

ÚJ LEHETŐSÉGEK A FELHŐFIZIKAI MODELLEZÉSBEN – BIN MODELL

Sarkadi Noémi (1), Geresdi István (2)

- (1) PTE TTK Földtudományok Doktori Iskola, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6.
(2) PTE Földrajzi Intézet, Földtani és Meteorológiai Tanszék, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6.
e-mail: sarkadin@gamma.ttk.pte.hu

Bevezetés

A felhőkben lejátszódó folyamatok az időjárás és az éghajlat alakulására is komoly hatással vannak. A felhőkben lejátszódó folyamatok vizsgálatának egyik lehetséges módja a numerikus modellezés. Az elmúlt évtizedekben a számítástechnika fejlődésével újabb lehetőségek nyíltak meg a mikrofizikai folyamatok modellezésében.

A meteorológiai gyakorlatban alkalmazott modellek többsége az ún. bulk parametrizációs eljárást alkalmazza, amely számos egyszerűsítés mellett teszi lehetővé a felhőkben lejátszódó folyamatok vizsgálatát, előrejelzését (Thompson et al., 2008).

A numerikus modellezésben fontos szerep jut azonban a részletes mikrofizikai, vagy más néven a bin modellek alkalmazásának. A bin modellek lényege, hogy a felhőelemek kialakulásával kapcsolatban semmilyen előzetes feltevessel nem élünk azok méret szerinti eloszlását illetően. A részletes mikrofizikai modellek alkalmazása igen komoly számítógépes kapacitást igényel. Emiatt alkalmazásuk napjainkban csak a kutatás területére korlátozódik, azonban segítségükkel lehetőség nyílik az operatíván használt modellek fejlesztésére.

A következőkben rövid áttekintést adunk a részletes mikrofizikai modellről, amelyet néhány példával kívánunk illusztrálni. Ezt követően a kutatás további irányairól olvashatnak.

Részletes mikrofizikai modell

A felhők kialakulásának modellezése során nem csupán a felhő- és csapadékelemek létrejöttében szerepet játszó mikrofizikai folyamatok figyelembe vételére van szükség, hanem a légköri áramlásokat leíró hidrotermodinamikai egyenletrendszer megoldása is szükséges (Geresdi, 2004). Az egymással szoros kölcsönhatásban álló folyamatok és a széles méret- és időskála miatt az előrejelzési feladat komplexitása megkérdőjelezhetetlen. Jelen keretek között nem áll módunkban minden terület részleteiben menő tárgyalása, így a továbbiakban csak a mikrofizikai folyamatok leírásában alkalmazott bin modell rövid bemutatásával foglalkozunk.

A részletes mikrofizikai modellezés során a következő folyamatokat vesszük figyelembe:

- Halmazállapot-változások (kondenzáció, olvadás, stb.)
- Ütközések
- Növekedési folyamatok (összeolvadás, stb.)

A kutatás során alkalmazott modellben a következő részecske típusokat különböztetjük meg: vízcseppek, jégkristályok, hópolyhek, valamint hódara. A részecskék méret szerinti eloszlását 36 intervallumra osztjuk, és a megmaradási egyenletet minden egyes méret-intervallumra meg kell oldani. A modellben az alábbi prognosztikai változók szerepelnek:

- Részecskék keverési aránya
- Részecskék koncentrációja

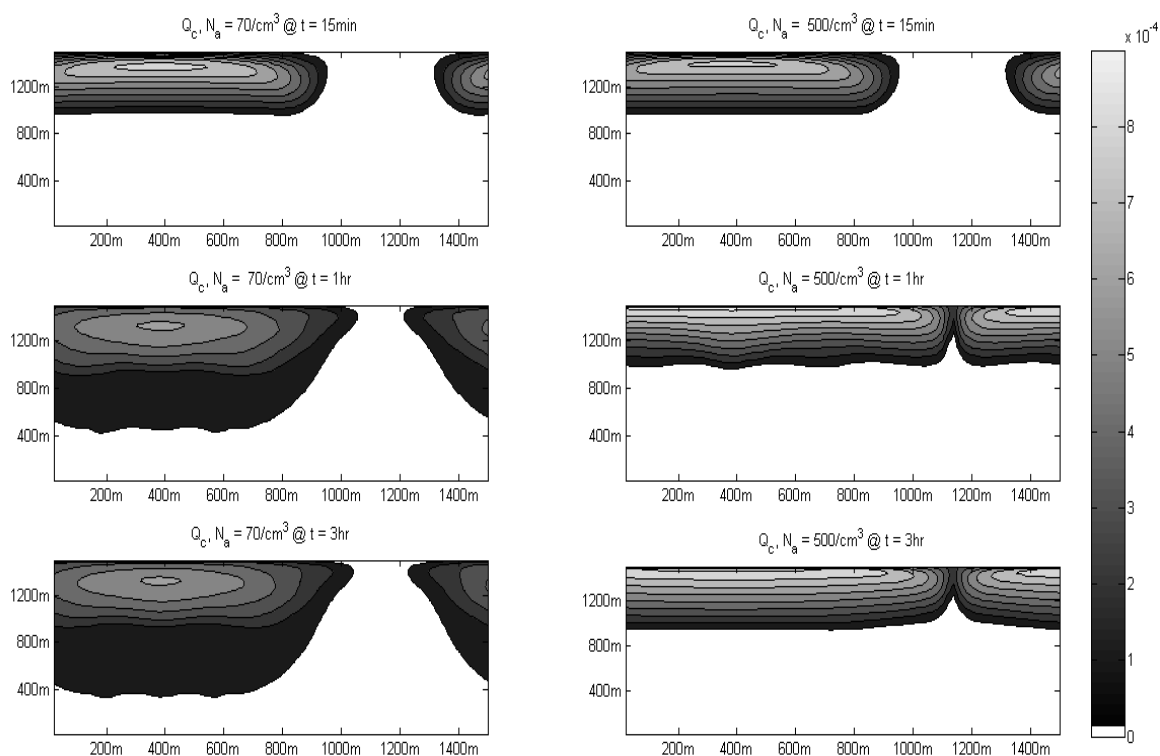
- Az olvadó hópelyhek és a hódara esetében a megolvadt víz mennyisége
- A hópelyhek esetében az összegyűjtött (zúzmarásodás) túlhűlt vízcseppek tömege

Részletes mikrofizikai modellezés esettanulmányokon keresztül

A fenti modell alkalmazása számos felhőfizikai probléma tanulmányozására, kutatására ad lehetőséget. A teljesség igénye nélkül az alábbiakban álljon itt néhány példa az alkalmazási területekre vonatkozóan.

1. Aeroszol részecske – felhő kölcsönhatás

Az aeroszol részecskék jelentős hatással vannak a felhőkben kialakuló részecskék méret szerinti eloszlására. Koncentrációjuk, méretük és kémiai összetételük meghatározó szerepet játszik a csapadékképződés hatékonyságában, és befolyásolja a felhők optikai jellemzőit. A részletes mikrofizikai modell segítségével vizsgáltuk, hogy az aeroszol részecskék milyen hatással vannak a stratocumulus felhők szerkezetének változására (*1. ábra*).



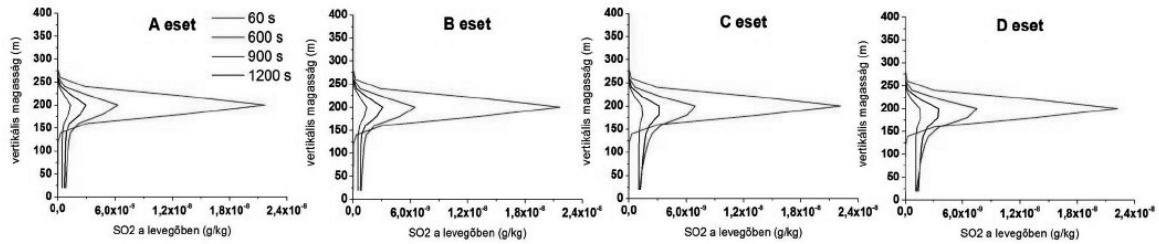
1. ábra: A vízcseppek keverési arányának időbeli változása tiszta (bal oszlop) és szennyezett (jobb oszlop) levegőben. (Forrás: Sarkadi et al., 2013)

2. Csapadékkémiai vizsgálatok

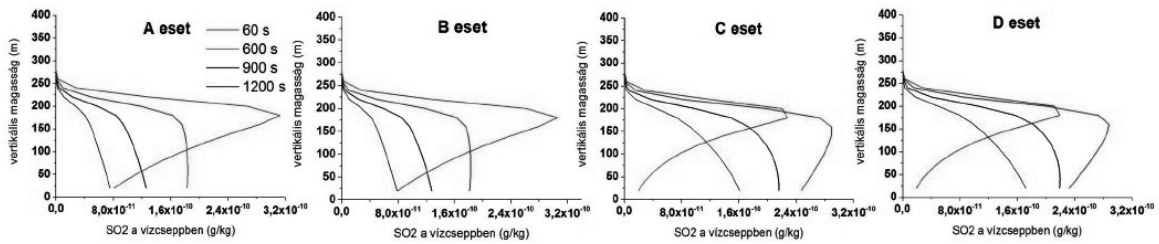
A csapadék kémiai összetételének vizsgálata a XIX. század közepétől kezdve került a meteorológiai kutatások előterébe. A különböző kémiai elemek nagymértékben befolyásolják a kialakuló csapadékelemek savasságát. A savas kémhatású aeroszol részecskék és a létrejövő vízcseppek (*2. ábra*) hatással vannak a látástávolságra, komoly kockázatot jelentenek: az élő- és élettelen világban jelentős károkat okoznak (korrózió, talaj elsavasodása, az ivóvíz minőségének romlása, stb.).

SO₂ keverési arány a magasság függvényében

a, levegőben



b, vízcseppekben

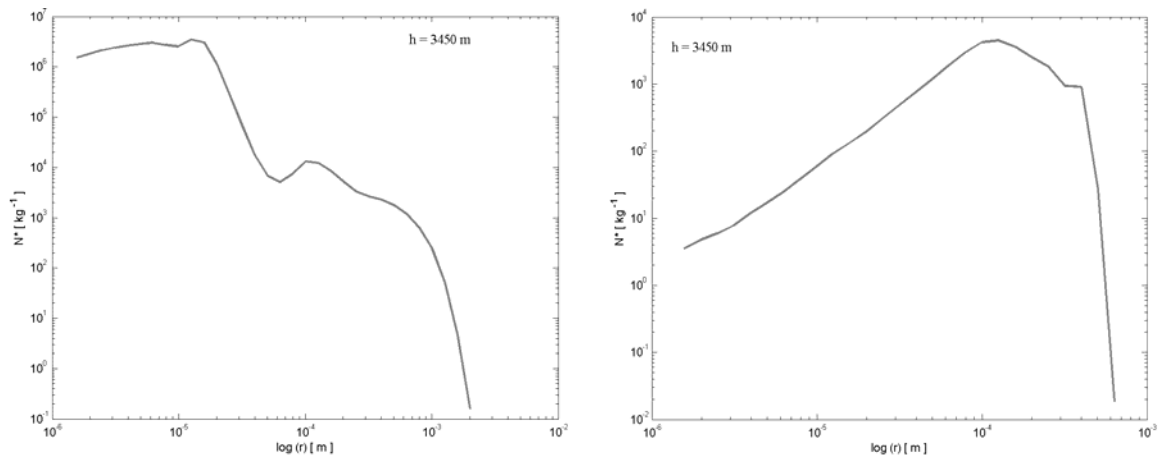


2. ábra: A légköri SO₂ koncentrációjának (a) és a vízcseppekben elnyelt SO₂ koncentrációjának (b) időbeli változása négy különböző esetben. (Forrás: Schmeller, 2013)

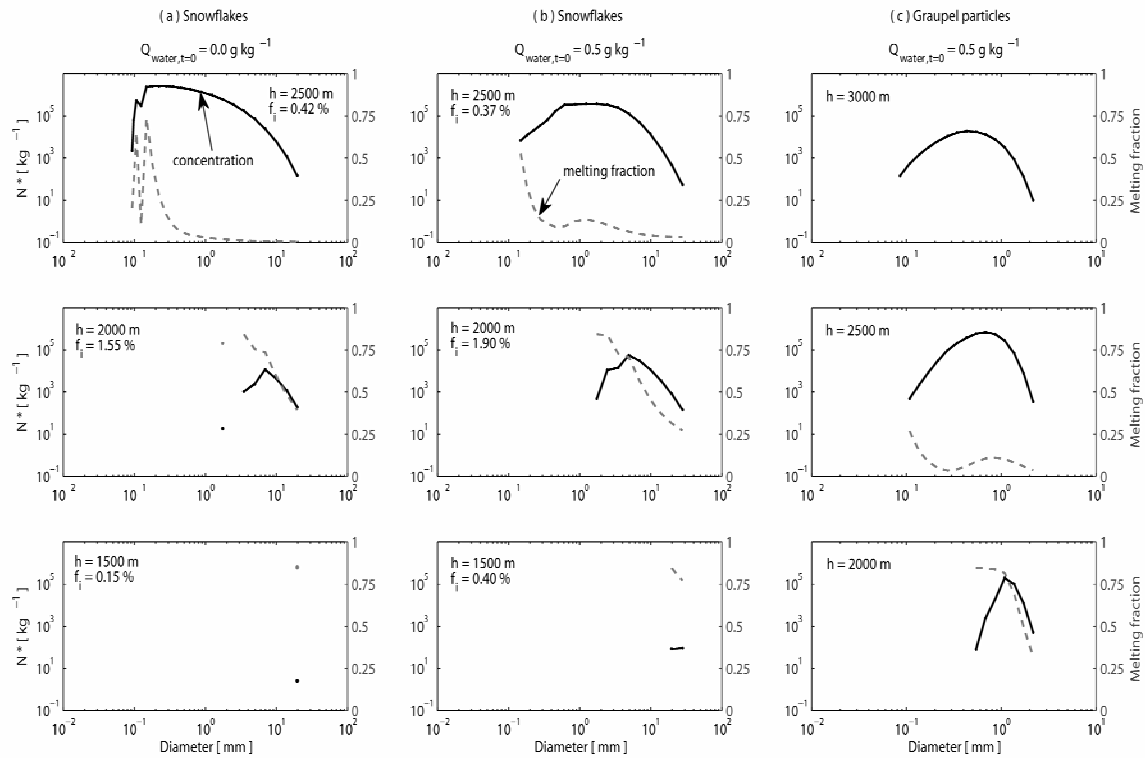
3. Csapadékképződés modellezése

A felhőkben lejátszódó mikrofizikai folyamatok szoros kölcsönhatásban állnak a felhők mozgását meghatározó dinamikai folyamatokkal. A széles méret- és időskálán lejároló folyamatok miatt a csapadék halmazállapotának előrejelzése sok esetben csak igen nagy bizonytalansággal oldható meg.

A szilárd halmazállapotú csapadékelemek olvadásának vizsgálata több szempontból is komoly érdeklődésre tarthat számot. Egyrészt a jégrészecskék és hókristályok változatos morfológiája és anyagi tulajdonságai (sűrűség – határsebesség változása) csak egyszerűsítések alkalmazásával írhatók le. Másrészt a keletkező vízcseppek méret szerinti eloszlása (3. és 4. ábra) jelentős hatással van a zivatarfelhők közelében a felszínen kialakuló cold pool-okkal. Emellett kiemelkedő fontossággal bírnak a hazánkban is jelentős károkat okozó ónos eső kialakulásával kapcsolatban (Geresdi et al., 2014).



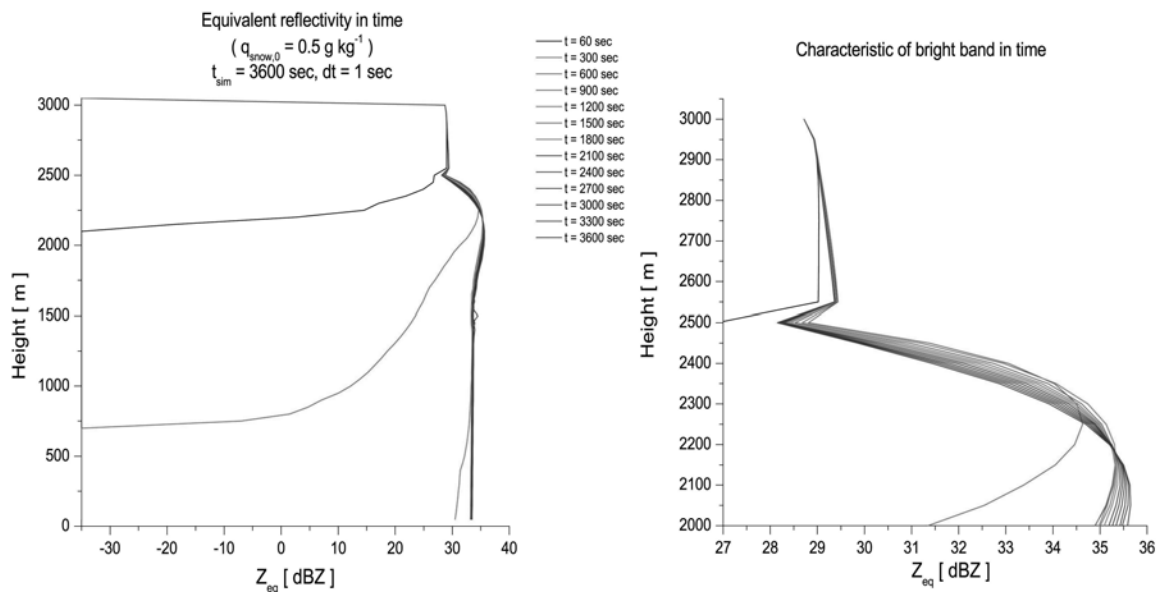
3. ábra: Vízcseppek méret szerinti eloszlása egy squall line esetében a konvektív (bal oldalon) és sztratiform (jobb oldalon) régióban.



4. ábra: Hókrisztályok és graupel részecskék méret szerinti eloszlásának magasság szerinti változása, különböző kezdeti vízcsepp keverési arány mellett.

4. Radar reflektivitás paraméterek kiszámítása

Az előrejelzések, és veszélyjelzések kiadása során vitathatatlanul komoly szerep jut a radarok által mért adatoknak. A részletes mikrofizikai modellhez csatoltan kidolgoztunk egy olyan eljárást, amely figyelembe veszi – laboratóriumi mérésekkel összhangban –, hogy az olvadás során a jégrészecskék (hókrisztályok, hódara részecskék) felszínén keletkező vékony vízréteg hatására megváltozik a részecskékre vonatkozó visszaszóródási keresztmetszet (5. ábra).



5. ábra: Ekvivalens reflektivitás értékei. A kezdeti hókrisztály keverési arány: 0,5 g/kg.

Eredmények összefoglalása, további kutatási irányok

A részletes mikrofizikai modell alkalmazása a számítási kapacitás igénye miatt jelenleg operatíván nem lehetséges, azonban kutatási szempontból igen komoly érdeklődésre tarthat számot, hiszen benne a mikrofizikai folyamatok széles skálájának vizsgálata lehetséges. A fentiekben bemutattuk, hogy a tiszta felhőfizikai kutatások (pl. a felszíni csapadék halmazállapotának előrejelzése) mellett az aeroszol részecskék és a felhők közötti kapcsolat, valamint a csapadék-kémiai kutatásokban is alkalmazható. A részletes mikrofizikai kutatások eredményei felhasználhatóak az operatív modellek fejlesztésére.

A részletes mikrofizikai modell további fejlesztésére a következő terveink vannak: (i) a jégszemek kialakulásának, növekedésének modellezése, ami lehetőséget ad a konvektív csapadék, a jégeső kialakulásának pontosabb előrejelzésére; (ii) a polarizációs radar által mért reflektivitás paraméterek kiszámítására számítógépes algoritmus kidolgozása.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú *Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program* című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Hivatkozások

- Geresdi, I., 2004: *Felhőfizika*. Dialóg Campus Kiadó, Pécs.
- Geresdi, I., Sarkadi, N., Thompson, G., 2014: Effect of the accretion by water drops on the melting of snowflakes. *Atmospheric Research*, 149, 96-110.
- Sarkadi, N., Kereszturi, Cs., Geresdi, I., 2013: A felhőkben lejátszódó mikrofizikai folyamatok modellezése. In.: Dr. Buday-Sántha, A – Danka, S. – Komlósi, É. (szerk.): *Régiók fejlesztése*. Pécsi Tudományegyetem, Carboncomp Számítástechnikai és Nyomdai Kft. 151-162.
- Schmeller, G., 2013: A légköri kén-dioxid kimosódásának modellezése. MSc diplomamunka, PTE TTK, Környezettudományi Intézet.
- Thompson, G., Field, P.R., Rasmussen, R.M., Hall, W.D., 2008: Explicit Forecasts of Winter Precipitation Using an Improved Bulk Microphysics Scheme. Part II: Implementation of a New Snow Parameterization. *Monthly Weather Review*, 136, 5095–5115.