

# Nyitott fotoakusztikus kamra alkalmazása vízgőz fluxus mérésére

***Bozóki Zoltán, Horváth László, Huszár Helga***

SZTE, TTIK, Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék  
ELKH-SZTE Fotoakusztikus Környezetifolyamat-megfigyelési kutatócsoport

***Nagy Zoltán, Pintér Krisztina***

MATE, Növénytermesztési-tudományok Intézet, Növényélettan és Növényökológia Tanszék  
ELKH-MATE Agroökológiai Kutatócsoport

***Torma Péter***

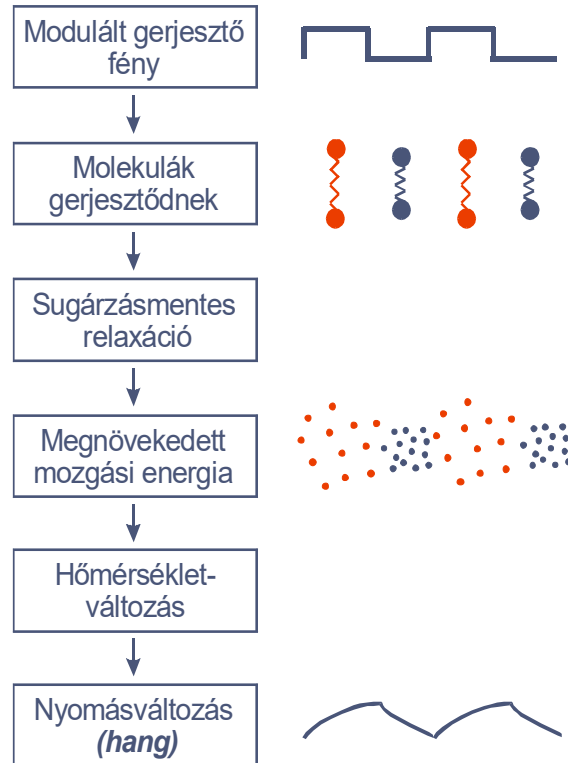
Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, BME, ÉMK, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék

***Weidinger Tamás***

ELTE, TTK, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék



# A fotoakusztikus jelenség





**A CARIBIC konténer**  
Egy automatikus laboratórium egy utasszállító csomagterében  
Súly: 1,5 tonna  
Repülési gyakoriság: 1 hónap

**Airbus  
A 340-600**

D-AIHE



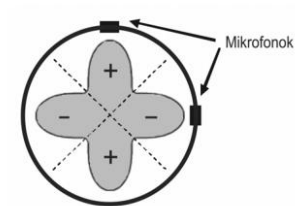
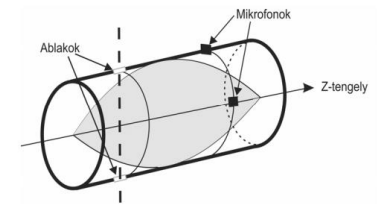
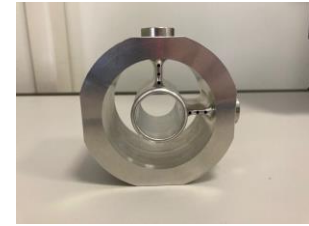
**Mintavevő  
egység**



# Fotoakusztikus módszer nyitott kamra alkalmazásával

## Előnyei:

- Izokinetikus körülmények
- In situ mérés, nincs mintavétel
- Gyors válaszüidő
- 12 kHz rezonancia frekvenciára optimalizált geometria



# Vízgőz fluxus összehasonlító mérések

## Cél és módszer

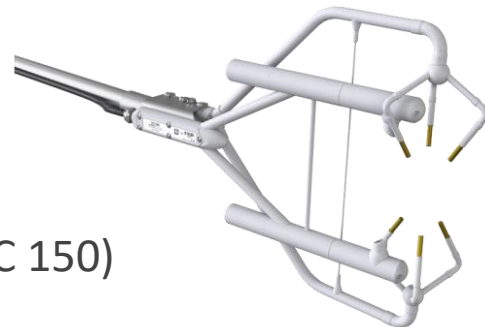
Nagy frekvenciás fotoakusztikus vízgőz *koncentráció* szenzor  
kombinálása ultrahang anemométerrel



### vízgőz fluxus mérése

Referencia műszer: örvény-kovariancia (EC) műszeregység:

- nyílt utas infravörös gáz ( $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ ) analizátor (Campbell EC 150)
- ultrahang anemometer (Campbell CSAT3)



# A fluxus számítása

Szélesség és a vízgőzsűrűség fluktuációjának kovarianciájából

$$F = - (\overline{w'c'})$$

- a nagy frekvenciájú jelek kovarianciájának maximalizálása a jelek egymáshoz képesti időbeli eltolásával
- EC esetében ez biztosított, mivel a két szenzor szinkronizálva van

# Örvény kovarianciamérés módszere

Impulzusáram:

$$\rho_a \cdot u_*^2 = \rho_a \cdot (-\overline{u'w'})$$

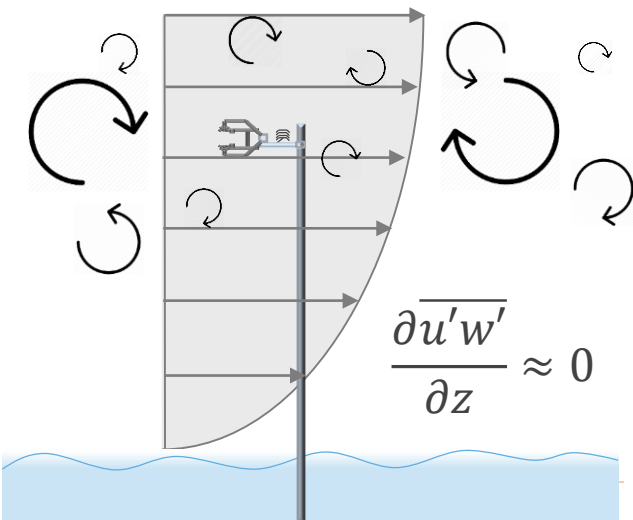
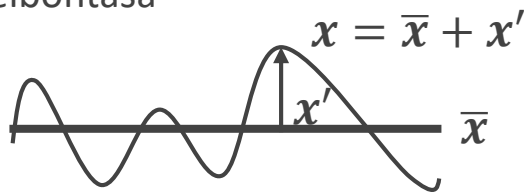
Érzékelhető hőáram:

$$H = \rho_a \cdot c_{pH} \cdot \overline{T'w'}$$

Párolgási hőáram:

$$LE = \rho_a \cdot \lambda \cdot \overline{q'w'}$$

Mért idősor átlagra és  
fluktuációra történő  
felbontása



$t_i$		$u'_i, T'_i, q'_i$
$t_{i+1}$		$u'_{i+1}, T'_{i+1}, q'_{i+1}$

$w$  – függ. szélesség

$u$  – vízsz. szélesség

$T$  – hőmérséklet

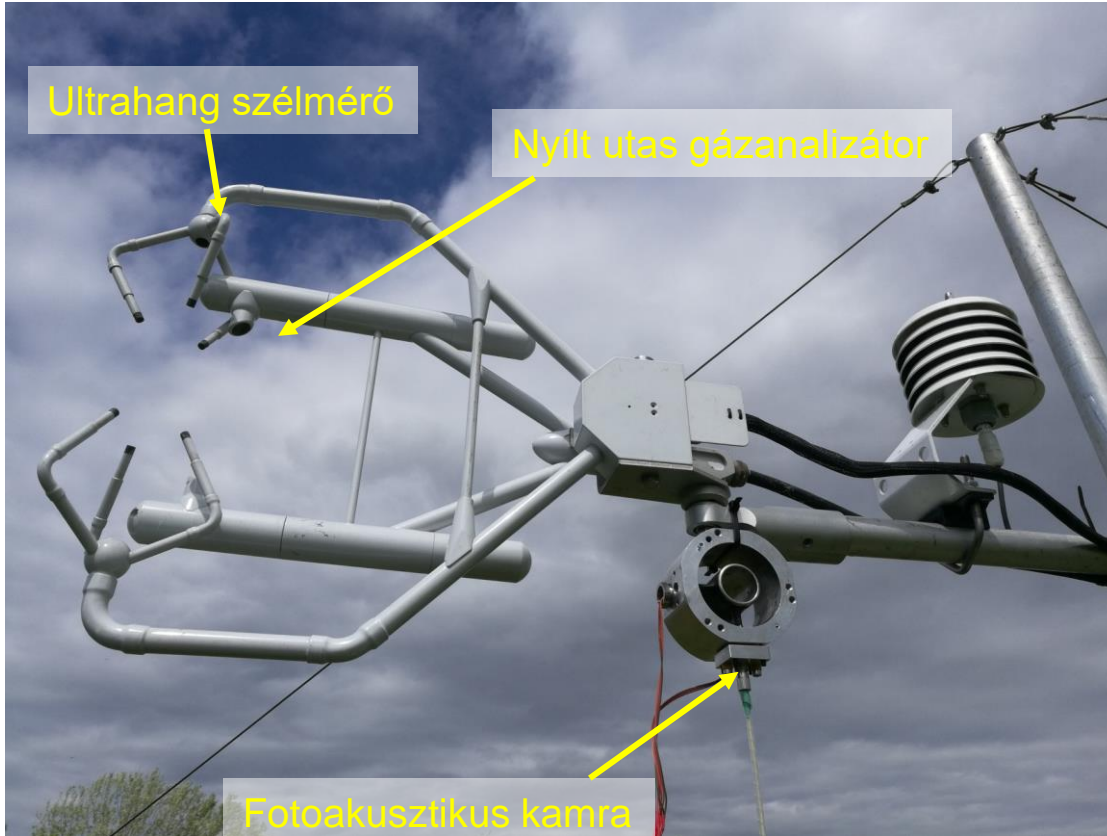
$q$  – vízgőzsűrűség

$\rho_a$  – levegő sűrűsége

$c_{pH}$  – levegő fajhője

$\lambda$  – víz párolgáshője

# A két műszerkombináció együtt



**Klasszikus EC (örvény kovariancia):**

- Nyílt utas gázanalizátor
- Ultraszhang szélmérő

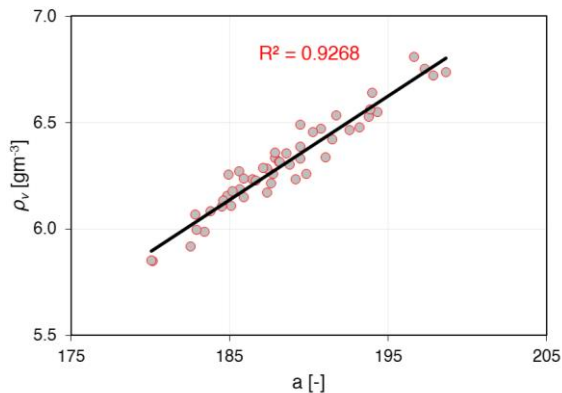
**Új fejlesztés**

- Nyitott kamrás fotoakusztika
- Ultraszhang szélmérő

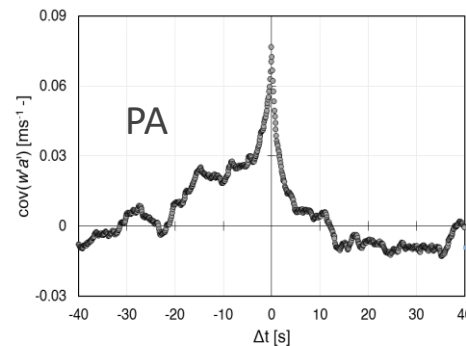
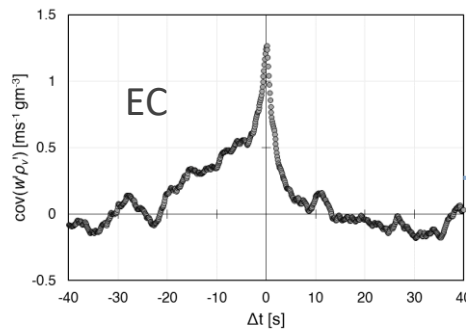


# Kovarianciák és koncentrációk

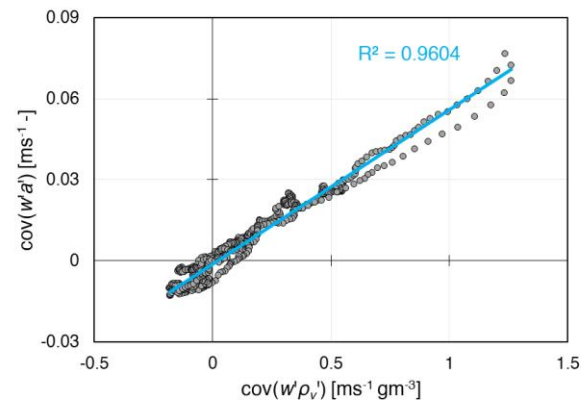
Vízgőzsűrűség vs. fotoakusztikus jel



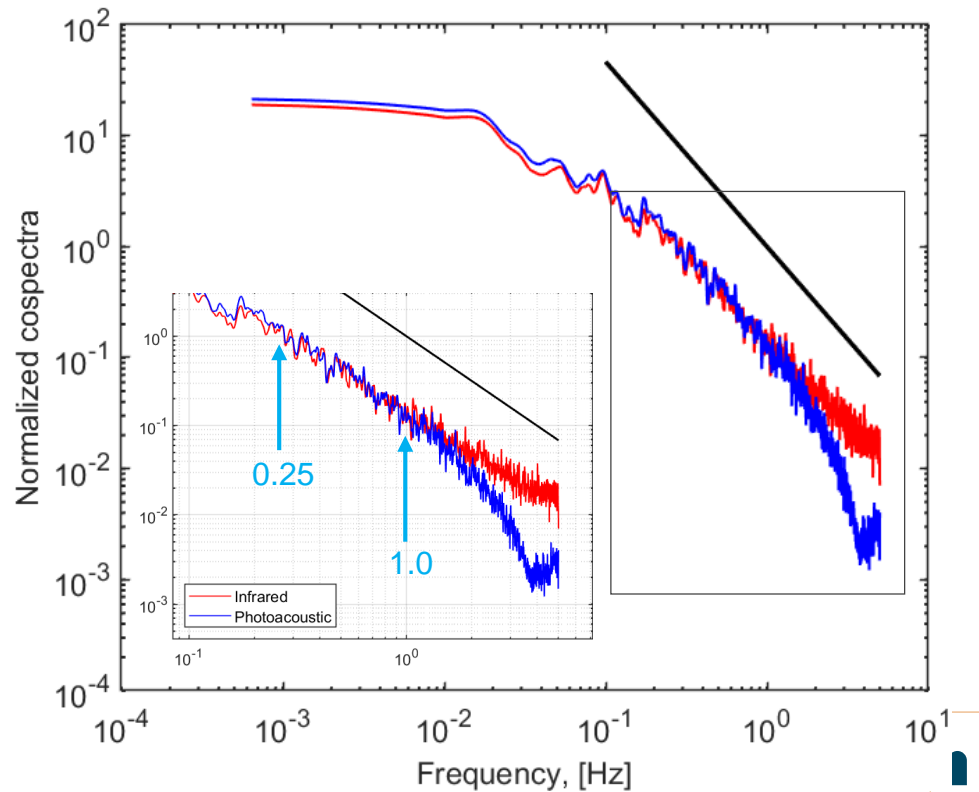
Kovarianciák az időeltolás függvényében



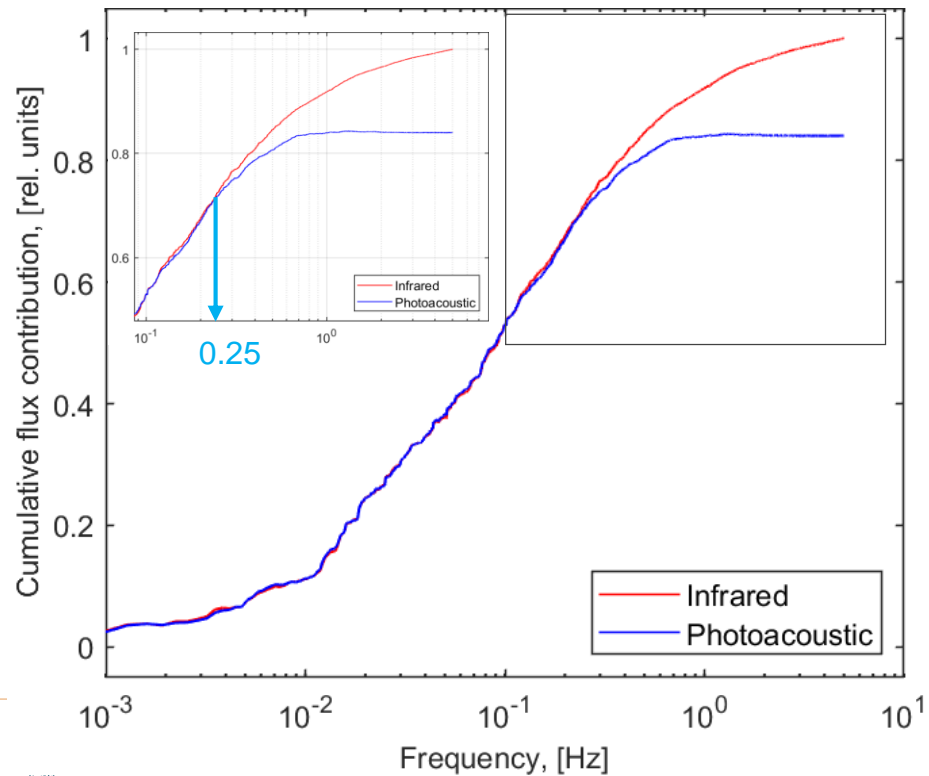
Két műszerkombináció kovarianciáinak kapcsolata



# Frekvenciák hozzájárulása a teljes fluxushoz



**Dampening: 0.84**



# Összehasonlítás eredménye

- Szoros egyezés a fluxusok között
- A nyitott PA cella alkalmas a H<sub>2</sub>O fluxus mérésére
- A kovariancia idősorok hasonló mintázatot mutatnak

De: nagyobb frekvenciákon a fluxus némileg alábecsült a PA cella alkalmazásával.

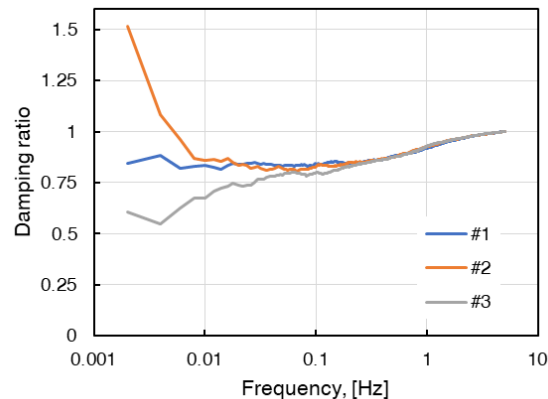
Eltérés lehetséges okai:

- a PA-cella alakja és/vagy orientációja nem optimális
- az anemométertől való távolság jelentősebb volt, mint az EC150 esetében
- a szinkronizálás kevésbé volt pontos

A kapott fluxus adatpárokkal az irodalom alapján létrehozható egy spektrális csillapítási függvény, amely korrekcióra használható.

# Összefoglalás és konklúziók

- Fotoakusztikus-elvű vízgőz koncentráció mérés: nyitott kamra
- Nyitott kamra kombinálása nagy frekvenciás ultrahang szélmérővel: vízgőz **fluxus**
- Lehet találni átviteli/korrekciós függvényt a két műszeregyüttesből kapott kovarianciák (nyers fluxusok) között
  
- De az egyes mérésekhez tartozó „damping ratio” erősen változik.
- Pl. proton-transfer-reaction mass spectrometry esetében a damping factor szélesség függő (Amman et al., 2006).
- Kamra frekvencia szerinti mérési pontosságának vizsgálata



# Összefoglalás és konklúziók

- Valószínűsítjük, hogy lehet találni átviteli/korrekciós függvényt
- Módszertan pl. Amman et al., 2006 (Atmos. Chem. Phys.)
- Szenzibilis hőáram mindig mérve van, felhasználható az átviteli függvényhez
- További terepi mérések októbertől az átviteli függvény részletes vizsgálata és felállítása érdekében
- Feltételezett hatótényezők:
  - szélesség és -irány
  - stabilitási állapot
  - kamra irányultság



# Alkalmazási lehetőség: vízgőzprofil mérése a Balaton fölött

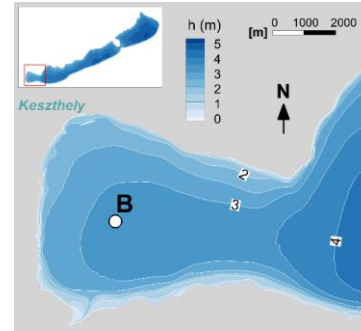
A fotoakusztikus nyitott kamra  
kis méretű, kis fogyasztású

Kis méretű ultrahang  
anemométerek elérhetőek

Drónra telepíthető



3D-s fluxus-mezők mérése



A felszín turbulens cserefolyamatok javarészt pontszerűen mérhetők  
Ilyen a párolgás, a Balaton vízmérlegében a legnagyobb veszteség



A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE

Az MTA programsorozata



# KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

[mta.hu](http://mta.hu)

És a támogatást: NKFIH-OTKA-K-138176

