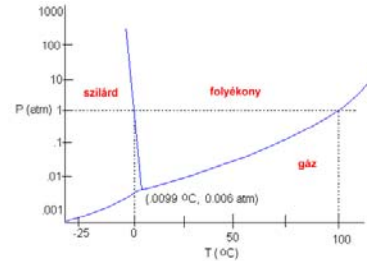


A légköri vízgőz mennyiségének mérése

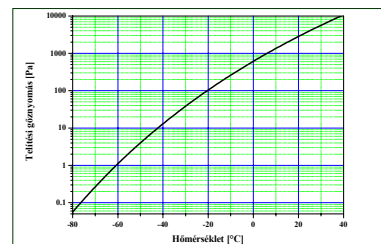
A víz fázisdiagramja



Alapfogalmak

- **Harmatpont:** Az a hőmérséklet, amelyhez tartozó telítési gőznyomás a vízgőz aktuális parciális nyomása
- **Relatív nedvesség:** vízgőznyomás és a telítési vízgőznyomás hányadosa $H_r = \frac{p_v}{p_t} \cdot 100\%$
- **Abszolút nedvesség:** térfogategységben foglalt vízgőz tömege $H_a = \frac{m}{V} \left[\frac{g}{m^3} \right]$
- **Keverési arány:** $r = \frac{m_v}{m_{sz}} [ppm]$

A vízgőz telítési gőznyomása



Clausius-Clapeyron egyenlet:

$$\log p = -\frac{A}{T} + B$$

Miért fontos a vízgőz mérése?

- Időjárás előrejelzés
- Környezetvédelem
- Éghajlati változások előrejelzése (GCM)
- A légkör fizikai és kémiai folyamatainak megértése

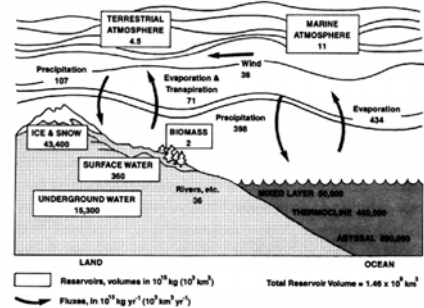
Időjárás-előrejelzés



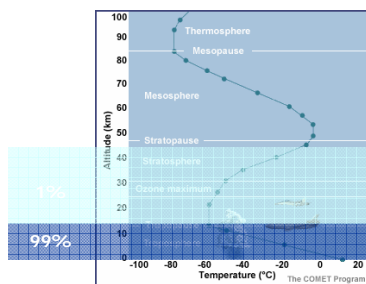
A vízgőz szerepe a légköri folyamatokban

- A víz körforgása
- Az OH-gyökök forrása
- Üvegház hatású gáz
- Felhőképződés/ködképződés
- A légrétegek közti energiacsere közvetítője

A víz körforgása

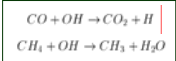
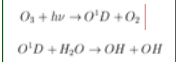


A vízgőz eloszlása a légkörben

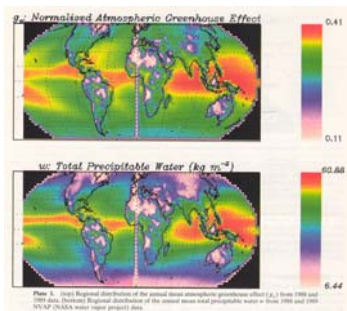


A vízgőz mint az OH-gyökök forrása

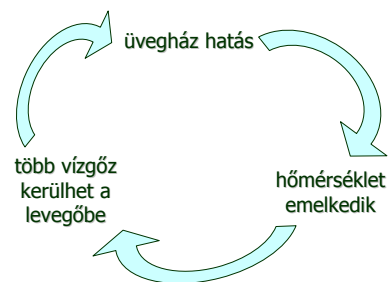
- ózon elektrolízise+vízgőz
- légkör tisztító folyamatai
- savas esők kialakulás



A vízgőz mint üvegház hatású gáz

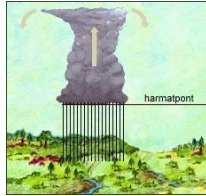


A vízgőz mint üvegház hatású gáz – pozitív visszacsatolás

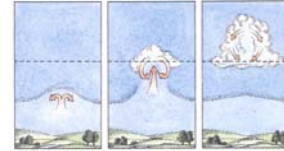
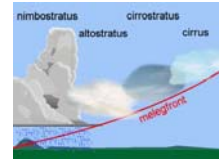
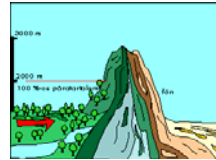


Felhőképződés

- Harmatpont elérésekor kondenzáció
- Kondenzációs mag szükséges
- Légköri frontok, hegységek, felszálló meleg levegő



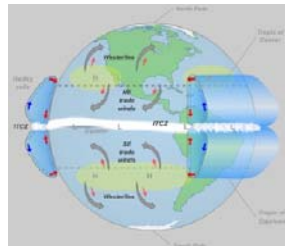
Felhőképeződés



A vízgőz szerepe az energia-transzportban

Párolgás – energia leadás

Kondenzáció – energia felvétel



A levegő vízgőztartalmának mérése

Meteorológiai mérések

Időjárás-előrejelzés

Légkörkutató mérések

Éghajlat-kutatás,
éghajlati modellek

- *in-situ* mérések
- szimulációs mérések

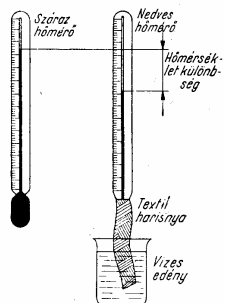
Nedvességmérő mérleg



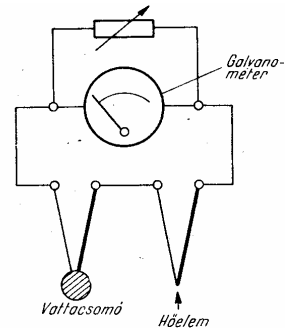
Hajszálas higrométer



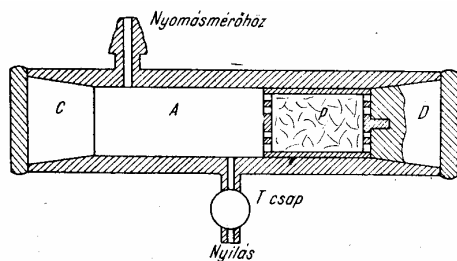
Pszichrométer



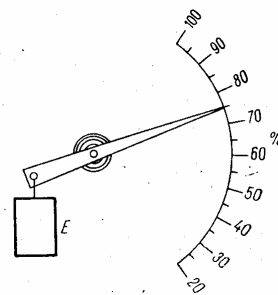
Hőelemes nedvességmérő



Nyomáskülönbség nedvességmérő

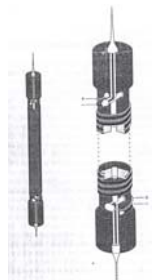


Gravimetrikus nedvességmérő

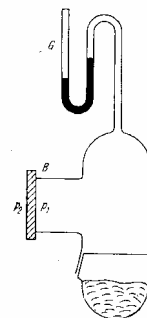


Elektrolitikus higrométerek

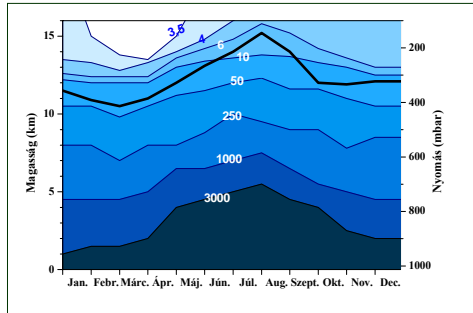
- P_2O_5
- elektrolízis hatására áram keletkezik
- főleg magas nyomáson érzékeny



Diffúziós nedvességmérő

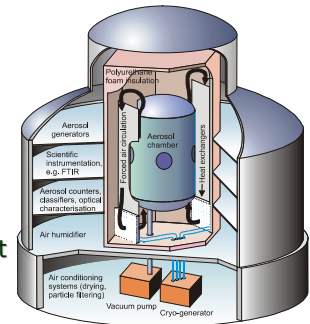


A vízgőz mennyiségének magasság szerinti változása



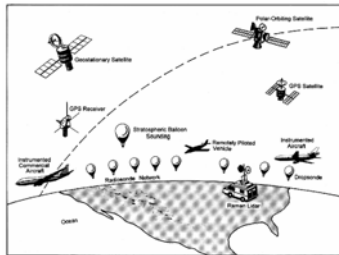
Szimulációs mérések

- Forschungszentrum Karlsruhe
- 80 m³-es alumínium tartály
- Kontrollált mérések
- Csak bizonyos határfeltételek mellett



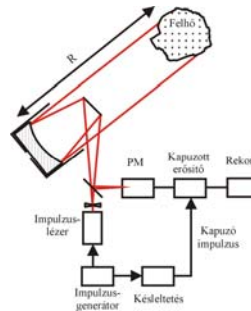
A légkör vízgőztartalmának *in-situ* mérése

- Földi eszközök
- Műholdak
- Ballonok
- Kutató-repülőgépek
- Rádiószondák



Földi telepítésű távérzékelők – LIDAR (light detection and ranging)

- éjszaka
- jó térbeli felbontás (3 m)
- érzékeny



Földi telepítésű távérzékelők - Rádiószondák

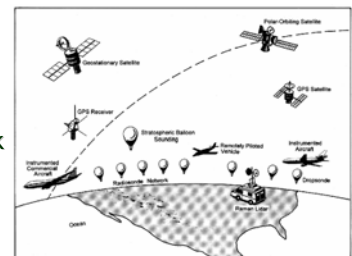


Temperature, humidity, and cloud liquid profiler

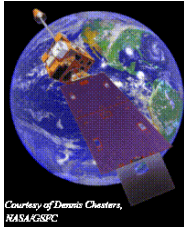
- 10 km magasságig
- mikrohullámú sugárzás

A légkör vízgőztartalmának *in-situ* mérése

- Földi eszközök
- Műholdak
- Ballonok
- Kutató-repülőgépek
- Rádiószondák



Műholdas mérések



Courtesy of Dennis Charters, NASA-GSFC

Teljes vízgőztartalom mérése

Pálya szerint:

- geostacionárius
- poláris

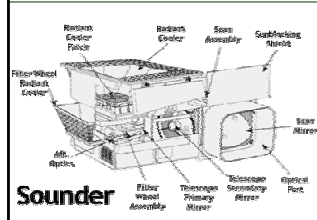
Megfigyelés szerint:

- földfelszín sugárzása
- napsugárzás

Mérési tartomány szerint:

- látható
- mikrohullámú
- infravörös

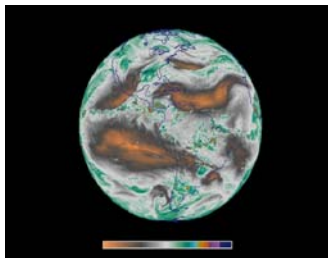
Műholdas mérések – GEOS-8



Sounder

- 3000 km x 3000 km
- 41 sec alatt
- 1 K pontosság

Műholdas mérések – GEOS-8

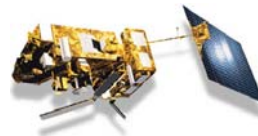


GOES-8

- 1 látható, 4 IR érzékelő
- rossz függőleges felbontás

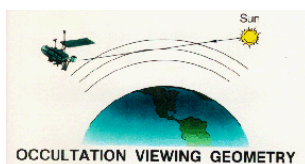
Műholdas mérések - EUMETSAT

EUMETSAT



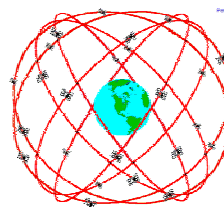
Műholdas mérések – SAGE II.

- SAGE II (Stratospheric Aerosol and Gas Experiment II)
- Earth Radiation Budget Satellite (EBRS)
- 1 km-es felbontás



OCCULTATION VIEWING GEOMETRY

Műholdas mérések - GPS

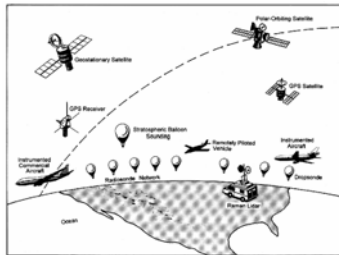


GPS Nominal Constellation
24 Satellites in 6 Orbital Planes
4 Satellites in each Plane
20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

- Global Positioning System
- Ismerve a vevő helyét, a jel időkééséséből a légkör vízgőztartalma meghatározható

A légkör vízgőztartalmának *in-situ* mérése

- Földi eszközök
- Műholdak
- Ballonok
- Kutató-repülőgépek
- Rádiószondák

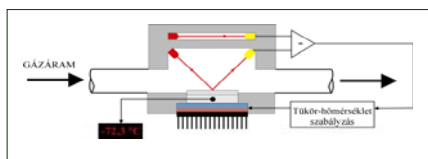


Ballonos mérések

- 30 km-es mérési magasság
- előre nem meghatározható mérési hely
- rádiószondás mérések



A tükrös harmatpontmérő



- -90 °C - +40 °C
- 0,1 °C pontosság
- válaszidő: néhány perc
- túlhűlt víz, szennyezések

Kvarc kristály oszcillátorok

- rezonancia-frekvencia mérése
- 0-10000 ppm
- akár 0,05 ppm detektálási küszöb

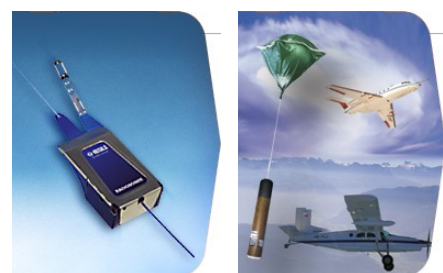


Kapacitás szenzorok

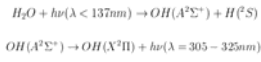
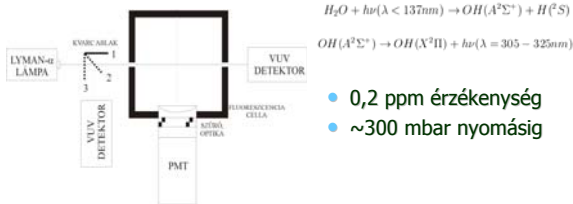
- Al₂O₃
- Al és Au elektródok
- *in-line* mérések
- -110 °C - +80 °C
- gyakori kalibrálás



Rádiószondák



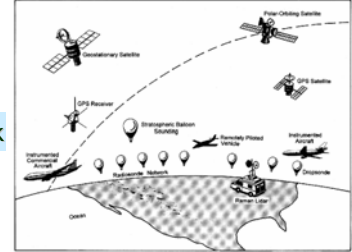
Lyman-alpha higrométer



- 0,2 ppm érzékenység
- ~300 mbar nyomásig

A légkör vízgőztartalmának *in-situ* mérése

- Földi eszközök
- Műholdak
- Ballonok
- Kutató-repülőgépek
- Rádiószondák

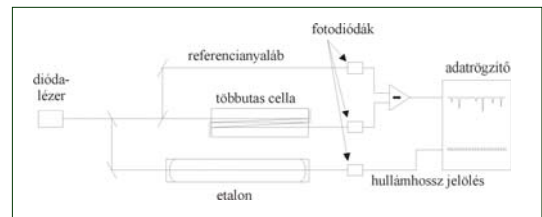


Kutatórepülőgépek

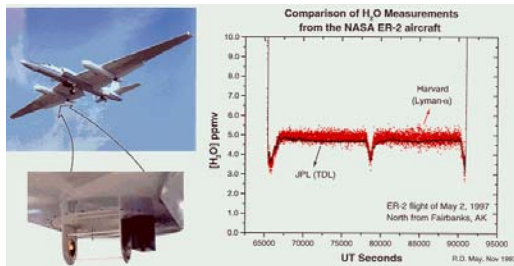


Optikai abszorpciós rendszerek

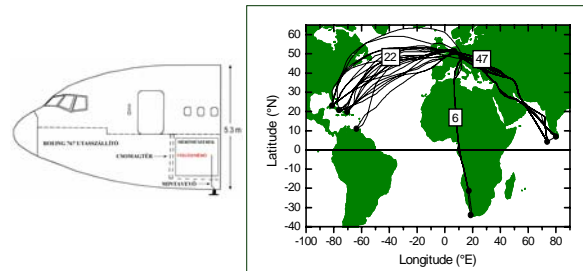
$$\text{Beer-Lambert törvény: } \frac{I_0 - I}{I_0} = \sigma_0 N L$$



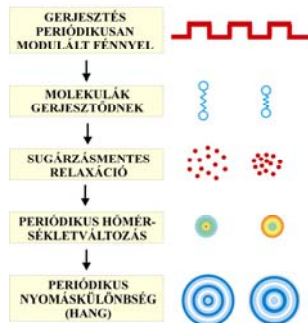
Repülőgépre telepített TDLAS berendezés



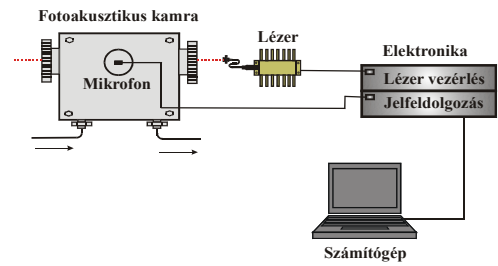
Menetrendszerinti repülőgépek



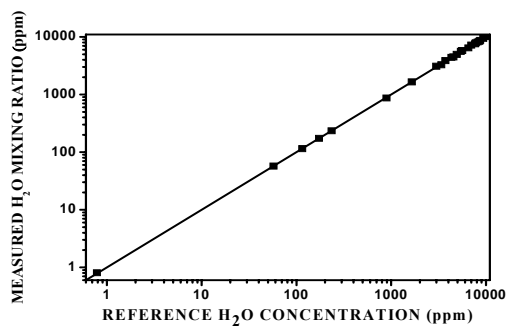
Fotoakusztikus jelkeltés



Fotoakusztikus mérőrendszer



Kalibráció



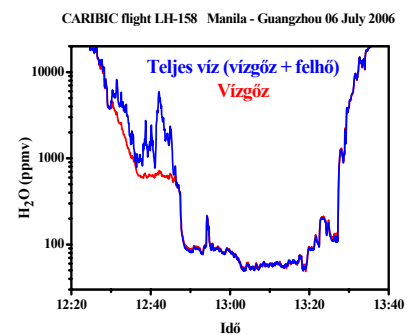
CARIBIC – fotoakusztikus mérőberendezés



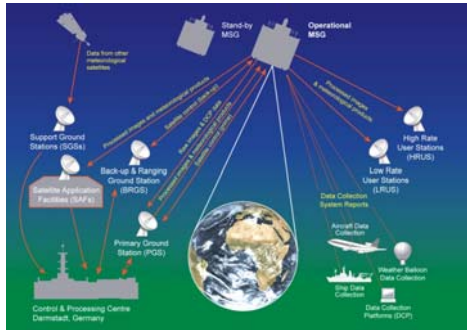
CARIBIC – fotoakusztikus mérőberendezés



CARIBIC – mérési eredmények



A légekori mérések jövője



Éghajlati modellezés

- Minden platform mérése szükséges
- Közös adatbázis
- Modellek tökéletesítése

