



# Mezo- és mikrometeorológia oktatása az ELTE Meteorológus MSc képzésében



WEIDINGER Tamás<sup>1</sup>, TASNÁDI Péter<sup>1</sup>, HORVÁTH Ákos<sup>2</sup>, ÁCS Ferenc<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ELTE Meteorológiai Tanszék, <sup>2</sup>Országos Meteorológiai Szolgálat

## Bevezetés

Hazánkban egyedül az ELTE-n folyik Meteorológus MSc képzés.

A skálafüggő légköri folyamatok leírásában – már csak energetikai szempontból is – alapvető fontosságú a felszín-bioszféra-légkör rendszerben lejátszódó tulajdonság (anyag, impulzus, energia) szállítás megértése. Ez befolyásolja a határréteg folyamatait, így hatással van a mezoskálájú jelenségekre is.

A mezoskálájú és a nagyskálájú folyamatok közötti kölcsönhatásrendszer fontosságát nem kell külön részletezni.

A légköri folyamatok i) energia-spektrumának megértése ii) a turbulencia leírása, iii) az instabilitások elmélete egységes szemléletmódot, az elméleti meteorológiai tárgyak egymásra épülését követeli.

## Oktatási Szerkezet

Az egyetemi oktatás 3 szintű: BSc (3 év), MSc (2 év), PhD képzés (2 + 2 év).

A matematikai, informatikai, és fizikai alapokat a BSc adja.

A Dinamikus meteorológia (4 félév) és a Folyadékmechanika (1 félév), illetve a Szinoptikus meteorológia (2 + 2 félév) döntően a szinoptikus skálájú folyamatokra koncentrálnak.

Külön tárgyként szerepel a Mezo- és mikrometeorológia és a Felszín-légkör kölcsönhatások. Választható a Mikrometeorológia és a Határréteg-meteorológia. Ezek megfelelői, illetve a nyomanyag-üledés modellezése szerepel a PhD képzésben is.

## Előnyök és ...

- Alapszinten: Földtudományi alapszak meteorológiai szakiránnyal.
- Mesterszinten két szakirány: Klimatológia és Előrejelzés.
- Az önálló meteorológus szak hasznos, de a BSc képzés nem használható önállóan.
- A többi egyetem BSc szakjainál elméletileg erősebb a képzés, de az alapozást kettévágja ...
- A diplomamunka hangsúlyosabb szerepet kap, mint korábban.

## Külföldi kitekintés

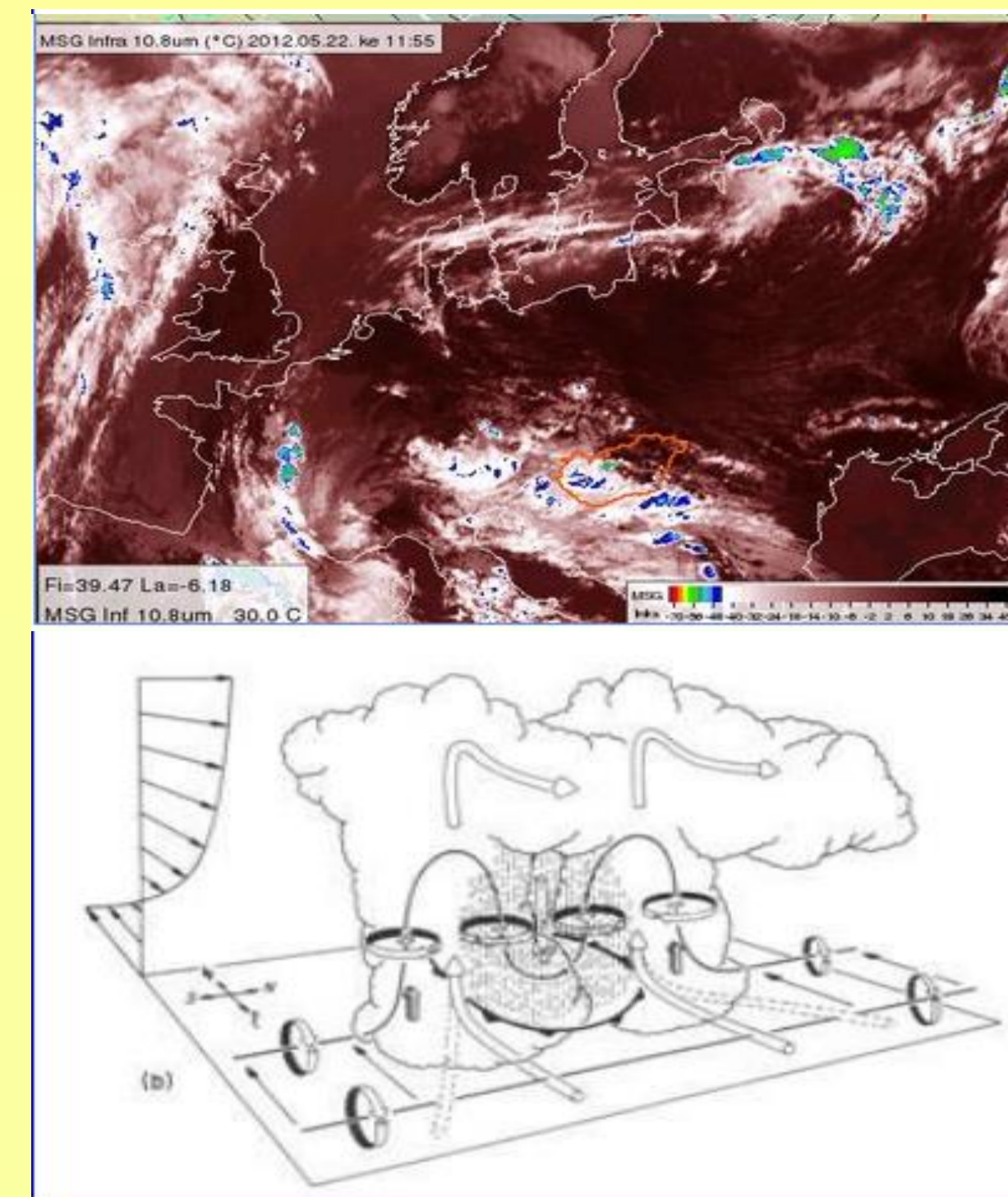
- Az oktatás szerkezetében (tantárgyak, tematikák) több a hasonlóság mint a különbözőség más egyetemekkel összehasonlítva.
- A hallgatók aktivitásában (beadandó dolgozatok, évközi vizsgák, otthoni gyakorlati feladatok), illetve a mérési gyakorlatok terén (műszerzettség, terepi mérések, adatfeldolgozás) van még mit fejlesztenünk ...

Lectures	Title
L-I	Introduction to micrometeorology
L-II	Energy budget near the surface
L-III	Radiation balance near the surface
L-IV	Soil temperature and heat transfer
L-V	Field Class Project and visit to micrometeorological sites
L-VI	Air temperature and humidity in the Boundary Layer
L-VII	Wind distribution in the Boundary Layer
L-VIII	Fundamentals of Turbulence
L-IX	Turbulent Fluxes and Deposition
L-X	Viscous Flow
L-XI	Near-Neutral Boundary Layers and Thermally Stratified Surface Layer
L-XII	Stratified and Non-Homogeneous Boundary Layers
L-XIII	Evaporation and Transpiration
L-XIV	Advance Instrumentation for Micrometeorology

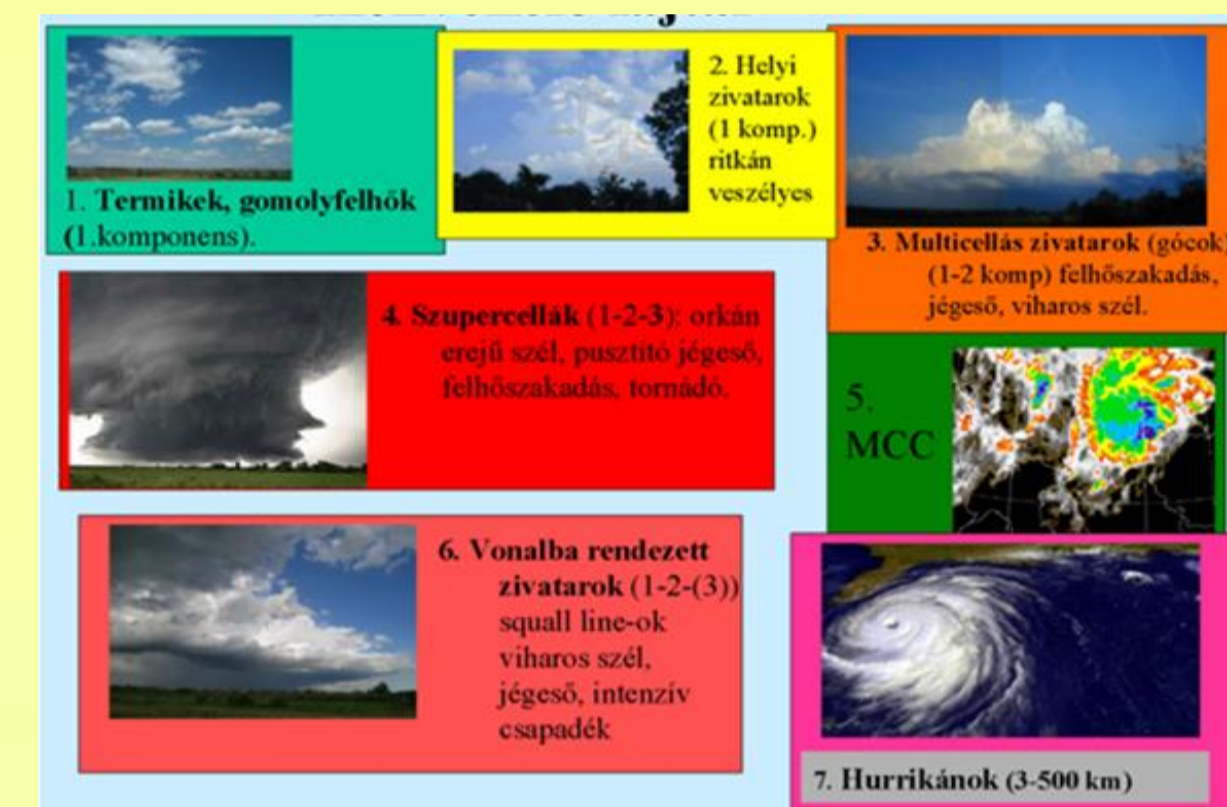
És Alaszkában hogy csinálják? (Micrometeorology, Univ. Fairbanks)

## Dinamikus és Szinoptikus Meteorológiai alapok

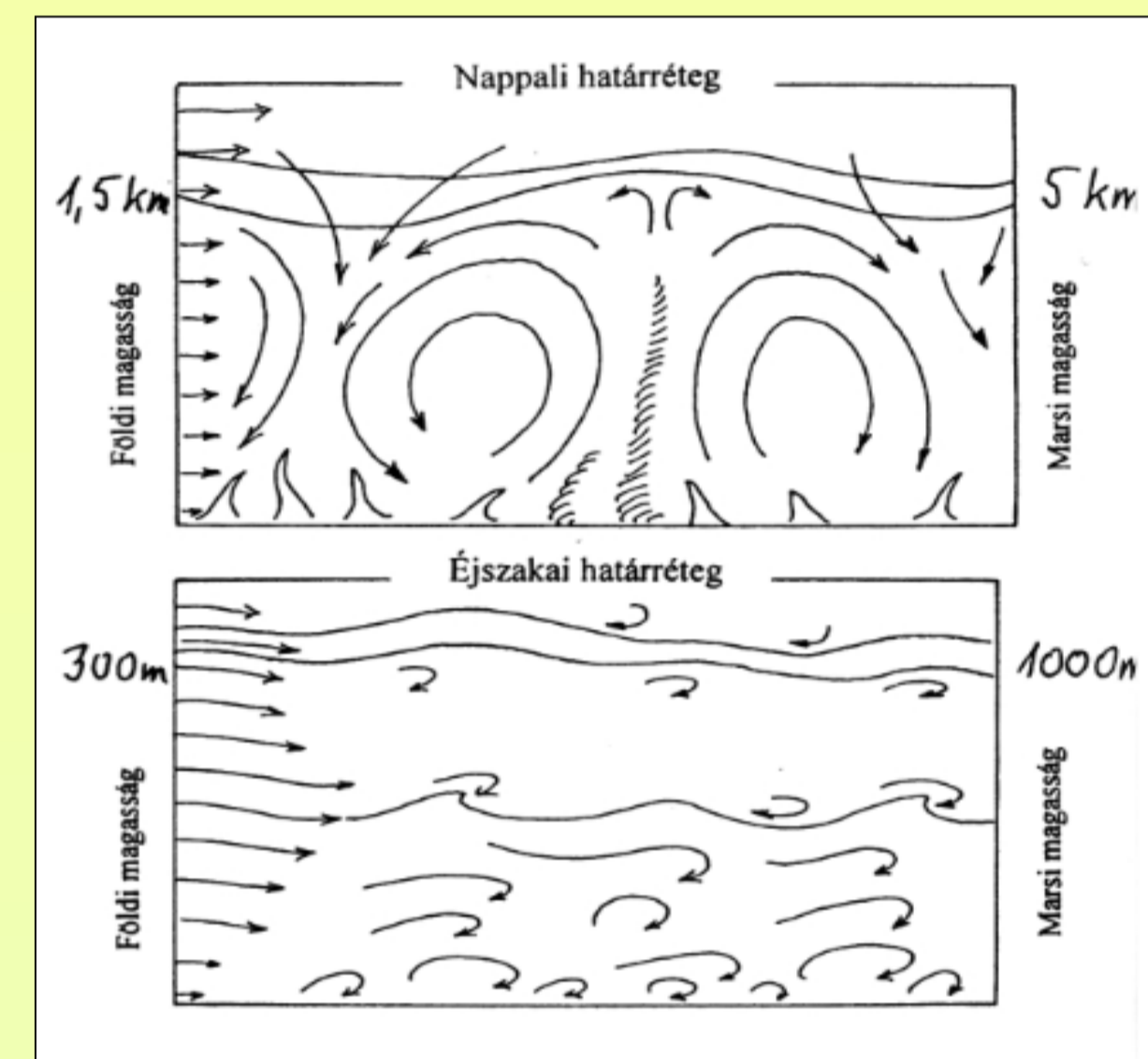
- A meteorológia fizikai alapjai: Mit jelent, hogy a meteorológia kísérleti tudomány? Hogyan adódnak a fizikai alaptörvényekből a légkör kormányzó egyenletei?
- Dinamikus meteorológia: elméleti alapok egyszerűsítő feltételek mellett.
- Szinoptikus meteorológia: szemléletes kép, konceptuális modellek.
- A hidro-termodinamikai egyenletrendszer különböző egyszerűsítésekkel más és más formában írható fel az egyes skálákon: kvázigeosztrofia – szinoptikus skála, átlagolt egyenletek, lezárási hipotézisek, turbulens áramok – mezo- és mikroskála).
- Centrális szerepet játszik az örvényességi egyenlet a mikroskálától a szinoptikus skáláig. Az intenzív állapotjelzők lokálisan értelmezettek. (Légköri termodinamika!)
- A kvázigeosztrofikus modellből származtatható omega- és tendenciaegyenlet közvetlenül alkalmas a szinoptikus folyamatok értelmezésére. Fontos szerep jut a Q-vektornak és az instabilitások leírásának is.
- A két tárgyat a konceptuális modellek és azok fizikai értelmezése kapcsolja össze, ami az adatasszimilációs módszerekkel együtt megalapozza a numerikus modellezést.



Mire jó az örvényességi egyenlet?



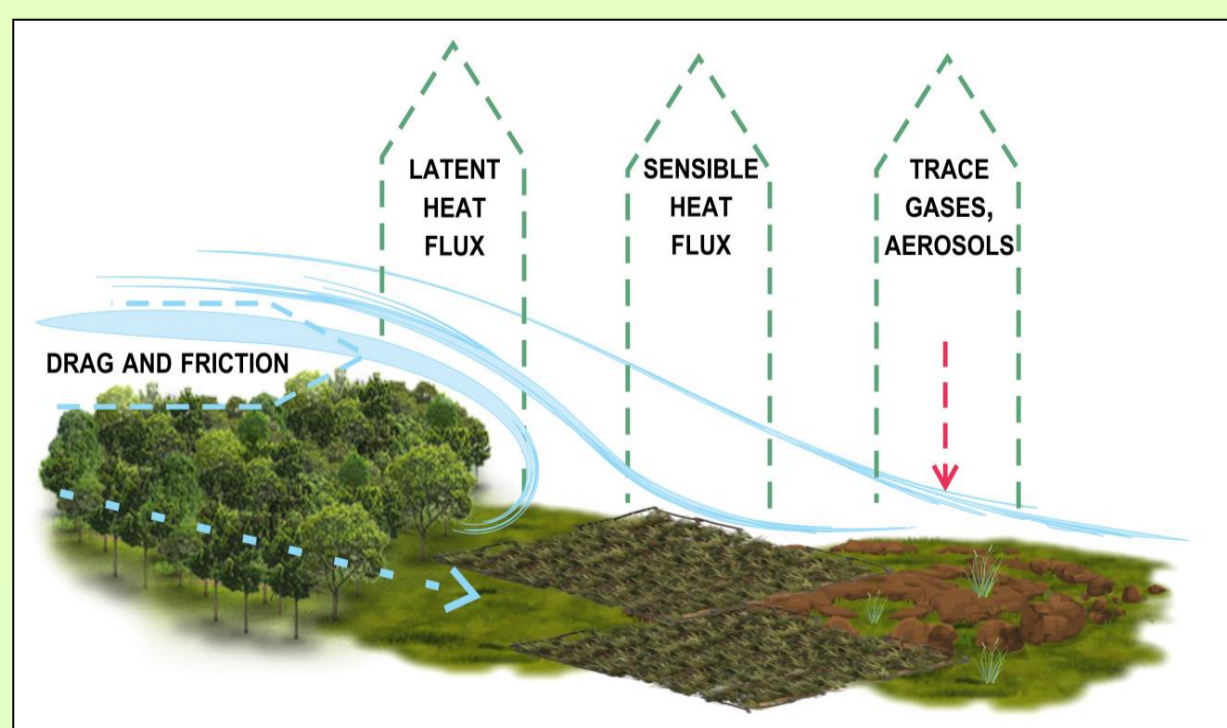
A légköri konvekció fajtái.



Mitől planetáris a határréteg? Marsi analógiák.



Terepgyakorlaton gyakor és ma.



Turbulens áramok modellezése különböző ökoszisztémák felett.

## Mezometeorológia

### A mezometeorológia helye a meteorológiában

- A mezo-skála (MSK) fogalma.
  - Az MSK meteorológiai rendszerek nagyságrendi analízise,
  - MSK mérőhálózatok, a mérések reprezentativitása az MSK jelenségekre nézve, MSK objektív analízisek.
  - Az MSK-n előforduló instabilitási formák.
- Mezometeorológiai rendszerek:
  - Az eltérő hőháztartású felszínek keltette cirkulációk: tavi-tengeri cirkuláció, lejtő és hegy-völgyi szelek, városi cirkuláció.
  - Az orográfia keltette cirkulációk: luv és lee hatások, orografikus hullámok, lejtőviharok.
  - A határréteg keltette cirkulációk: inverzióval kapcsolatos jelenségek, éjszakai alacsony szintű jet.
  - Konvektív rendszerek: konvektív komponensek, (szabad, kényszer és nyírási konvekció). Termikék, gomolyfelhők, zivatarok, multicellás zivatarok, zivatar rendszerek, szupercellák. Trópusi viharok.
  - Frontrendszerhez kapcsolódó mezo-skálájú cirkulációk, a jet stream hatása.

### A mezo-skálájú numerikus modellezés alapjai.

## Mikro- és határréteg-meteorológia

- A mikrometeorológia tárgya, felépítése, története.
- A felszínközeli réteg és a planetáris határréteg (PHR) szerkezete, kormányzó egyenletei, lezárási hipotézisek.
- A turbulens áramszámítás módszertana, hasonlósági elmélet.
- Mikrometeorológiai mérések.
- Speciális mikroklimák.
- A mikrometeorológia alkalmazási területei.
- A PHR modellezése, napi menet, profilok, 1D modellek.
- A keveredési rétegvastagság napi menete.
- A numerikus modellekben alkalmazott parametrizációs eljárások.
- PHR folyamatok: városi hősziget, alacsony szintű jet, légszennyezettség-meteorológiai alkalmazások

## Felszín-bioszféra-légkör kölcsönhatások

- A felszín típusok közül a vegetációval borított talaj vizsgálatán van a hangsúly.
- A vegetáció taglalásánál a növényzet visszaverő képességének (albedó) és a gázcsere nyílások (sztómák) működésének a megismerése a cél.
- A talajjal való ismerkedésünk során a sugárzás- (albedó) és a vízátviteli (hidraulikus tulajdonságok) folyamatok megismerésén van a hangsúly.
- A vegetáció és a talaj meteorológiai szempontú megismerése alapján a turbulens átviteli folyamatok (Penman-Monteith-egyenlet, Monin-Obukhov-féle hasonlósági elmélet) és a felszíni hőmérséklet jellemzésének és modellezésének az elsajátítása a cél.
- Ezen modulok elsajátítása során mindig részletesen taglalunk olyan eseteket, amikor a felszínnek a lokális időjárásra és/vagy az éghajlatra gyakorolt hatása lényeges.

## Összefoglalás

A poszter szándékaink szerint bemutatja oktatási elképzeléseinket, melynek alapja, hogy

- a klasszikus szinoptikus és dinamikus meteorológiai ismeretanyag jól ötvözhető kell, hogy legyen a korszerű megfigyelésekkel és a modern numerikus módszerekkel. Mindez szükséges ahhoz, hogy leírjuk a különböző skálájú légköri folyamatokat.
- A meteorológus képzés szerves része a mezo- és mikrometeorológia, amely nélkül nem érthetők a terjedési és energetikai folyamatok, illetve a mozgásrendszerek hierarchiája a globálistól a lokális skáláig.

## Legfontosabb tankönyvek (szerzők):

- Dinamikus meteorológia: Götz, Rákóczi (1981); Práger (1982); Pedlosky (1987); Holton (2012); Jánosi, Tél (2012); Szunyogh (2015)
- Mezoszinoptika: Martin (2006), Horváth (2007), Markowski, Richardson (2010)
- Mikrometeorológia: Sorbjan (1983), Stull (1989); Blackadar (1997); Arya (2001); Ács (2008); Foken (2008); Unger (2012)

Köszönetnyilvánítás: A munkát a GINOP 2.3.2-15-2016-00007 „VOLARE” című projekt „UAS ENVIRON” kiemelt kutatási területe és a Légszennyezettség előrejelző rendszer kifejlesztése légköri víz-aeroszol kölcsönhatások figyelembevételével című GINOP 2.3.2-15-2016-00055 pályázat támogatta.