(Űr)távérzékelés és okos alkalmazásai

Dr. Kovács Kálmán docens, BME IIT kovacs.kalman@eit.bme.hu

Smart megoldások az internet világában
- a szemeszter felépítése aktualizálva -

Smart megoldások kialakulása

1.-2 Bevezető. Smart megoldások fejlődése, Smart City

Smart megoldások IKT háttere

3.-4. Internet alapok és IoT (Bakonyi Péter)

5. Beágyazott és ambiens rendszerek (Hanák Péter)

6. --- tavaszi szünet ---

7. 1.zh (űr)távérzékelés és alkalmazásai

8. Térinformatika és smart alkalmazásai

9. Statisztikai alapok és smart környezet és sport

10. Smart városigazgatás on-line bemutató (KK és Dékány Donát)

11. Smart életvitel (Hanák Péter)

12. Smart közlekedés és okos épületek

13. Emerging technologies (Bakonyi Péter)

2. zh // beszámoló ill. pótlások

14. 2.zh // Választott témák bemutatása

15. Pótlások: 1.zh // 2.zh // Választott téma bemutatása

1. Zh kérdések

- Csoportonként 2-2 kérdést kérünk megválaszolni! Beadási határidő 2020.03.25. kovacs.kalman@eit.bme.hu

- 1) Röviden foglalja össze az információs társadalom kialakulási folyamatát!
- 2) Mik az okos város megoldások főbb jellemzői?
- 3) Jellemezzen részletesebben két okos város (smart City) modelltípust!
- 4) Értelmezze a Hazai okos város jövőkép SWOT analízis eredményét!

- 1) Mely területeket érint az IKT konvergencia? Jellemezze azokat röviden!
- 2) Melyek az IPv6 protokoll kidolgozásának főbb célkitűzései?
- 3) Hogyan jellemezné az új generációs hálózatokat (NGN)?
- 4) Melyek az IoT jellemző alkalmazási területei?

- 1) Milyen típusú feladatokra használna mikroszámítógépet, illetve mikrovezérlőt?
- 2) Milyen korlátai vannak egy mikrovezérlőnek egy mikroszámítógéppel szemben?
- 3) Mit nevezünk SoC-nak (System on a Chip), Milyen tipikus részegységei vannak?
- 4) Mit nevezünk beágyazott rendszernek, milyen típusú feladatokra használjuk?

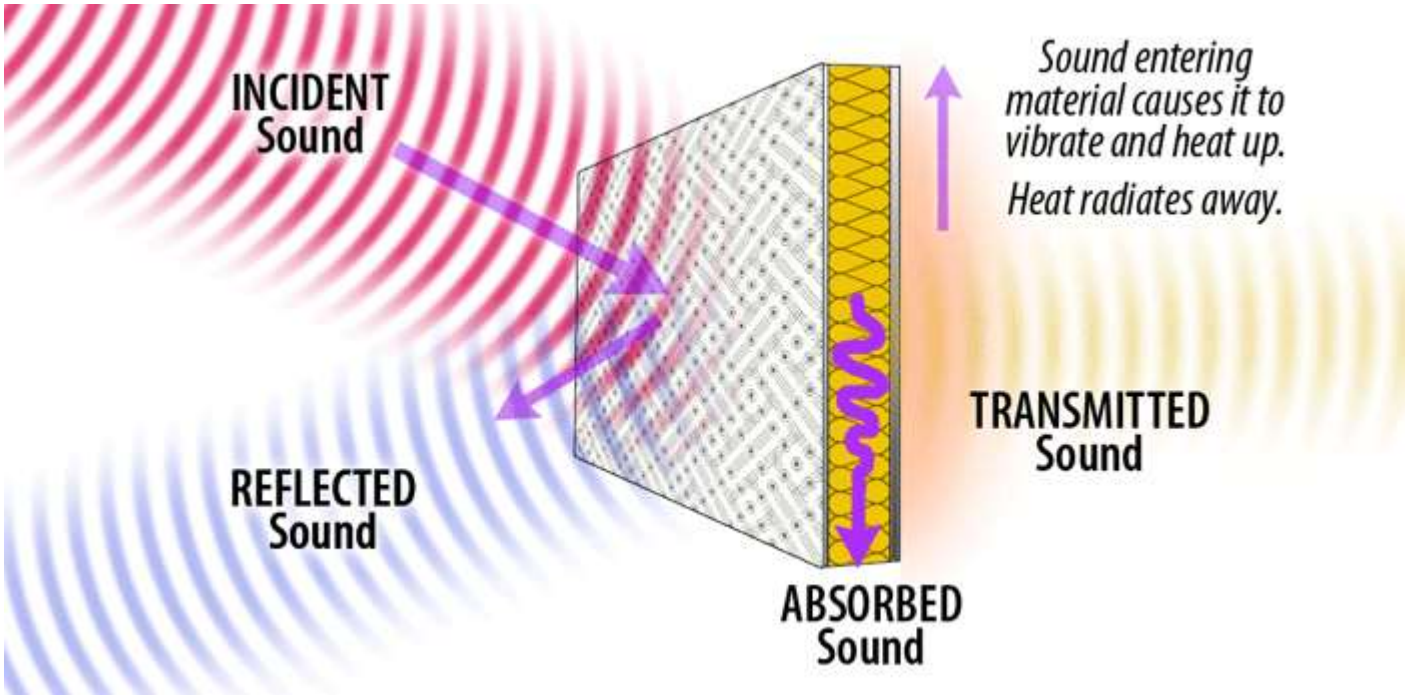
Tartalom

- **Távérzékelés alapjai**
- Űrtávérzékelés
- Űrtávérzékelés smart alkalmazásai (pl.):
  - Földmegfigyelés
  - „Csillagászat”
  - Zöldnövényzet-fejlődés

Távérzékelés alapjai
- fizikai alapok -

Mit értünk távérzékelés alatt?

- Távérzékelés alatt olyan adatnyerési eljárást értünk, amelyek az adatokat a vizsgált objektummal való közvetlen fizikai kapcsolat nélkül produkálják.
- *Különböző anyagok eltérő mértékben verik vissza, nyelik el, vagy eresztik át a beérkező „anyaghullámokat”. Ez adja az **elvi alapját** a távérzékelésnek.*



Távérzékelés alapjai
- fizikai alapok -

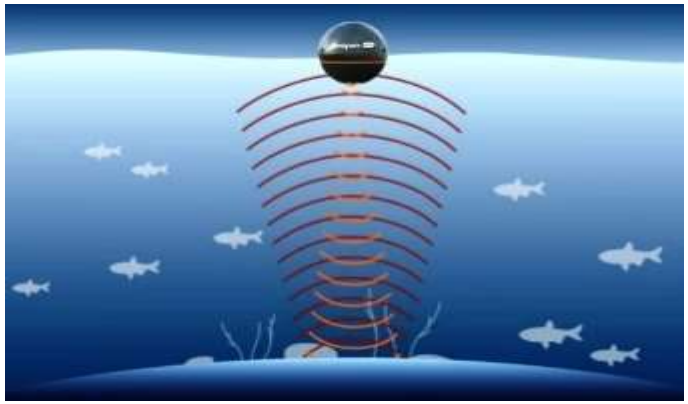
Néhány jellemző távérzékelés:

- *Elektromágneses sugárzás érzékelése*

  szem, (optikai) szenzor, radar (3 MHz – 110 GHz, azaz 100m . 2,7mm), lidar (lézarradar), stb.

- *Anyaghullámok (levegő-, vízhullám, stb.)*

  fül (és bőrfelület), mikrofon membrán, szonár („pin”-gel hallható hangon 5-20 kHz-en 0,012-0,7 sec impulzussal), stb.



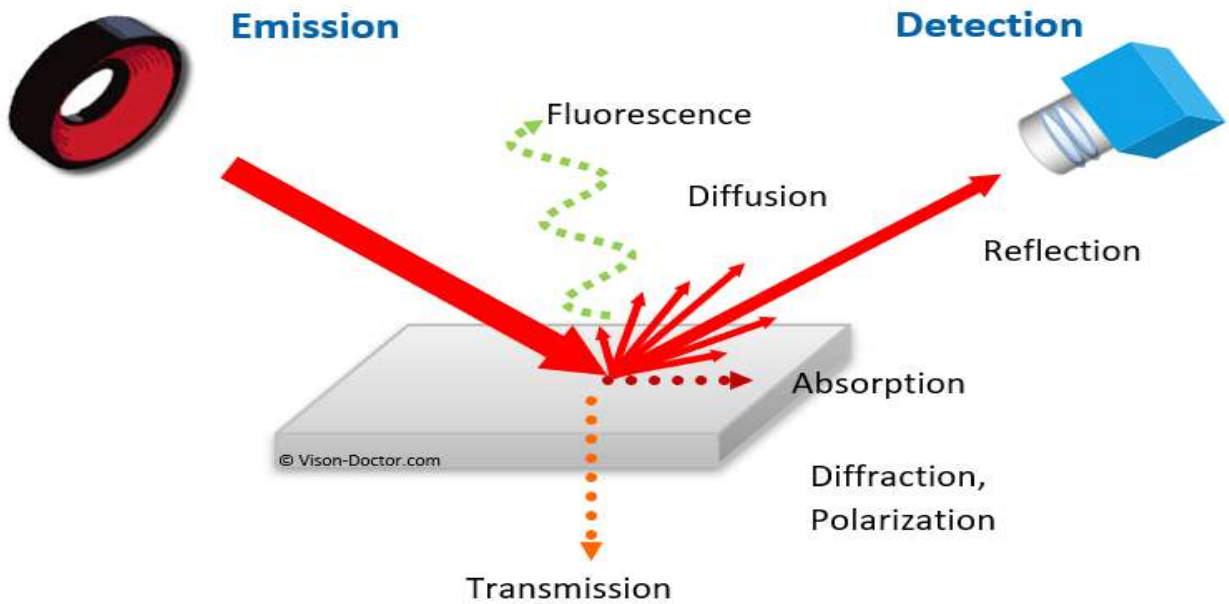
- *Anyagáramok (pl. keveredő anyagok, stb.)*

  orr (GCO olfaktometriás gázkromatográfia + MS tömegspektrométer), smart-nose (kémiai érzékelő mintázatfelismerővel), stb.

Távérzékelés alapjai
- fizikai alapok -

Távérzékelés jelen tárgy keretében:

- *Távérzékelés fizikai alapja – a többnyire szoláris eredetű, de lehet ettől eltérő is - **elektromágneses sugárzás** spektrális eloszlásának, illetve változásának detektálása. (Curran, 1988)*
- *r(l) + a(l) + t(l) = 1, azaz adott hullámhosszon a tárgyra beeső sugárzás egy része visszaverődik (r = reflection), más része elnyelődik (a = absorption), vagy áthalad (t = tranmission/pass-through) rajta.*
  Távérzékelés során általában az "r" vagy a „t" értéket mérjük.



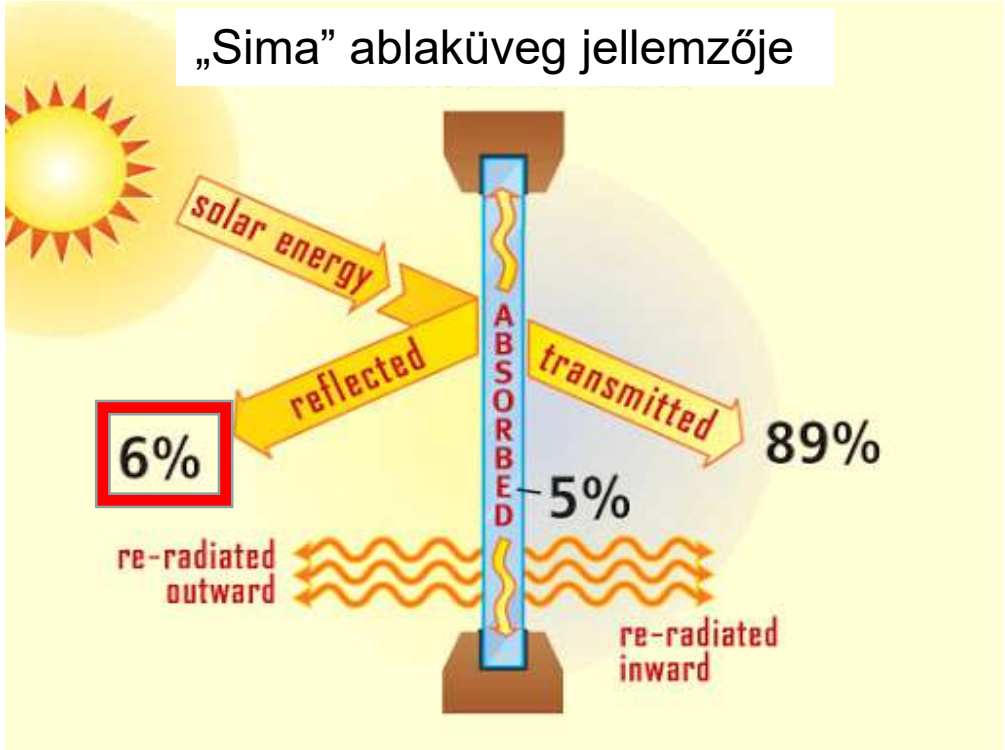
A képen az „r" mérése (detektálása) látható.

A valós körülmények között egyéb mérés-zavaró jelenségek is vannak!

Távérzékelés alapjai
- fizikai alapok -

Tárgyak azonosítása, ill. jellemzése:

- *Különböző anyagok eltérő mértékben verik vissza, nyelik el, vagy eresztik át a beérkező eletromágneses hullámokat. Ez adja az elvi alapját a távérzékelt adatok kiértékelésének.*

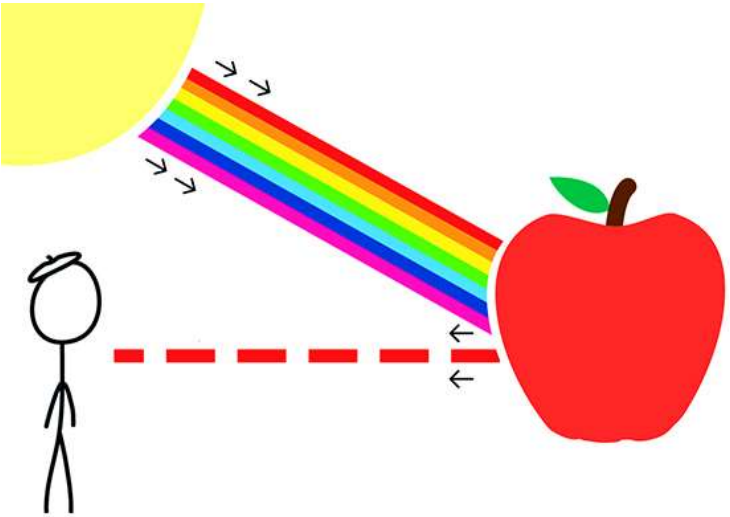


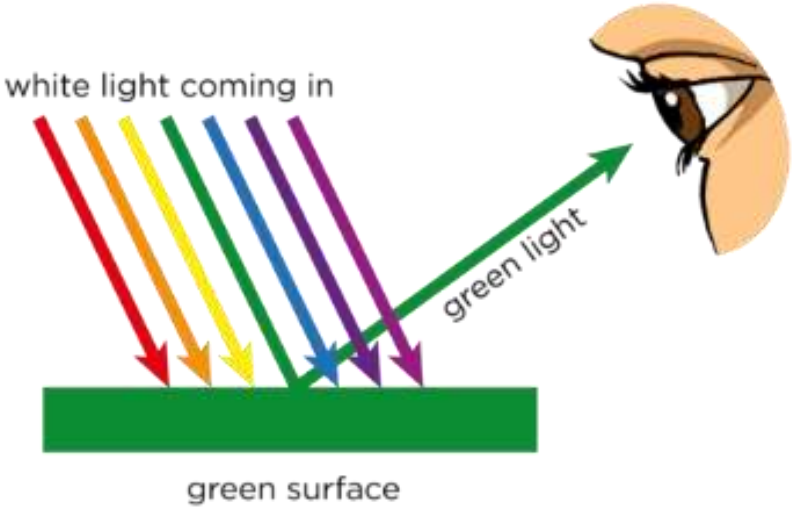
Távérzékelés alapjai
- fizikai alapok -

Tárgyak azonosítása, ill. jellemzése:

- *Különböző anyagok eltérő mértékben verik vissza, nyelik el, vagy eresztik át a beérkező eletromágneses hullámokat. Ez adja az elvi alapját a távérzékelt adatok kiértékelésének.*

A visszaverődés frekvenciánként eltérő mértékű,
tehát anyagjellemző



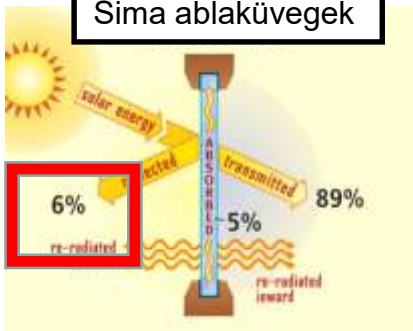


Távérzékelés alapjai
- fizikai alapok -

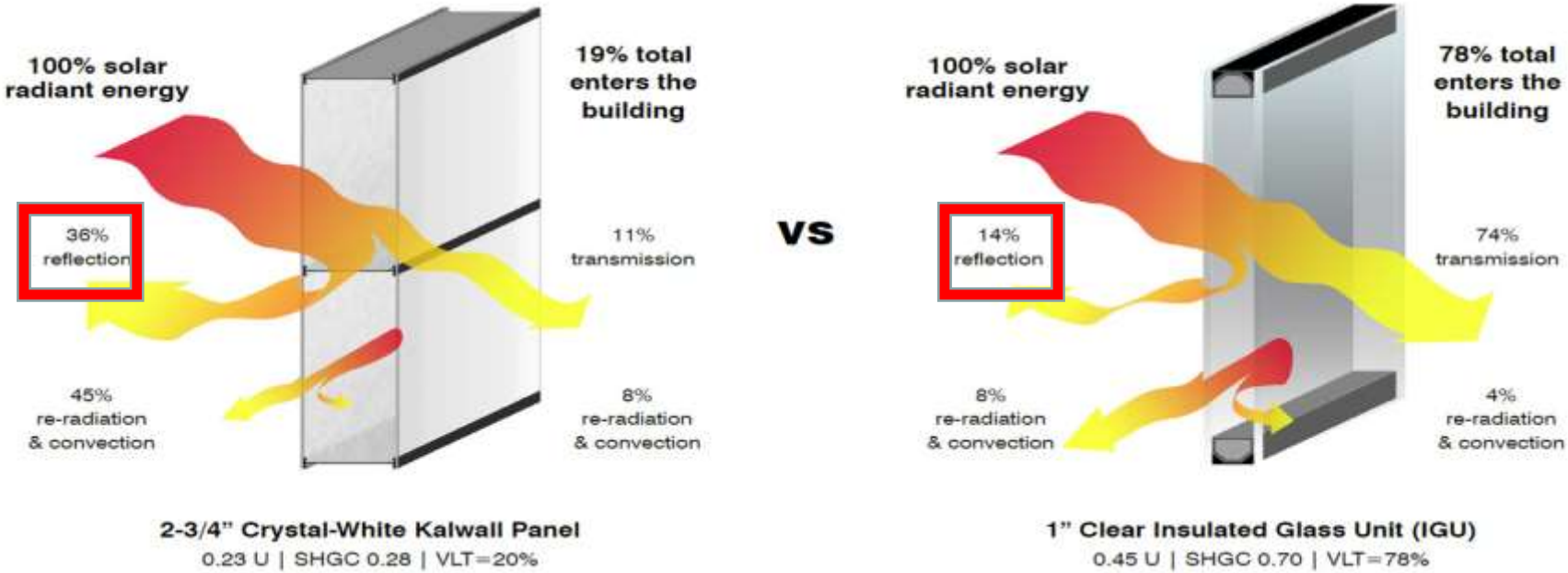
Tárgyak azonosítása, ill. jellemzése:

- *Különböző anyagok eltérő mértékben verik vissza, nyelik el, vagy eresztik át a beérkező eletromágneses hullámokat. Ez adja az elvi alapját a távérzékelt adatok kiértékelésének.*

Sima ablaküvegek



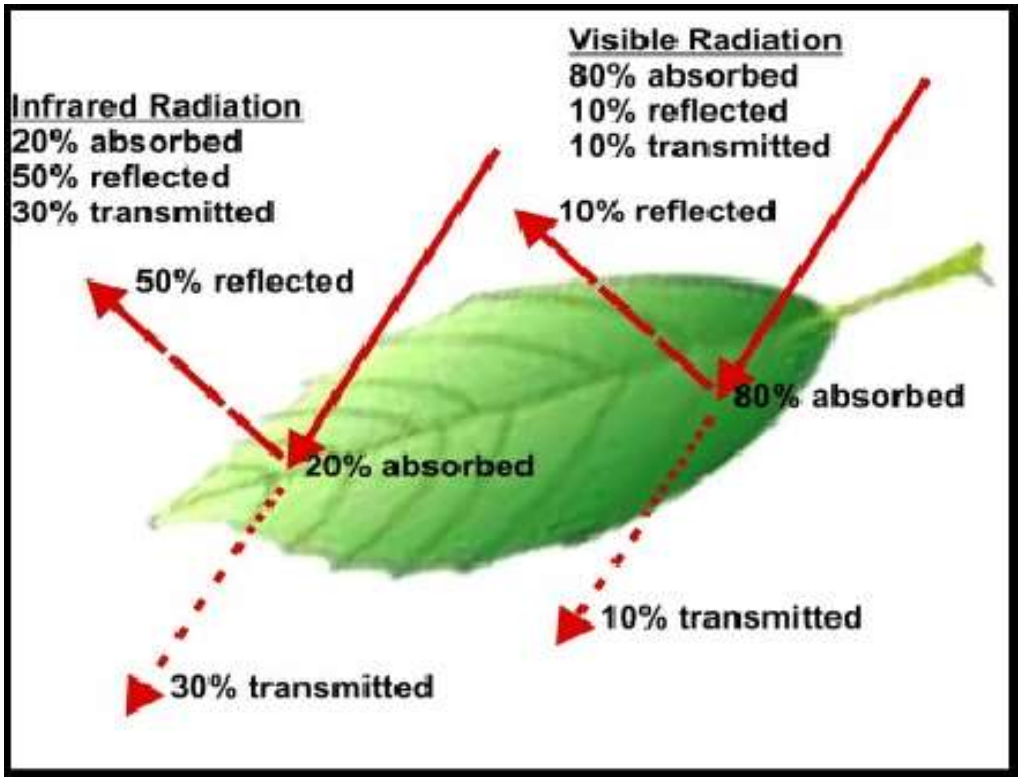
Különböző fényvisszaverésű ablaküvegek



Távérzékelés alapjai
- fizikai alapok -

Tárgyak azonosítása, ill. jellemzése:

- *Az anyagok a különböző frekvenciájú sugarakat sajátos módon eltérő mértékben verik vissza, nyelik el, vagy eresztik át. Ez lehetőséget ad az anyagok megkülönböztetésére és állapotuk jellemzésére.*



Távérzékelés alapjai
- fizikai alapok összefoglalása -

Mit értünk távérzékelés alatt?

- Távérzékelés alatt olyan adatnyerési eljárást értünk, amelyek az adatokat a vizsgált objektummal való közvetlen fizikai kapcsolat nélkül produkálják.

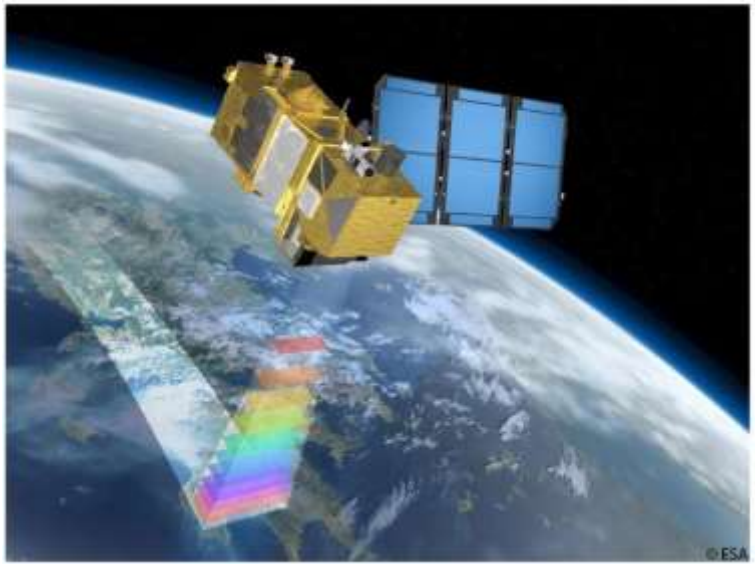
Jelen tárgy keretében:

- *Távérzékelés **fizikai alapja** – a többnyire szoláris eredetű, de lehet ettől eltérő is - elektromágneses sugárzás spektrális eloszlásának, illetve változásának detektálása. (Curran, 1988)*
- *Különböző anyagok eltérő mértékben verik vissza, nyelik el, vagy eresztik át magukon az elektromágneses sugárzást. Ez adja **az elvi alapját** a távérzékelt adatok kiértékelésének.*
- *r(l) + a(l) + t(l) = 1, azaz adott hullámhosszon a tárgyra beeső sugárzás egy része visszaverődik (r = reflection), más része elnyelődik (a = absorption), vagy áthalad a tárgyon (t = pass-through). Összegük a beeső sugárzás teljes mennyisége (1).*
- *A felvételek (képek) többféle elven működő felvevőrendszerekkel (szenzorokkal, kamerákkal) készülhetnek.*

Távérzékelés alapjai
- felvételek osztályozása -

Távérzékelt felvételek osztályozása (leggyakoribb kategóriák):

- Mérési módszer
- Geometriai felbontás
- Csatornaszám
- Elsődleges felhasználási célok
- Hullámhossz tartomány
- Szenzor működési elv
- Felvételkészítés magassága



Távérzékelés alapjai
- mérési módszerek -

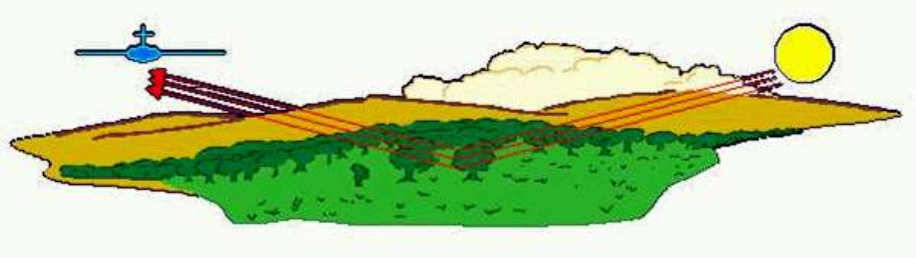
Passzív és aktív távérzékelés

- **Passzív távérzékelő rendszerek**
  - csak detektálnak (maguk nem sugárforrások)
  - (többnyire) a Napból eredő és az adott tárgy által visszavert (reflektált), illetve kibocsátott (emittált) sugárzást mérik,
  - mérési tartományuk általában a látható fény és az ahhoz közeli optikai sávba eső 0,4 – 15,0 µm hullámhosszúságú sugárzás.

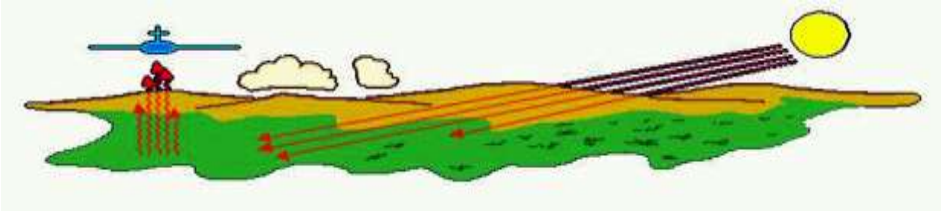
- **Aktív távérzékelő rendszerek**
  - A saját maguk által kibocsátott és a tárgyak által visszavert sugárzást érzékelik,
  - legismertebbek 0,0075 – 0,60 m hullámhosszú rádiólokátorok (radarok),
  - látható fény és infravörös tartományban működő mérők (pl. távolságmérők, növényállapot mérők, stb.)
  - az áteresztés elvén működők (pl. röntgen berendezések, kézi növényállapot mérők, stb.)

Távérzékelés alapjai
- mérési módszer: passzív távérzékelés -

- Passzív távérzékelők:
  - Sugárzás intenzitás (fényképezőgépek-látható tartományban)
  - Multispektális szkennerek (nappal, felhő nélküli területen)
    - 0,3-0,4 µm ultraibolya
    - 0,4-0,7 µm látható fény
    - 0,7-2,5 µm visszaverődő infravörös



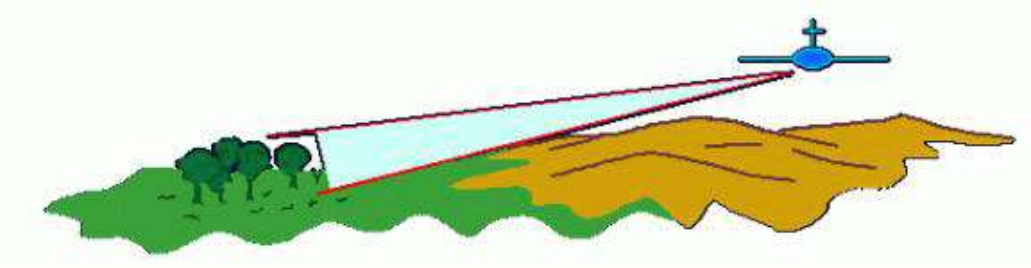
  - Termális szkennerek (tárgyak hőkibocsátása)
    - 3-5 µm hőinfravörös
    - 8-14 µm hőinfravörös



  - Mikrohullámú radiométerek
    - 1-30 GHz passzív mikrohullám

Távérzékelés alapjai
- mérési módszer: aktív távérzékelés -

- Aktív távérzékelők:



  - Radarok (RAdio Direction And Ranging, rádióhullám-észlelés és távolság-meghatározás) – napszak és felhőzet független
    - X-BAND RADAR 9,4 GHz (3,2 cm)
    - C-BAND RADAR 5,3 GHz (5,7 cm)
    - L-BAND RADAR 1,3 GHz (23 cm)
    - P-BAND RADAR 0,44 GHz (68 cm)

  - Lidarok (LIght Direction And Ranging, fény észlelése és távolságának meghatározása) – napszak független, de légköri inhomogenitás függő
    - 0,25-0,35 µm ultraibolya
    - 0,4-11 µm látható fény és infravörös

Távérzékelés alapjai
- geometriai felbontás ill. csatornaszám -

- <u>Geometriai(!) felbontás alapján</u>
  (A mérés során megkülönböztethető objektumok mérete)
  - kis- (100 méter feletti),
  - közepes- (1-100 méter közötti),
  - nagyfelbontású (1méter alatti),
  - szupernagy felbontású (1 cm alatti) felvételek.

- <u>Csatornaszám alapján</u>
  - egy csatornás (monokromatikus),
  - több csatornás (multispektrális),
  - sok csatornás (hiperspektrális) felvételeket.

Forrás: Buiten (1993)

Távérzékelés alapjai

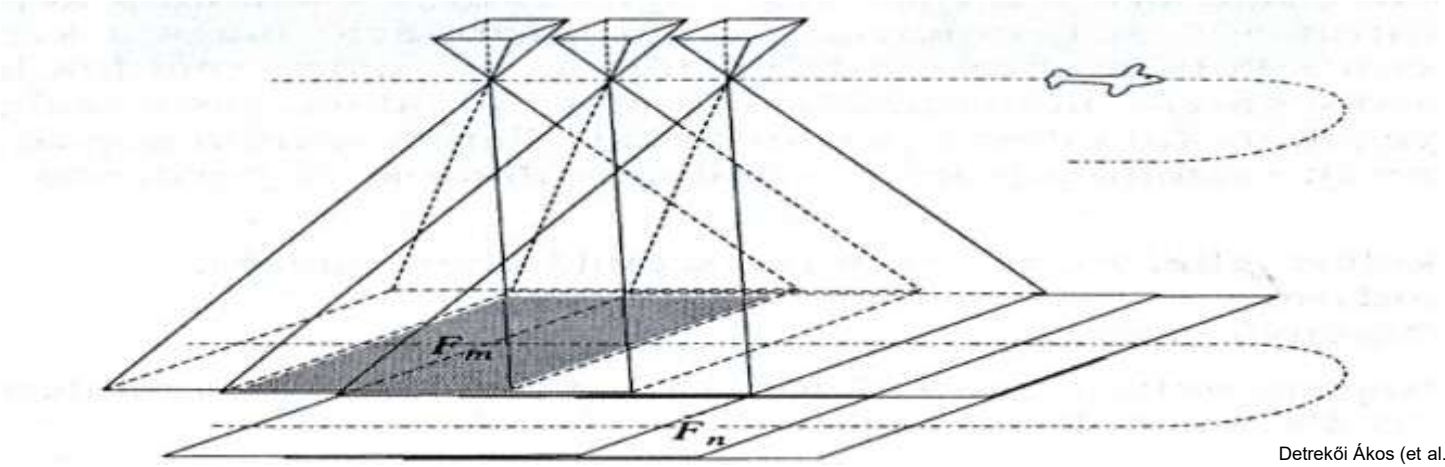
- elsődlegeas felhasználási célok -

Elsődleges cél	Hold-pályamagasság (km)	Geometriai terepi felbontás (km/m)	Spektrális felbontás (csatornák száma)	Időbeni felbontás (óra/hét/hónap)	Példa
Meteorológia (2D)	36 000 (geostat.) 800 (kvázipoláris)	5 km × 5 km 1 km × 1 km	3–5	0,5–6 óra	EUMETSAT METEOSAT NOAA AVHRR
Természeti erőforrás-kutatás (2D)	300–900	20 m × 20 m 120 m × 120 m	4–8	2 hét, esetenként	LANDSAT-TM KATE 200
Térképészet (3D)	200–300	0,8 m × 0,8 m 10 m × 10 m	1–3	1 hónap, esetenként	SPOT HVR IKONOS

Távérzékelés alapjai
- hullámhossz ill. szenzor működési elv -

- <u>Hullámhossz-tartomány szerint</u>
  - optikai sávú és
  - mikrohullámú távérzékelést.

  A mikrohullámú rendszer előnye a napszaktól és az időjárástól való függetlenség, hátránya a kis geometriai felbontás.
- <u>A szenzor működési elve szerint</u>
  - analóg ill. digitális kamera, illetve
  - digitális pásztázó rendszerek vannak.



Detrekői Ákos (et al., 2002, Térinformatika, NTK)

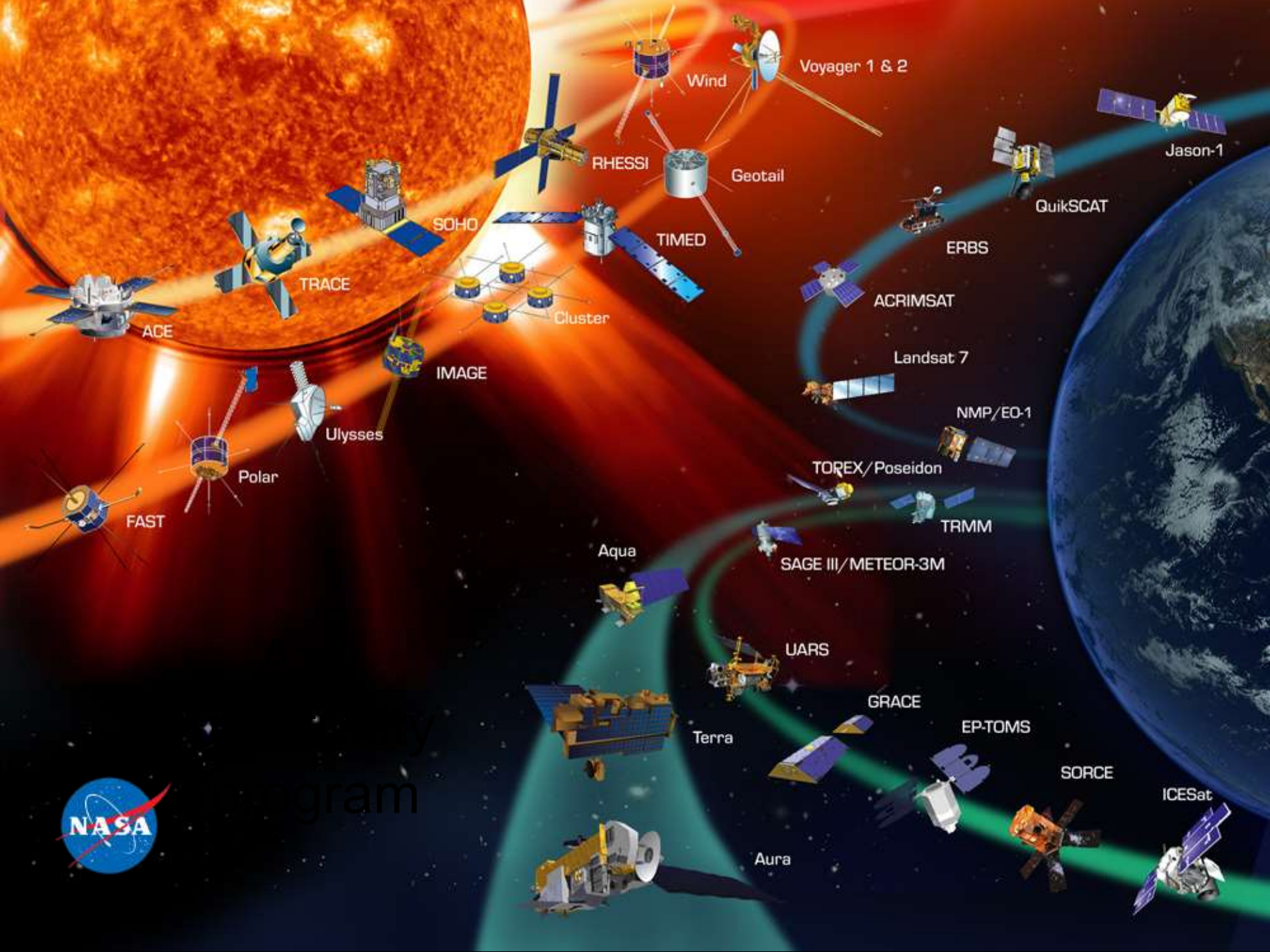
Távérzékelés alapjai
- magasság -

- <u>Felvételkészítés magassága szerint:</u>
  - Űrbázis 210 000 km felett
  - Műhold-Űrállomás 36 000 km (HEO)
  - Műhold-Űrállomás 2 000 – 36 000 km (MEO)
  - Műhold-Űrállomás 300 – 2 000 km (LEO)
  - Repülőgép 3 000 - 10 000 m
  - Kisrepülőgép 300 - 3 000 m
  - Sárkányrepülő 100 - 300 m
  - Drón 5 - 100 m
  - Földi megfigyelés 0,1 - 5 m
  - Transzmisszió mérő 1 - 10 mm
  - *Ballon 10 m - 30 km*
  - *Kisrakéta 50 m - 5 km*

Forrás: Buiten (1993)

Tartalom

- Távérzékelés alapjai
- **Űrtávérzékelés**
- Űrtávérzékelés smart alkalmazásai (pl.):
  - Földmegfigyelés
  - „Csillagászat”
  - Zöldnövényzet-fejlődés

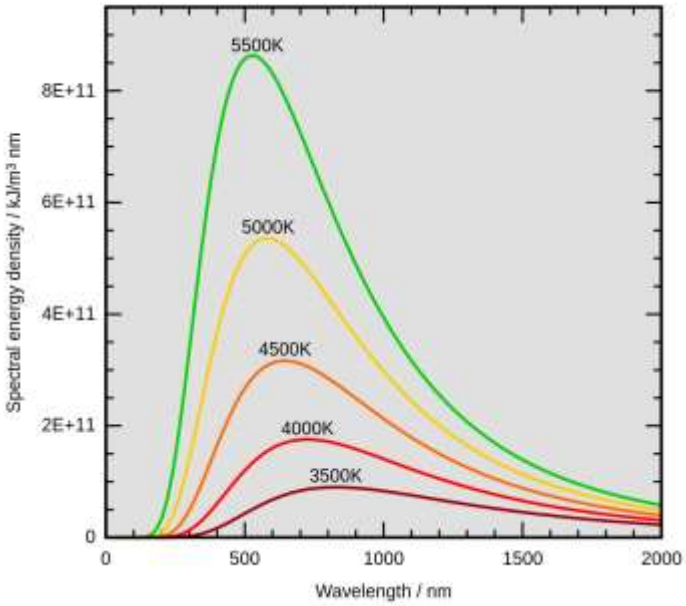

Wind
Voyager 1 & 2
Jason-1
RHESSI
Geotail
QuikSCAT
SOHO
TIMED
ERBS
TRACE
ACRIMSAT
ACE
Cluster
Landsat 7
IMAGE
NMP/EO-1
Ulysses
TOREX/Poseidon
Polar
TRMM
FAST
Aqua
SAGE III/METEOR-3M
UARS
GRACE
Terra
EP-TOMS
SORCE
ICESat
Aura

A testek mint energia-/sugárforrások

A testek különböző frekvenciákon sugároznak és frenvenciánként eltérő energiával. A testek maximális sugárzási intenzitásra vonatkozó frekvencia-jellemzője a fekete test sugárzásának hullámhossza és hőmérséklete közötti Wien-féle eltolódási törvénnyel magyarázható (De Loor, 1993):

$$\lambda max = \frac{2898}{T}$$

λ max = az a hullámhossz, ahol a test a maximális sugárzási intenzitást adja le (µm)
T = a test hőméréklete (K)



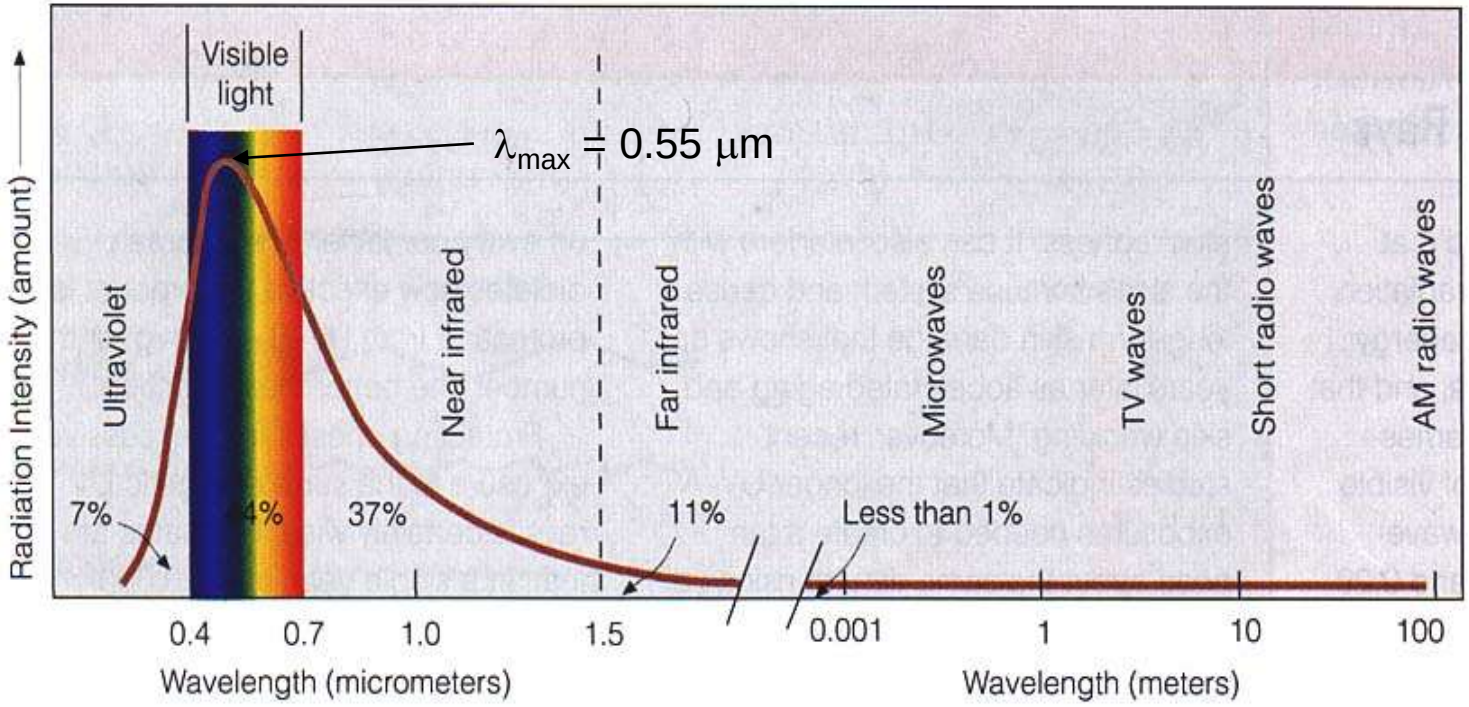
A napsugárzás jól közelíthetô 5800 K-es feketetest-sugárzással.

(pl. CSEREPES L., PETROVAI K.: Kozmikus fizika – Egyetemi jegyzet, ELTE, 2. kiadás, Budapest, 2002.)

A Nap és a Föld mint energia-/sugárforrás

A napsugárzás energiájának 44%-a a látható, 37%-a a közel infra, 11% a távol infra, 7%-a az ultraibolya és 1%-a az egyéb hullámhossz tartományába esik.

A testek kisugárzási maximuma: λmax[μm] = 2898/T[K]-nál van, amely a Nap esetében ez 0,55μm (5700K), a Föld esetében 10 μm. (? K)

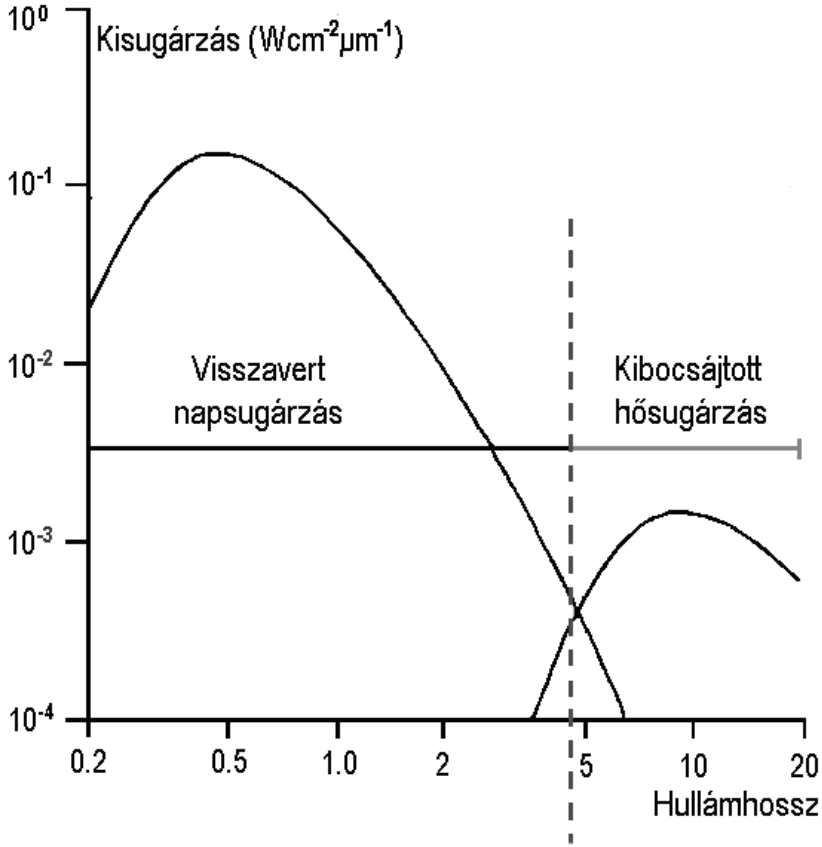


© 1998 Wadsorth Publishing -- *Essentials of Meteorology*

A Nap és a Föld mint energia-/sugárforrás

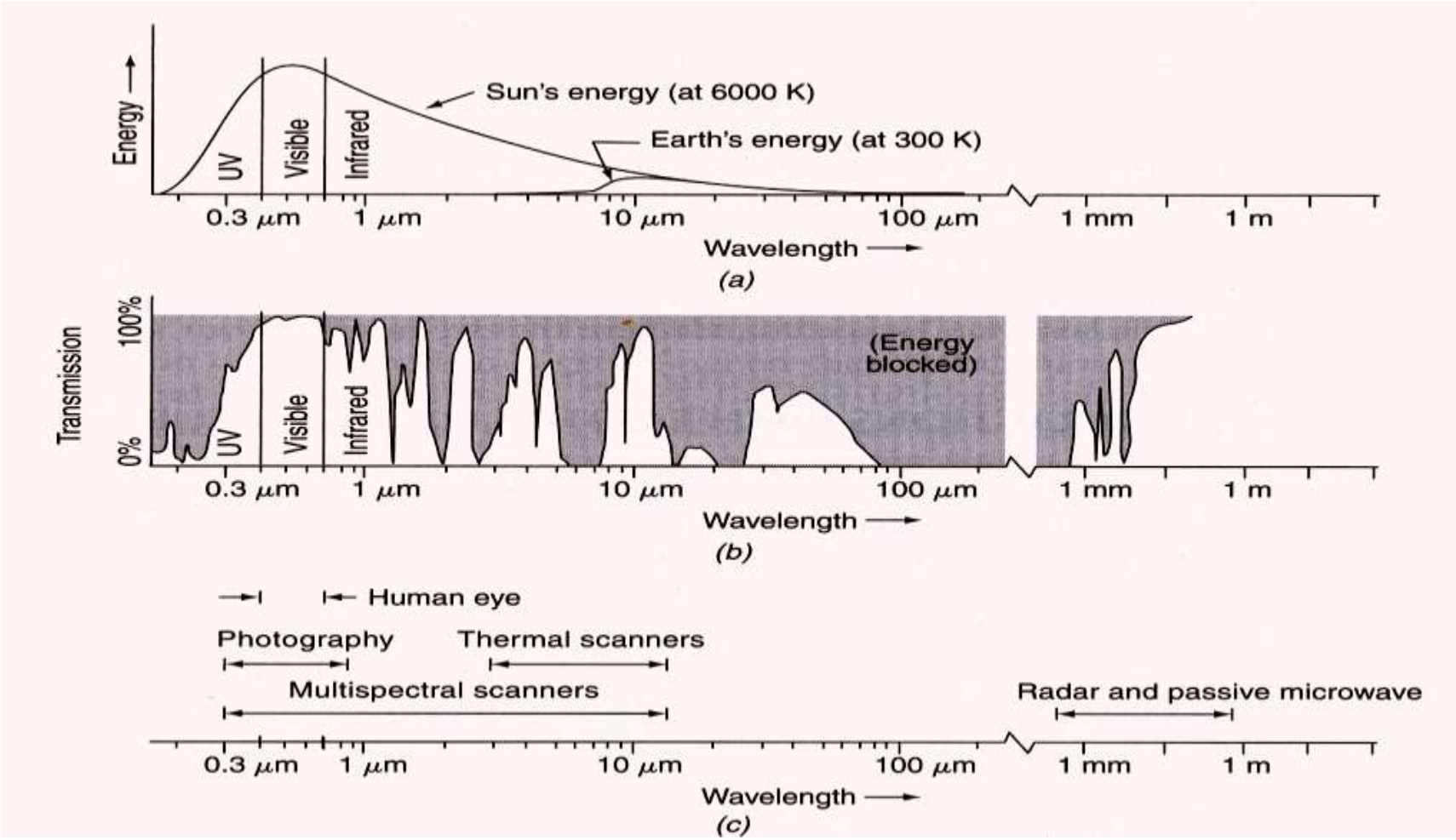
VISSZAVERŐDÉS:

A Föld (földfelület) és a földi objektumok visszaverési maximuma a Nap kisugárzási maximumán van.



Egy átlagos földi objektum kisugárzott és visszavert energia görbéi (Buiten, 1993)

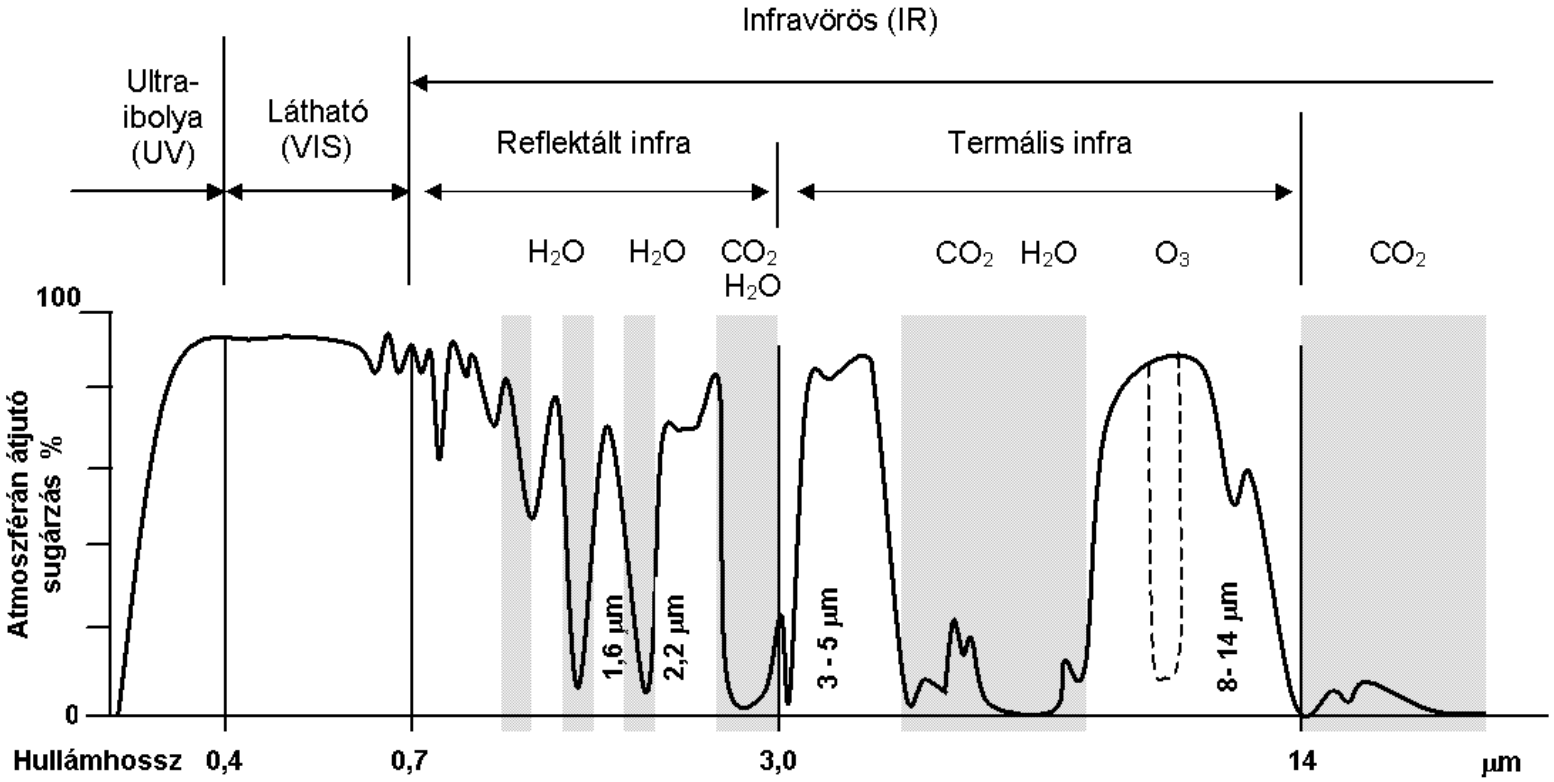
Távérzékelés alapjai
- a légkör hatása -



Logaritmikus hullámhossz-skála függvényében a sugárzás energiaforrása, a légköri transzmisszió és a (táv)érzékelési módok. (Lillesand at.el. 2004, Remote Sensing and Image Interpretation. Viley & Sons, New York)

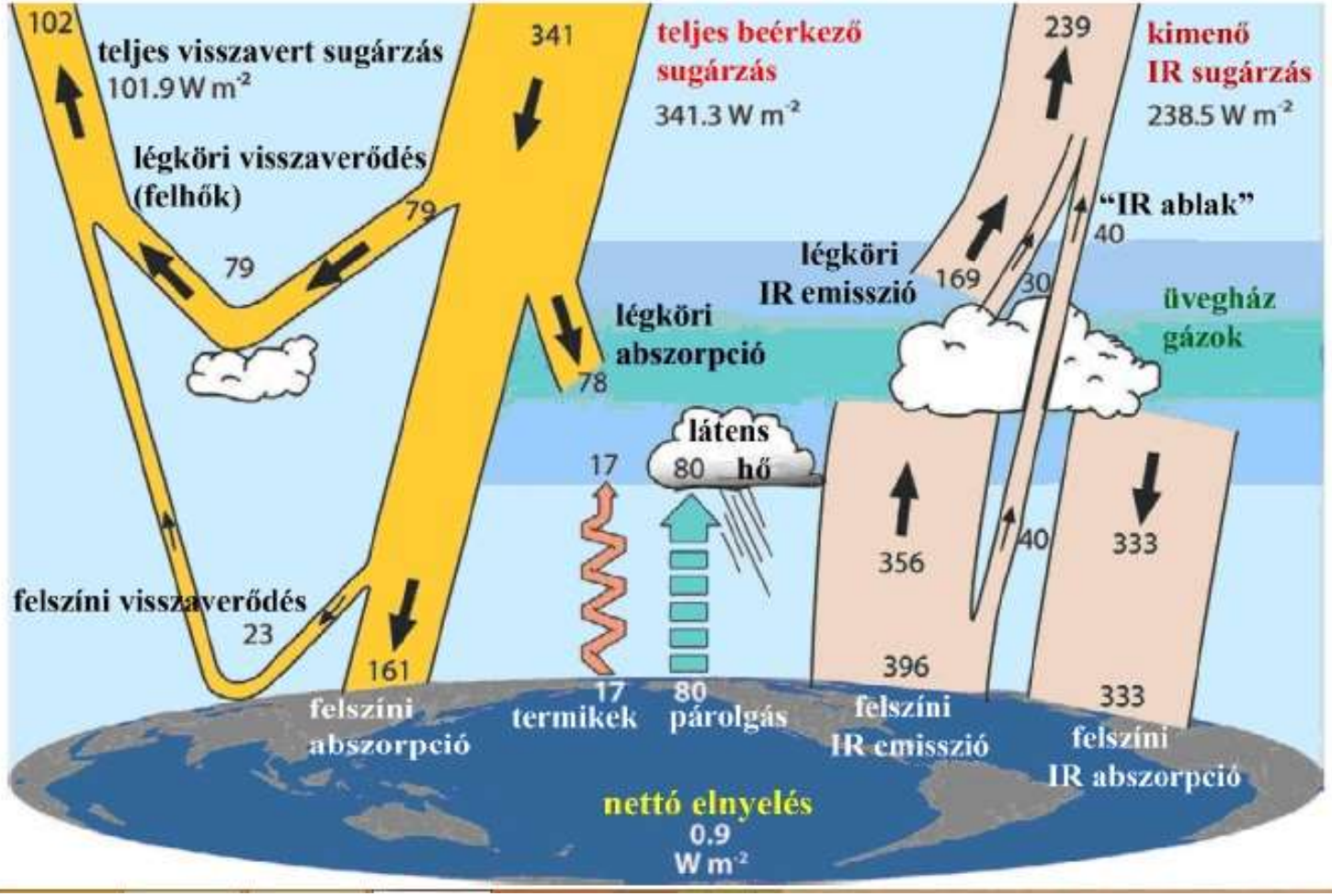
A légkör hatásai – az abszorbensek

Az atmoszférán átjutó sugárzás a látható és az infravörös tartományban a jelentősebb abszorbensekkel (elnyelőkkel) és légköri ablakokkal



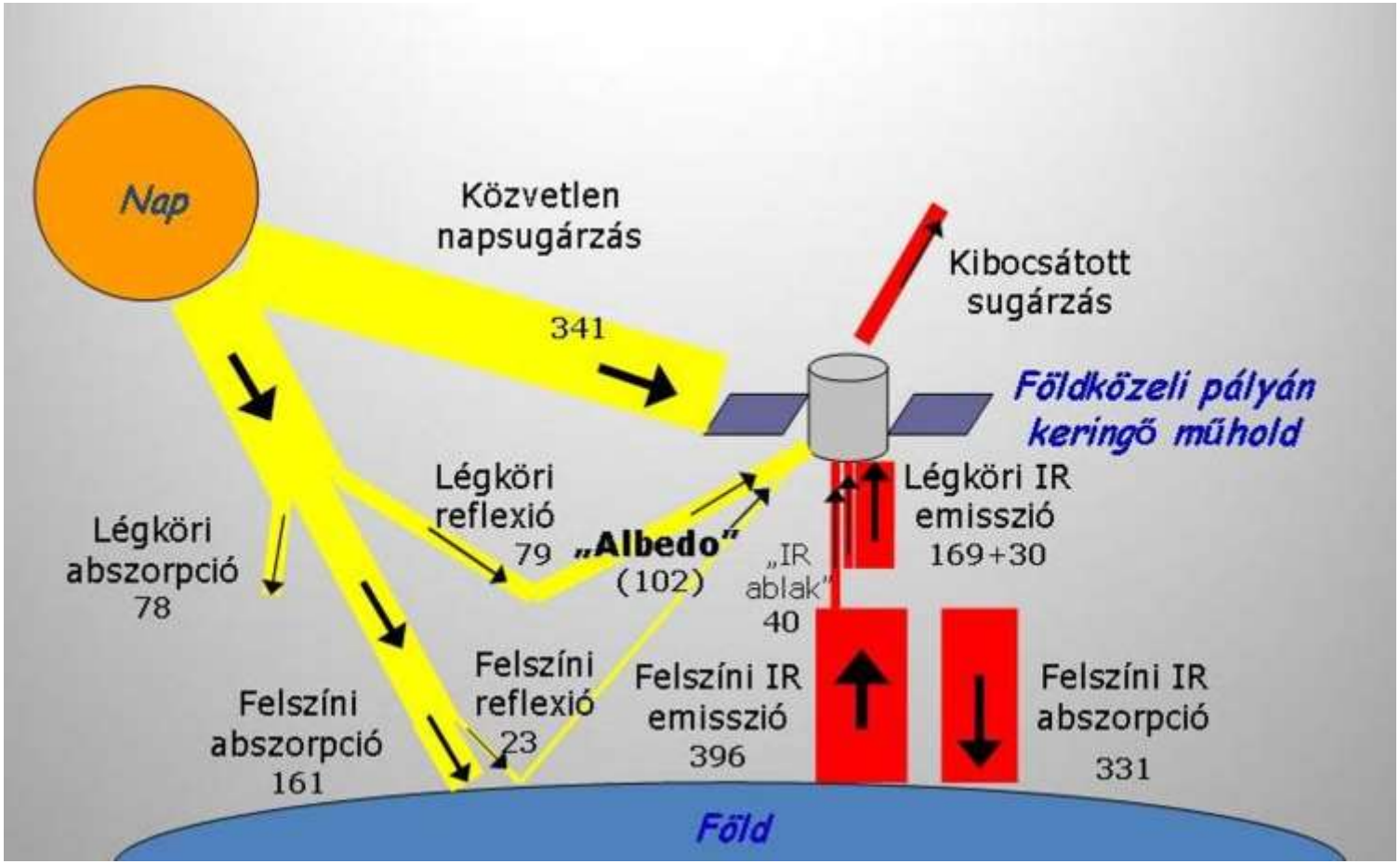
A Földet érő hatások és válaszok

(forrás: Jánosi I)



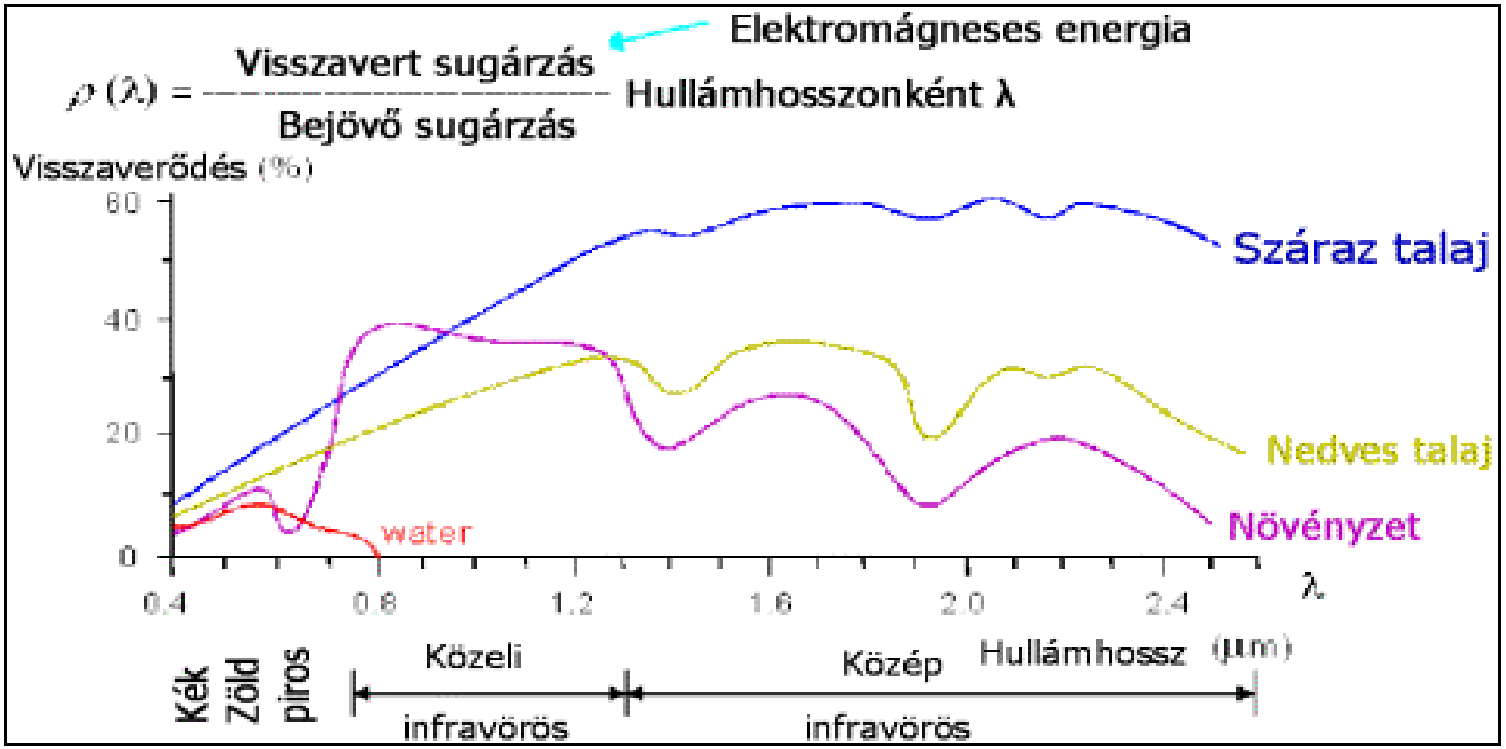
Űrbéli objektumokat érő sugárzó hatások

(forrás: Komáromi A)



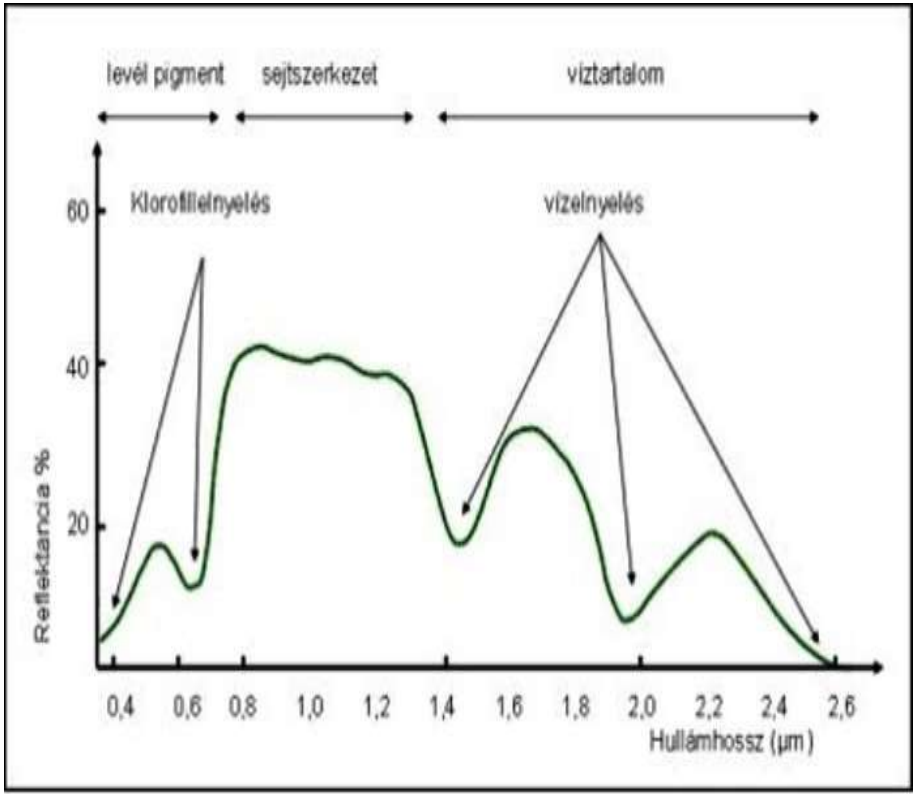
Reflektáló felületek azonosítása

Ha egy tárgy spektrális visszaverődési értékeit grafikonon ábrázoljuk, spektrális görbét kapunk. Így meghatározhatjuk azokat a hullámhossz tartományokat, amellyel az adott tulajdonság a legjobban vizsgálható.

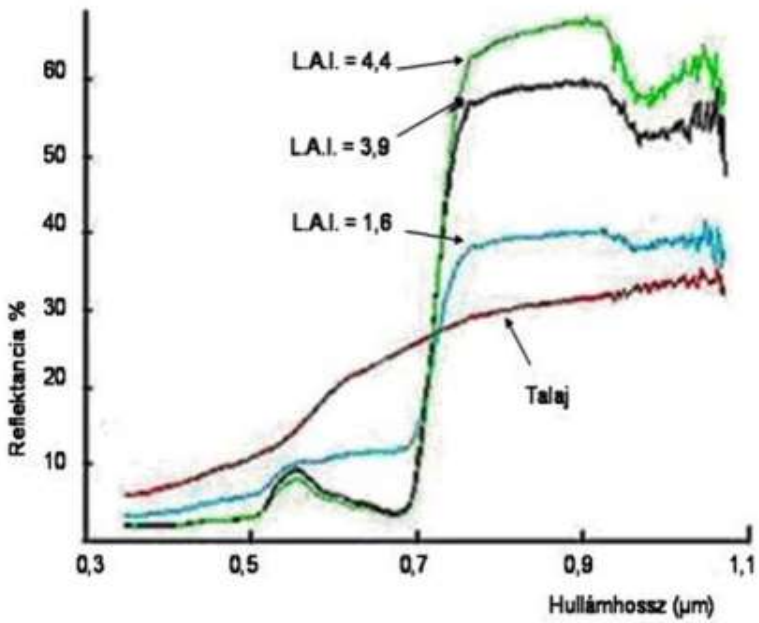


Növényzet reflektanciája

Mérésünk alapja a növényzet reflektanciája

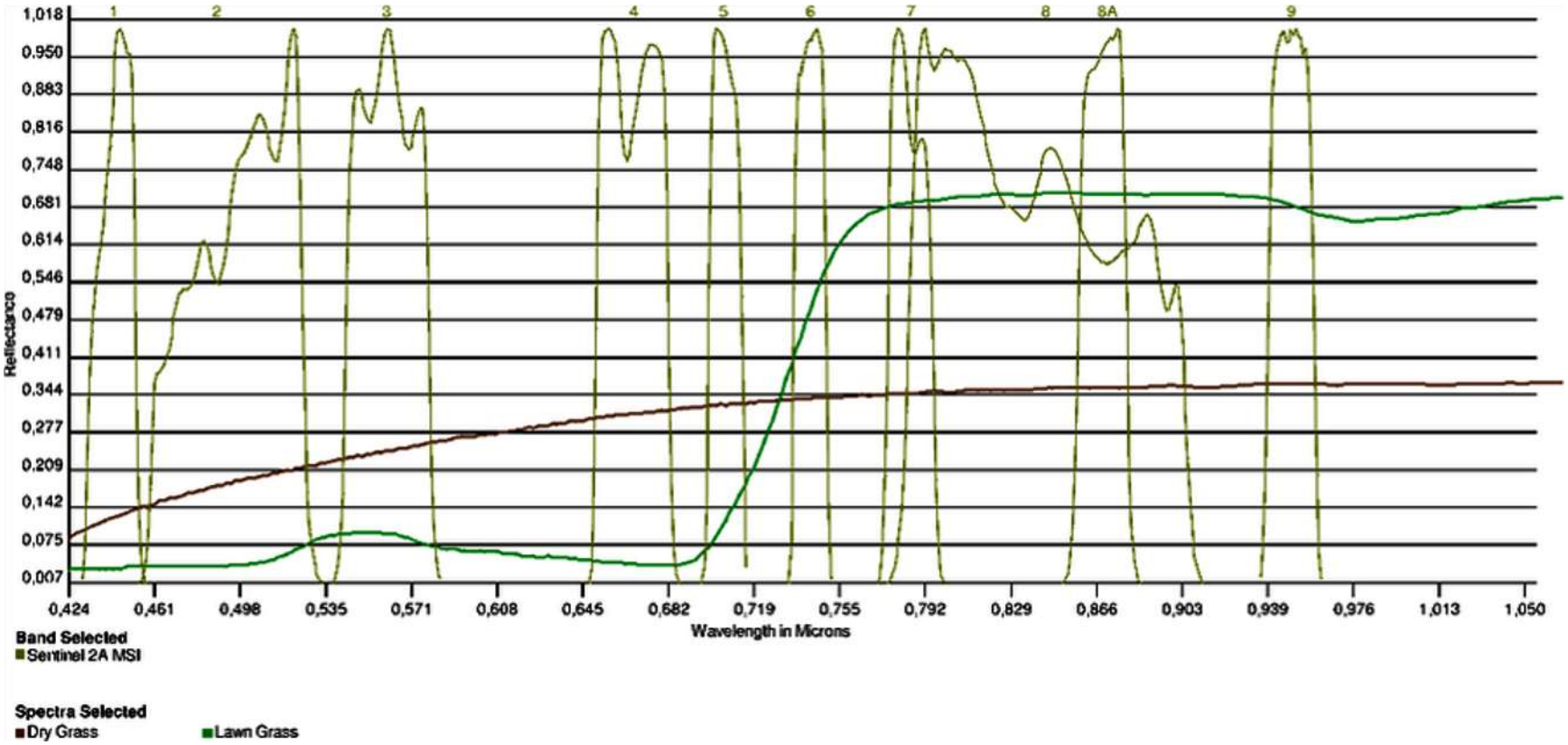


A reflektancia nő, ha levélzetében dúsabb és többtétegűbb a növényzet (LAI = Levélfelületi index, amely a levélzet többrétegűséget jellemzi.)



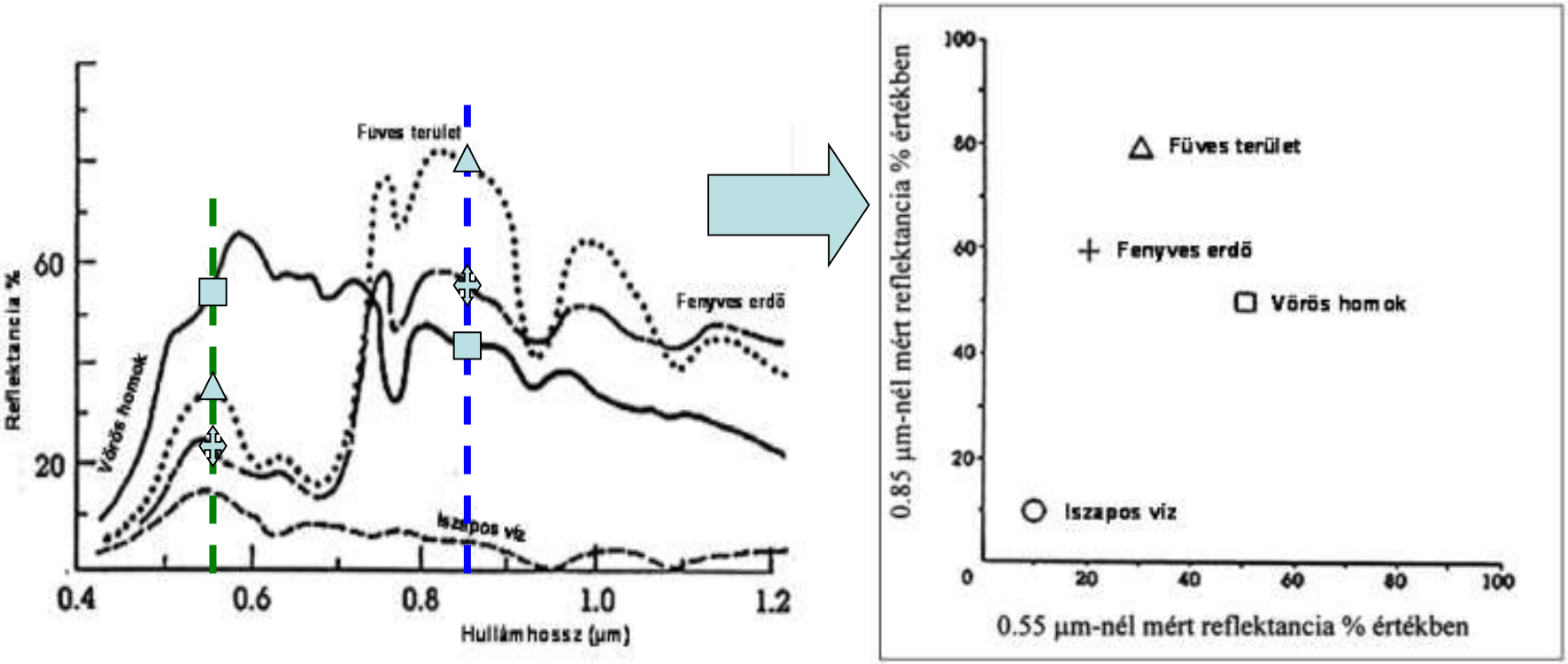
Növényzet állapotának jellemzése

Gyeptakaró állapotának jellemző reflektanciái különböző spektrumokban: zöld útakaró, ill. száraz fű.



Növényzet reflektanciája

Különböző növények ill. talaj azonosítása több csatornás mérésekkel

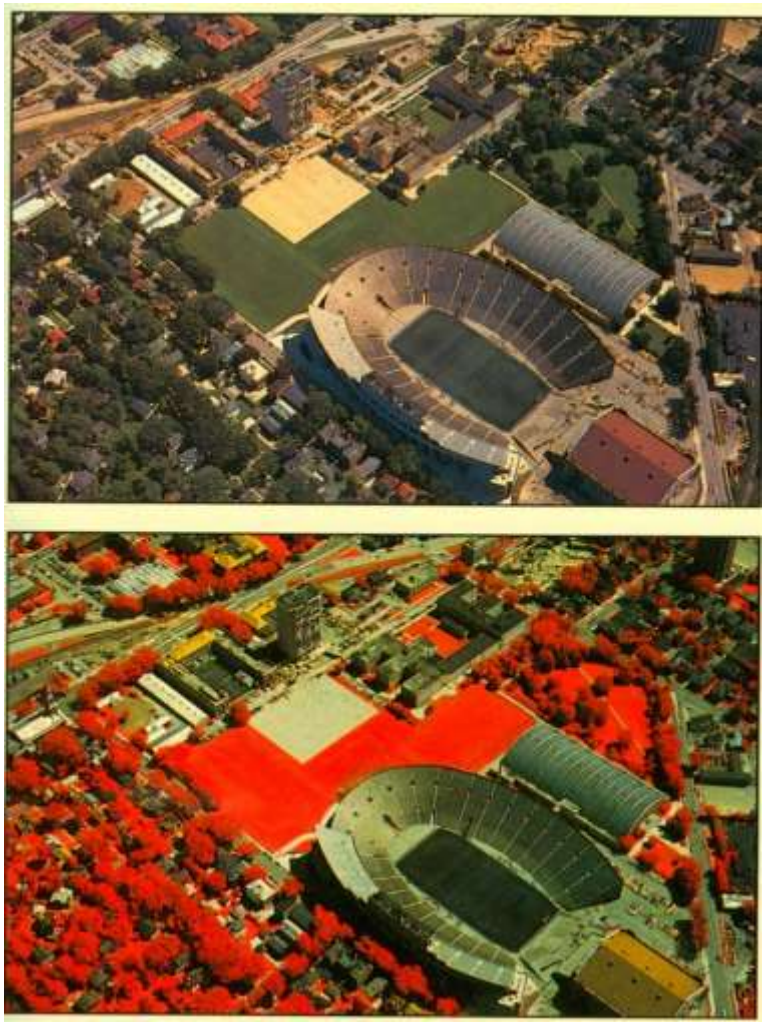


Távérzékelés alapjai
- a felszín optikai tulajdonságai -

A felszín optikai tulajdonságai

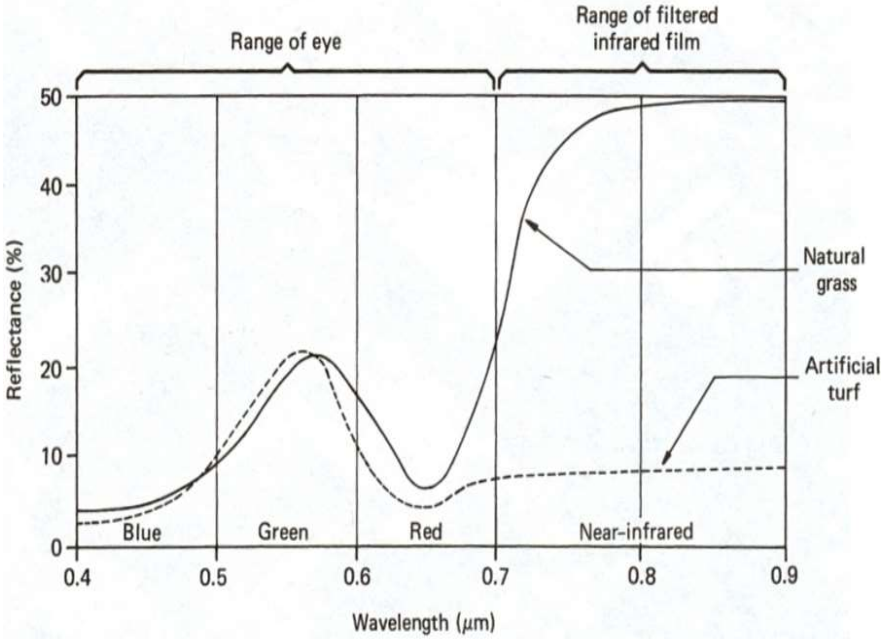
- A föld felszínének eltérő reflektancia értékeit
  - a megvilágítás,
  - a domborzat és
  - az anyagi sajátosság okozza.
- A visszavert, az elnyelt, az áthaladó és a kisugárzott energia aránya a sugárzástól, az anyag típusától és állapotától függ (*Sabins,* 1996).
- Ha egy tárgy spektrális visszaverődési értékeit grafikonon ábrázoljuk, spektrális görbét kapunk. Így meghatározhatjuk azokat a hullámhossz tartományokat, amellyel az adott tulajdonság a legjobban vizsgálható.

Növényzet – műnövényzet szétválasztása



Adatnyerő eszköz megválasztása:

- Ortofotó (infravörös szűrővel)
- Műholdas (multispektrális)

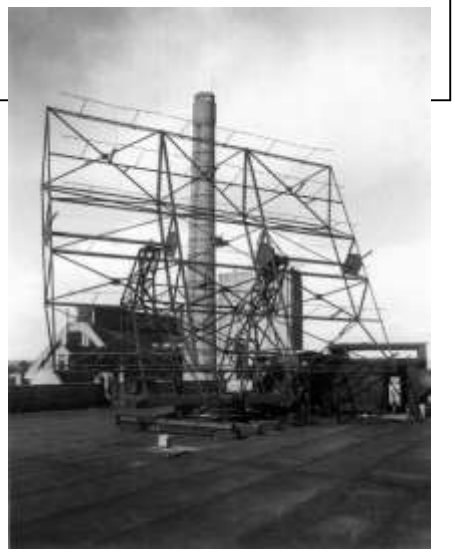


(Lillesand at.el. 2004, Remote Sensing and Image Interpretation. Viley & Sons, New York)

Tartalom

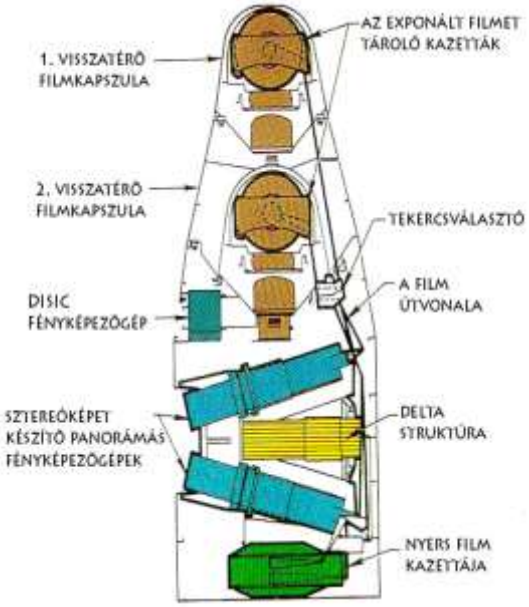
- Távérzékelés alapjai
- Űrtávérzékelés
- **Űrtávérzékelés smart alkalmazásai (pl.):**
  - Földmegfigyelés
  - „Csillagászat”
  - Zöldnövényzet-fejlődés

Távérzékelés alapjai
- jellemző alkalmazásai -



Távérzékelés alkalmazása:

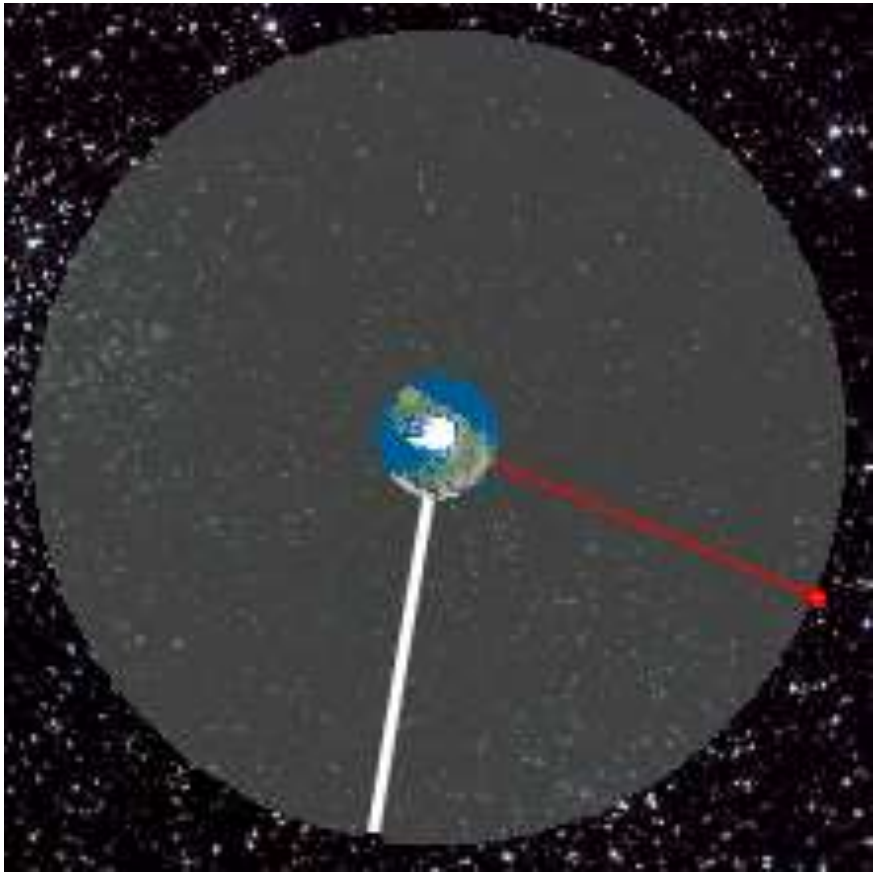
- Kezdetben (főként radaros):
  - Légvédelem (1930 – rádiólokátorok, 1942 Bay-csoport légvédelem)
  - Katonai repülőgépek navigációja (1939-től)
  - Hold-radar kísérlet (Bay Z. 0,55m azaz 540 MHz)
  - Katonai repülőgépes (kém)megfigyelések,
  - Folyó- és tengermélység meghatározása, stb.
- Folytatásban (1957-től főként műholdas):
  - Műholdas megfigyelések (USA Corona, 1959-1972 civil változat: Discovery), objektumok azonosítása;
  - Helymeghatározás, közlekedési és agrár alkalmazások;
  - Felszín borítottság, környezetállapot, agrárium
  - Helymeghatározás, agrár alkalmazások, stb.



Tartalom

- Távérzékelés alapjai
- Űrtávérzékelés
- **Űrtávérzékelés smart alkalmazásai (pl.):**
  - **Földmegfigyelés**
  - „Csillagászat”
  - Zöldnövényzet-fejlődés

Műholdas érzékelőrendszerek



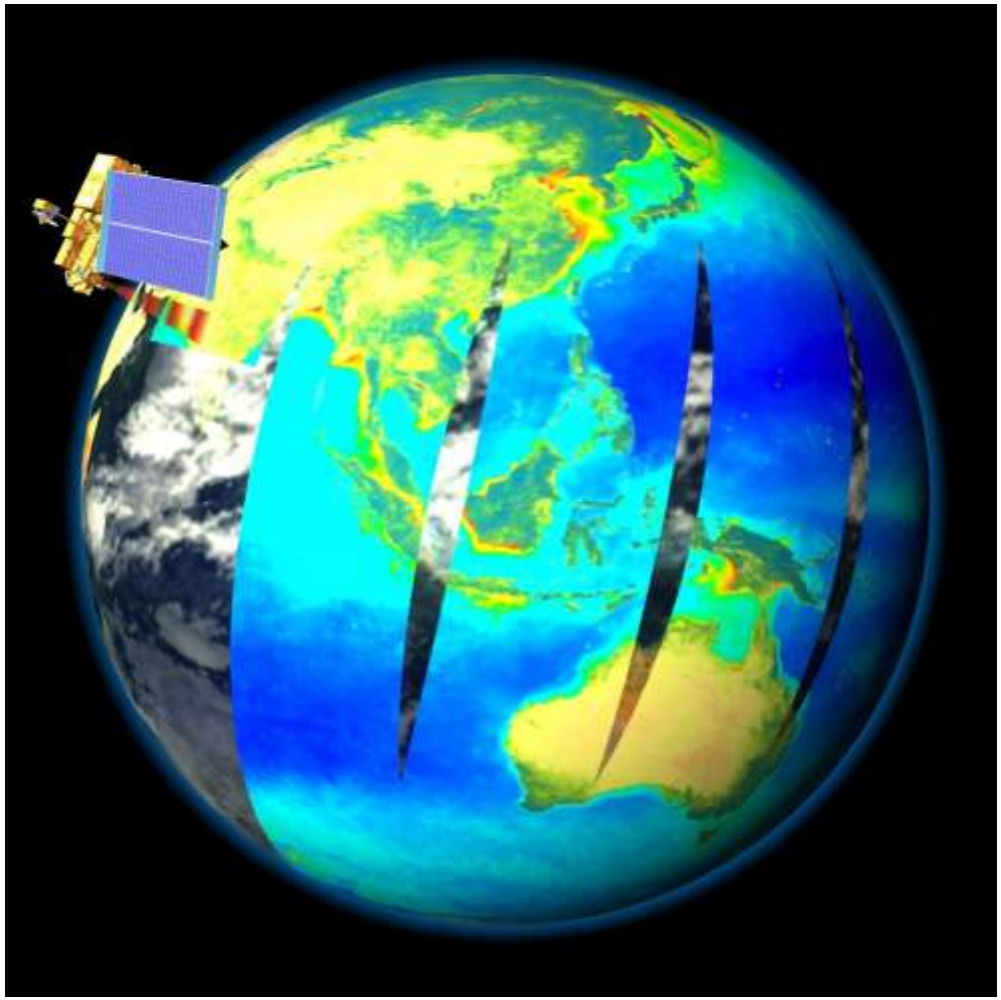
Műhold jellege szerint:

- fix pozíciójú
- pásztázó

Fix pozíciójú rendszerek jellemzői:

1. Egyenlítő fölötti keringés (geostacionárius pálya 36000 km távolságban)
2. Gyengébb felbontás
3. Folyamatos megfigyelés
4. Mindig a vevőállomás „látóterében” van

Műholdas érzékelőrendszerek



Műhold jellege szerint:

- fix pozíciójú
- pásztázó

Pásztázó rendszerek jellemzői:

1. felszíni felbontás
2. spektrális felbontás („színek”)
3. magasság, visszatérési idő

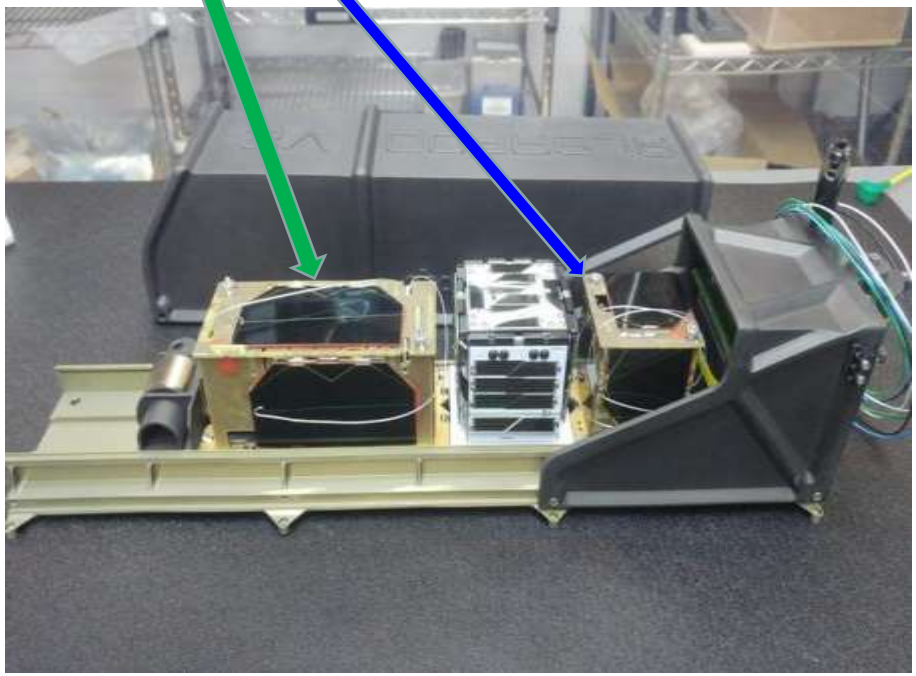
Az észlelt jeleket valós időben, rádiófrekvencián továbbítják.

Rádióvevők „látóterükben” vehetik a kódolatlan, vagy kódolt adatokat.

BME sikerek: ***Smog-P*** – első a legkisebbek között

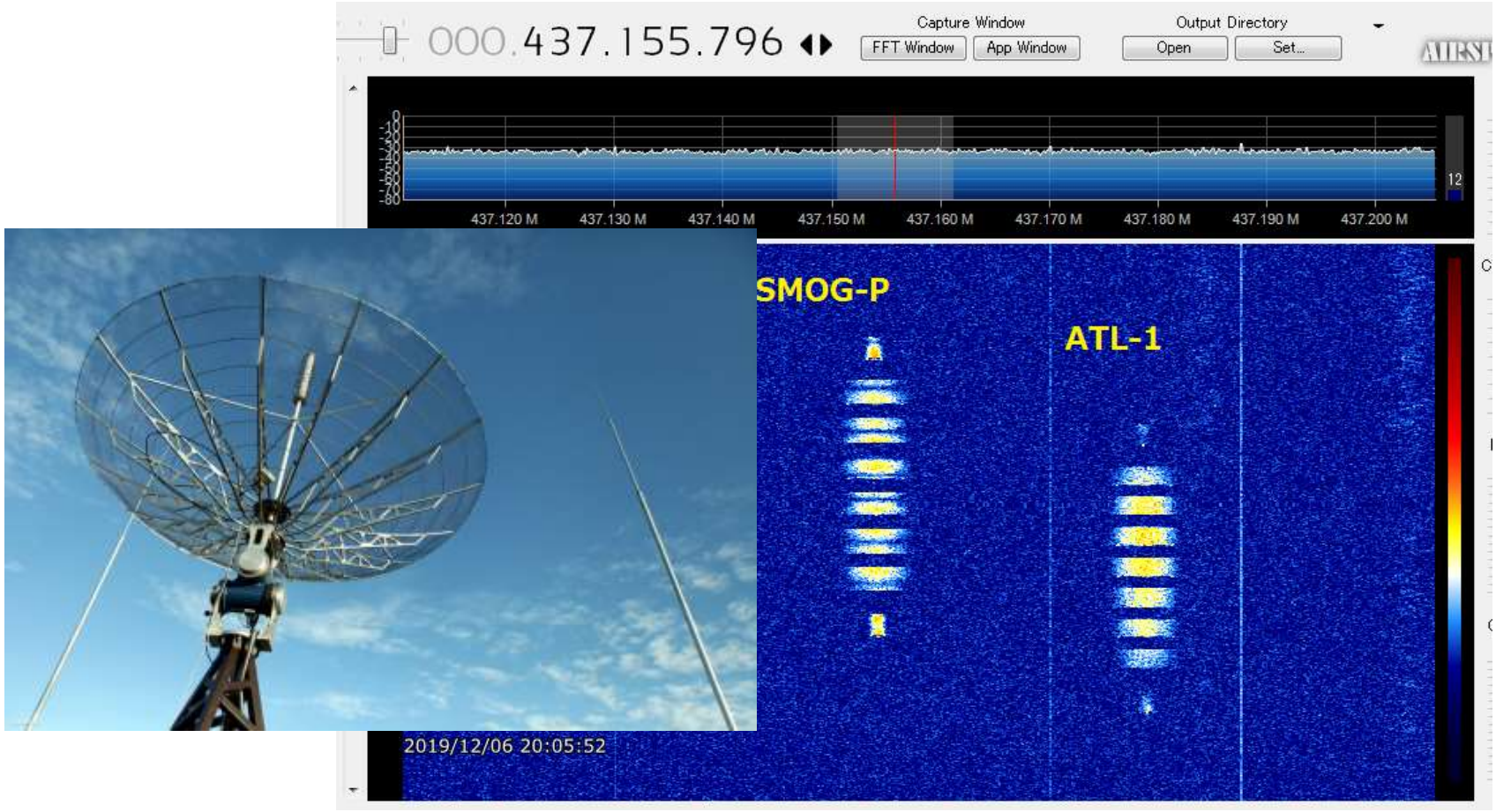
2019.12.06. 9:22 magyar idő Māhia-félsziget Új-Zéland

- Rocket Lab (USA) „Electron”
- rakétája Alba Orbital (skót)
- 6 műhold, köztük:
  SMOG-P (5x5x5 cm) – BME
  ATL-1 (10x5x5 cm) – BME részvétel



Smog-P – üzembiztos működés

2019.12.06. 12:05:55 SMOG-P 437,150 MHz-en, rádióamatőr hívójele HA4C;
2019.12.06. 12:05:53 ATL-1 437,175 MHz-en, hívójele HA1ATL.



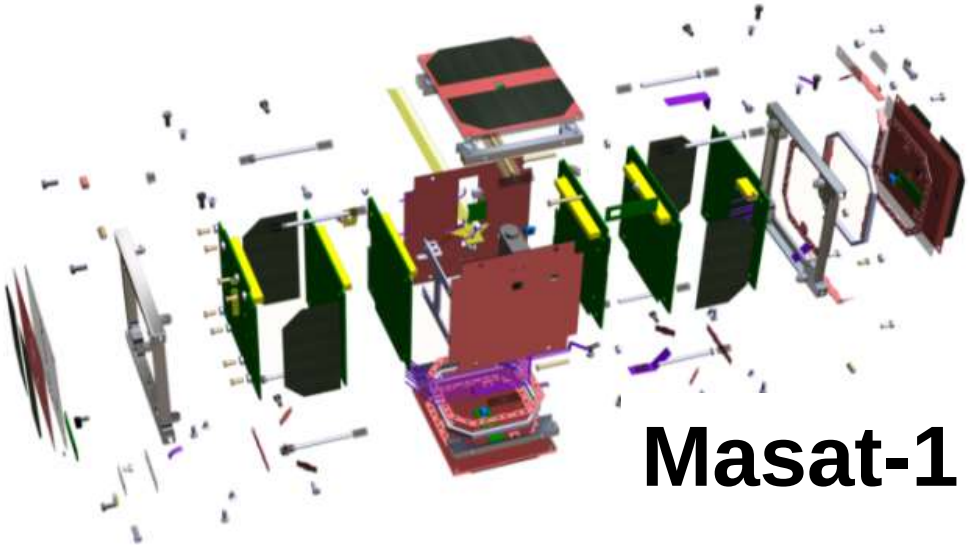
Masat-1 - az első magyar műhold

made by BME VIK

A Masat-1 egy „1U CubeSat” (1 egységes kockaműhold)

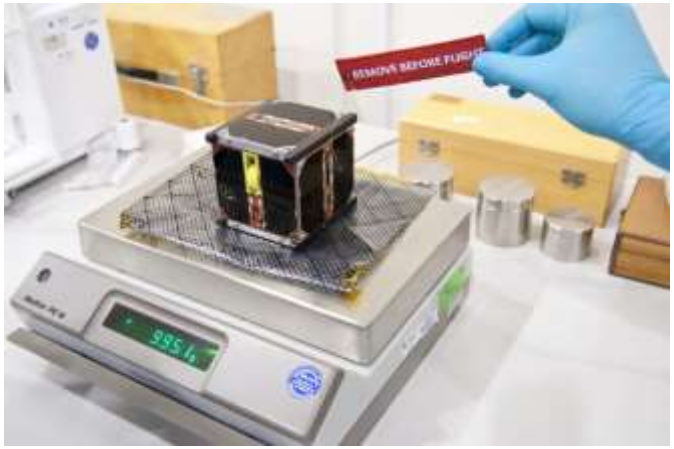
- Magyarország első műholdja, teljesen hazai fejlesztés
- 40 év 23 db sikeres űreszközének tapasztalatai
- A BME VIK HVT-EET tanszékeken készült
- 12 főből állt az oktató-hallgató alapcsapat
- Elkészítése: kb. 70.000 mérnökóra
- Több mint 2.500 komponens
- Közel 200m forint támogatás
- Évente mintegy 5000-szer kerüli meg a Földet
- Évente 4 CsE-t tesz meg

2004-2015: PPS (PowerSupplySystem)
Rosetta műhold leszállóegység tápegysége

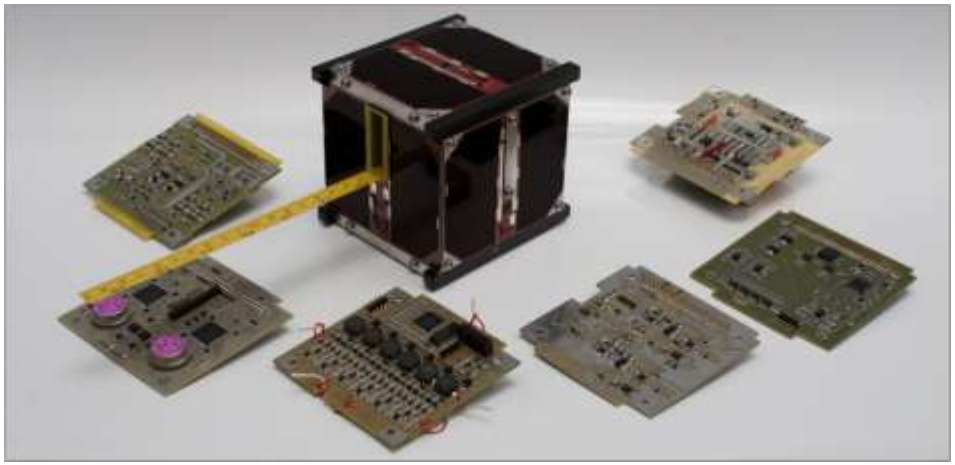


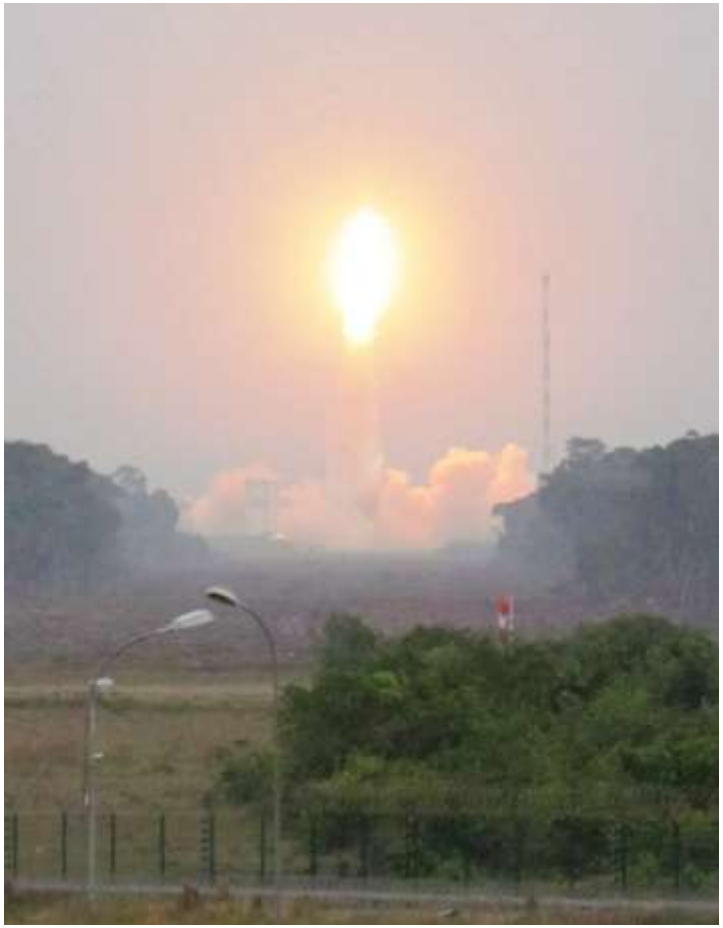
MASAT-1
Űrminősítés határidőre és start a Vega-1 kúpjában

- Első magyar építésű műhold – startja: Kourou 2012. február 12.



BME VIK





MASAT-1

Földi irányítóközpont és rádióállomás
BME E ép. X.em. és tető

MASAT-1

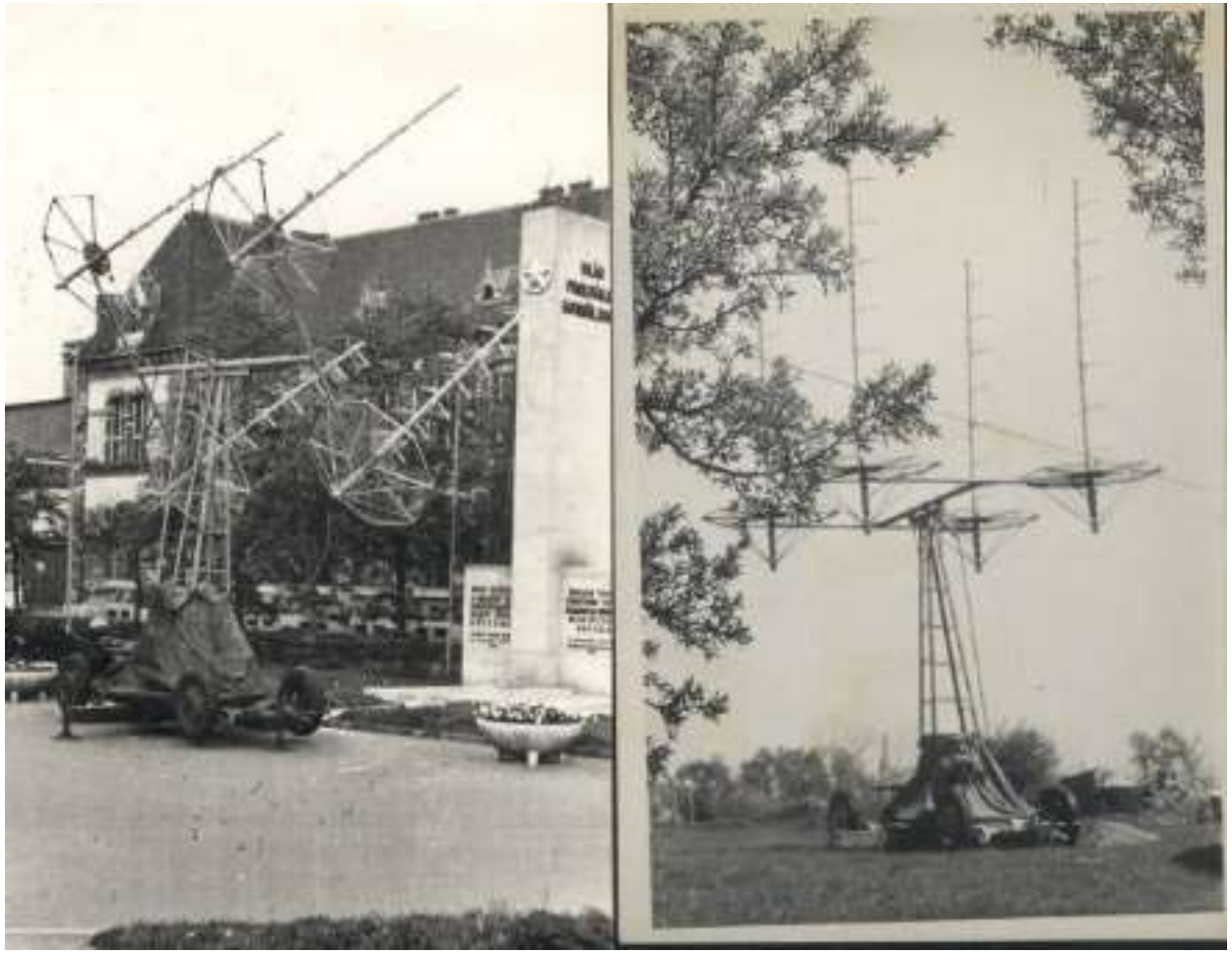
Műholdas adatok vétele a BME-n

- Első magyar műholdas űrfelvétel – 2012.03.08.

Műholdas adatok vétele a BME-n

1968 - Az első BME VIK építésű kísérleti (Félix) antenna a BME udvarán

1969.04.27. - Az első BME VIK építésű „kisteljesítményű adó léggömb” (10mW, 145 MHz) startja a pestlőrinci obszerva-tóriumból (Tranzisztorizált adó igénybevételének vizsgálata; teljes tömege kb. 1 kg !)



Műholdas adatok vétele a BME-n

- 1985 körül: Műholdvevő antenna szerelése a V2 épületen

- 2011: 3. helikális antenna (432 és 145 MHz) az E épületen (2. 1980 körül 440 ill. 460 MHz-en)

Műholdas adatok vétele a BME-n

2000. nov.: GNSS állomás (EUREF Permanent Network része)
a GPS és GLONASS műholdak vételére a K épületen

forrás: https://edu.epito.bme.hu/local/coursepublicity/mod/resource/view.php?id=57077

Műholdas adatok vétele a BME-n

2011: Kis átalakítással elkészül a Masat-1 irányító antenna

2014: Új antenna pikoműholdakra

(145 MHz, 437 MHz, 2 GHz)

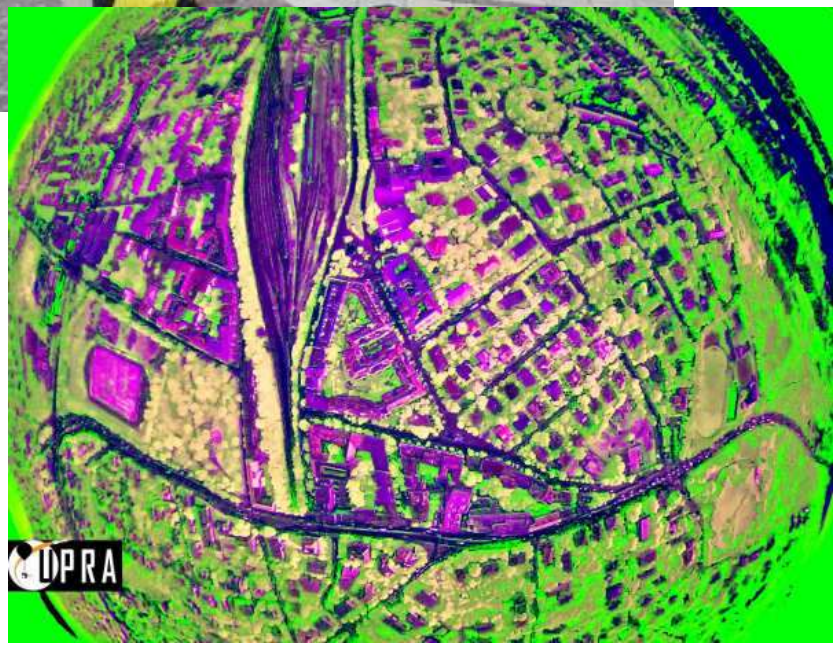
Ezt látta a Masat-1 kamerája 2012. március 12-én

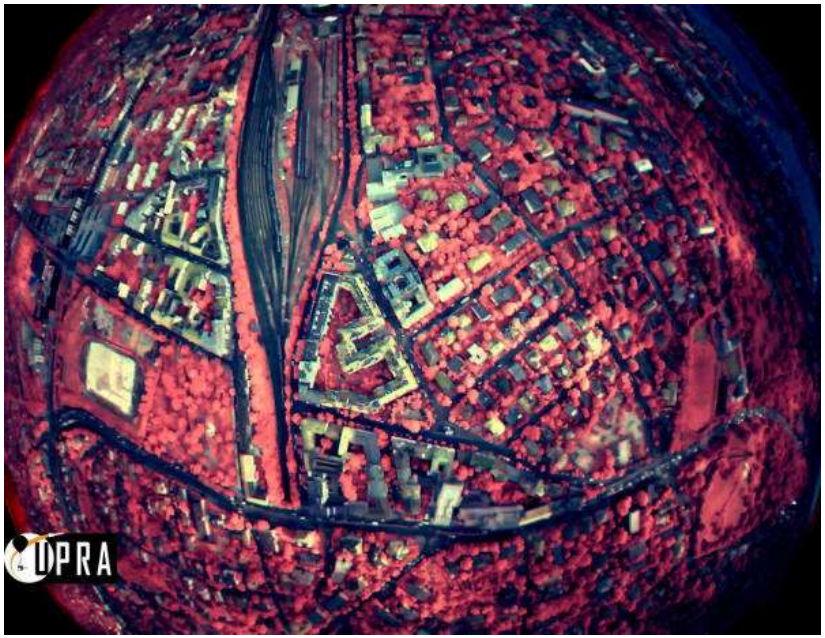
Műholdas adatok vétele a BME-n

- 2016: Alphasat (40 GHz) vevőállomás a V2 tetején

Műholdas adatok vétele a BME-n

- BME VIK „UPRA csoport” ballonos kísérletek (és kétcsatornás felvételek)





Műholdas adatok vétele pl. az ELTE-n
(Napfizikai Terasz)

Létrehozás: 2002. október

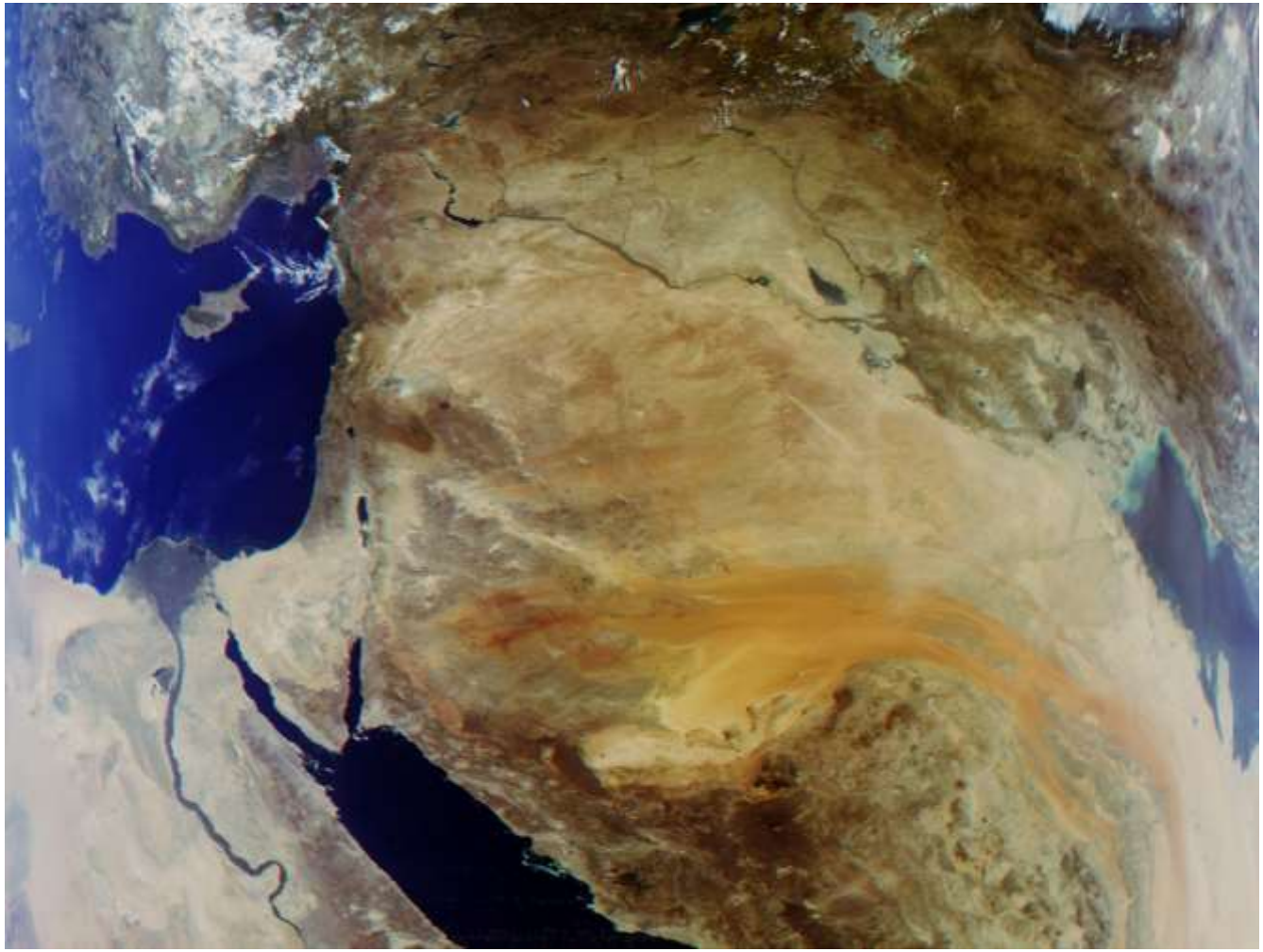
1,5 méter, később 2,4 méter antennaátmérő

HRPT-CHRPT-vétel: kb. 1,1 km felszíni felbontás.

5 /10 csatorna

Forrás: Timár G, Kern A: Atomoktól a csillagokig, ELTE 2007 03 08

Homokvihar képe valós idejű, valódi színes felvételen



CHRPT-vétel: 10 csatornás FengYun 1D 3 csatornájából készült valódi színes kompozit.

Forrás: Timár G, Kern A: Atomoktól a csillagokig, ELTE 2007 03 08

Az állomás bővítése

2004. szeptember

3,2 méter átmérőjű antennatányér,

duál vevőfej:

•HRPT-CHRPT adatvétel mellett

•MODIS adatvétel.

Az állomás továbbra is veszi a NOAA és a FengYun műholdak képeit, emellett a TERRA és az AQUA holdakon működő MODIS-jelek vétele is megoldott. Az állomás felkészült a Kompassz-, a Vulkán- és az ISS-Obstanovka projektek keretében működtetendő SAS-műszerek adatvételére.

MODIS

(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)

36 csatorna (hiperspektrális),

250 m (2 csat.) / 500 m (5 csat.) / 1 km (29 csat.)

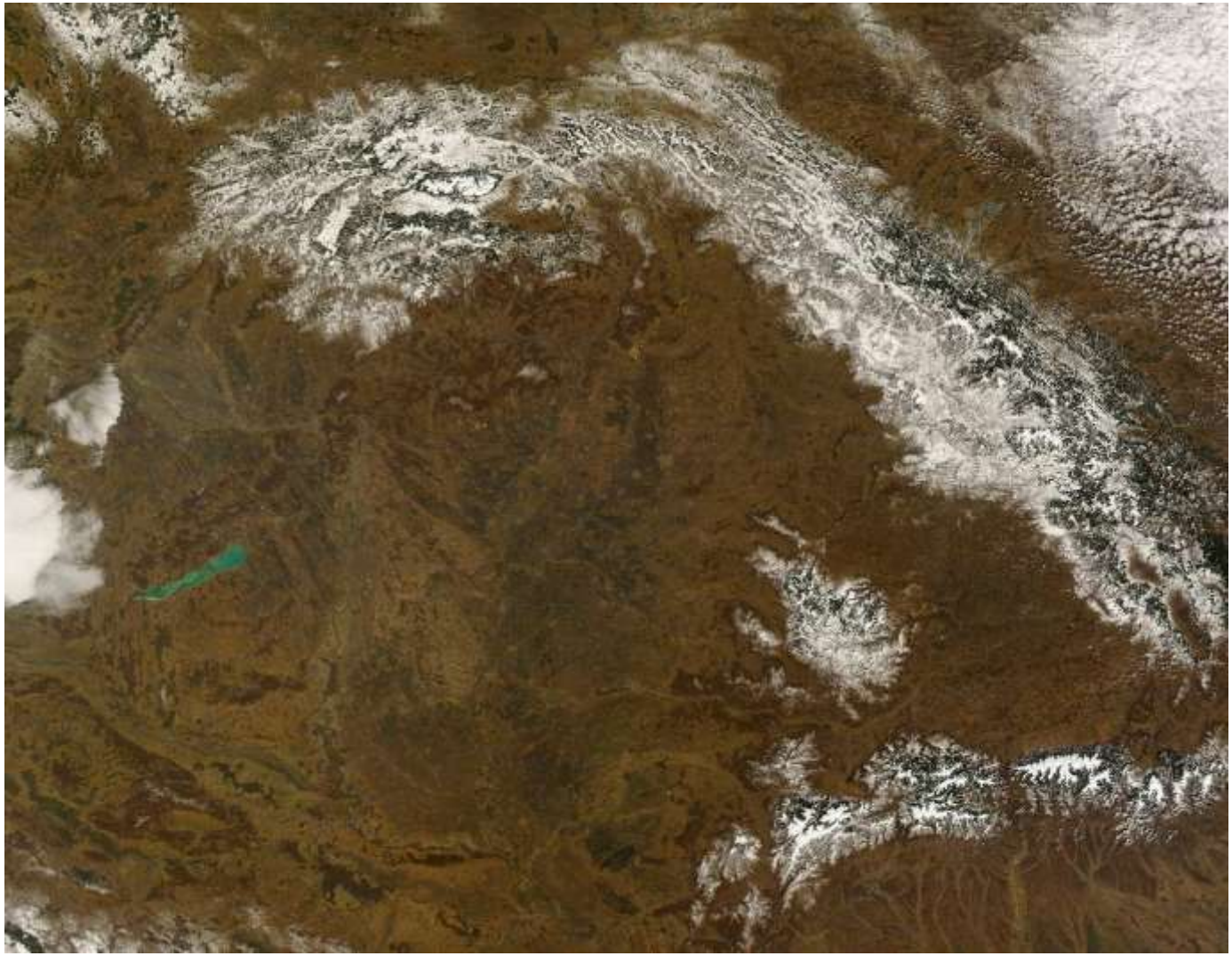
felszíni felbontás.

Forrás: Timár G, Kern A: Atomoktól a csillagokig, ELTE 2007 03 08

Az állomás vételkörzete

Forrás: Timár G, Kern A: Atomoktól a csillagokig, ELTE 2007 03 08

Valós idejű, valódi színes kompozit képek Kárpát-medence



2005. március 22, TERRA, valódi színes kompozit

Forrás: Timár G, Kern A: Atomoktól a csillagokig, ELTE 2007 03 08

MODIS-adatvétel versus Google Earth

Google Earth adatvétel:

Landsat ETM (15 méteres felbontás), ill. IKONOS és QuickBird (0.6-1 méteres (!) felbontás) képeket tartalmazó, nem túl pontosan georeferált képarchívum.

Egyszer elkészítették, és az egyes képek elkészítési időpontjának megfelelő állapotot mutat.

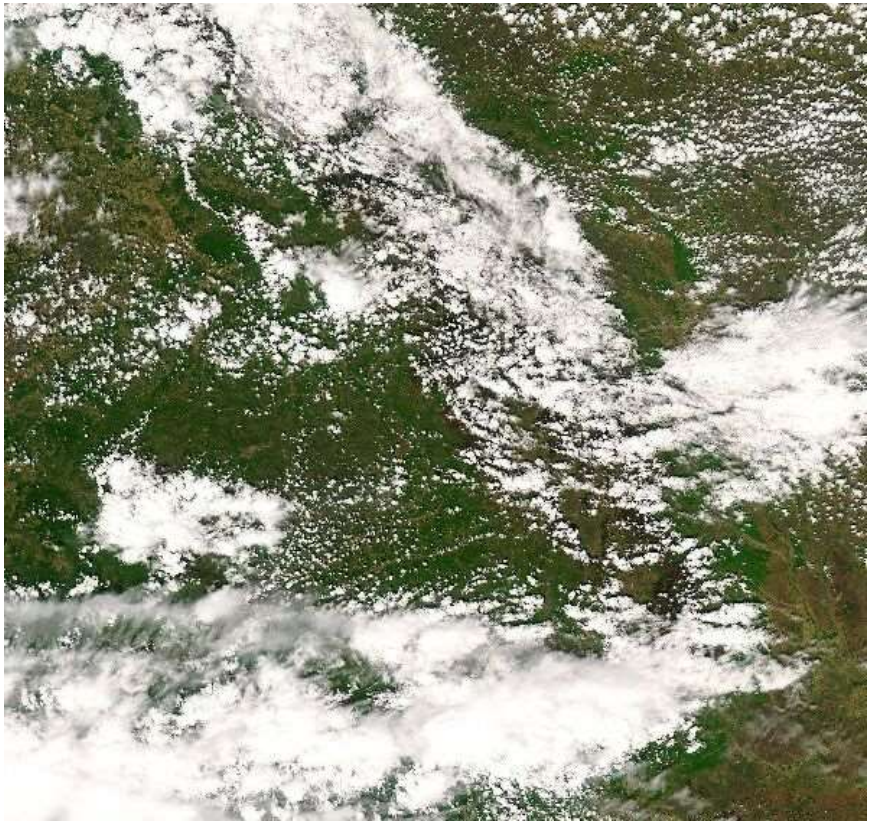
MODIS adatvétel:

Az előzőknél lényegesen rosszabb vízszintes (de lényegesen jobb spektrális!) felbontású felvételeket szolgáltat.

Az új felvételek a vétel időpontjának állapotát mutatják.

Forrás: Timár G, Kern A: Atomoktól a csillagokig, ELTE 2007 03 08

Példa a MODIS-adatvétel valós-idejűségére



Erdély a műholdképen (bal) és éppen abban az időpontban fotón (jobb)

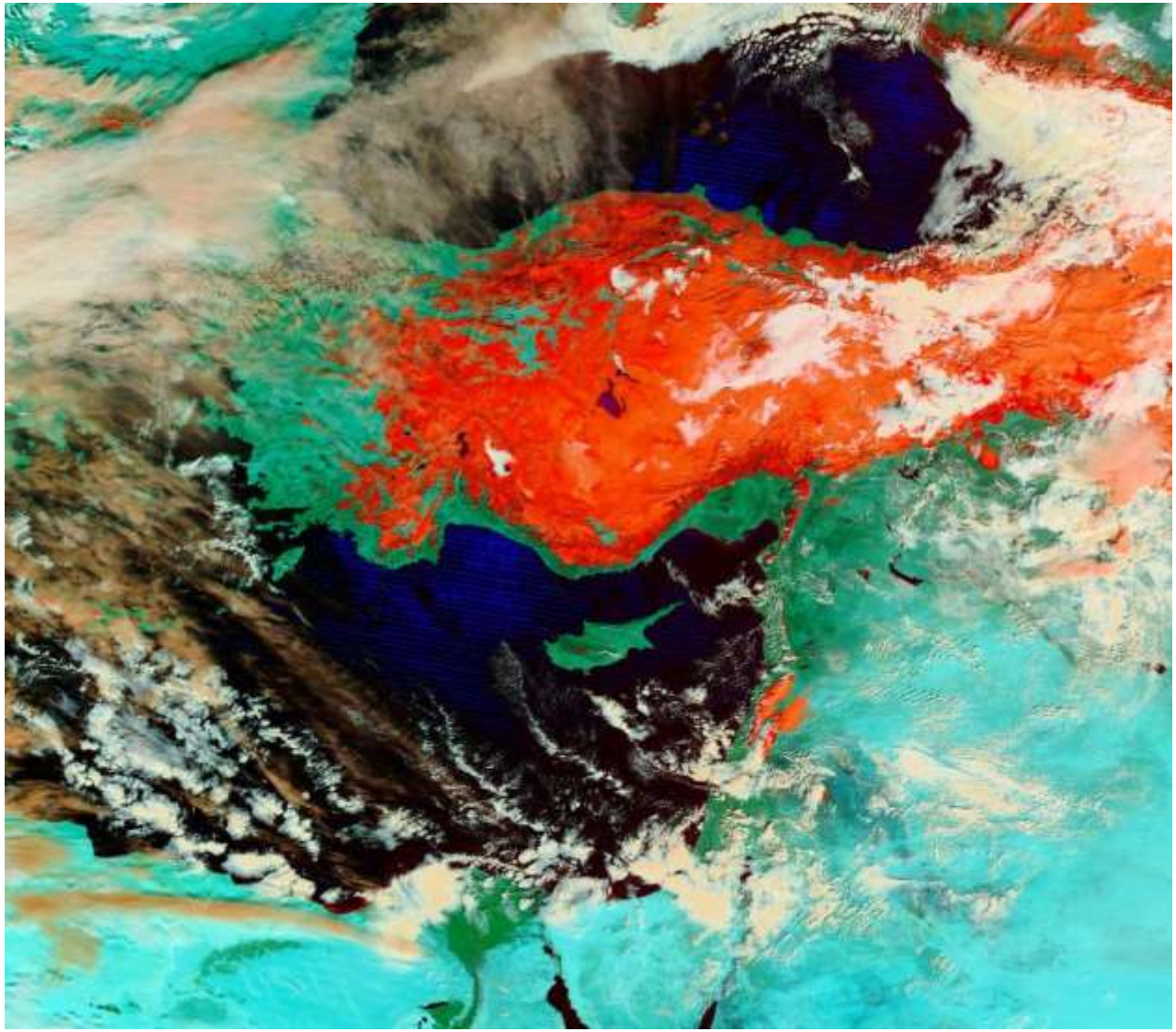
MODIS-felvétel, ill. a fotó: a Gyergyói-medencét kitöltő alacsonyszintű felhőzet a Pongrácz-tetőről.

Forrás: Timár G, Kern A: Atomoktól a csillagokig, ELTE 2007 03 08

Hó vagy felhő? - 1.

Forrás: Timár G, Kern A: Atomoktól a csillagokig, ELTE 2007 03 08

Hó vagy felhő? - 2.



Forrás: Timár G, Kern A: Atomoktól a csillagokig, ELTE 2007 03 08

Tartalom

- Távérzékelés alapjai
- Űrtávérzékelés
- **Űrtávérzékelés smart alkalmazásai (pl.):**
  - Földmegfigyelés
  - **„Csillagászat”**
  - Zöldnövényzet-fejlődés

Mit „látunk”?

A „láthatóság” – az érzékelő (személy, berendezés) nézőpontjából meghatározható fogalom

- Látás

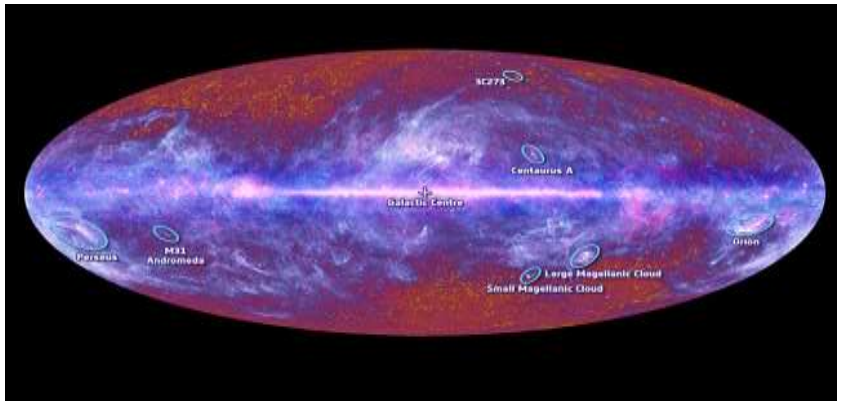
1. amit az emberi szem érzékel
2. amit az emberi szem nem, de pl. a denevér „lát”
3. amit a „fényképezőgép” (optikai szenzor) érzékel

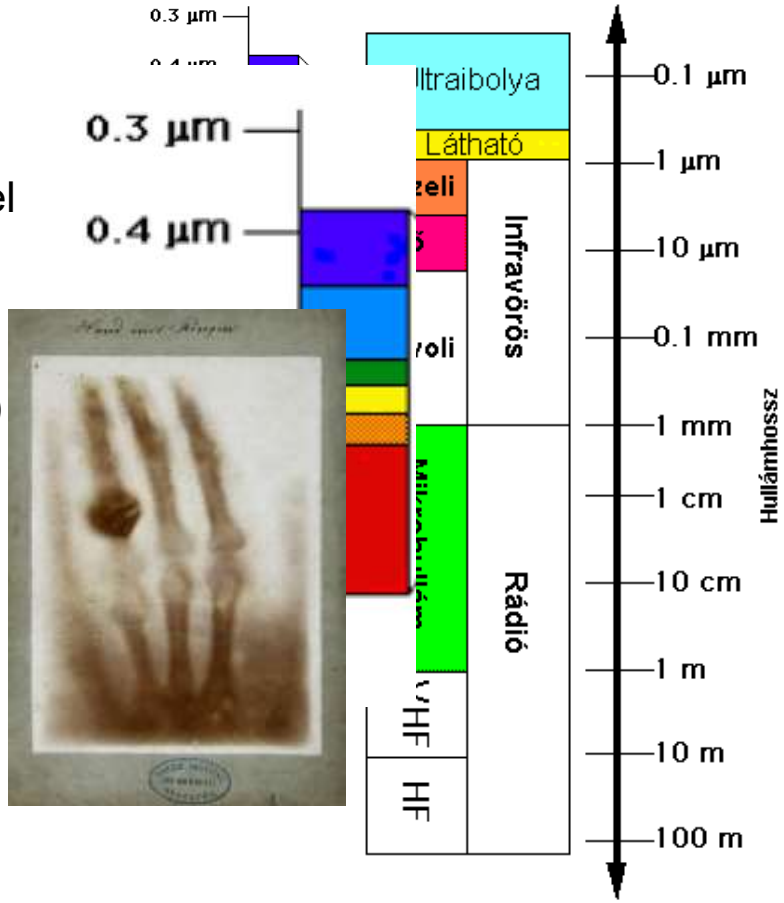
- Látás mint érzékelés

4. amit szenzor érzékel (pl. rádió, radar)
5. amit szenzor érzékel (pl. röntgen, radioaktivitás)

Mit érzékelünk? Energiát, de $E = mc^2$

→ Az „anyagot”, azaz a világegyetemet.

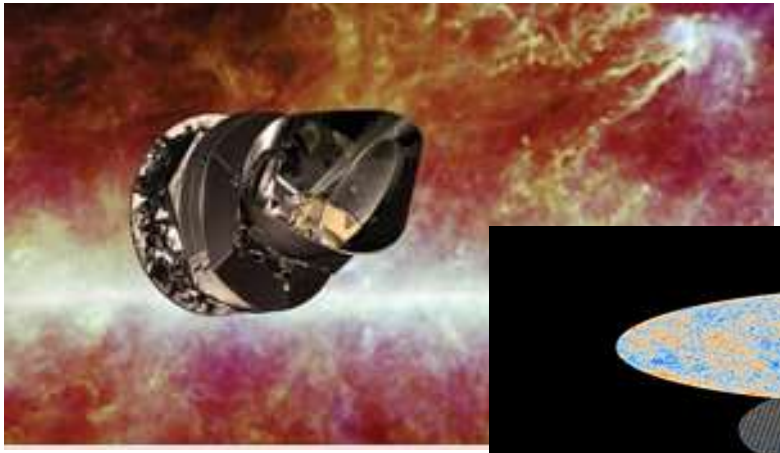


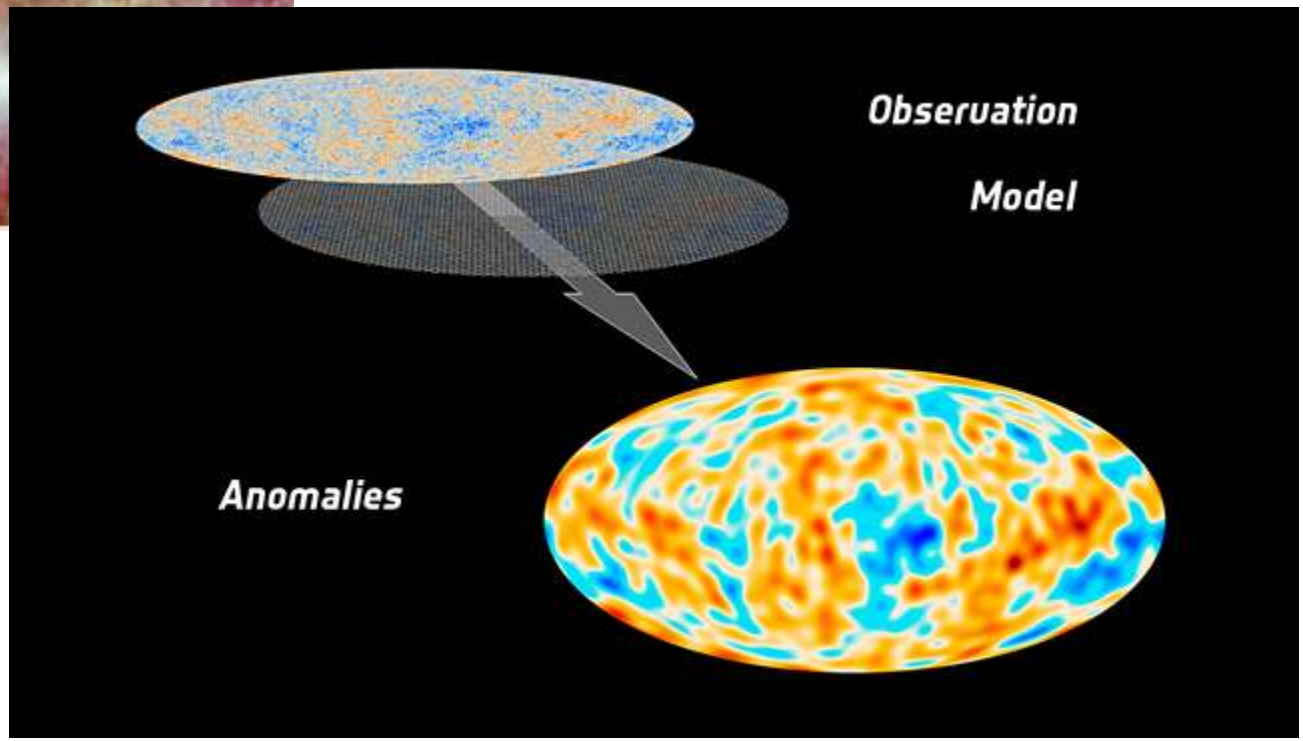


© 1998 Wadsorth Publishing -- *Essentials of Meteorology*

„Érzékelés” és/vagy „érzékeltetés”

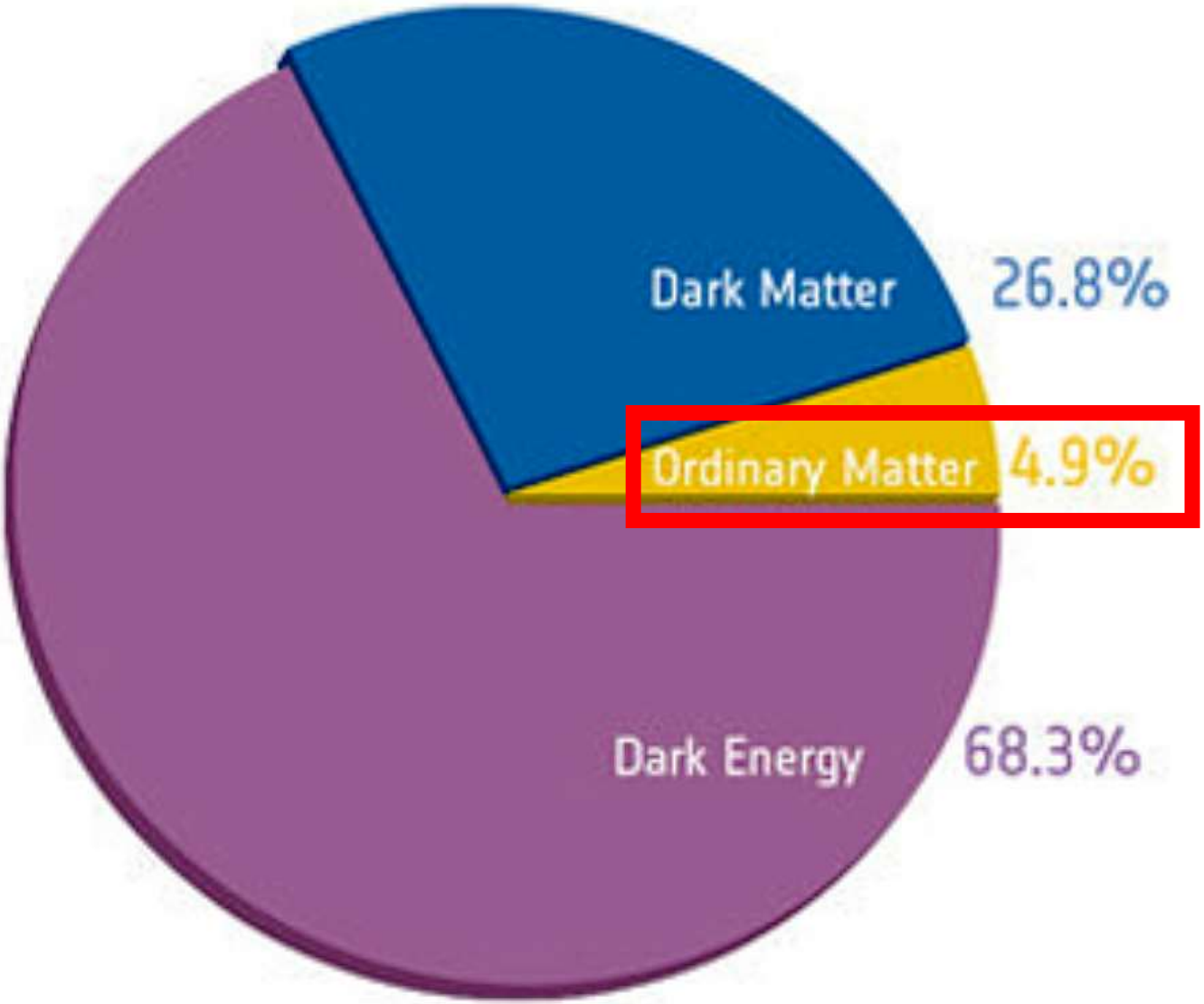
(A Planc űrszonda felvételei)





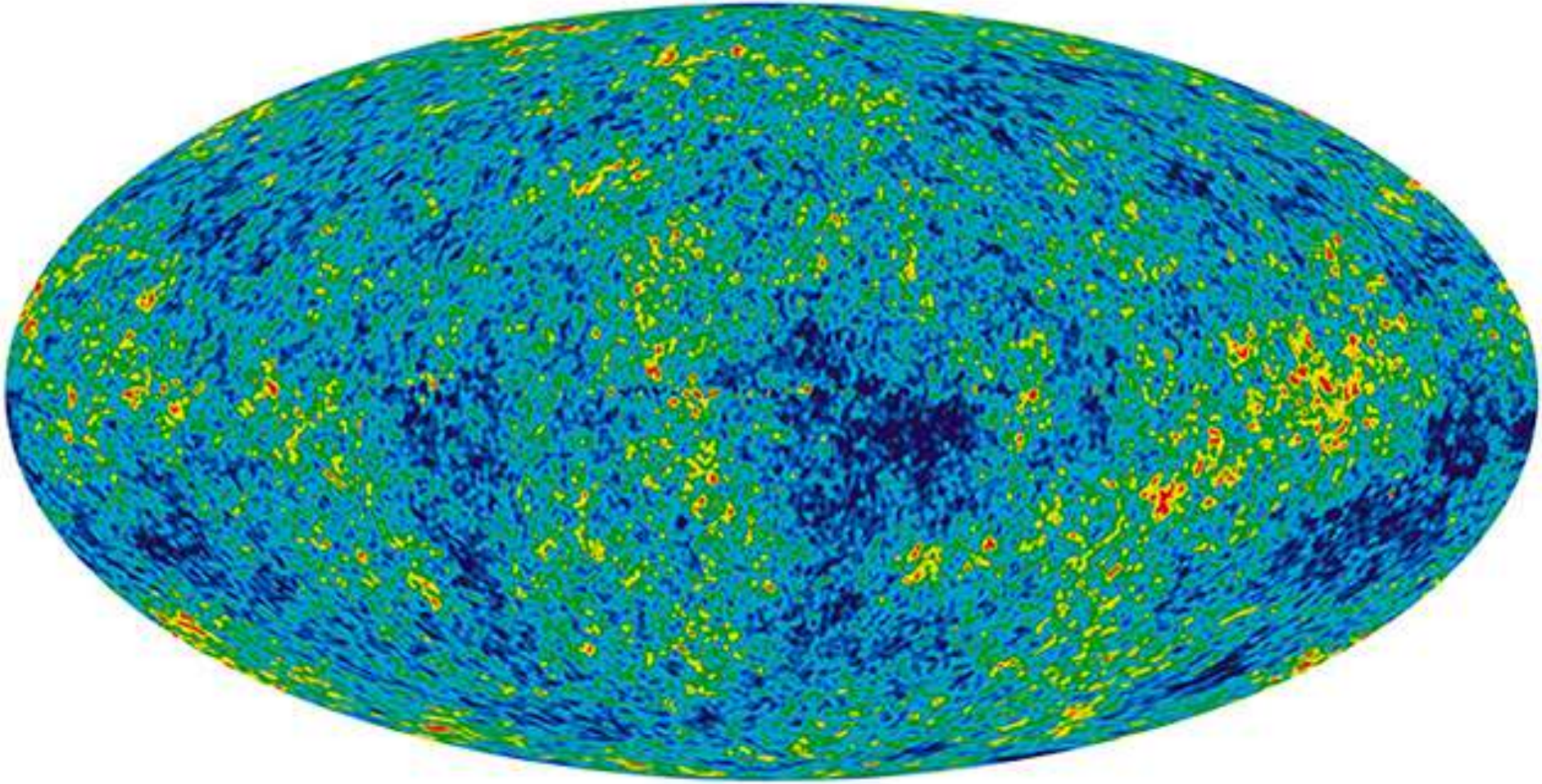
Mit „látunk”?

A világegyetem csupán ~5%-a érzékelhető !



„Érzékelés” és/vagy „érzékeltetés”

(De az univerzum nem érzékelhető 95%-t is „megjeleníthetjük!)



Mit „látunk”?

Látás

1. amit az emberi szem érzékel
2. amit az emberi szem nem, de pl. a denevér „lát”)
3. amit a „fényképezőgép” (optikai szenzor) érzékel

Látás mint érzékelés

4. amit szenzor érzékel (pl. rádió, radar) - 1
5. amit szenzor érzékel („radioaktív sugárzás) – 2

Mit érzékelünk? Energiát, de $E = mc^2$

→ *Az „anyagot”, azaz a világegyetemet.*

Látás érzékeltetés útján

6. amit „láthatóvá tehetünk” (pl. érzékelési anomáliák alapján – „sötét anyag”, pl. laser interferenciával – „virtuális valóság”)

Tartalom

- Távérzékelés alapjai
- Űrtávérzékelés
- **Űrtávérzékelés smart alkalmazásai (pl.):**
  - Földmegfigyelés
  - „Csillagászat”
  - **Zöldnövényzet-fejlődés**

Zöldnövényzet állapotvizsgálata

Kukorica vetőmag előállítás vizsgálata

- azonos területen (Hajdúszoboszló környéke, Hajdú-Bihar megye);
- különböző (időjárású) években 2005-2007;
- különböző vegetációs indexek segítségével;
- műholdas (multispektrális) felvételek;
- légköri és időjárás adatok;
- statisztikai módszerek;
- földfelszíni kontroll mérések és adatok.

Paraméterválasztás

- Kukorica vetőmag előállítás multispektrális analízisére többféle vegetációs, illetve növényállapot-jellemző paramétert (vegetációs indexet) választhatunk.
- A vegetációs indexeket több csoportra bonthatjuk:
  - arányszámokra (pl. NDVI /Normalizált Vegetációs Index/, SPAD /Soil Plant Analysis Development/, CCI /Chlorophyll Content Index/, LAI / Leaf Area Index/, stb.),
  - ortogonális indexekre (pl. Tasseled Cap),
  - különbségi indexekre (pl. VI),
  - valamint optimalizált, vagy hibrid indexekre (pl. EVI).

A választott paraméter definíciója és kiszámítása

- A növényi vegetáció állapot felmérésére a legelterjedtebb a közeli infra és a vörös csatornák reflektancia értékeiből számított Normalizált Vegetációs Index (NDVI) (*Rouse et al.,* 1974).
- **NDVI = ρnir - ρred / ρnir + ρred**
  - ρnir =közeli infracsatorna reflektanciája,
  - ρred = vöröscsatorna reflektanciája.
- Az NDVI -1 – +1 közötti értéktartományában a dús, egészséges vegetációjú területek értéke 0,2 és 0,8 között van (*Mucsi,* 2004), de az index értékek kiértékeléséhez szükséges a terepi felvételezések is.
- Az NDVI adatok analízise bizonyítottan megbízható módszer a nettó biomassza értékelésére (*Jensen,* 2000):

Legelterjedtebb zöldnövényzet jellemző: NDVI – Normalizált Vegetációs Index

- A Föld zöldvegetációs borítottságának meghatározására szolgáló, két csatornán (vörös fény, ill. közeli infravörös fény) készült műholdas (passzív) távérzékeléssel nyert felvételek alapján kalkulált érték (Rouse et al, 1973).
- Adott (kezdetben 10kmx10km) területre vonatkozó átlagolt „zöldültségi” érték, amely függ:
  - a zöldnövényzettel borított-nem borított területaránytól
  - a nem zöld terület jellegétől és a növényzet állapotától.
- Az NDVI -1 és +1 közötti értéktartományában a dús, egészséges vegetációjú területek értéke 0,4 és 0,8 között van (*Mucsi,* 2004), de az index értékek kiértékeléséhez szükségesek a terepi felvételezések is.
- Az NDVI adatok analízise bizonyítottan megbízható módszer a nettó biomassza értékelésére (*Jensen,* 2000).

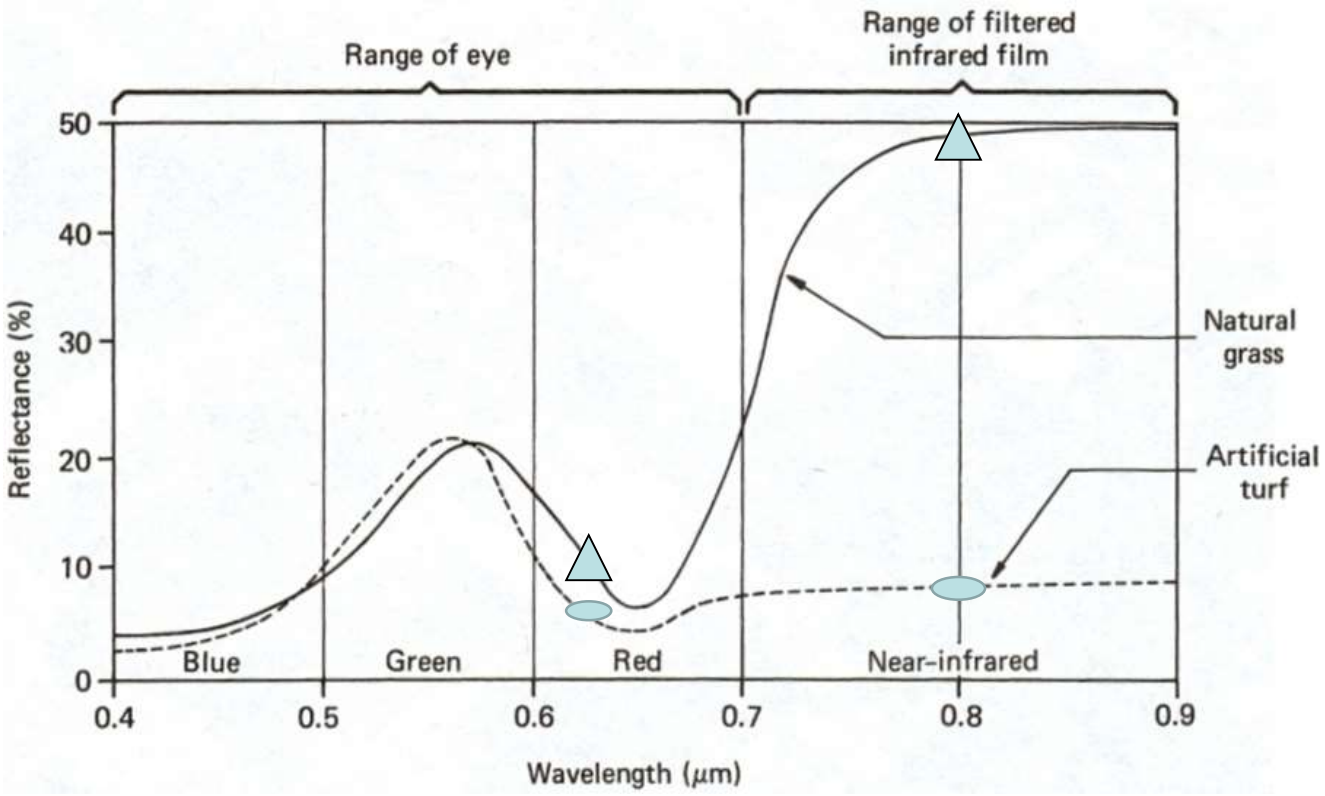
Az NDVI érték kiszámítása 2 csatornán történő méréssel

- **NDVI = ρnir - ρred / ρnir + ρred**
  - ρnir =közeli infracsatorna reflektanciája,
  - ρred = vöröscsatorna reflektanciája.

Kalkulációk:

NDVI (gyep) = (49-7)/(49+7) = 0,72

NDVI (műfű) = (8-4)/(8+4) = 0,33



Landsat program távérzékelési műholdjai és jellemzőik

Rendszer	Fellövés (leállás időpontja)	Szenzor	Felbontás (méter)	Kommunikáció	Ker. mag. Km	Vissza térés Nap	Adat-átvitel Mbps
Landsat 1	07/23/72 (01/06/78)	RBV MSS	80 80	Direct downlink with recorders	917	18	15
Landsat 2	01/22/75 (02/25/82)	RBV MSS	80 80	Direct downlink with recorders	917	18	15
Landsat 3	03/05/78 (03/31/83)	RBV MSS	40 80	Direct downlink with recorders	917	18	15
Landsat 4	07/16/82	MSS TM	80 30	Direct downlink TDRSS	705	16	85
Landsat 5	03/01/84	MSS TM	80 30	Direct downlink TDRSS	705	16	85
Landsat 6	10/05/93 (10/05/93)	ETM	15 (pan) 30	Direct downlink with recorders	705	16	85
Landsat 7	04/15/99	ETM+	15 (pan) 30 60	Direct downlink with recorders (solid state)	705	16	150

Műholdas felvételek feldolgozása (korrekciója)

Távérzékelt felvételek korrigációja:

- A űrtávérzékelt felvételek módjának kiválasztásánál és elemzésénél figyelembe kell venni
  - a napsugárzás mértékét,
  - a légköri hatásokat,
  - a domborzat radiometriai és geometriai torzító hatását, valamint
  - a vizsgálat tárgyának spektrális tulajdonságait (spektrális görbéjét is).

Csatorna	*Hullámhossz* (μm)
1	0,45–0,52 (kék),
2	0,52–0,60 (zöld),
3	0,63–0,69 (vörös),
4	0,76–0,90 (közeli infra),
5	1,55–1,75 (közép infra),
6	2,08–2,35 (infra),
7	10,40–12,50 (hő infra).

Az adott műholdképek alapvető jellemzői

- A távérzékelt (Landsat-5 TM műholdas) felvételek jellemzői *Forrás: NASA*

Távérzékelt felvétel típusa	**Terepi felbontás (m)**	**Csatornák száma**	**Csatornák MS (µm)**	**Visszatérés (nap)**
LANDSAT-5 TM	MS: 30m TIR:120m	7	1.: 0,45-0,52 2.: 0,52-0,60 3.: 0,63-0,69 4.: 0,76-0,90 5.: 1,55-1,75 6.: 10,40-12,50 7.: 2,08-2,35	16

Űrfelvételek kiválasztása

Rendelkezésre álló Landsat-5 TM felvételek

- az adott területet lefedjék
- „felhőmentesek” legyenek
- időpontjai a vegetációs időre essenek
- évenként hasonló időszakban legyenek

Rendelkezésre álló Landsat-5 TM műholdfelvételek			
2004	**2005**	**2006**	**2007**
05.03.	04.04.	04.23.	04.26.
06.20.	05.31.	05.11.	05.21.
07.22.	06.16.	06.26.	06.22.
08.07.	07.25.	07.12.	07.15.
08.23.	08.10.	08.22.	08.16.
09.08.	09.04.	09.14.	09.17.
	10.06.	10.16.	

Űrfelvételek kiválasztása

- A korrekciós folyamatban a domborzat torzító hatása nem lett figyelembe véve, mert a vizsgálati területek magassági értékeiben nem volt jelentős eltérés.
- A korrigált felvételek előfeldolgozása során a referencia és a vizsgált felvételek vörös csatorna szórásdiagramjai alapján meghatározásra kerültek a felhős területek küszöbértékei, amely értékek fölött
  - a) a képet el kell vetni
  - b) egyes pixeleket maszkolni kell.
- Az egyes felhős területek árnyékait a konkrét területek ismeretében lettek leválogatva.

Űrfelvételek kiválasztása

Rendelkezésre álló Landsat-5 TM felvételekből a „használhatók” véglegesítése:

– időpontjai *(kék: vizsgálatban felhasználásra nem került felvétel)*

Rendelkezésre álló Landsat-5 TM műholdfelvételek			
2004	**2005**	**2006**	**2007**
05.03.	**04.04.**	**04.23.**	**04.26.**
06.20.	05.31.	05.11.	05.21.
07.22.	06.16.	06.26.	06.22.
08.07.	07.25.	07.12.	07.15.
08.23.	08.10.	08.22.	08.16.
09.08.	**09.04.**	**09.14.**	**09.17.**
	10.06.	**10.16.**	

Felvételek „előfeldolgozása”

- A térbeli bizonytalanság (2-5 m) a GPSCorrect for Arcpad kiegészítő modult segítségével gyűjtött *.ssf fájlok utófeldolgozásával csökkent, a pontosság 0.3-0.5 m között volt.
- Az ArcPad szoftveren alapuló rendszer segítségével *.shp, *.jpg, illetve *.sid formátumban tárolt digitális térképeket tölthettek át kézi számítógépekre, amelyek nagyban megkönnyítették a térképi adatok terepi használatát.
- Az ArcPad Application Model Builder segítségével el lehet végezni a WGS koordináták EOV-ba történő transzformációt.
- A modulban lehetőség van továbbá helyi extra anomáliák (pl. belvízfoltok, gyomfoltok stb.) gyors és hatékony azonosítására, az ezek körüljárásával felvett pontok, poligonok új rétegként történő illesztésére.
- A modul fejlesztésénél fontos szempont, hogy az attributív adatok felvételezését (pl. fajok, fajták) előre definiálták, hogy a terepi adatgyűjtés hatékonyságát növeljék.

Szenzor korrekciók

A szenzor radianciai értékekei:

- Lλmin= LMINλ+QCAL*(LMAXλ-LMINλ)/QCALMAX
  ahol QCAL= minimális digitális számérték, QCALMAX= 255
- A LMAXλ és LMINλ értékeket a szenzorok kalibrációja során állapítják meg.

A LMAXλ és LMINλ értékeket a Landsat-5 TM felvételekre

Sáv	$LMIN_\lambda$	$LMAX_\lambda$
1	-0.15	15.21
2	-0.28	29.68
3	-0.12	20.43
4	-0.15	20.62
5	-0.037	2.719
7	-0.015	1.438

Forrás: (*Markham* et al. 1986).

„Tiszta” reflektancia meghatározása

- A Napból érkező energia fordítottan arányos a Nap-Föld távolság négyzetével. A Föld pályája miatt a távolság egy adott évben ciklikusan változik.
- A d érték kiszámításával az eltérő időpontban készült felvételek megvilágítási eltéréseit megszüntethetők.
- Ugyancsak módosító hatása van a reflektancia értékére, a Napból érkező sugarak beesési szögének. Ez az érték térben a földrajzi hosszúság és szélesség, a domborzat függvényében, időben napi és éves ciklusokban változik.
- A korrekciós faktorokat részben számítással kaphatjuk, részben a US Geological Survey adatbázisából származnak (IV.9. táblázat):

„Tiszta” reflektancia meghatározása

- A szenzornál mért reflektancia faktor kiszámítható a másodlagos adatok ismeretében (*Chavez*, 1996):
- ρ= π* d2* (Lműhold- Lλ korr)/ ESUNλ *cos2θ

➢ d = Nap-Föld távolság
➢ Lλ korr = korrigált radiancia érték 1% reflektanciát feltételezve (Lλkorr= Lλmin- Lλ 1%)
➢ θ = zenitszög (90-napmagasság)(o)

ESUNλ sávonkénti értékek a Landsat-5 TM szenzorra

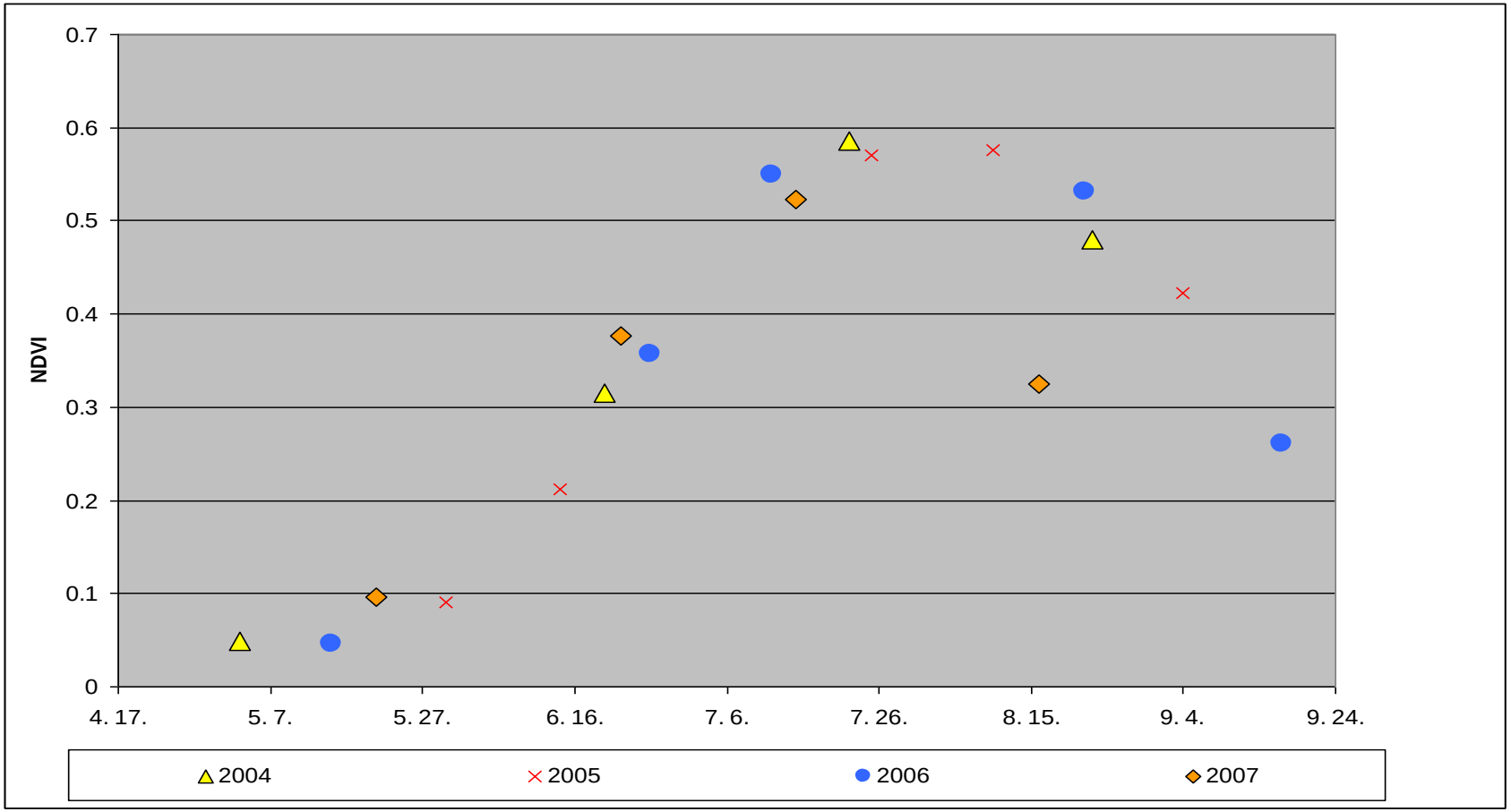
Sáv	Sugárzás $W/m^2/sr/\mu m$
1	1957
2	1840
3	1551
4	1044
5	225
7	82

Reflektancia számítás korrekciós faktorai Landsat-5 TM-re

Szenzor	Év	Hónap és nap	Napmagasság	Távolság
Landsat 5 TM	2004	05.03.	55.2183306	1.00810376363066
Landsat 5 TM	2004	06.20.	61.10359666	1.01624239884236
Landsat 5 TM	2004	07.22.	56.2897385	1.01601356625844
Landsat 5 TM	2004	08.23.	49.0642815	1.01118288915939
Landsat 5 TM	2005	05.31.	59.941945	1.01388530618048
Landsat 5 TM	2005	06.16.	60.63725146	1.01586094386080
Landsat 5 TM	2005	07.25.	57.53493003	1.01572735280712
Landsat 5 TM	2005	08.10.	54.0123307	1.01369057998313
Landsat 5 TM	2005	09.04.	44.52103997	1.00852066183420
Landsat 5 TM	2006	05.11.	56.9955304	1.00986228077223
Landsat 5 TM	2006	06.26.	60.8968669	1.01652935345588
Landsat 5 TM	2006	07.12.	59.14315916	1.01656572060387
Landsat 5 TM	2006	08.22.	50.4528317	1.01155527125585
Landsat 5 TM	2006	09.14.	43.17059276	1.00602209227902
Landsat 5 TM	2007	05.21.	58.8469306	1.01199926541144
Landsat 5 TM	2007	06.22.	61.1916058	1.01628090919017
Landsat 5 TM	2007	07.15.	59.3908567	1.01653401900213
Landsat 5 TM	2007	08.16.	52.19101175	1.01278937579478
Landsat 5 TM	2007	09.17.	42.1750469	1.00531586311627

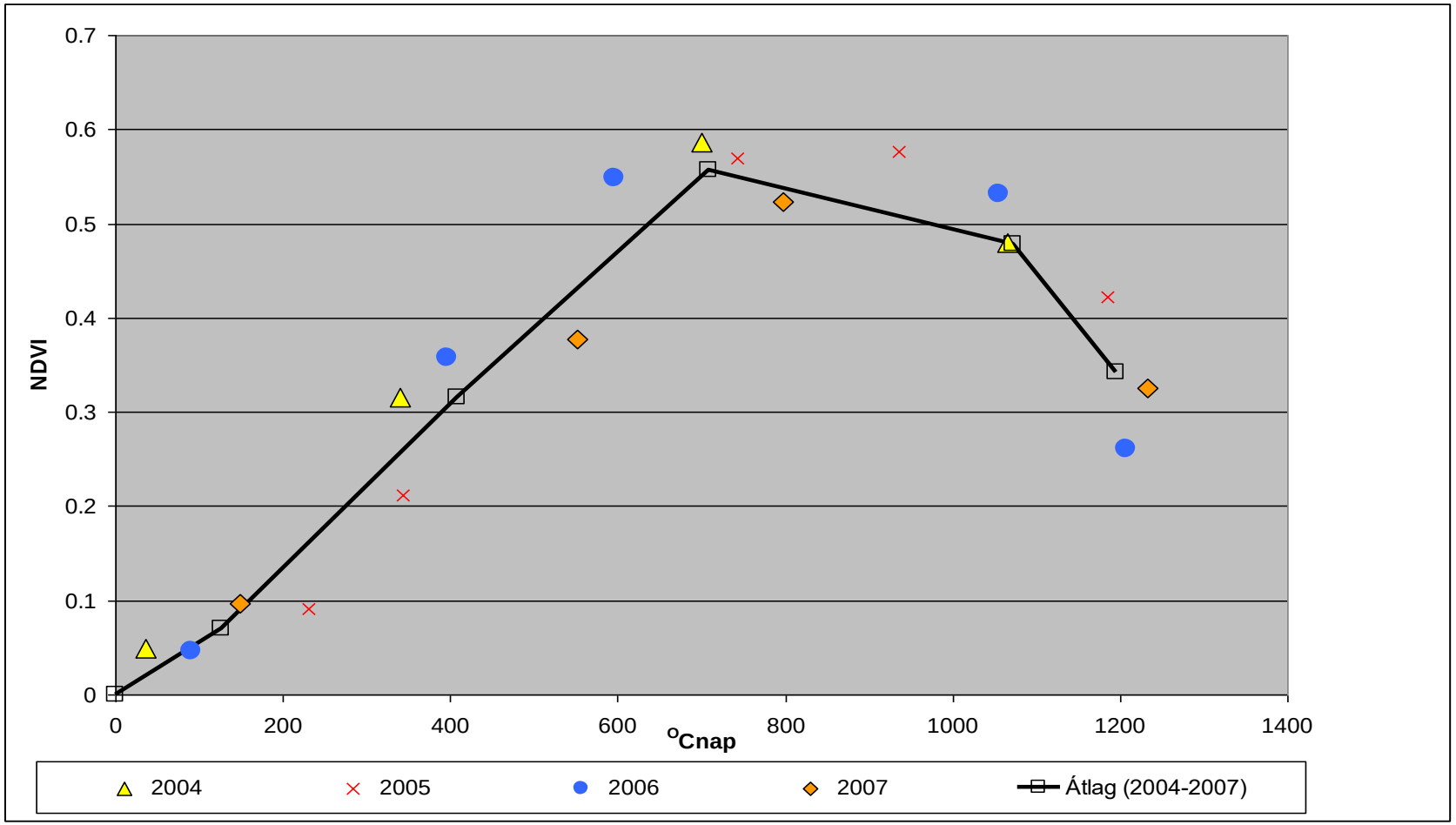
Az eredmények rögzítése (megjelenítése)

- Az NDVI alakulása a naptári napok függvényében (2004-2007)

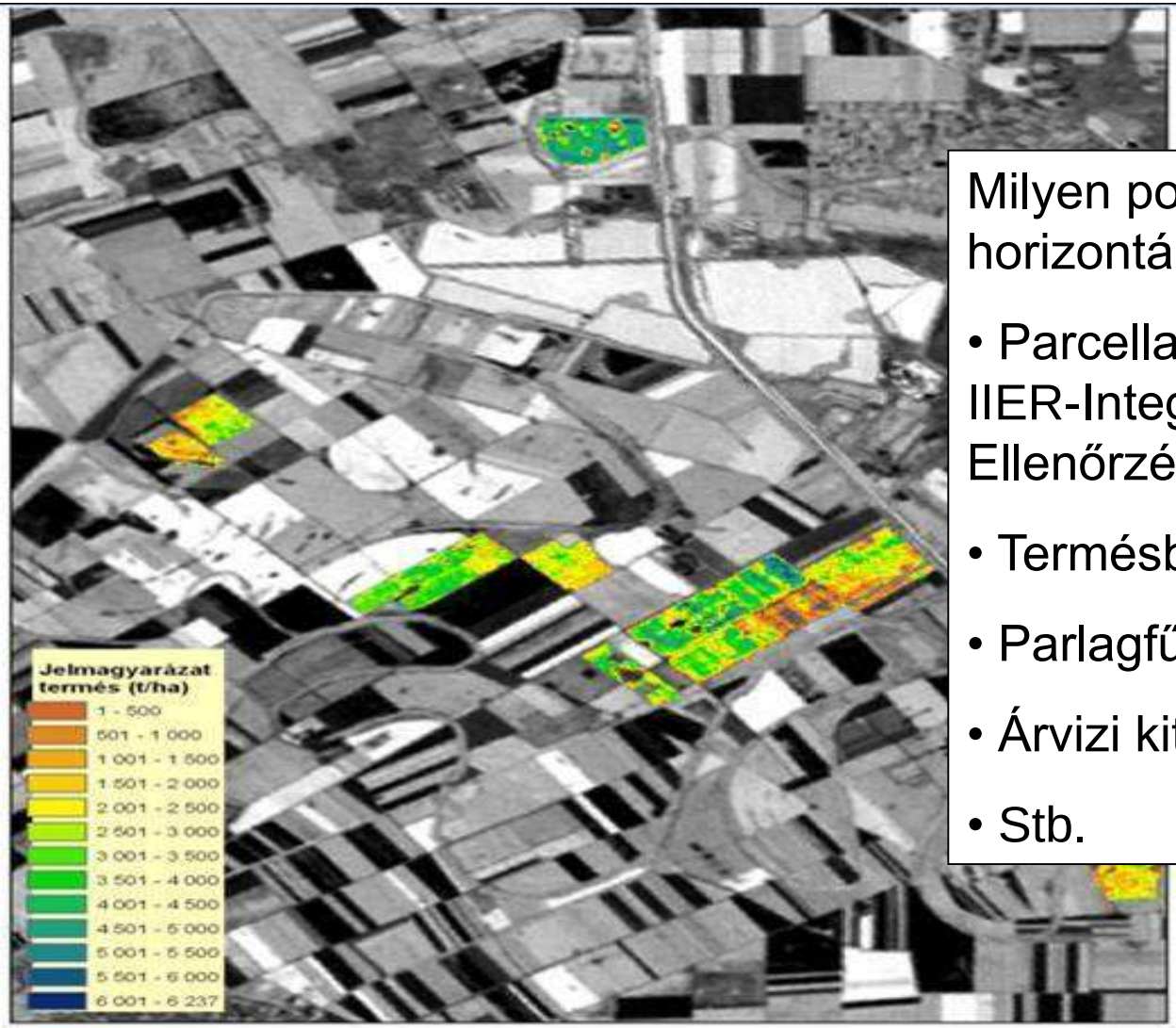


Az eredmények rögzítése (megjelenítése)

- A hőösszeg és az NDVI alakulása a tenyészidőszakban (2004-2007)



Térinformációs rendszerek elemei
- helymeghatározás -



6.ábra A vetőmag-előállító területek becsült terméseredményei (Hajdúszoboszló,2005)

Milyen pontosság (vertikális, horizontális) kell?

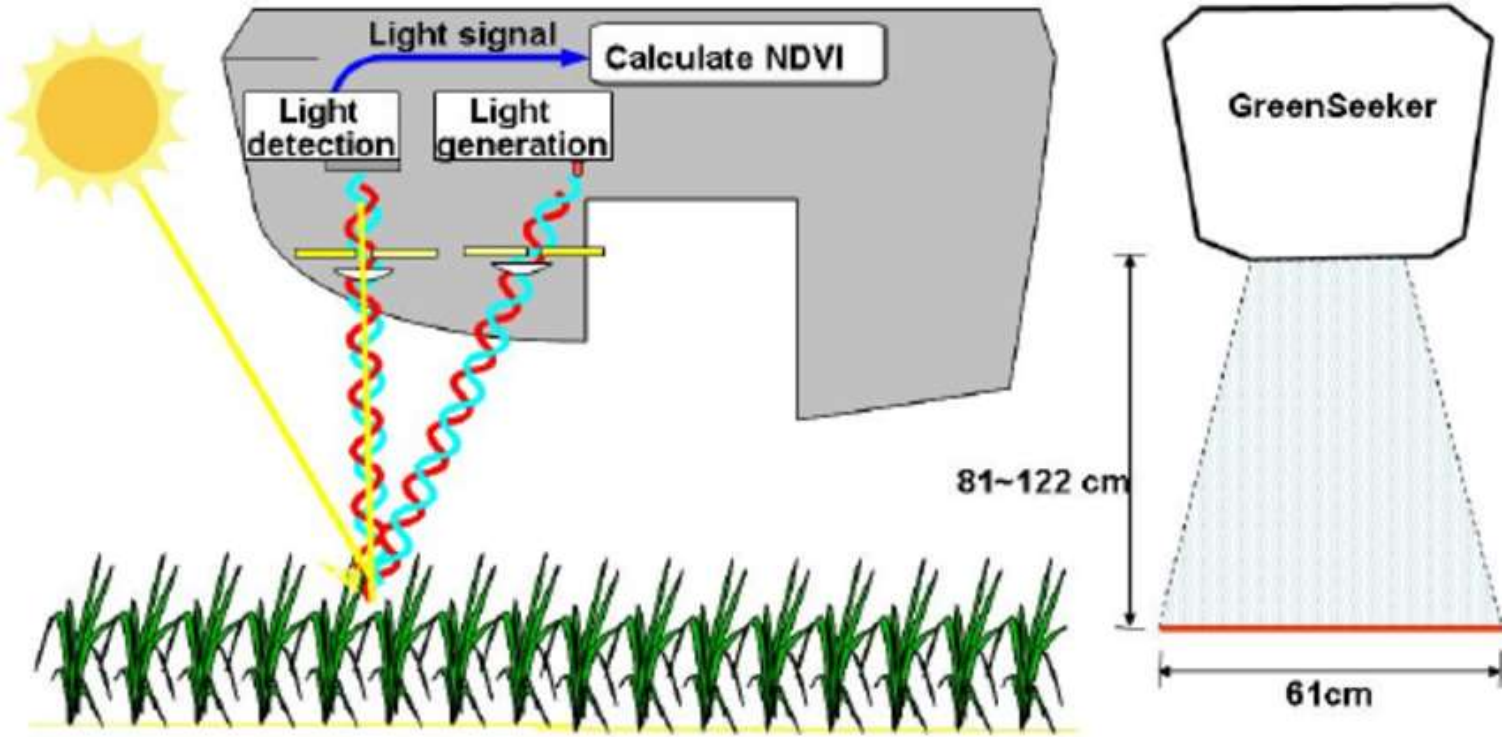
- Parcellaazonosítás (MePaR, IIER-Integrált Igazgatási és Ellenőrzési Rendszer)
- Termésbecslés
- Parlagfű szennyezettség
- Árvizi kitettség
- Stb.

Tartalom

- Távérzékelés alapjai
- Űrtávérzékelés
- **Űrtávérzékelés smart alkalmazásai (pl.):**
  - Földmegfigyelés
  - „Csillagászat”
  - Zöldnövényzet-fejlődés
    +helyszíni kontroll !

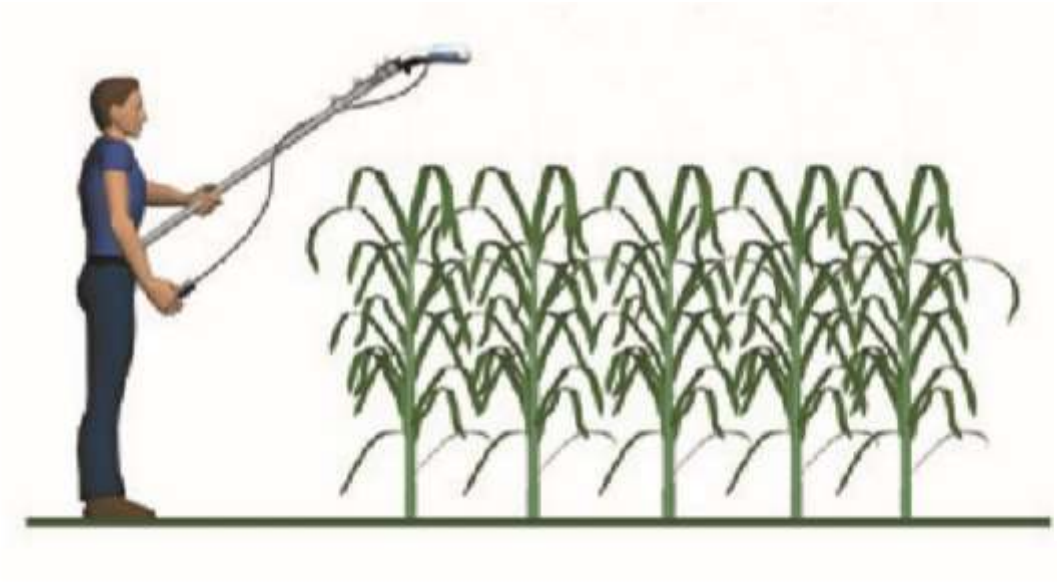
NDVI mérőeszköz: GreenSeeker RT200

Közvetlen NDVI értéket adó gépi mérésre alkalmazható aktív távérzékelő berendezés. A növényzet „teteje” felett 80-120cm magasságban haladva beállítható időközönként mér, és a mért adatokat továbbítja.



Mérőeszköz: GreenSeeker Handheld

Közvetlen NDVI értéket adó kézi mérésre alkalmazható aktív távérzékelő berendezés. A növényzet „teteje” felett min. 30cm, max. 120cm magasságban haladva, a ravaszt folyamatosan nyomva kb. 0,9 sec és 1,0 sec időközönként mér: a növényállományról visszaverődő 660nm és 770nm hullámhosszú sugarak energiáját méri, s abból meghatározza az NDVI értéket. A ravaszt elengedve az addigi mérések átlagát kiírja. (A mérések szórását is kiszámolja.)



Egyéb mért jellemző: pl. SPAD

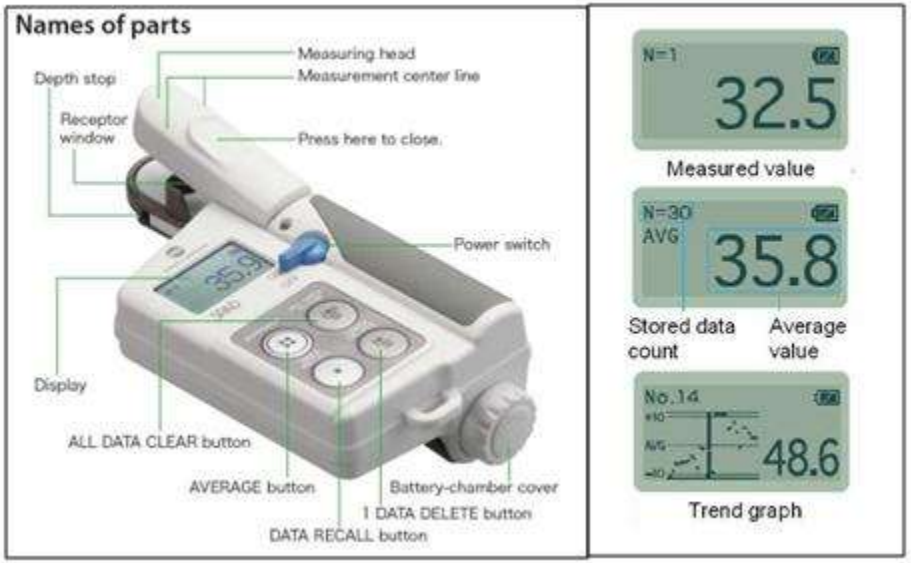
- A mérés fizikai alapja az a jelenség, hogy ha a levél klorofilltartalma magas, akkor a látható vörös fény elnyelődik, míg a közeli infravörös sugár nagy része áthalad rajta.
- A SPAD értéke arányos az közeli infravörös és a vörös áteresztőképesség hányadosának logaritmusával.
- A SPAD értékek és a növény (levél) klorofilltartalma közötti korreláció igazolt (mértéke közepes)
- A SPAD érték és az NDVI értékek közötti valószínűségi kapcsolatot sok irodalom tárgyalja (vitatja), mert csak erősen korlátozott feltételek között igazolható.

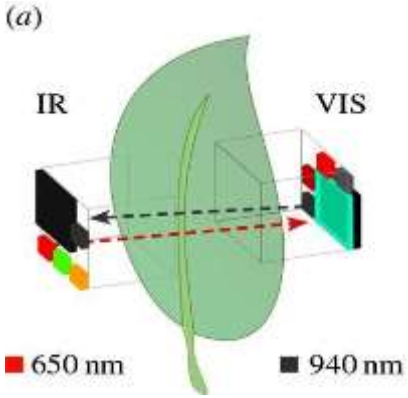
Mérőeszköz: Minolta-SPAD 502

A mérőeszköz aktív távérzékelő, azaz saját vörös és közel infra fényforrásokat alkalmaz, amelyek a növényzetet ellentétes oldalakról világítják meg.

A SPAD érték kalibrálását (a hányados előtti konstans szorzó meghatározását) különböző próbamérések alapján el kell végezni!

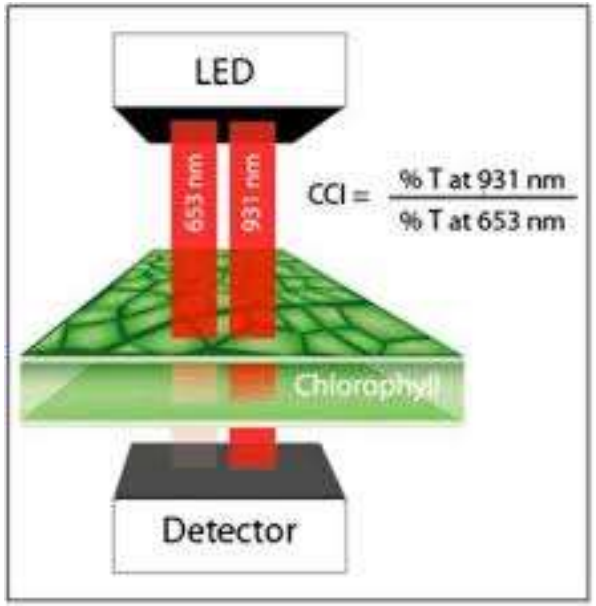
Erősen vitatott, hogy a SPAD értékekből lehet-e a vegetáció Nitrogén igényére következtetni.





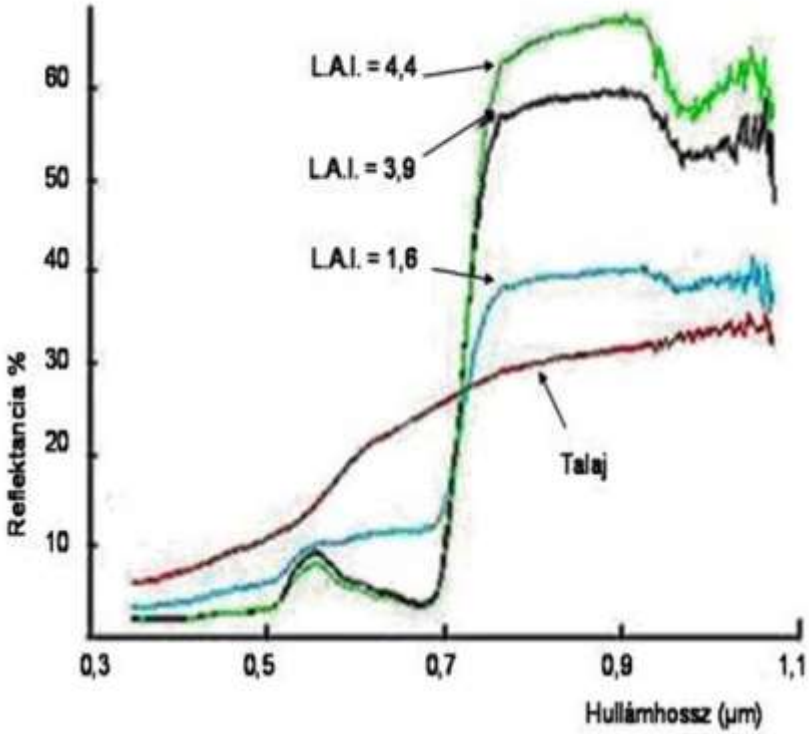
Egyéb mért jellemző: pl. CCI

Chlorophyll Content Index (CCI) a növényzet klorofill tartalmának mérésére.
Működési elv ugyanaz, mint a Minolta SPAD mérőknél, csak
a) itt az egyik oldalon vannak az aktív fényforrások és másikon a szenzorok,
b) 940 helyett 931nm, 650 helyett 653 nm hullámhosszat használnak..



Egyéb mért jellemző: pl. LAI

- A növényállományt a levélfelület mennyiségével is jellemezhetjük.
- Levélfelületi-index: LAI (Leaf Area Index) = T(levél felület, ha több van egymás alatt, akkor azok összege) / t(talaj terület).



Köszönöm a figyelmet!