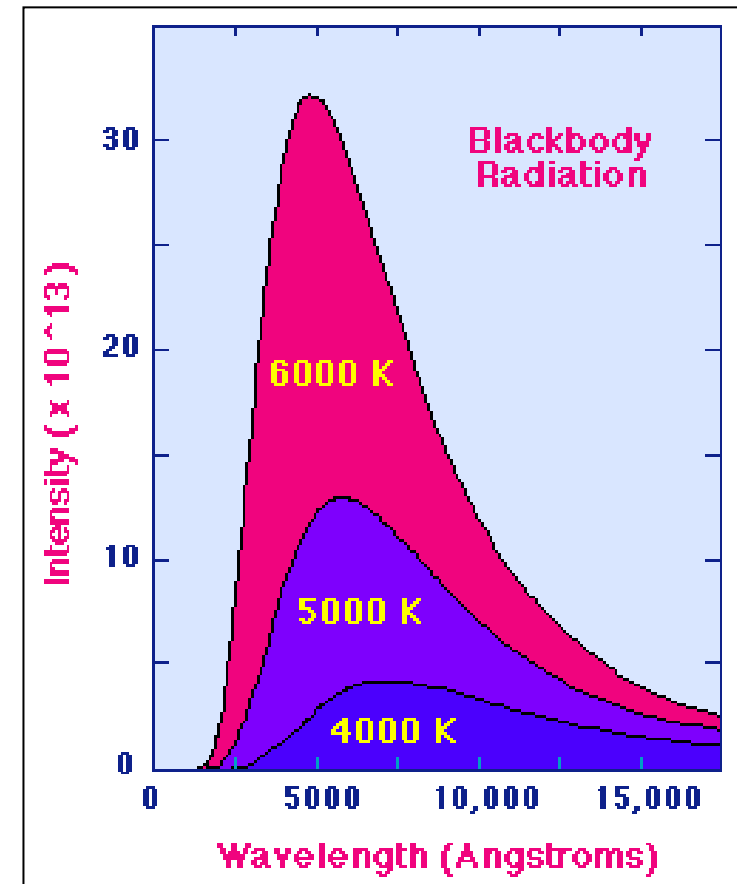
- A teljes spektrumhoz tartozó **sugárzási összes energia** az abszolút hőmérséklet negyedik hatványával arányos
- Planck sugárzási görbék alatti terület

Steffan - Boltzmann Law:

$$E = \sigma T^4$$

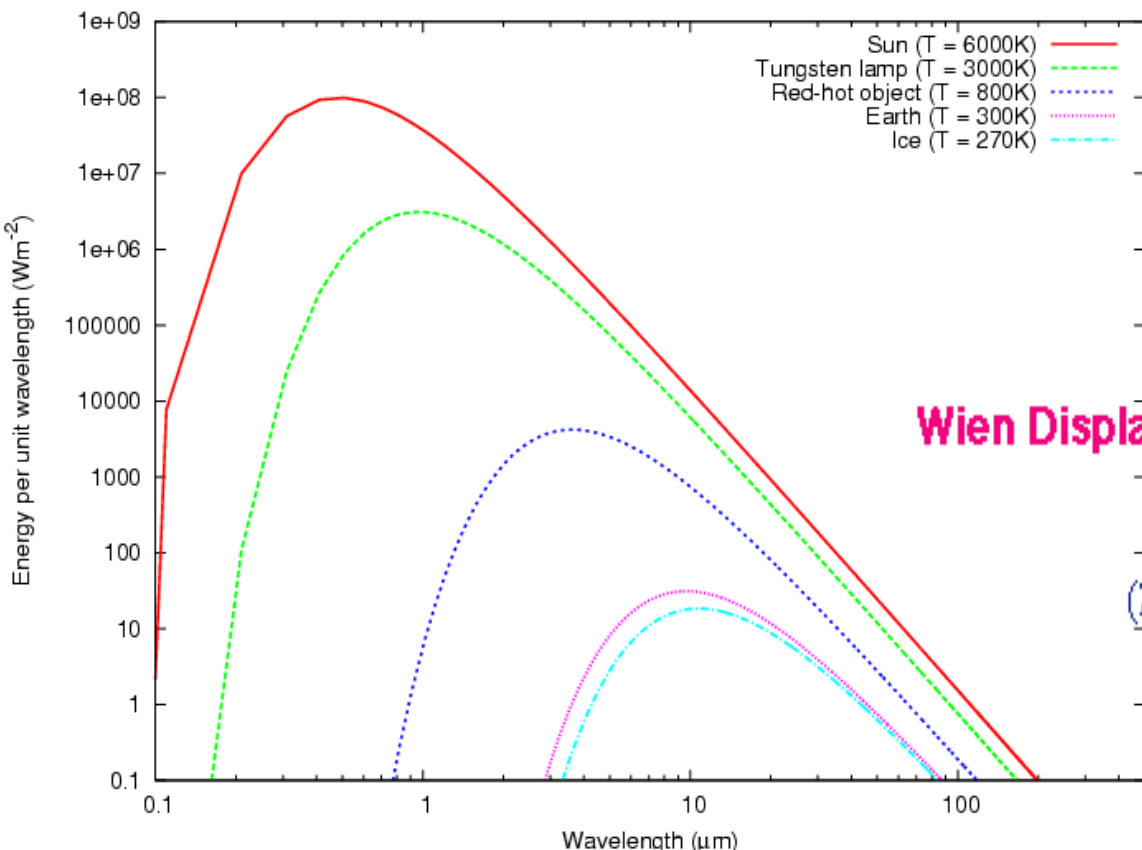
$$\sigma = 5.6705 \times 10^{-5} \text{ erg} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{K}^{-4} \cdot \text{sec}^{-1}$$

(Steffan - Boltzmann Constant)



# Wien-féle eltolódási törvény

- abszolút fekete test  $T$  hőmérsékletéhez tartozó sugárzás maximumhelye
- hullámhossz szerinti maximumhelye ( $\lambda_{\max}$ ) fordítva arányos a termodinamikai hőmérséklettel:



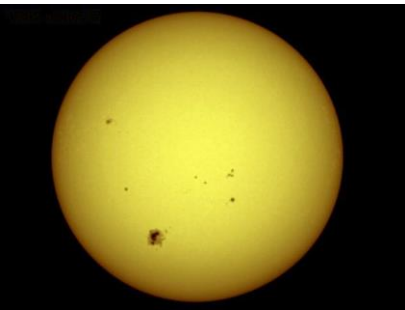
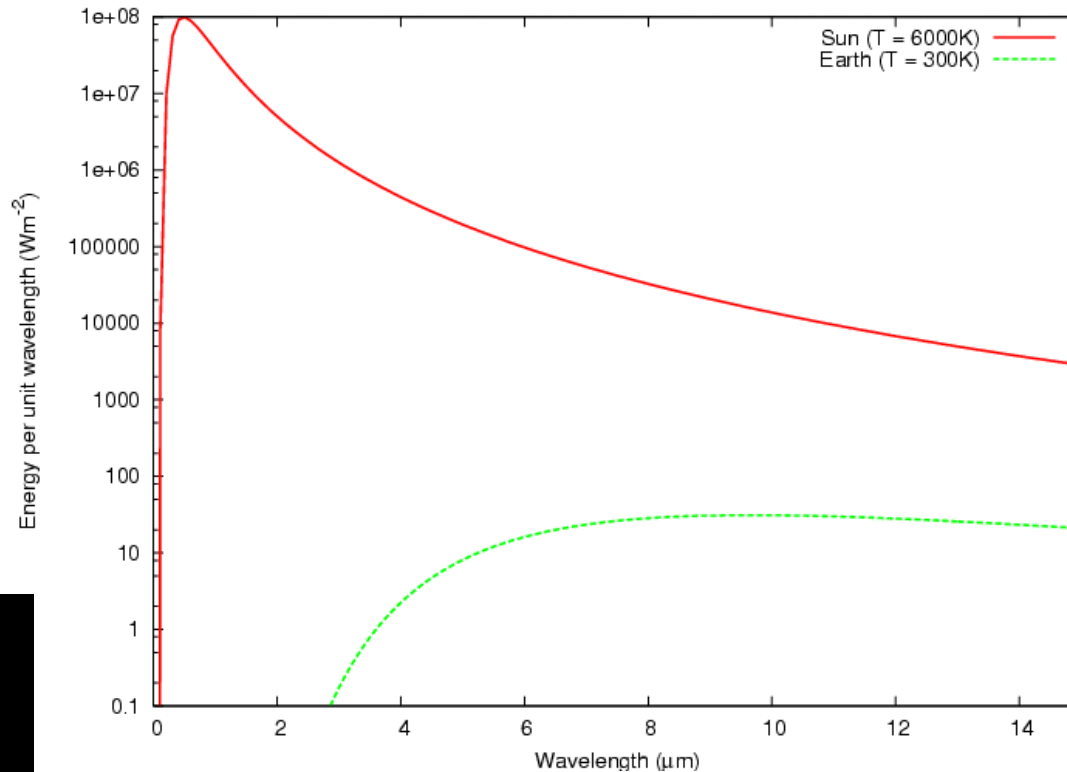
Wien Displacement Law:

$$\lambda_{\text{Max}} = \frac{3 \times 10^7}{T}$$

( $\lambda$  in Angstroms,  $T$  in Kelvin)



# Föld és a Nap sugárzása



$T_{\text{nap}} \approx 6000\text{K}$

$M_{\lambda, \text{nap}} \approx 73.5 \text{ MW/m}^2$

$\lambda_{\text{max, nap}} = 0.48 \mu\text{m}$

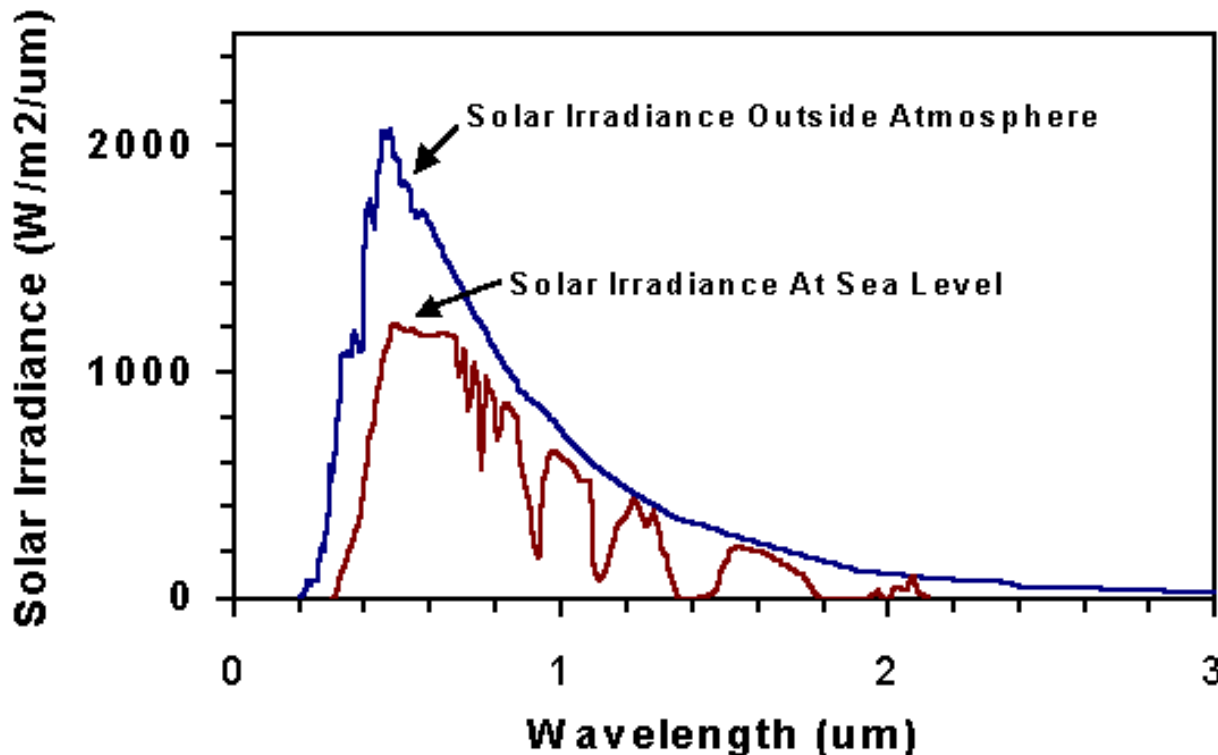
$T_{\text{Föld}} \approx 300\text{K}$

$M_{\lambda, \text{Föld}} \approx 460 \text{ W/m}^2$

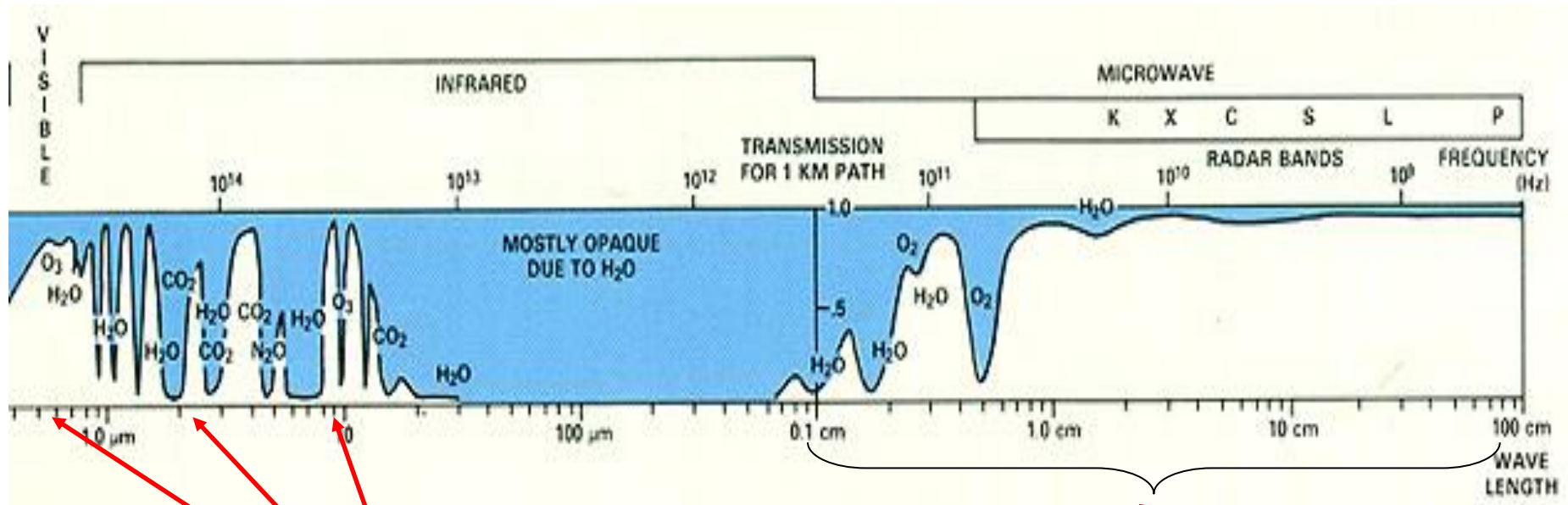
$\lambda_{\text{max, Föld}} = 9.66 \mu\text{m}$

# Sugárzás forrása: Nap

- Nap spektrális emissziója
- A Földfelszínre érkező elektromágneses sugárzást befolyásolja a légkör elnyelő hatása
- Légkör elnyelési sávjai leszűkítik a távérzékelésre alkalmas tartományt



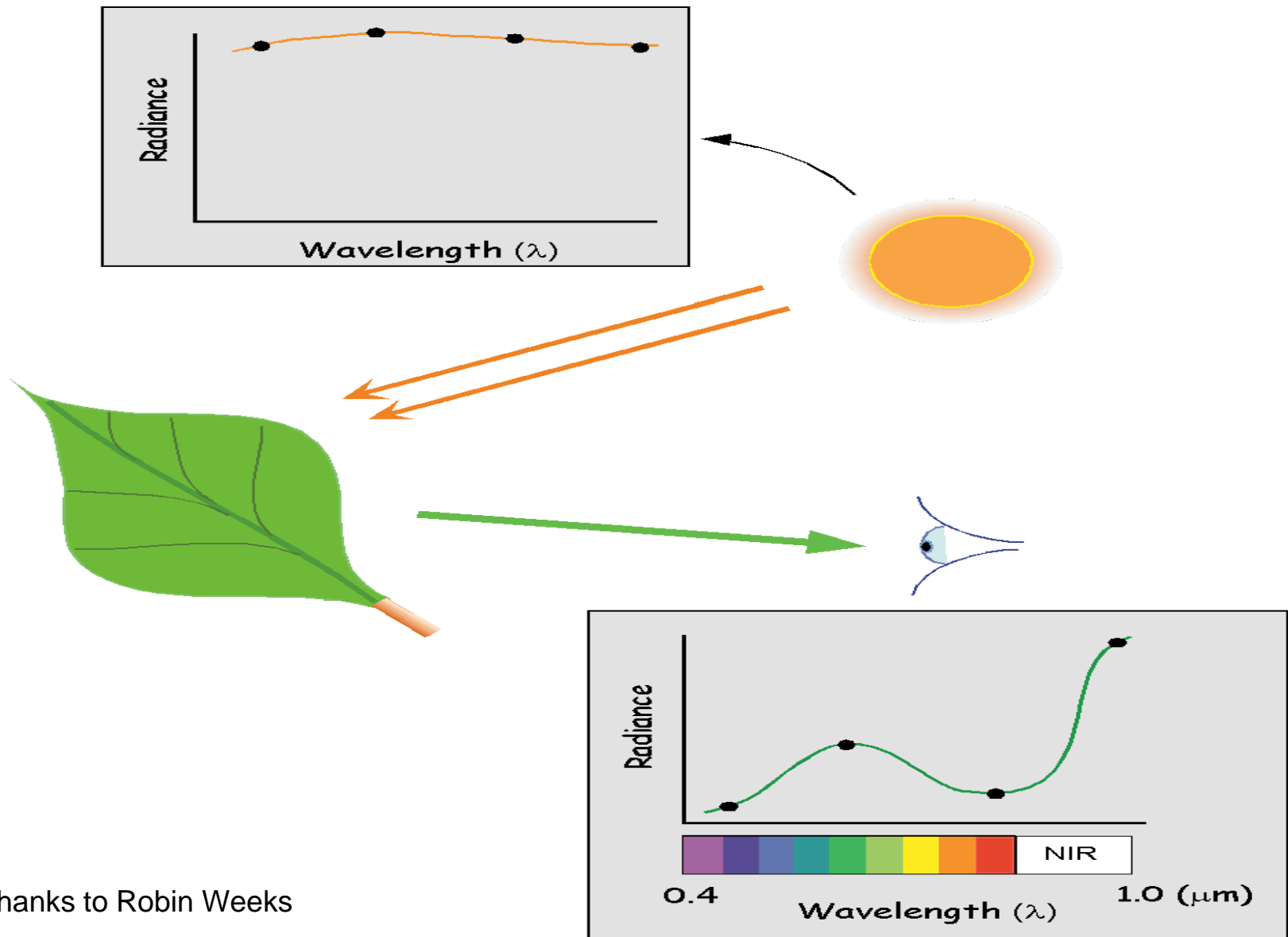
# Légköri elnyelődési tartományok



- Légköri áteresztő “ablakok” – magas transzmisszió vagyis légkör áthatolható
- Kifejezetten érvényes mikrohullámú tartományra

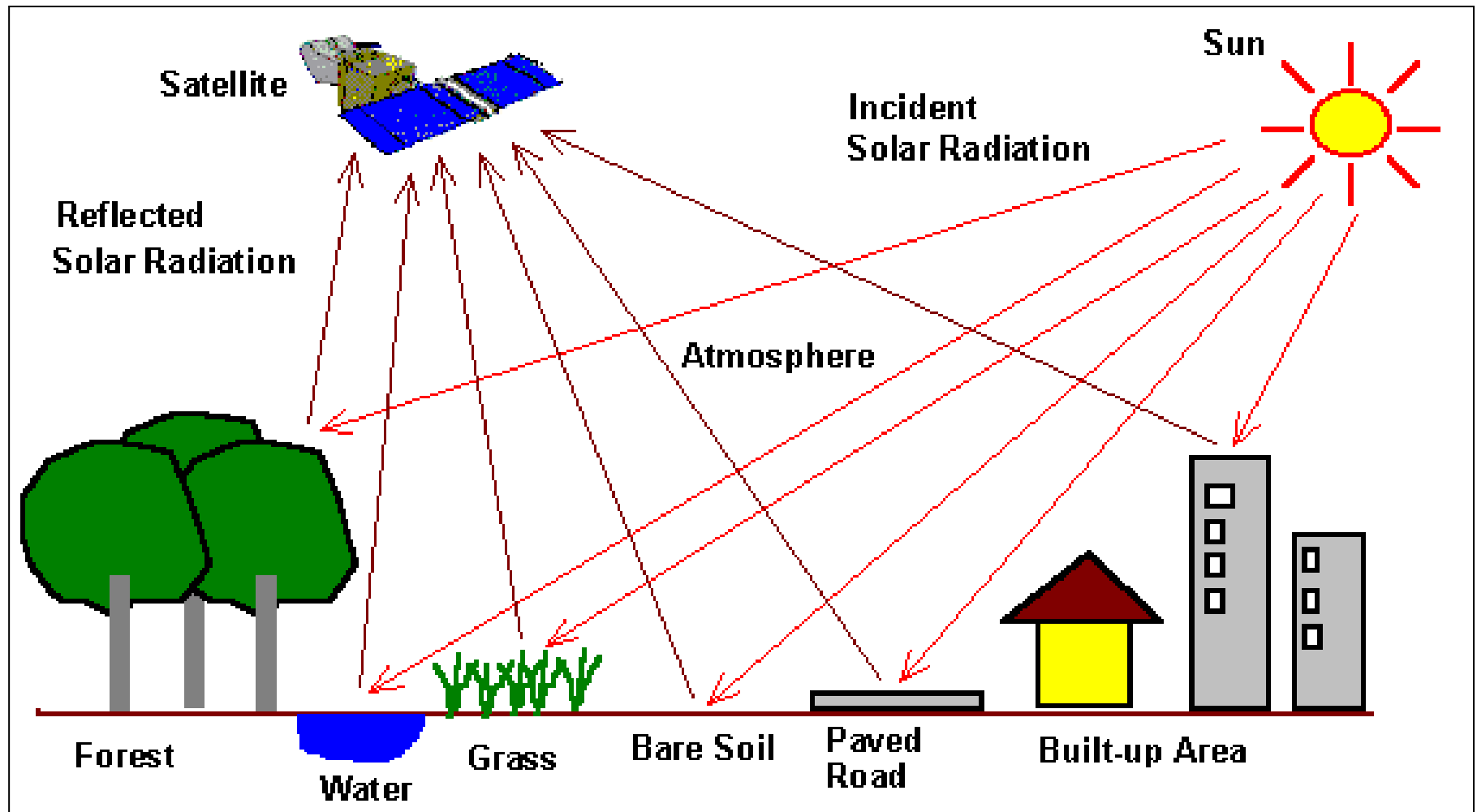


# Visszaverődési görbék

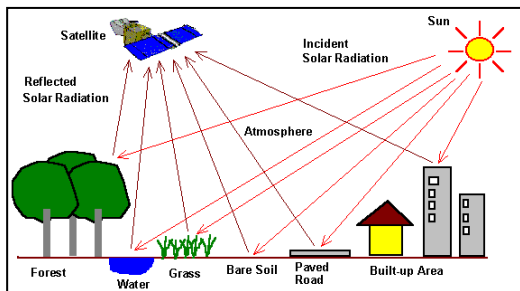
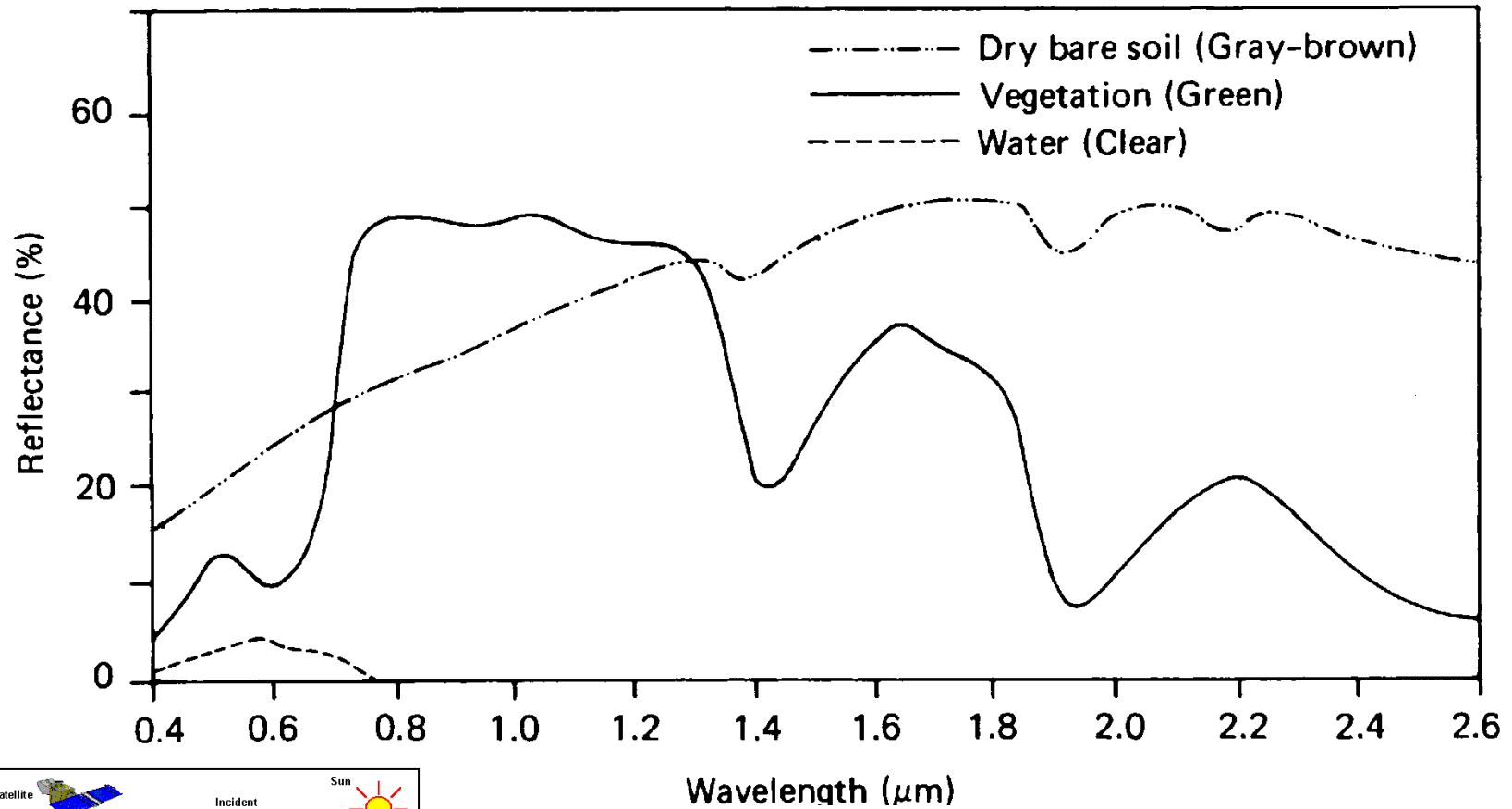


Thanks to Robin Weeks

# Napsugárzás kölcsönhatása a Földfelszínnel

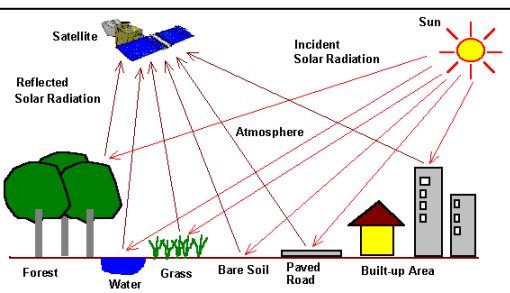
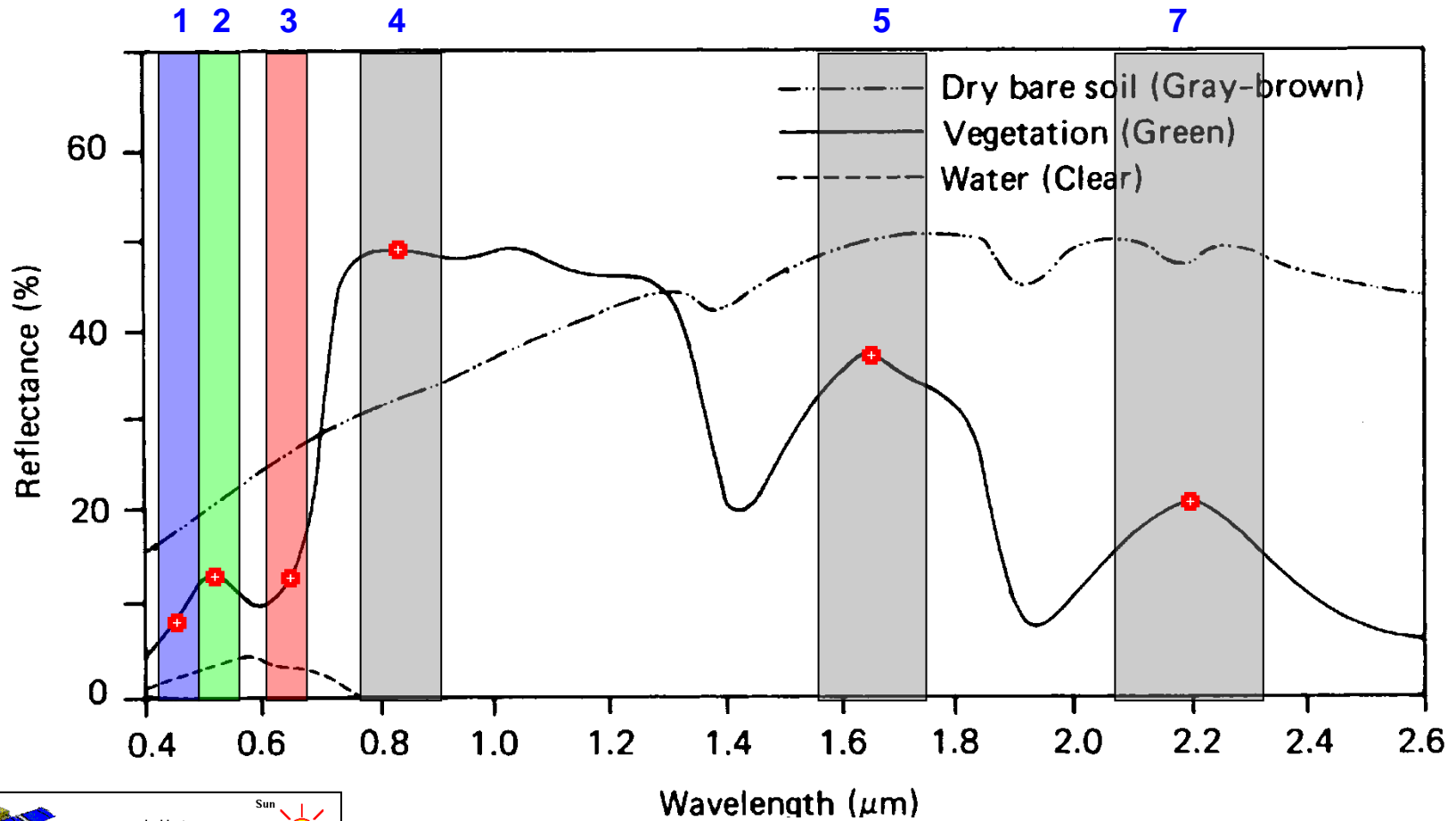


# Visszaverődési görbék tipikus földfelszín típusokról



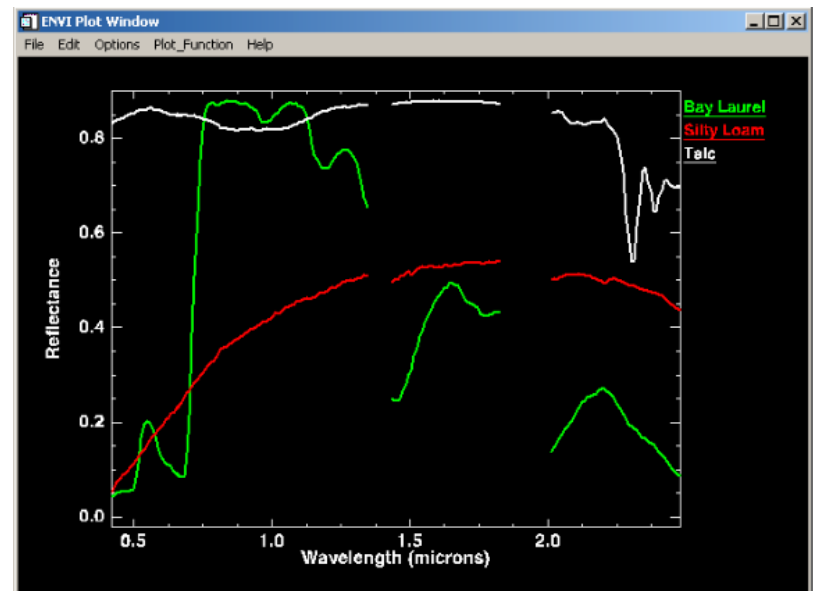
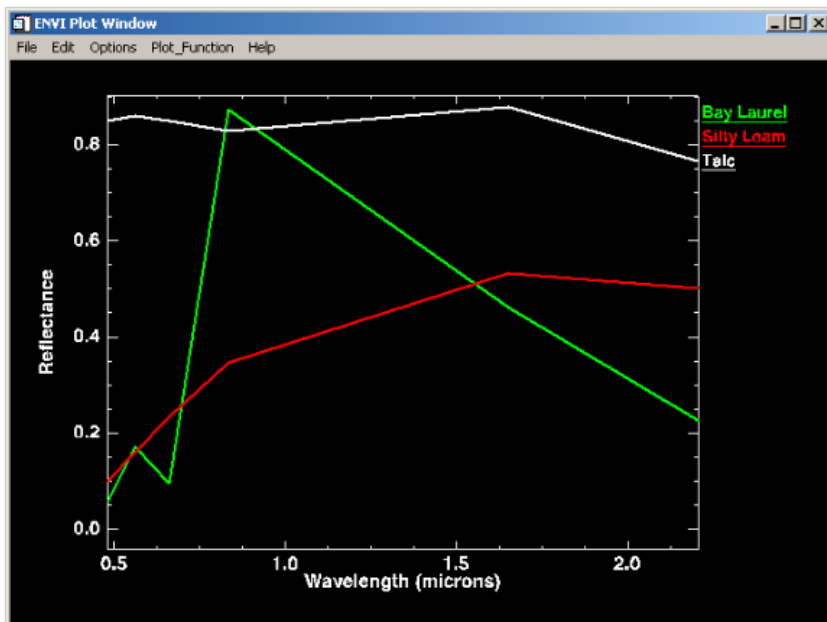


# Visszaverődési görbék – Landsat sávok



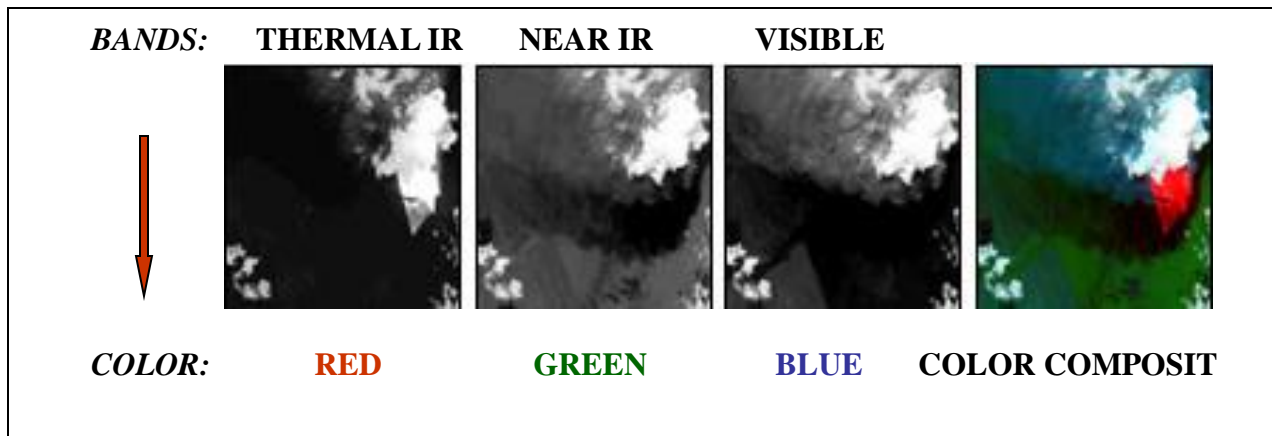
# Érzékelők

- Sávok: visszaverődés mérése vagy érzékelése különböző hullámhossz tartományokban történik
  - Pankromatikus kép: 1 sávban történik érzékelés (szürkeárnyaltos)
  - Multispektrális kép: 3 vagy több sávban (színes)
  - Hiperspektrális: több 100 sáv min. spektrális tartományokban



# Multispektrális képek megjelenítés

- Hamisszínes képek: szem által nem érzékelt sávok színes megjelenítése





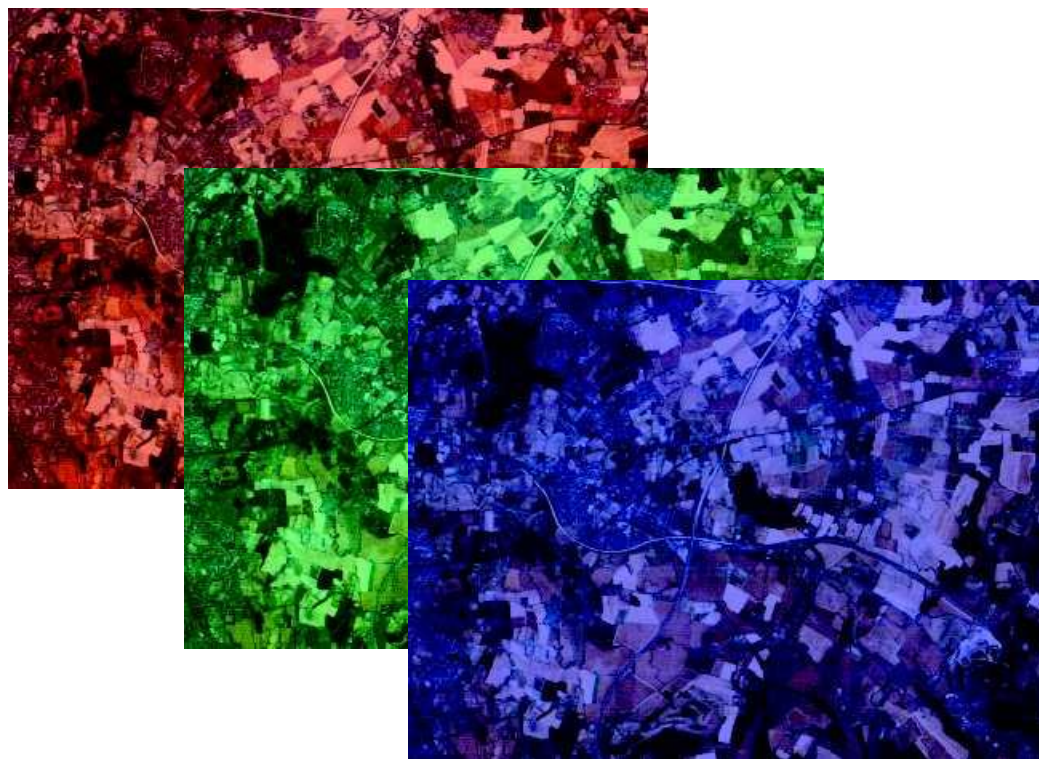
# Multispektrális képek

## ‘Látható fény’ megjelenítés

vörös sáv **vörös** megjelenítés

zöld sáv **zöld** megjelenítés

kék sáv **kék** megjelenítés



**Swanley,  
Landsat TM**

**1988**

# Multispektrális képek

‘Látható fény’ megjelenítés

vörös sáv vörös megjelenítés



# Multispektrális képek

## ‘Látható fény’ megjelenítés

vörös sáv vörös megjelenítés

zöld sáv zöld megjelenítés





# Multispektrális képek

## ‘Látható fény’ megjelenítés

vörös sáv vörös megjelenítés

zöld sáv zöld megjelenítés

kék sáv kék megjelenítés



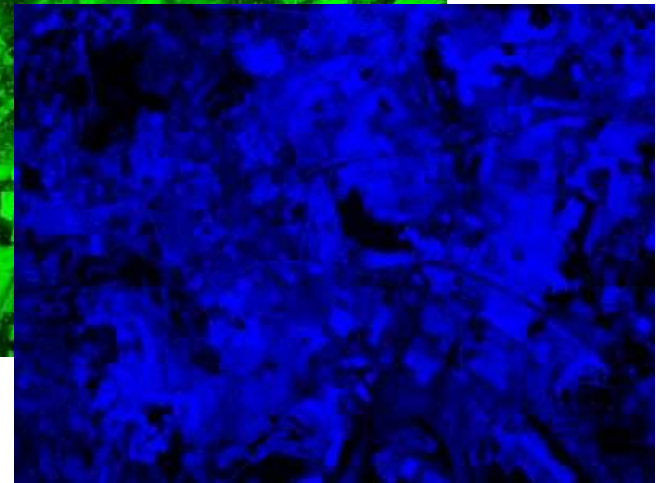
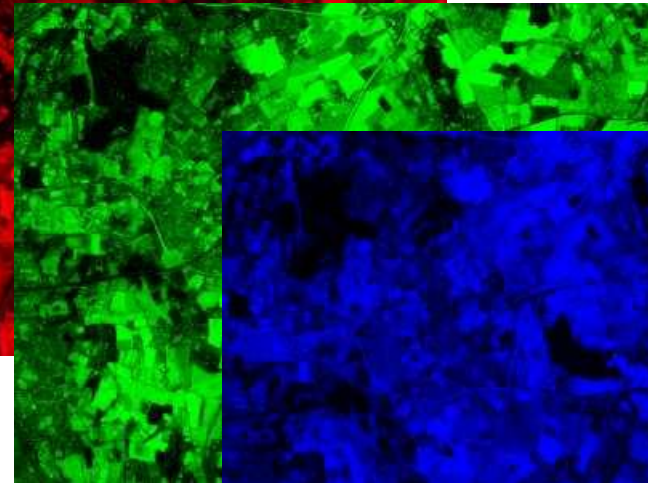
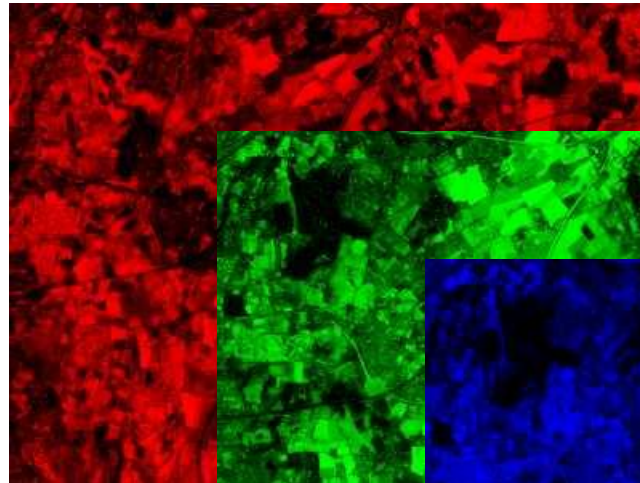
# Multispektrális képek

## ‘Hamis színes’ megjelenítés

Közeli-Infra sáv **vörös** megjelenítés

**vörös** sáv **zöld** megjelenítés

**zöld** sáv **kék** megjelenítés



# Multispektrális képek

## ‘Hamis színes’ megjelenítés

Közeli-Infra sáv **vörös** megjelenítés

**vörös** sáv **zöld** megjelenítés

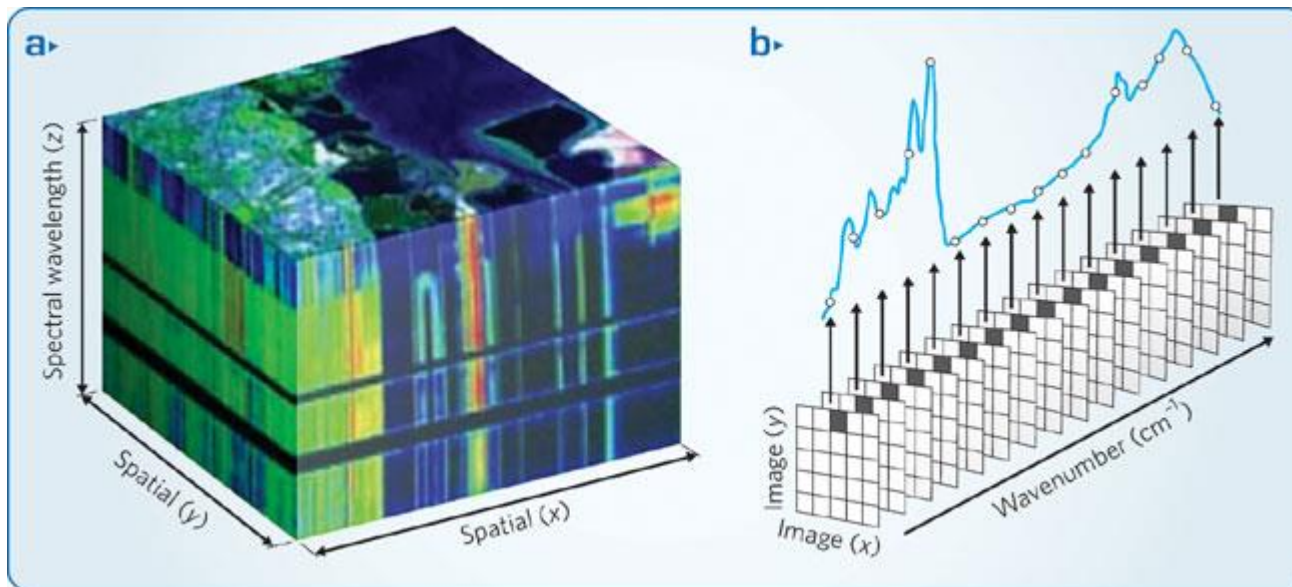
**zöld** sáv **kék** megjelenítés





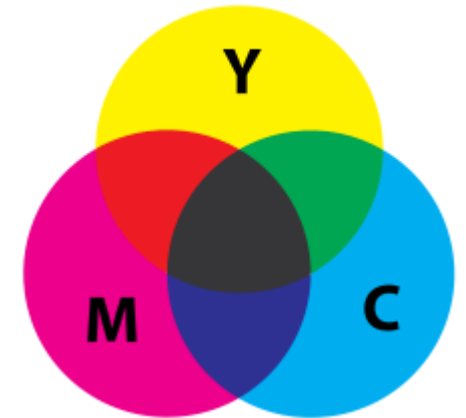
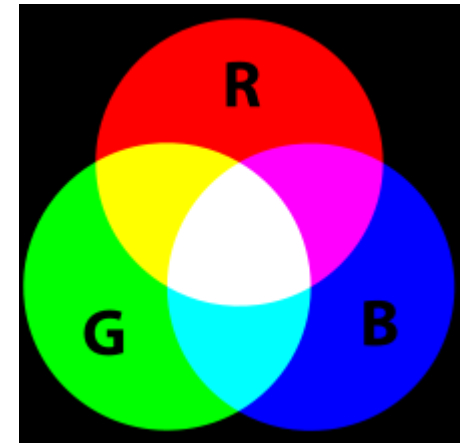
# Hiperspektrális képek

- Kockakép (image cube)
- Egyszerre 3 sáv megjelenítés



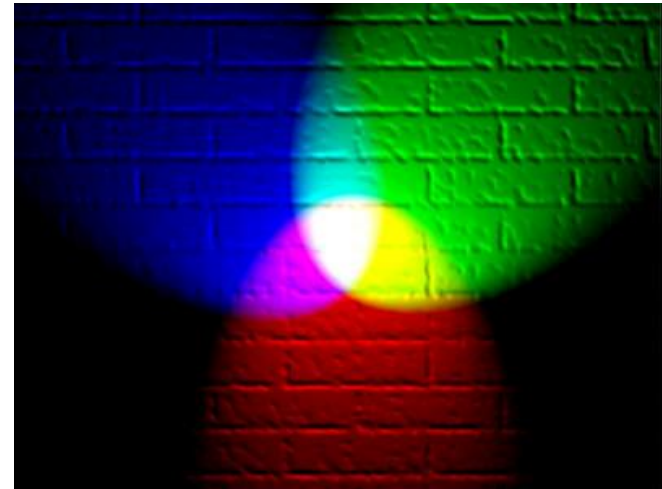
# Színkeverés

- Additív (összeadó):
  - spektrumgörbék összeadása
  - pl. egymásra vetített fényforrások
- Szubsztraktív (kivonó)
  - spektrumgörbék kivonása
  - elnyelések (abszorpció) összeadása
  - pl. festékek összeöntése



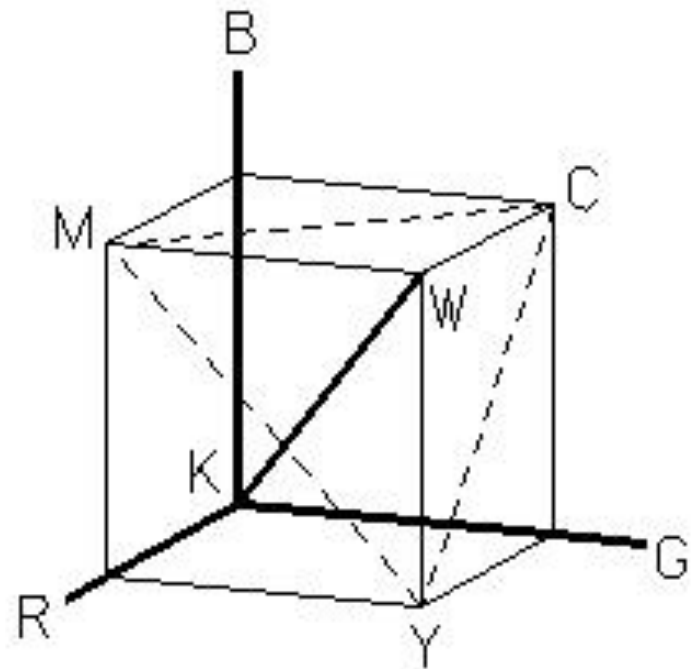
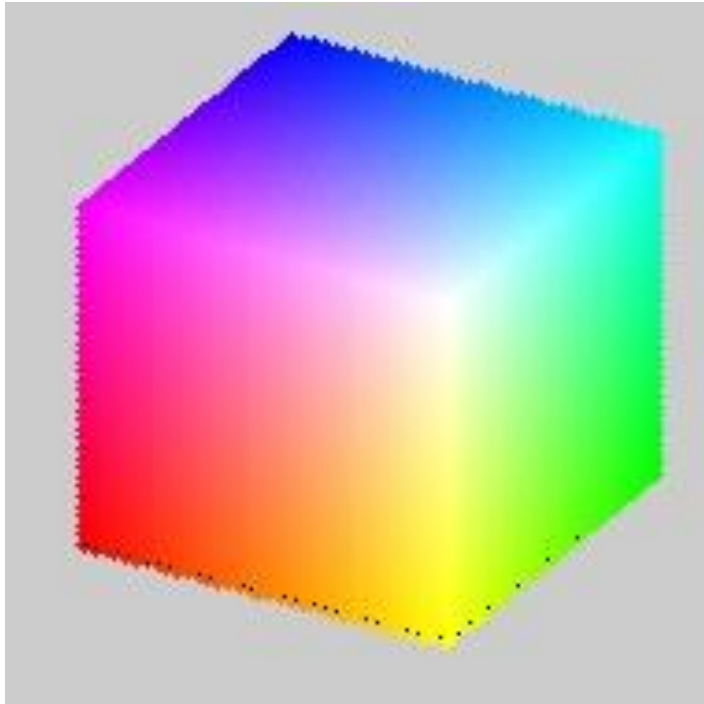
# RGB-színmodell

- alap (elsődleges) színek:
  - vörös (R), zöld (G), kék (B)
- másodlagos színek:
  - cián (C), magenta (M), sárga (Y)
- további fontos színek:
  - fehér (W), fekete (K)





# Az RGB színekocka



# Egy kép és komponensei



R



B

G

# Alkalmazások



# Műhold képek alkalmazásai

- Térképezés (felderítés)
- Környezet kutatás, megfigyelés
- Meteorológia
- Épített környezet vizsgálata
- Stb.





# Városi környezet tanulmányozása

Area : Burj Al Arab Hotel, Dubai  
Sensor : KOMPSAT-3  
Resolution : 0.7m





# Régészeti városi környezet tanulmányozása





# Kataszteri térképezés



[www.satimaging.com](http://www.satimaging.com)

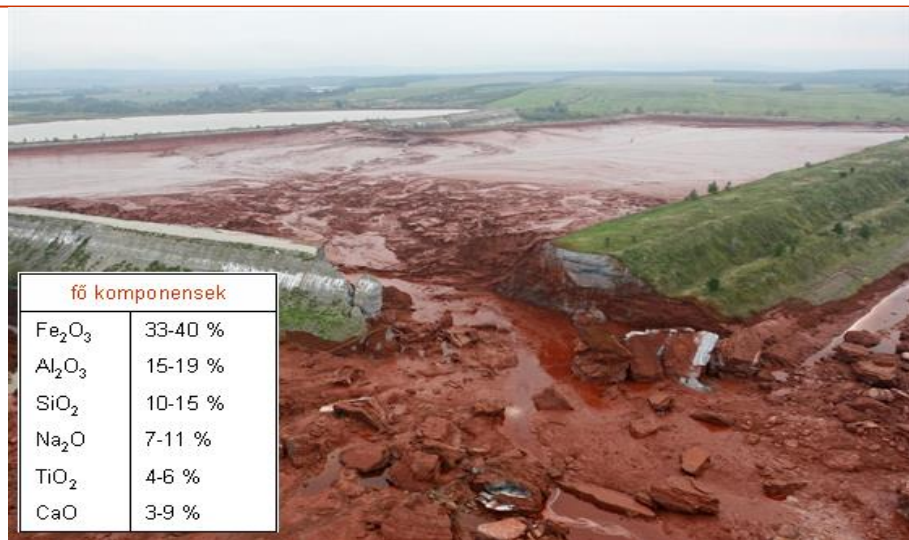
Little Rock, Arkansas, QuickBird (0.6m), 2007



# Katasztrófavédelem: Vörösiszap-zagytározó gátszakadás

## Gátszakadás

2010. október 4-én 12:10-kor átszakadt a MAL Zrt. Devecser melletti vörösiszap-tárolójának gátja. A kiömlő 1 000 000 m<sup>3</sup> iszap elöntötte Kolontár, Devecser és Somlóvásárhely mélyebben fekvő részeit.

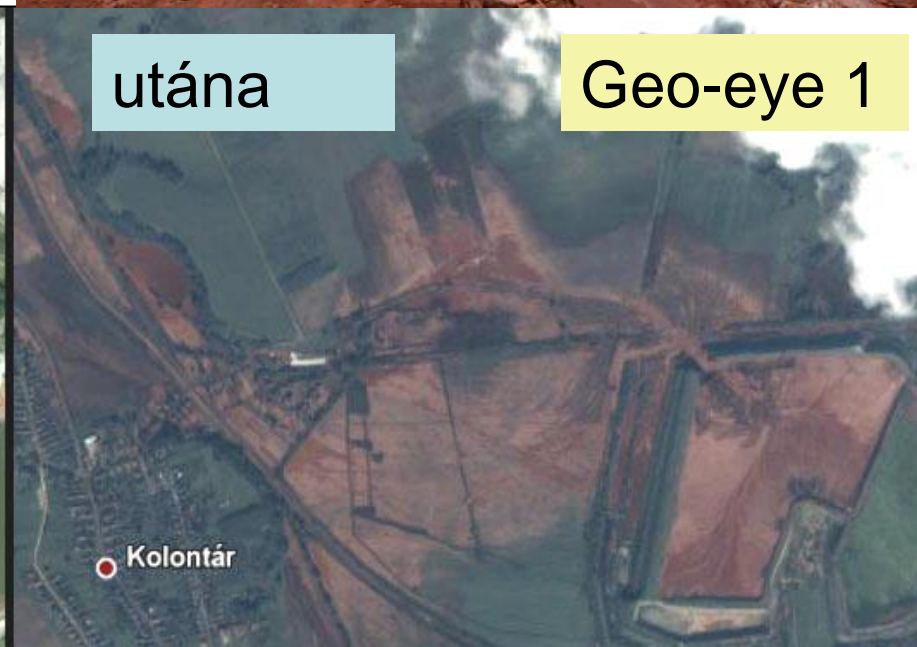


fő komponensek	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33-40 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15-19 %
SiO <sub>2</sub>	10-15 %
Na <sub>2</sub> O	7-11 %
TiO <sub>2</sub>	4-6 %
CaO	3-9 %

előtte



utána



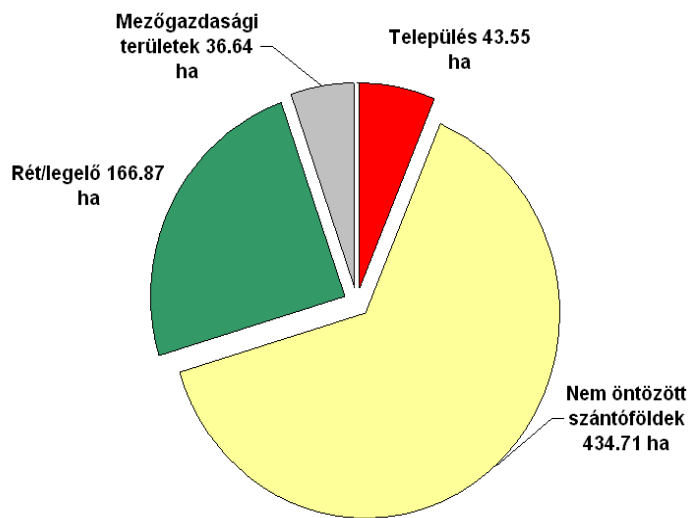
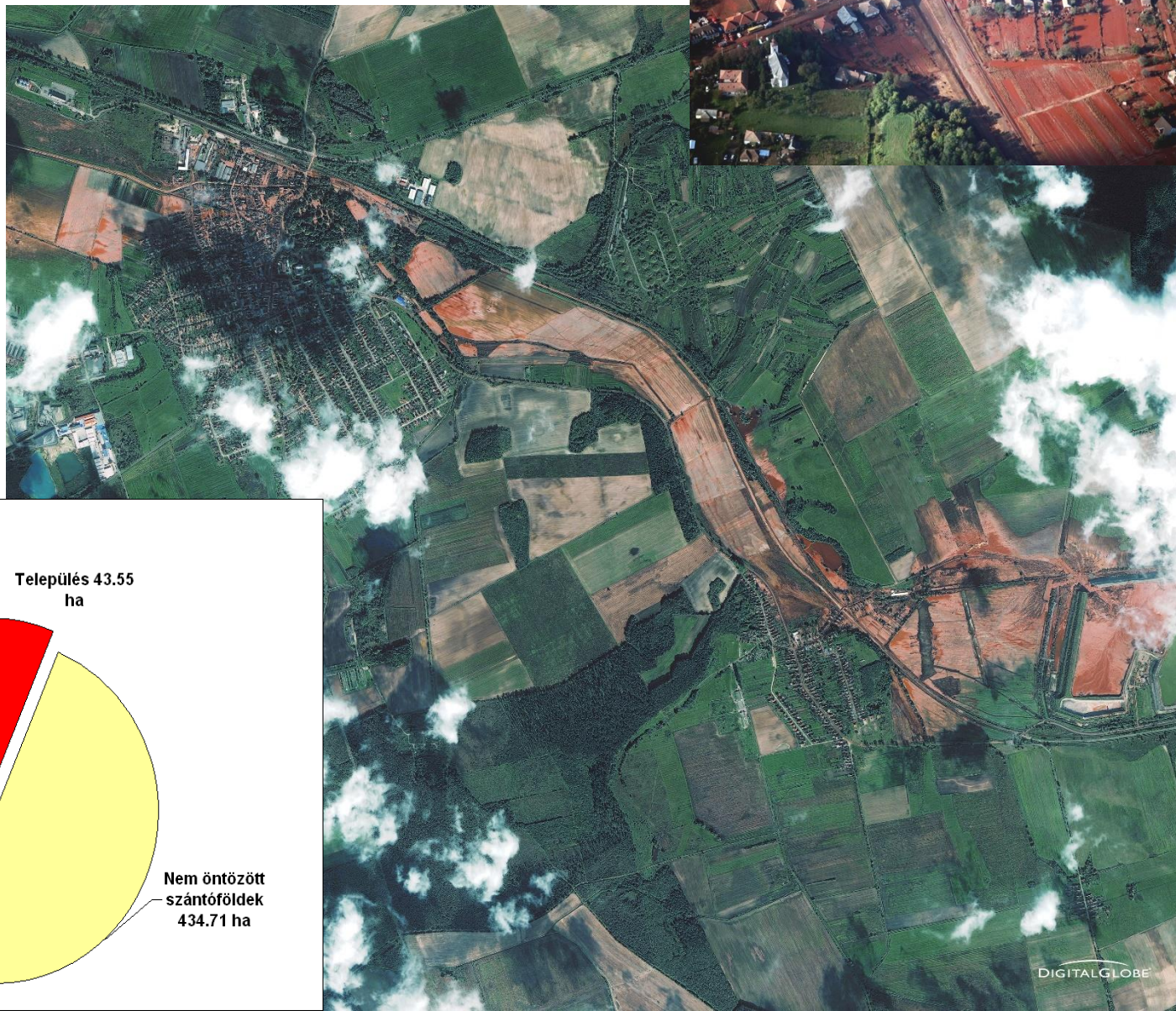
Geo-eye 1



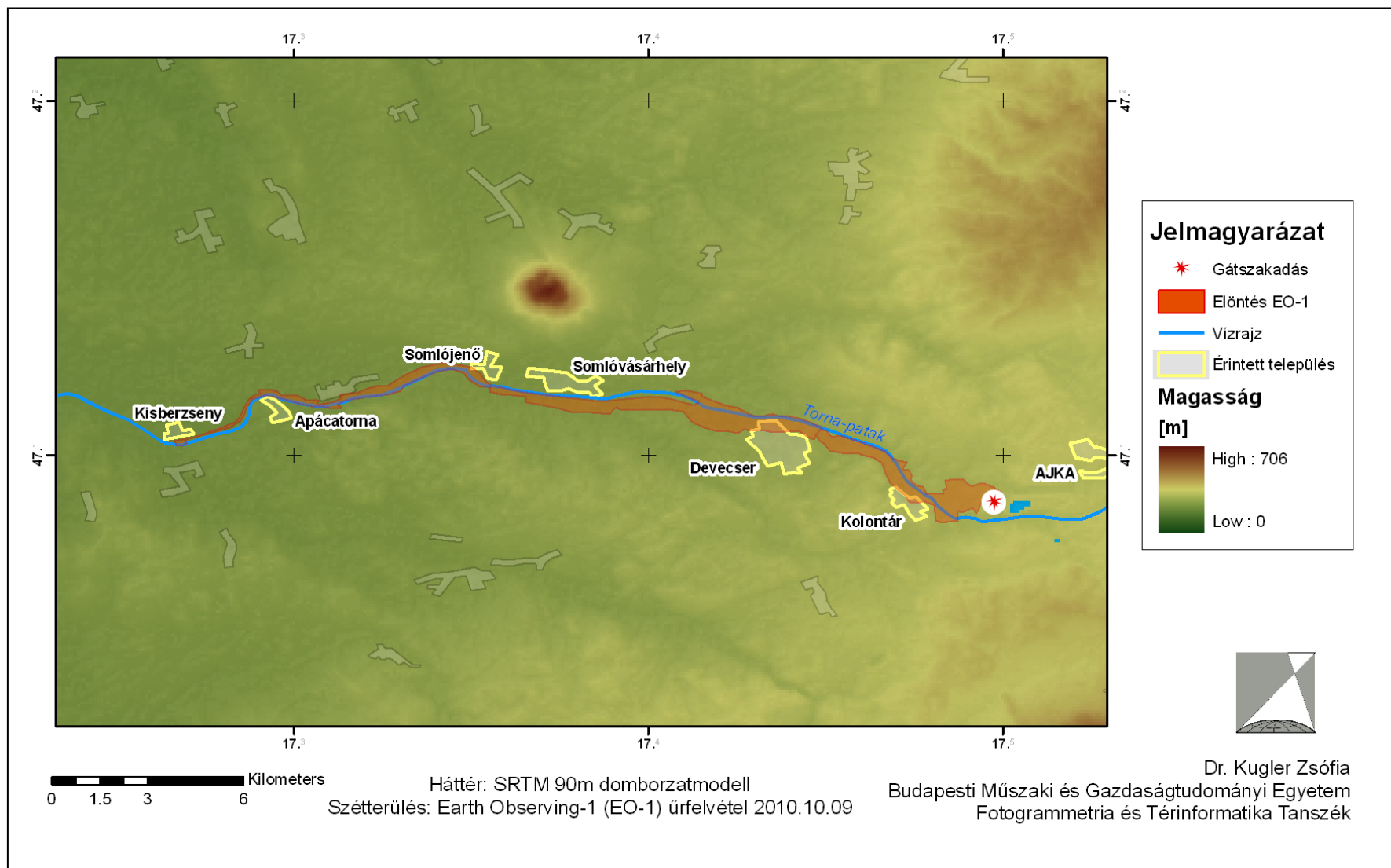
# Nagyfelbontású felvétel

Elöntött  
területek  
elemzése

Eerülethasz-  
nálat elemzés



# Osztályozás



Elemzés eredménye: 681,77 ha elöntött terület



# Műholdas adatbázis és feldolgozás: Google Earth Engine

- Data analysis and visualization platform
- Inherently parallel system
- Designed for scientists, not software engineers
- Goal: make it easy, **enable non-traditional users**





# Google Earth Engine

- Data analysis and visualization platform
- Inherently parallel system
- Designed for scientists, not software engineers
- Goal: make it easy, **enable non-traditional users**

- Focused on society's biggest challenges

- Deforestation

- Drought

- Disaster

- Disease



Climate Change

Conflict

Global Food Security

Sustainability

# 6PB Data Catalog

- Imagery

- Landsat 4-8      7 bands, 30m
- MODIS            250m Daily Global
- Sentinel-2        12 bands, 20m
- Sentinel-1        10m SAR
- Terra Bella       1m x 7 satellites

- Geophysical

- Digital Elevation
- Land Cover
- Surface Temperature

- Weather Forecasts

- Climate Models



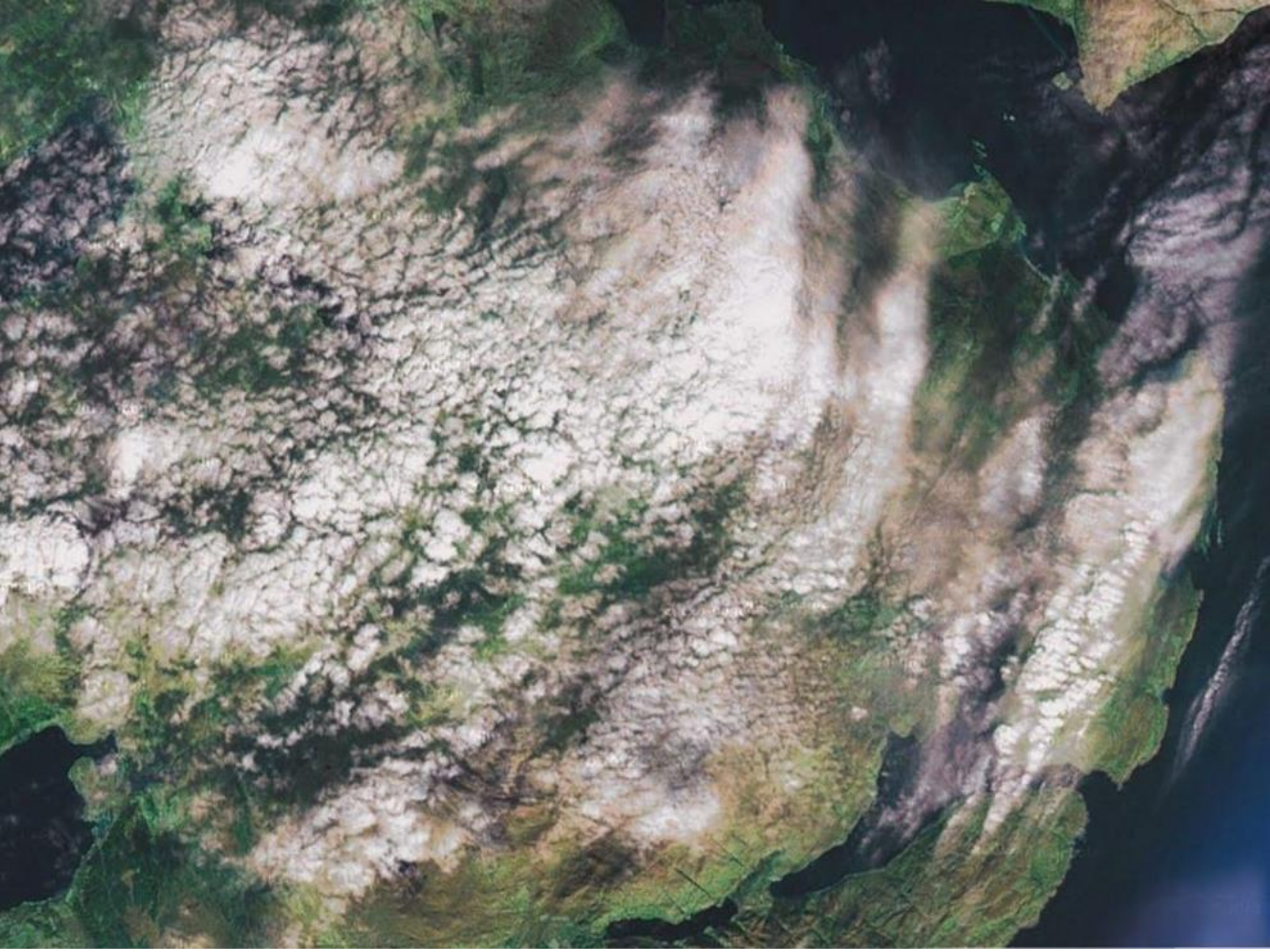






















Layers

Google

Images ©2017

**24 Terapixels. 30 years / 30 meters global video.**







Las Vegas, Nevada



**Ucayali River, Pucallpa, Peru**





**Cape Cod, Massachusetts**





# TIMELAPSE

**Watch the world change over the course of nearly three decades of satellite photography**

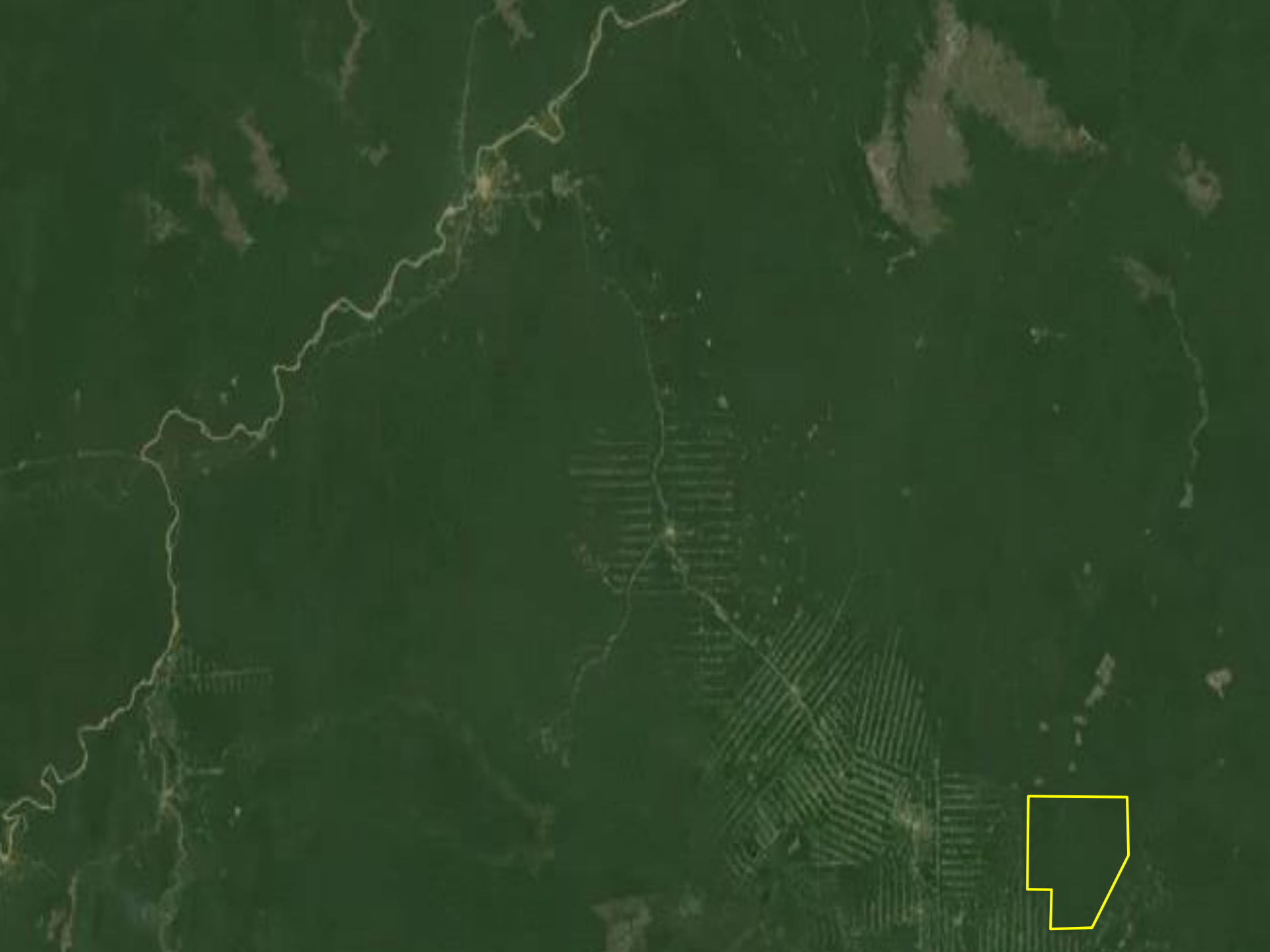
Pictured: The megacity of Dubai grows in the desert, from 1984 to today

# So what?

These guys...



live here.





- >750,000 km<sup>2</sup> forest loss in Brazil since 1970 (20%)
- Its visible from space, "just" need a deforestation detector



# Earth Engine

[Manage workspace](#)[Home](#) [Data Catalog](#) [Workspace](#)

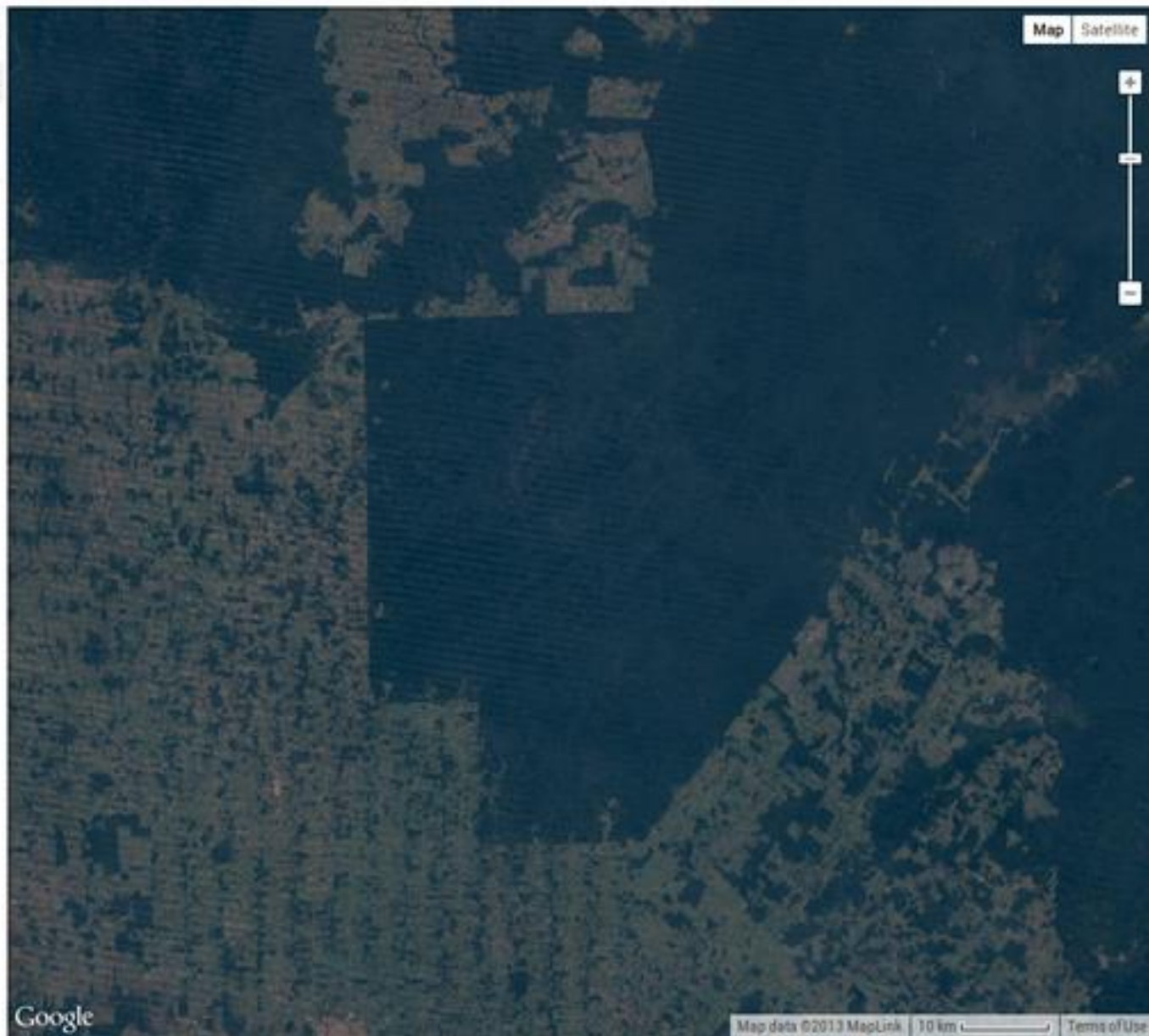
▾ Data



Percentile Composite (Landsat 7 Reflectance)

[Add data](#) [Add computation](#)

Analysis: [None](#)



Map Satellite



## Earth Engine

Manage workspace ▾

Home

Data Catalog

Workspace

## + Data

Hand-drawn points and polygons

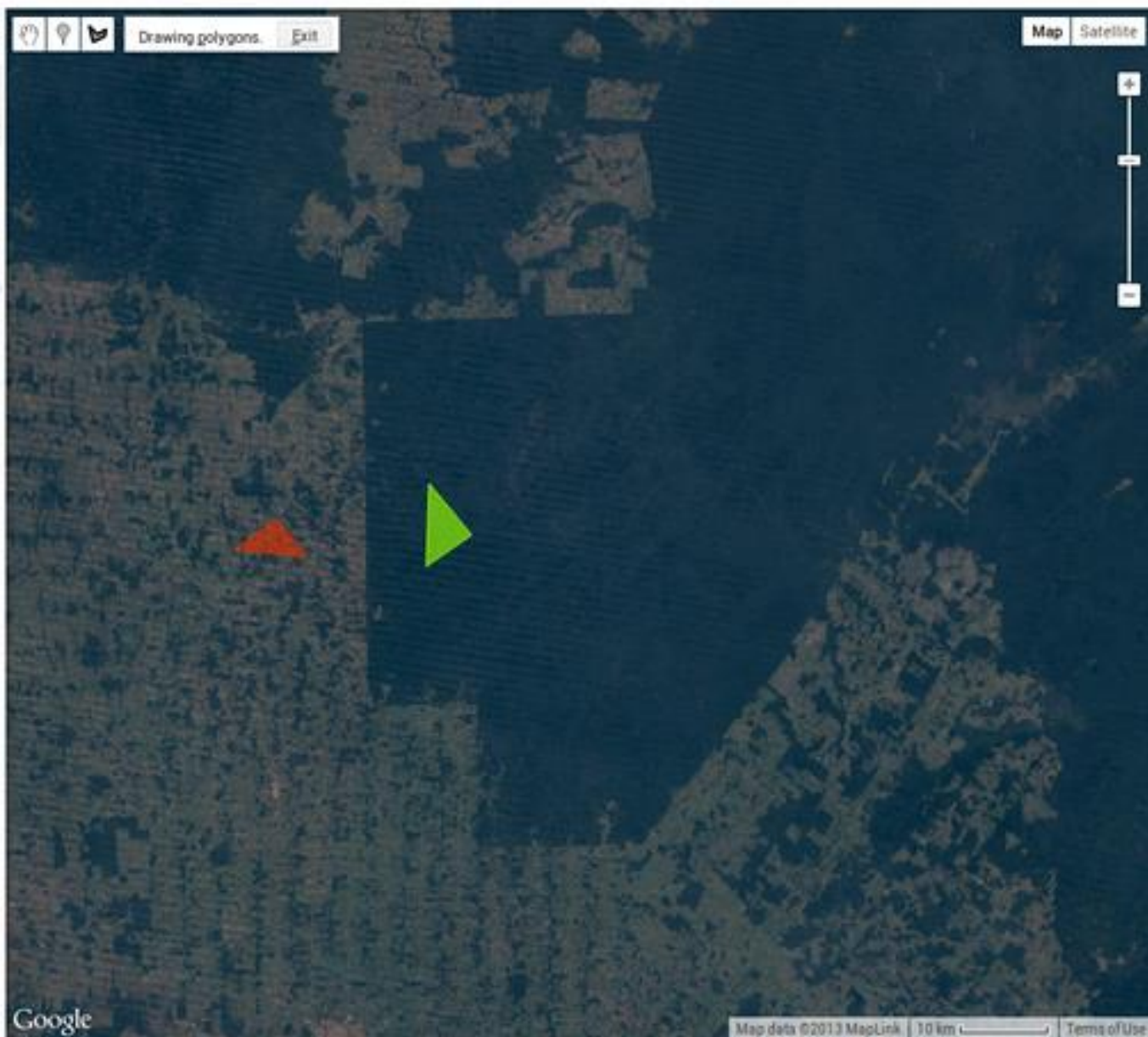
Percentile Composite (Landsat 7 Reflectance)

[Add data](#) [Add computation](#)

## + Classes

■ Not Forest - 1 polygon

■ Forest - 1 polygon

[Add class](#) [Get palette](#)Analysis: None ▾



## Earth Engine

Manage workspace ▾

Home

Data Catalog

Workspace

## Data

+



Drawing polygons. Exit

Map

Satellite

Hand-drawn points and polygons

Model, trained Oct 6, 2013 at 9:06pm (91.55%)



Percentile Composite (Landsat 7 Reflectance)

[Add data](#) [Add computation](#)

## Classes

+

Not Forest - 1 polygon

Forest - 1 polygon

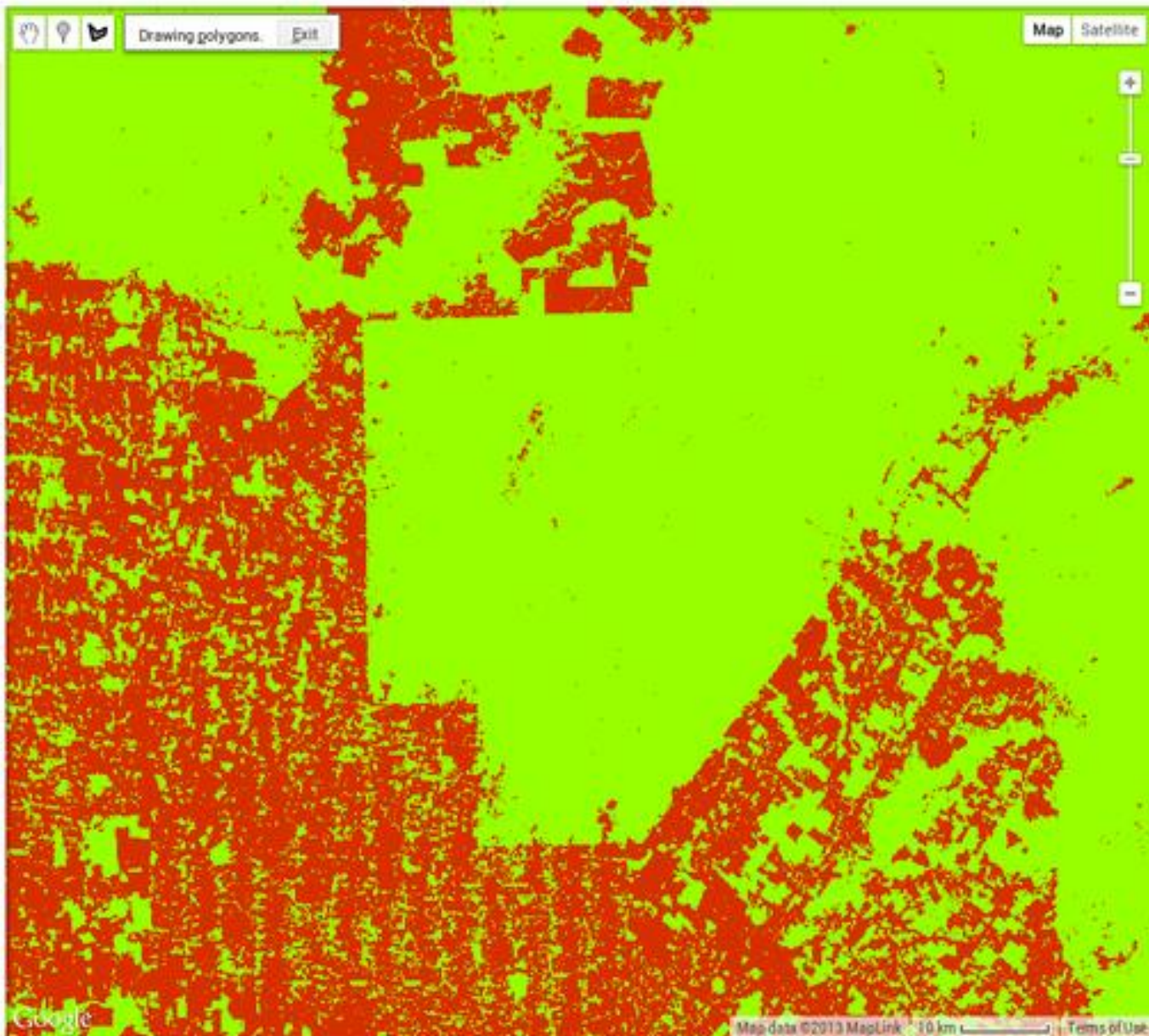
[Add class](#) [Get palette](#)Analysis: [Train a classifier](#) ▾

Classifier

Resolution (m)

Fast Naive Bayes ▾

30

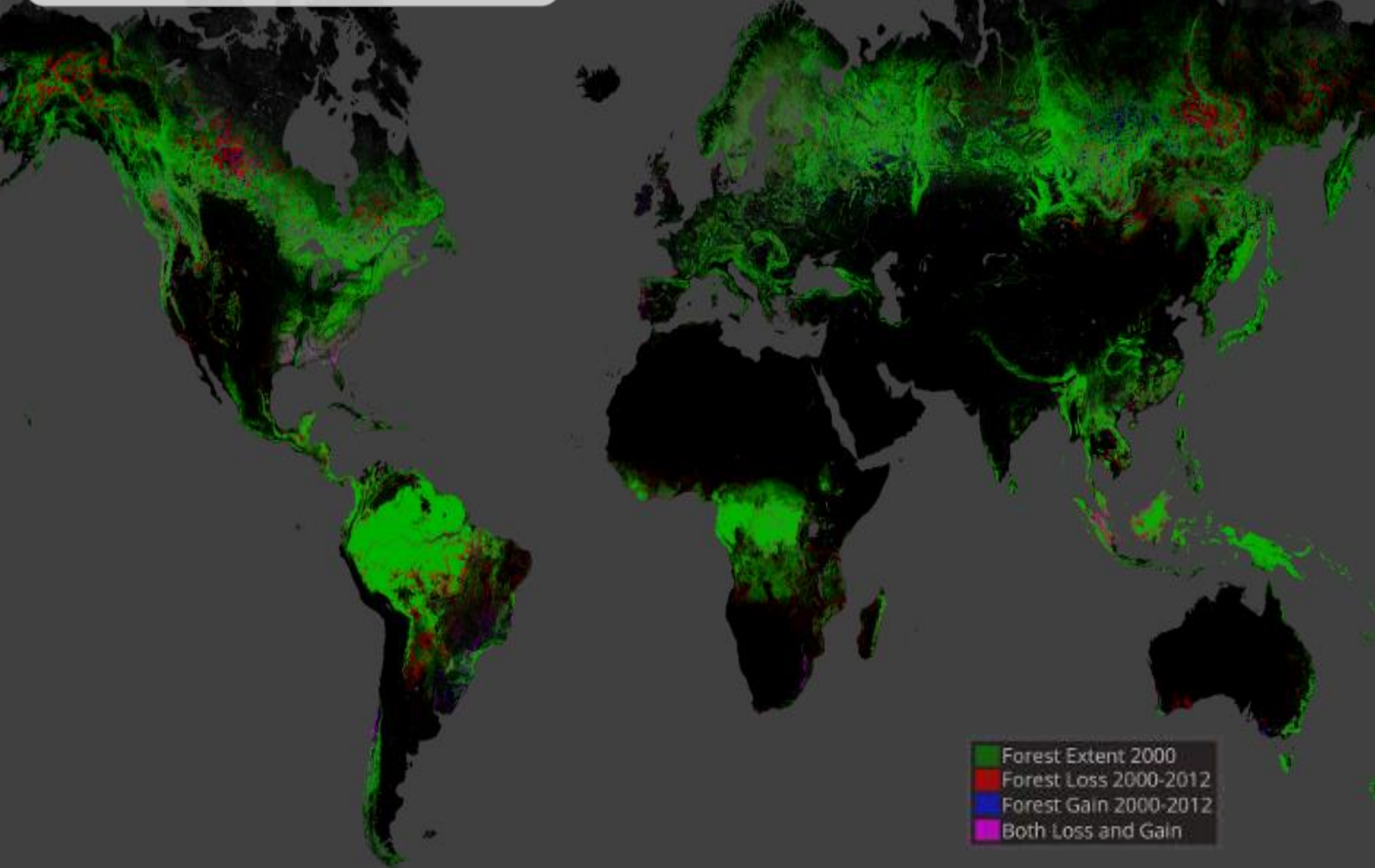
[Train classifier and display results](#)





# Global Forest Cover and Loss 2000-2012

Hansen, Science 2013







**Global Surface Water**



**River Morphology**

A. Bryk, UC Berkeley

1984

2km



# Ajánlott irodalom

- Winkler Gusztáv: Információgyűjtő módsezrek a távérzékelésben, 2002 Műegyetem kiadó, Budapest
- Lillasand T. M., Kiefer R. W., Chipman W. J. : *Remote Sensing and Interpretation* , John Wiley and Sons, Inc. , 2007
- Mucsi László: Műholdas távérzékelés, 2004. Libellus kiadó, Szeged, **ISBN: 9632149033**  
[http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011\\_0025\\_geo\\_8/adatok.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0025_geo_8/adatok.html)
- Fotointerpretáció és távérzékelés 1., A távérzékelés fizikai alapjai  
Verőné Wojtaszek Malgorzata (2010)  
[http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027\\_FOI1/index.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_FOI1/index.html)  
[http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027\\_FOI2/adatok.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_FOI2/adatok.html)  
[http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027\\_FOI5/ch01s02.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_FOI5/ch01s02.html)

# Ajánlott külföldi irodalom

- Campbell, J. B. (1996) *Introduction to Remote Sensing* (2nd Ed), London: Taylor and Francis.
- R. Harris, 1987. "Satellite Remote Sensing, An Introduction", Routledge & Kegan Paul.
- John A. Richards (2013) *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*, Springer
- Jensen, J. R. (2000) *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*, 2000, Prentice Hall, New Jersey.
- Jensen, J. R. (2005, 3rd ed.) *Introductory Digital Image Processing*, Prentice Hall, New Jersey.  
<http://www.cla.sc.edu/geog/rslab/751/index.html>
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. and Chipman, J. W. (2008, 6th ed.) *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley, New York.
- Mather, P. M. (1999) *Computer Processing of Remotely-sensed Images*, 2nd Edition. John Wiley and Sons, Chichester.
- W.G. Rees, 1996. "Physical Principles of Remote Sensing", Cambridge Univ. Press



# Ajánlott internetes irodalom

- **Web**
- *Tutorials*
- <http://rst.gsfc.nasa.gov/>
- [http://earth.esa.int/applications/data\\_util/SARDOCS/spaceborne/Radar\\_Courses/](http://earth.esa.int/applications/data_util/SARDOCS/spaceborne/Radar_Courses/)
- <http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/image.htm>
- [http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/fundam\\_e.html](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/fundam_e.html)
- <http://octopus.gma.org/surfing/satellites/index.html>
  
- **Glossary** of alphabet soup acronyms!  
[http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/terms/glossary/glossary\\_e.html](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/terms/glossary/glossary_e.html)
  
- Other resources
- NASA [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)
- NASAs Visible Earth (source of data): <http://visibleearth.nasa.gov/>
- European Space Agency [earth.esa.int](http://earth.esa.int)
- NOAA [www.noaa.gov](http://www.noaa.gov)
- Remote sensing and Photogrammetry Society UK [www.rspsoc.org](http://www.rspsoc.org)
- IKONOS: <http://www.spaceimaging.com/>
- QuickBird: <http://www.digitalglobe.com/>