

A KAOTIKUS VISELKEDÉS MEGJELENÉSE AEROSZOL RÉSZECSKÉK LÉGKÖRI SODRÓDÁSÁBAN

Haszpra Tímea¹ és Tél Tamás^{1,2}

¹ MTA–ELTE Elméleti Fizikai Kutatócsoport,
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1./A, E-mail: hatimi@caesar.elte.hu

² Eötvös Loránd Tudományegyetem, Elméleti Fizikai Tanszék
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1./A, E-mail: tel@general.elte.hu

Bevezetés

Az utóbbi időkben egyre nagyobb figyelem fordul a különböző eredetű – például vulkánkitörésből vagy ipari balesetből származó – légtér szennyeződések nyomon követésére, előrejelzésére. A részecskék egyedi követésén alapuló terjedési modellek jól alkalmazhatók egyedi forrásokból kikerülő szennyeződések sodródásának szimulációihoz.

Az előadás röviden ismerteti a valósághű tulajdonságokkal rendelkező aeroszol részecskék trajektóriáit számító RePLaT (Real Particle Lagrangian Trajectory) modell főbb jellemzőit, valamint egy-egy esettanulmányon keresztül bemutatja a modell működését. Mivel a RePLaT „igazi” aeroszol részecskék mozgását írja le, alkalmas a sodródásnak a dinamikai rendszerek szemléletében, a kaotikus viselkedés szempontjából való tanulmányozására is. A sodródási képeken a kaotikus mozgás főbb ismérvei, úgymint a kezdeti feltételekre való érzékenység (kezdetben közeli részecskék pályái gyorsan távolodnak egymástól), az időben szabálytalan mozgás és a szálas, bonyolult, de egyben rendezett (fraktál szerkezetű) geometriai megjelenés jól megfigyelhető.

A RePLaT modell

A RePLaT (Haszpra and Tél, 2013a) valós ρ_p sűrűségű és r sugarú aeroszol részecskék pályáját határozza meg a mozgásegyenletük alapján. A mozgásegyenlet véletlen tagként magában foglalja a rácsfelbontás alatti skálán érvényesülő turbulens diffúzió hatását is:

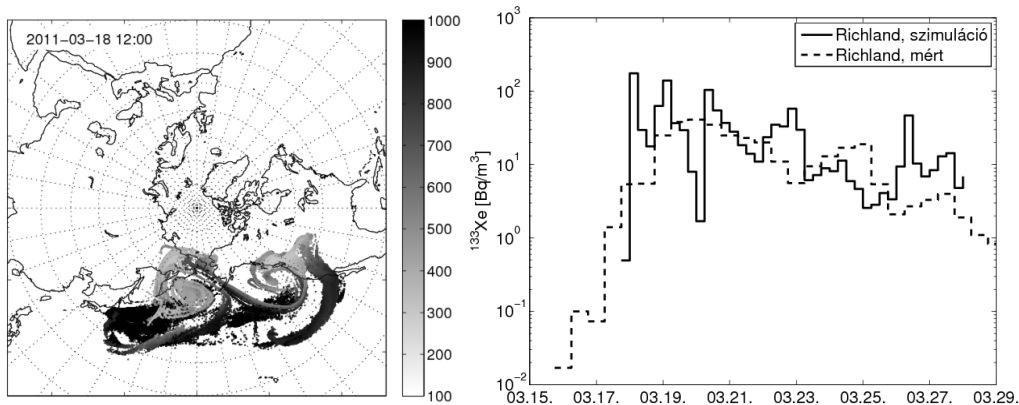
$$\frac{d\mathbf{r}_p}{dt} = \mathbf{v} + w_{\text{term}}\mathbf{n} + \xi \cdot \mathbf{K}, \quad (1)$$

ahol \mathbf{r}_p a részecske helye, \mathbf{v} a szélesség, \mathbf{n} függőleges egységvektor, ξ egy véletlen bolyongási folyamat, \mathbf{K} a turbulens diffúzió és w_{term} a nehézségi erőből adódó határsebesség, amit a kis részecskékre ($r < 50 \mu\text{m}$) érvényes Stokes-törvényből számíthatunk.

A RePLaT modellben a részecskék levegőből való kimosódása egy csapadékintenzitástól függő véletlen folyamatként van jelen a modellben, amelynek során egy részecske bizonyos valószínűséggel egy cseppbe kerül, így sűrűsége és mérete hirtelen megváltozik.

A fukushimai baleset

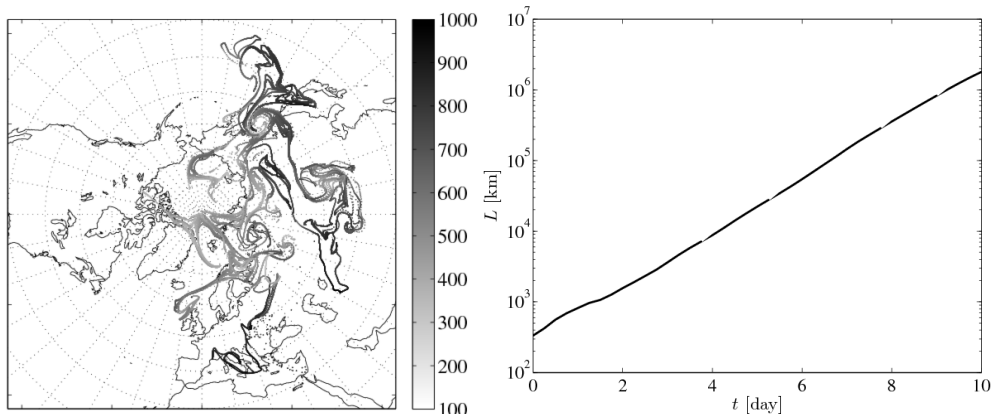
A RePLaT modell megbízhatóságáról a fukushimai atomerőmű 2011-es balesete során kikerülő radioaktív anyagok terjedésének szimulációjával bizonyosodhatunk meg (Haszpra and Tél, 2015). Az 1. ábra bal oldalán a részecskék szépen kirajzolnak két, a Csendes-óceán fölött elhelyezkedő ciklont, amelyek áramlási tartományába bekerülve a részecskék magasabb légrétegekbe is feljutottak (világos szürke tartomány). Az 1. ábra jobb oldala alapján a szimuláció és a mérések között jó egyezés tapasztalható.



1. ábra. Bal: Fukushimából kikerülő, ^{137}Cs -ot hordozó aeroszol részecskék terjedése a légkörben. A színskála a részecskék magasságát jelzi hPa-ban. Jobb: A ^{133}Xe nemesgáz szimulált és mért koncentrációja Richland-ban (USA) (Haszpra and Tél, 2015).

Szennyeződéshők nyúlása

A 2. ábra egy kezdetben mindössze $L(0) = 330$ km hosszú vonaldarab szétterjedését mutatja 10 nap elteltével (jobb oldal). Az ábra bal oldalán jól kitűnik az $L(t)$ hossz időben exponenciális növekedése: $L(t) \sim \exp(ht)$. Itt a h a dinamikai rendszerek elméletében ismert, itt a szennyeződéshők nyúlását jellemző mérőszám¹ (Haszpra and Tél, 2013b). Ez a mennyiség alkalmas a sodródó anyag szétterjedésének intenzitásának számszerűsítésére, így kockázatbecslési szempontból is jól használható. Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy az átlagos nyúlási ráta jól megfigyelhető évszakos és földrajzi eloszlással rendelkezik.



2. ábra. Bal: A K.h. 0° É.sz. 60° -ról induló, kezdetben $L(0) = 330$ km hosszú, $r = 1 \mu\text{m}$ sugarú aeroszol részecskékből álló meridionális vonaldarab sodródási képe 10 nap elteltével. Jobb: Az L hossz időbeli változása (Haszpra and Tél, 2015).

Irodalom

Haszpra, T. and T. Tél, 2013a. Escape rate: a Lagrangian measure of particle deposition from the atmosphere. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 20(5), 867–881.

Haszpra, T. and T. Tél, 2013b: Topological entropy: A Lagrangian measure of the state of the free atmosphere. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 70(12), 4030–4040.

Haszpra, T. and T. Tél, 2015. Individual Particle Based Description of Atmospheric Dispersion: a Dynamical Systems Approach. (elfogadva a *Fluid Dynamics of Climate* c. könyvbe, editor: A. Provenzale).

¹ Ez az ún. topologikus entrópia.