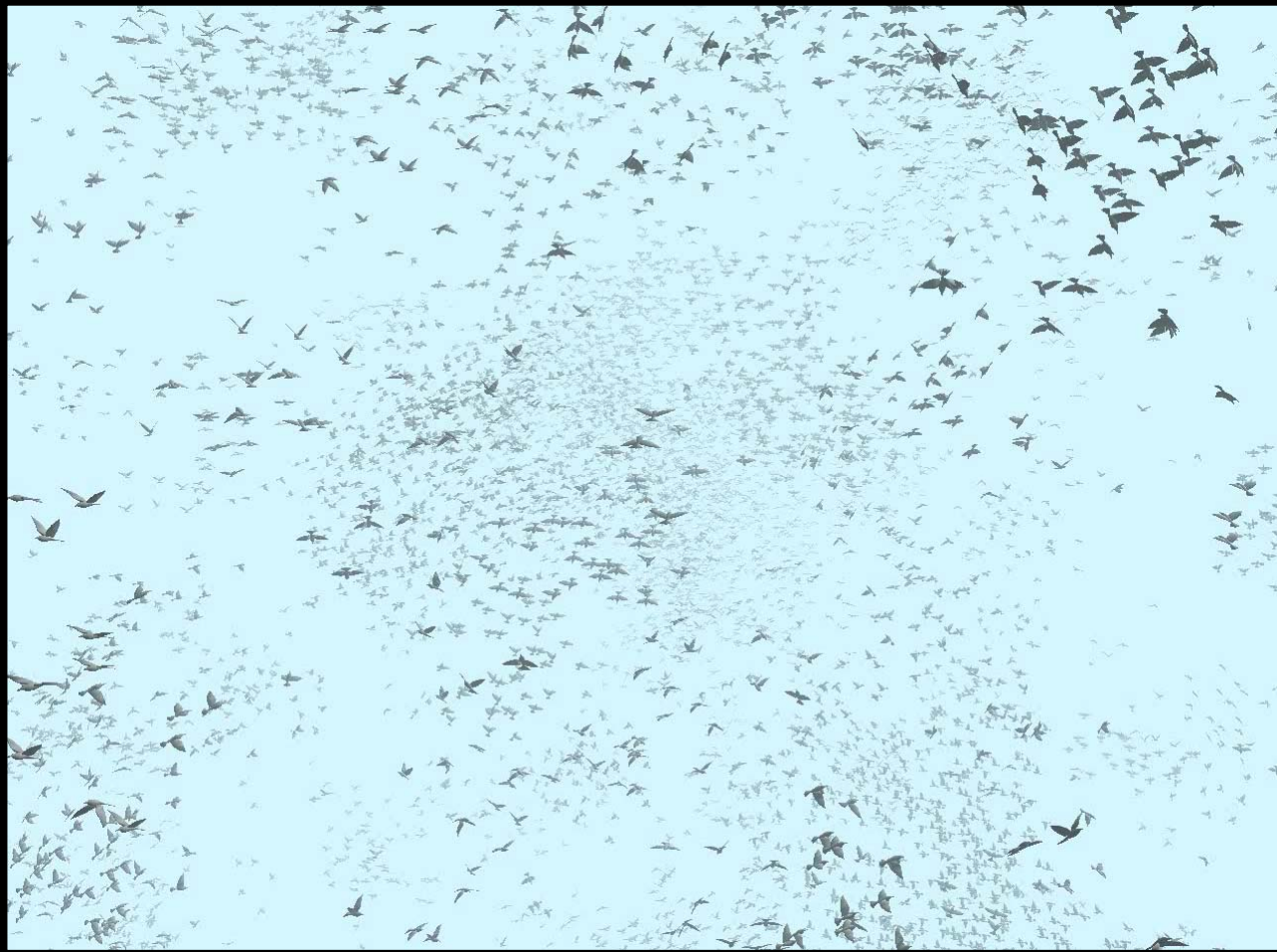




Mit tanulhatunk a madarak csoportos és egyéni repüléséből?

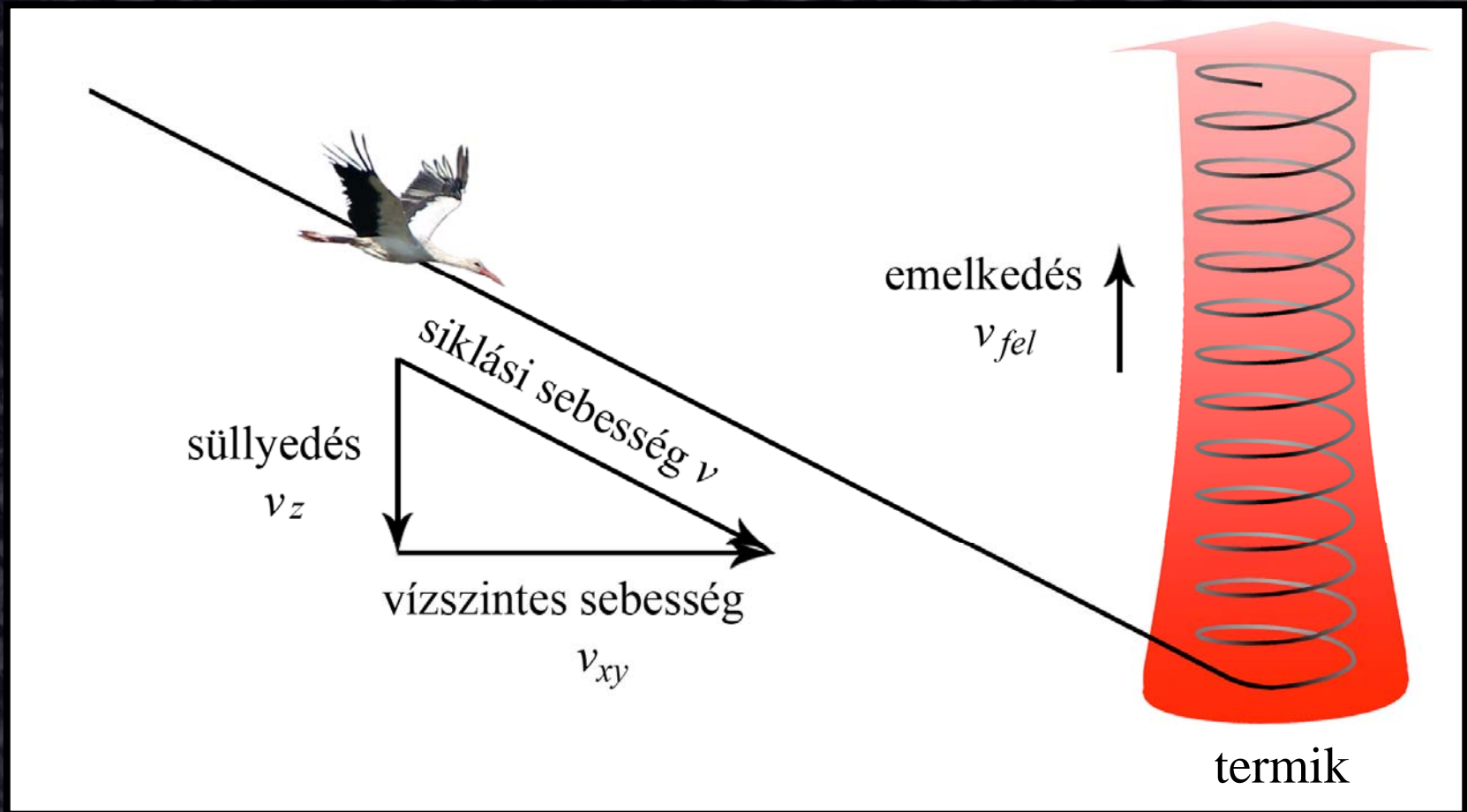
Nagy Máté - ELTE Biológiai Fizika Tanszék



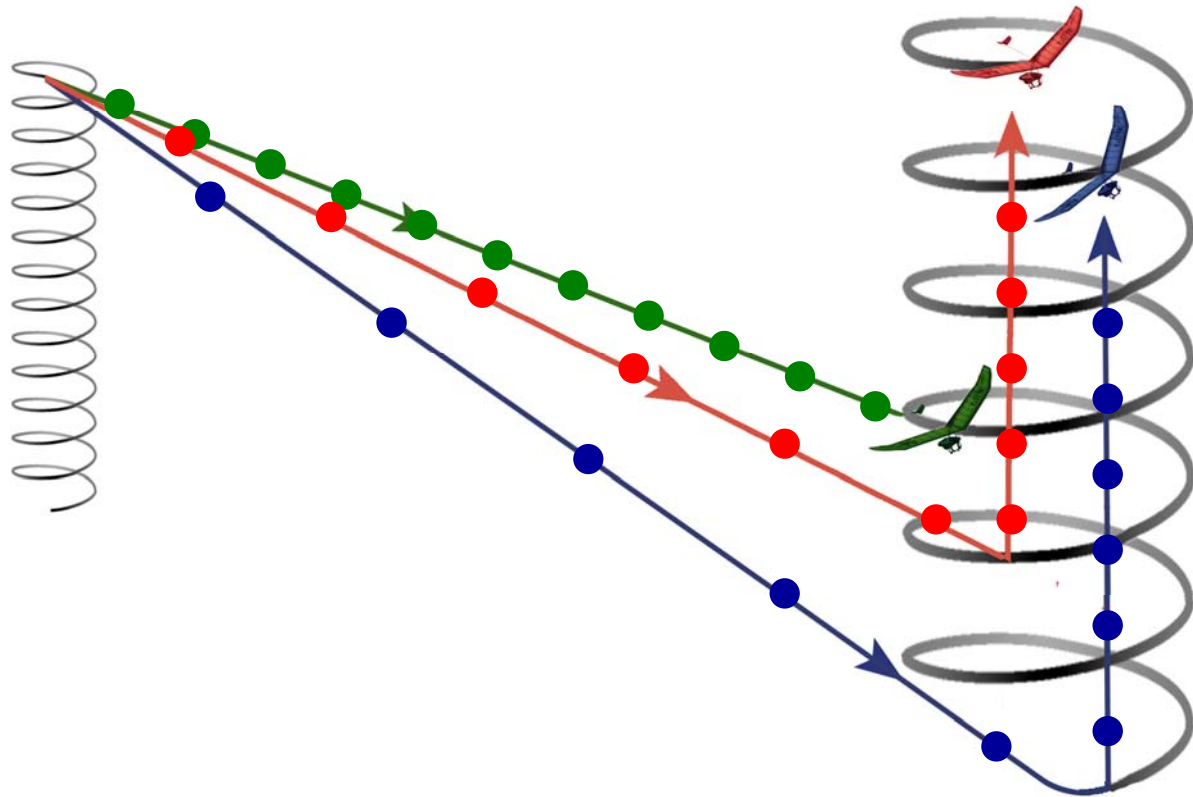
Munkatársak:

Ákos Zsuzsa, Szabó Péter, Vicsek Tamás

Siklórepülés a gyakorlatban

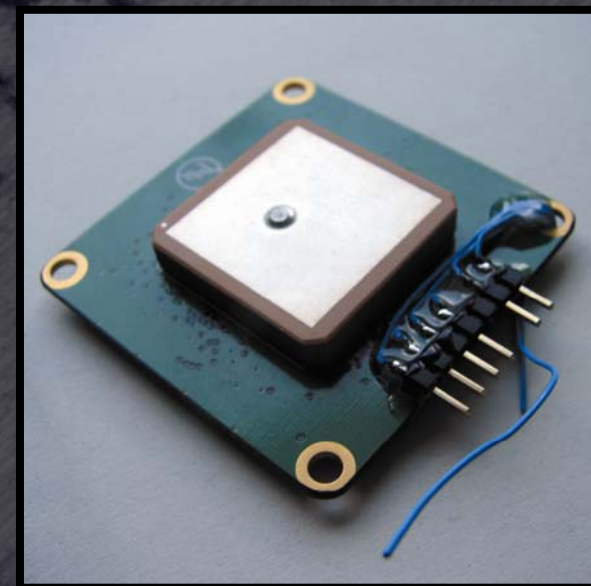


Optimális siklás megválasztása



Vitorlázórepülés összehasonlító elemzése

- Nagy idő és térbeli felbontású GPS pályaadatok alapján
- Saját fejlesztés:
 - CSISZÉR MIKLÓS
 - GPS vevő: Finn. Fastrax, 17g, 24500 adatpont
 - lipoly akumlátor, 11.3g
 - Összsúly: 34 g



Adatgyűjtés I.



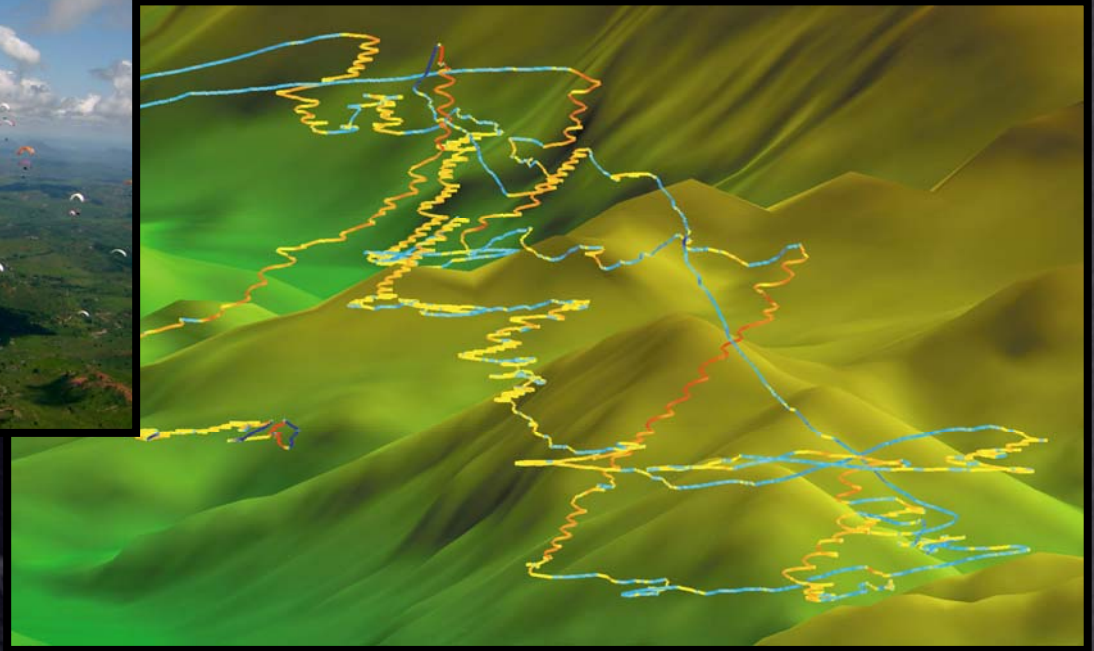
- *Falco Peregrinus*
 - HANKÓ GYÖRGY, Békéscsaba

Adatgyűjtés II.



- *Ciconia Ciconia*
- KISS RÓBERT, Hortobágy

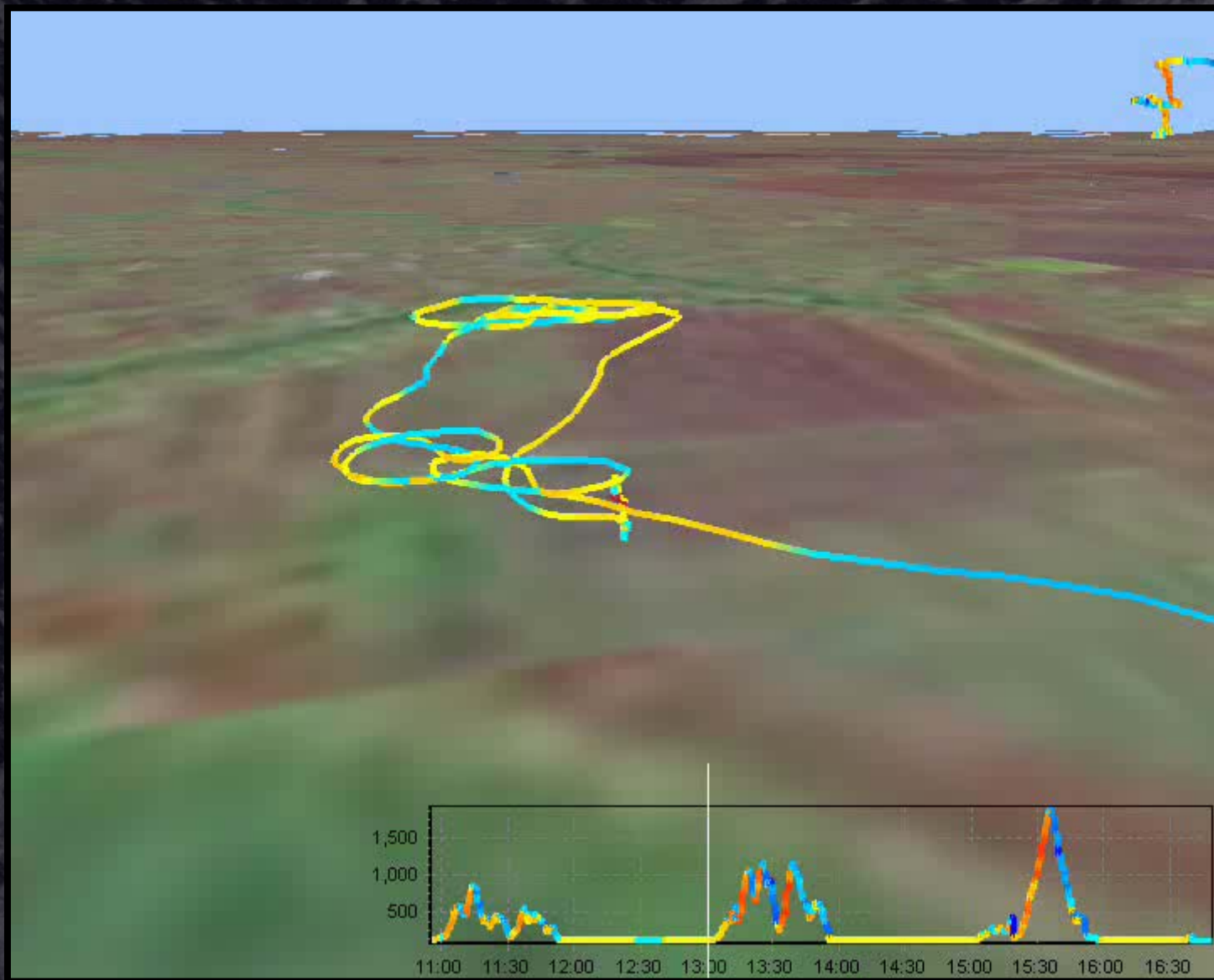
Adatgyűjtés III.



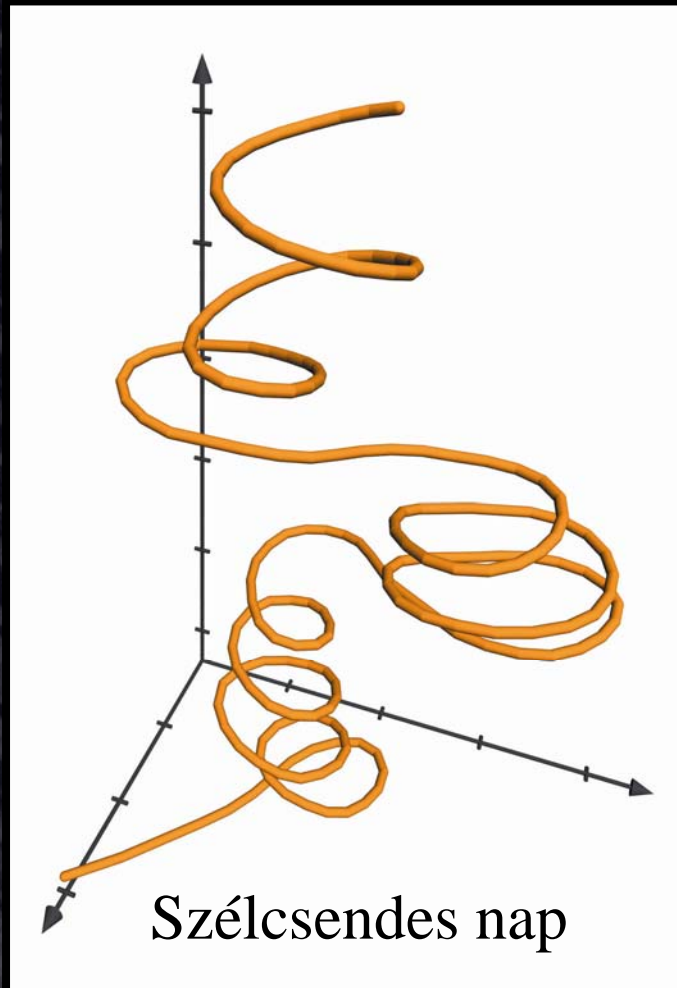
- Siklóernyő, sárkányrepülő pilóták:
 - Online Contest (OLC), versenyek

Sólyom repülése

Függőleges irányú
sebesség

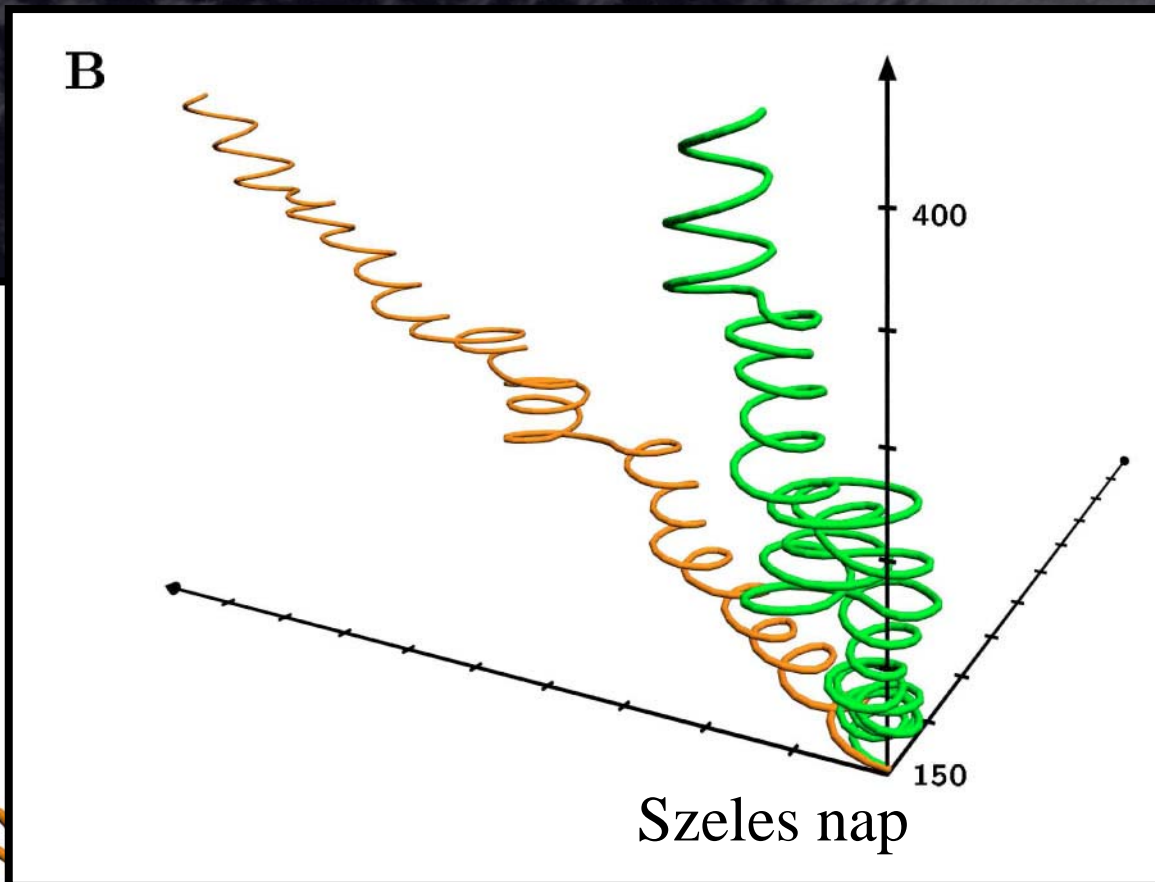
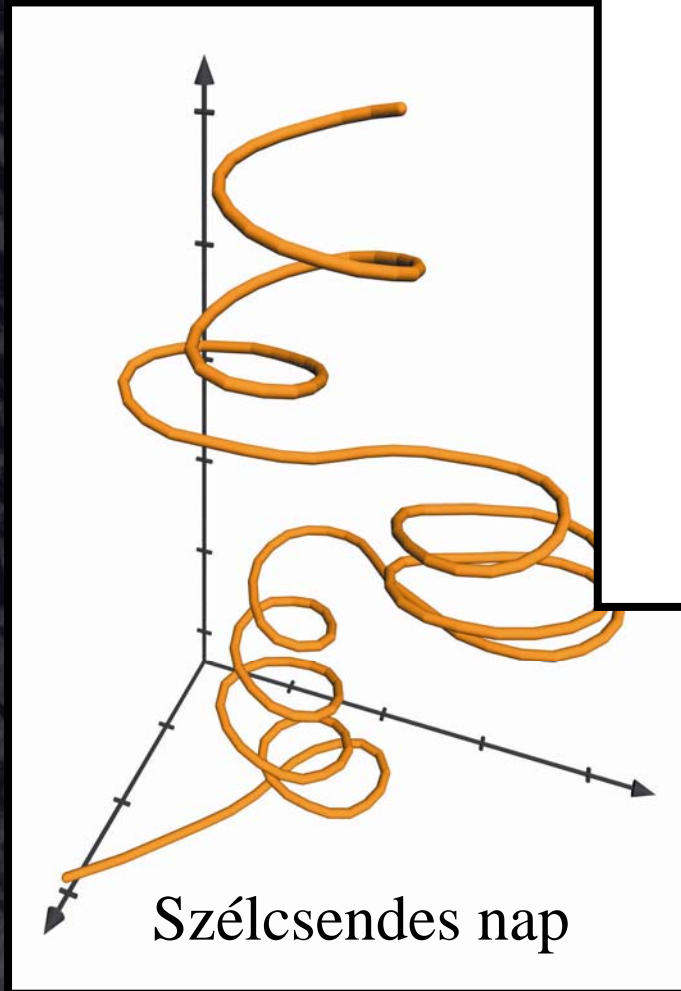


Sólyom repülés termikben – legjobban emelő régió keresése

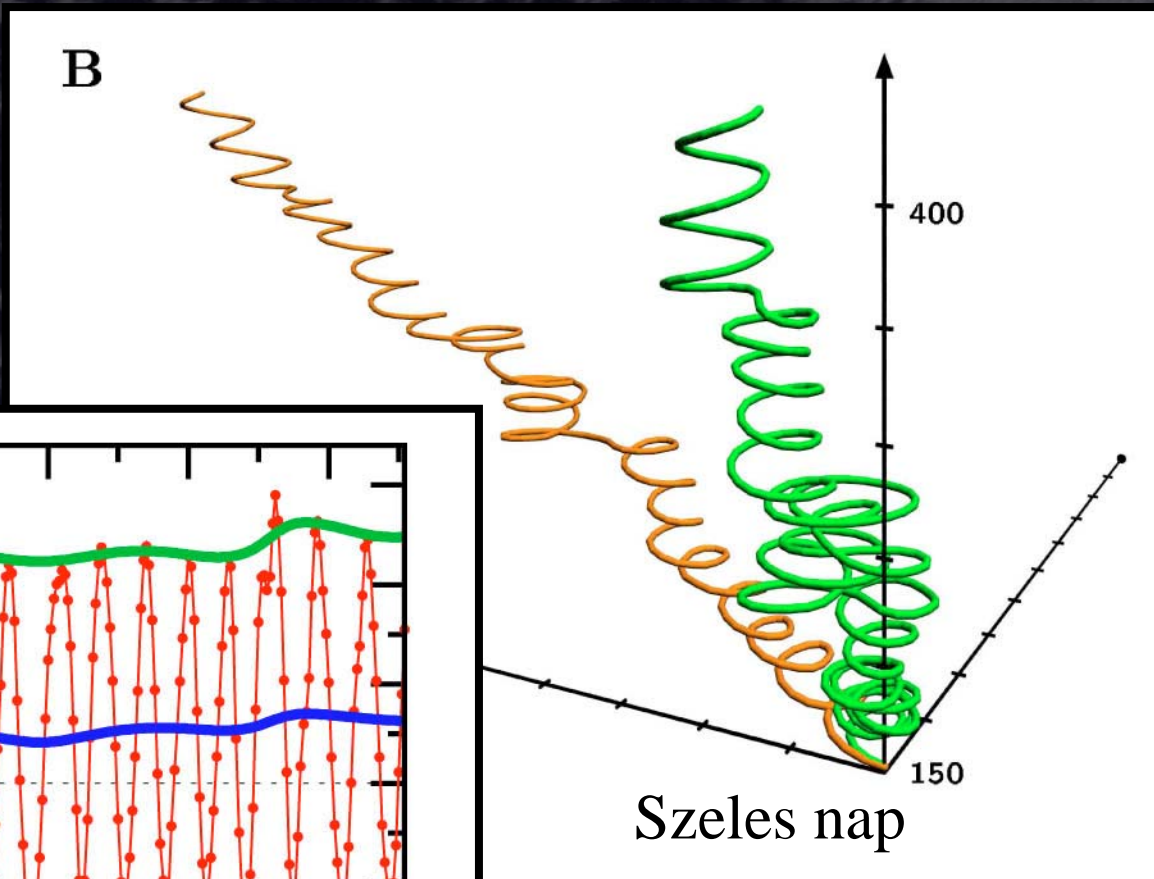
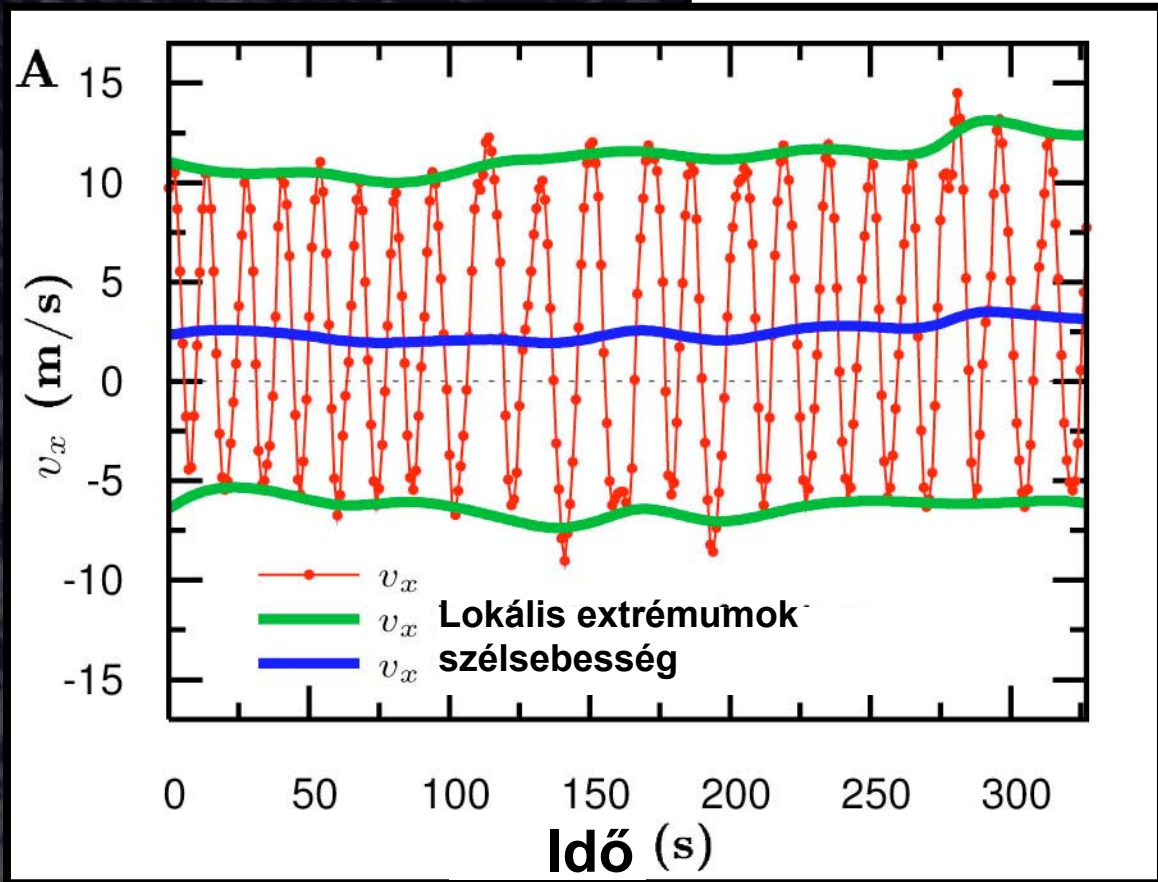


A körözési irány
váltásával együtt
áthelyezi a kör
középpontját.

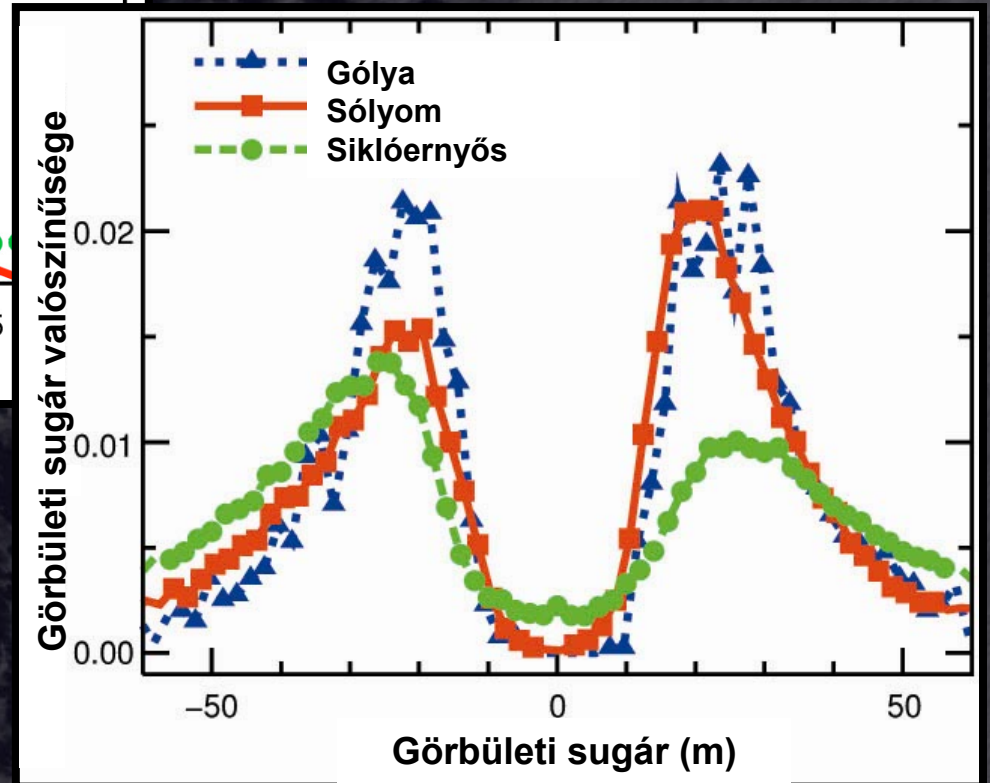
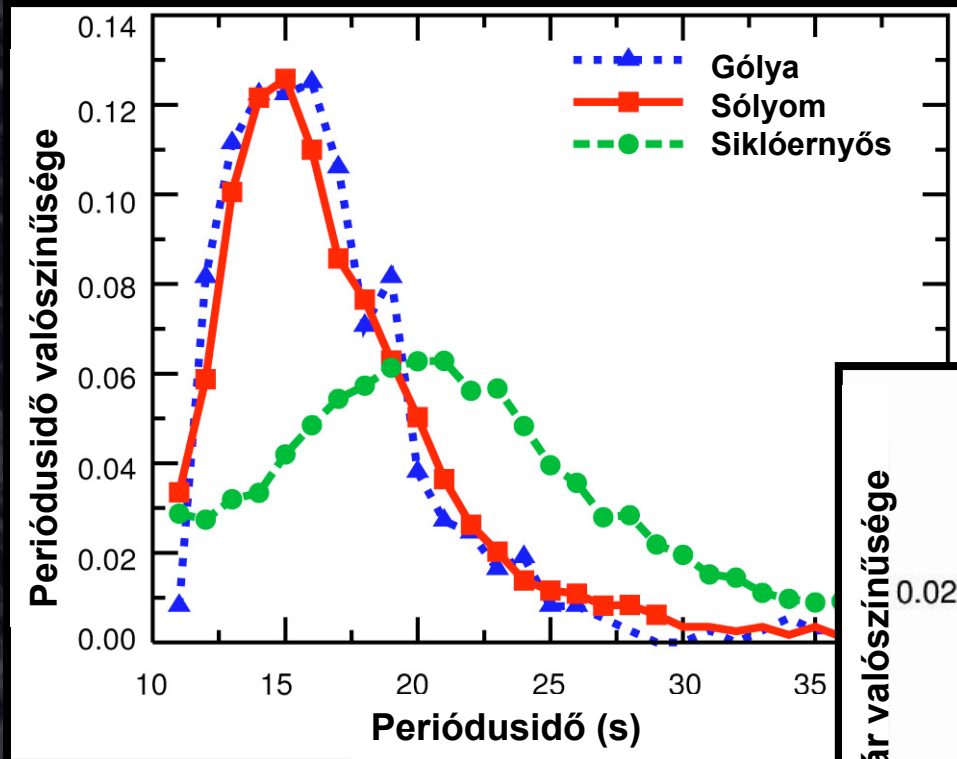
Szél hatása

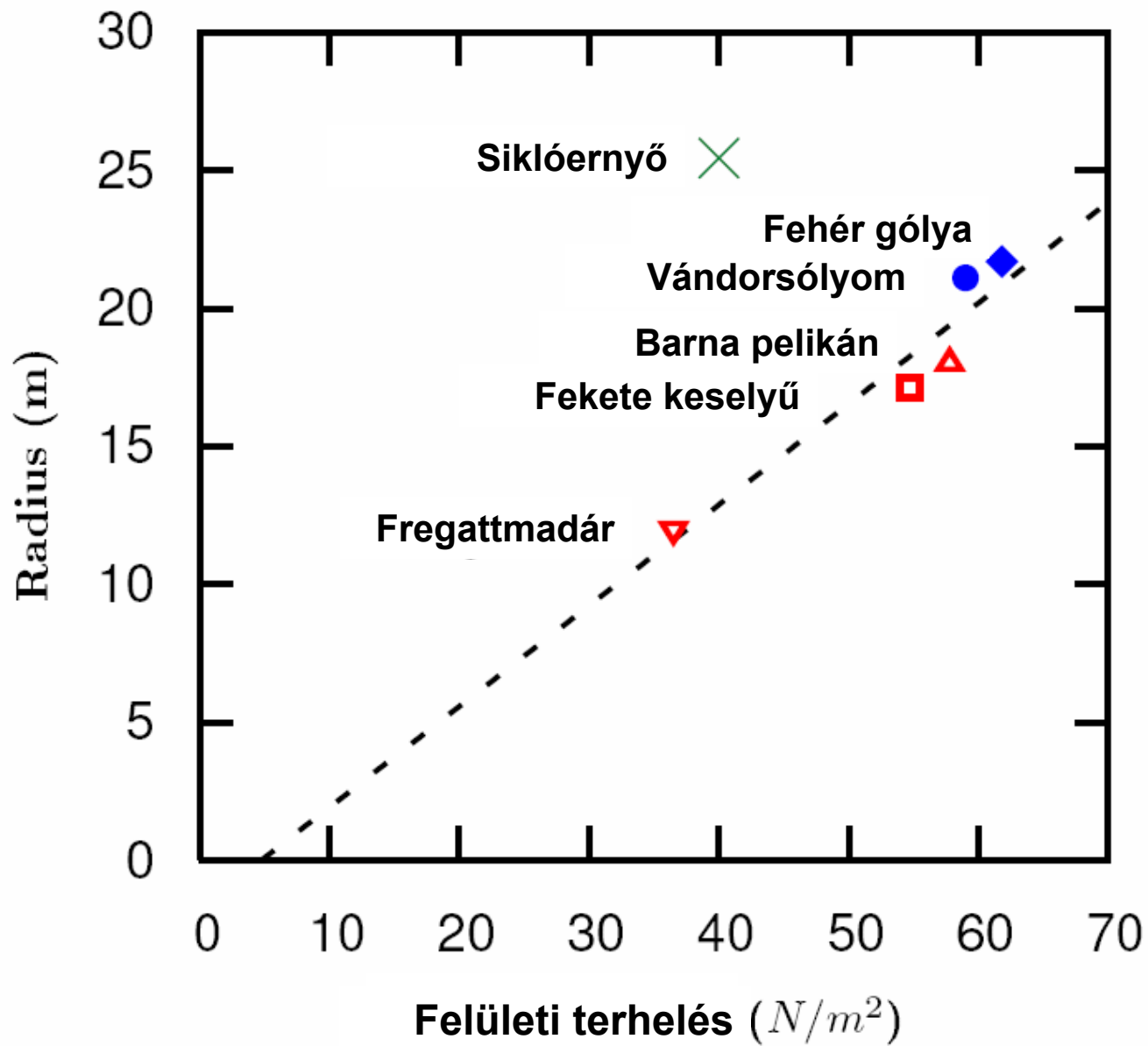


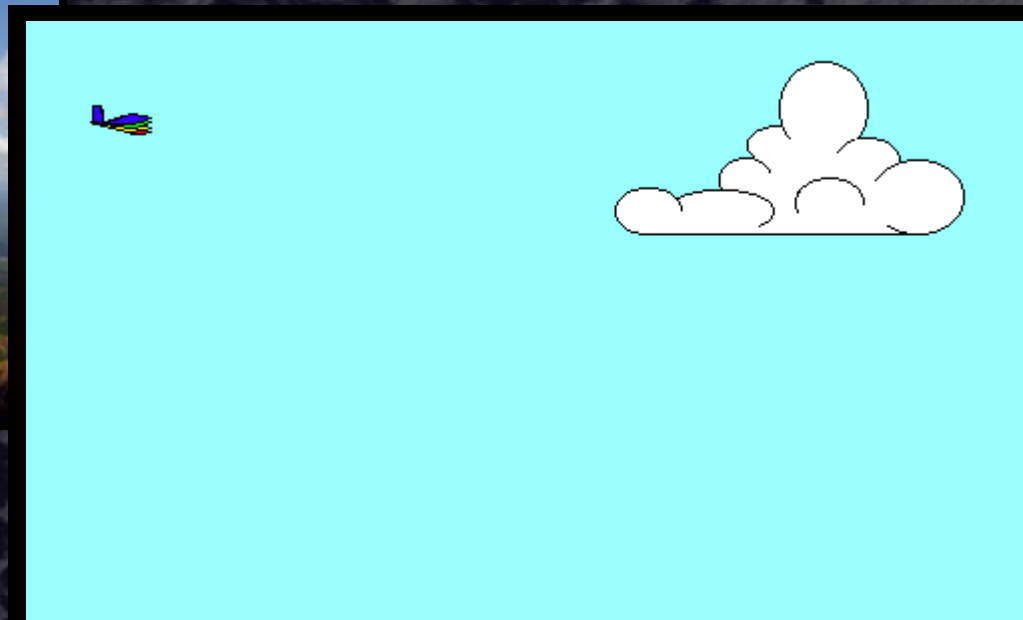
Szél hatása



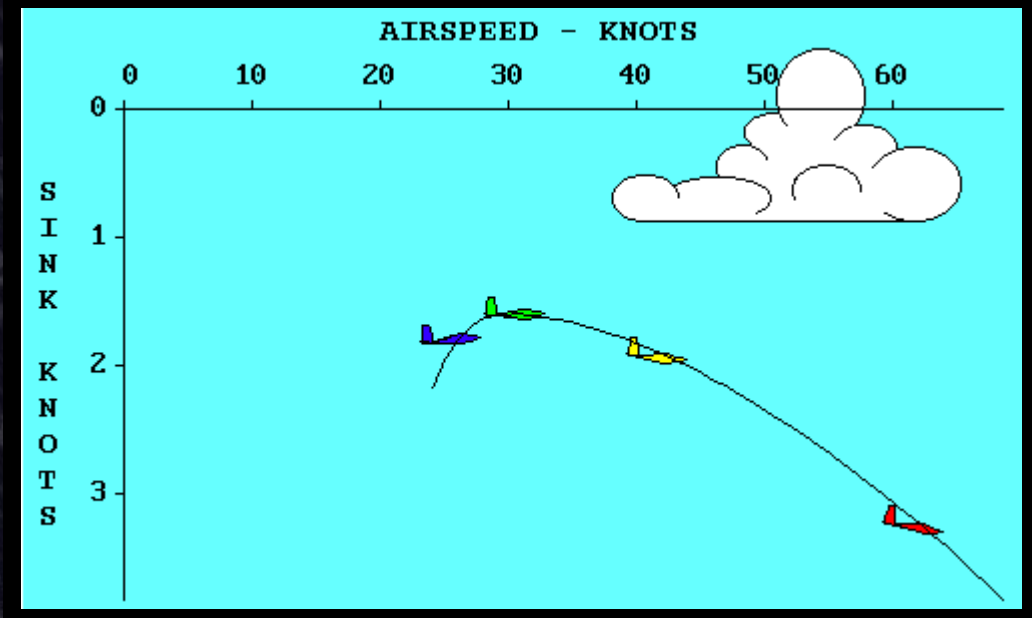
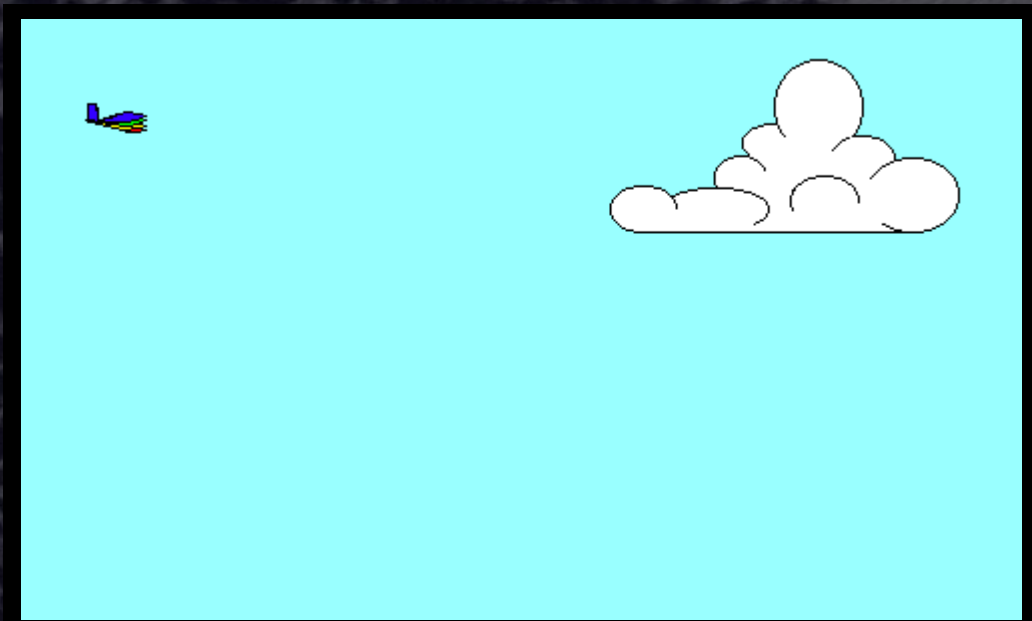
Körözési idő és sugár





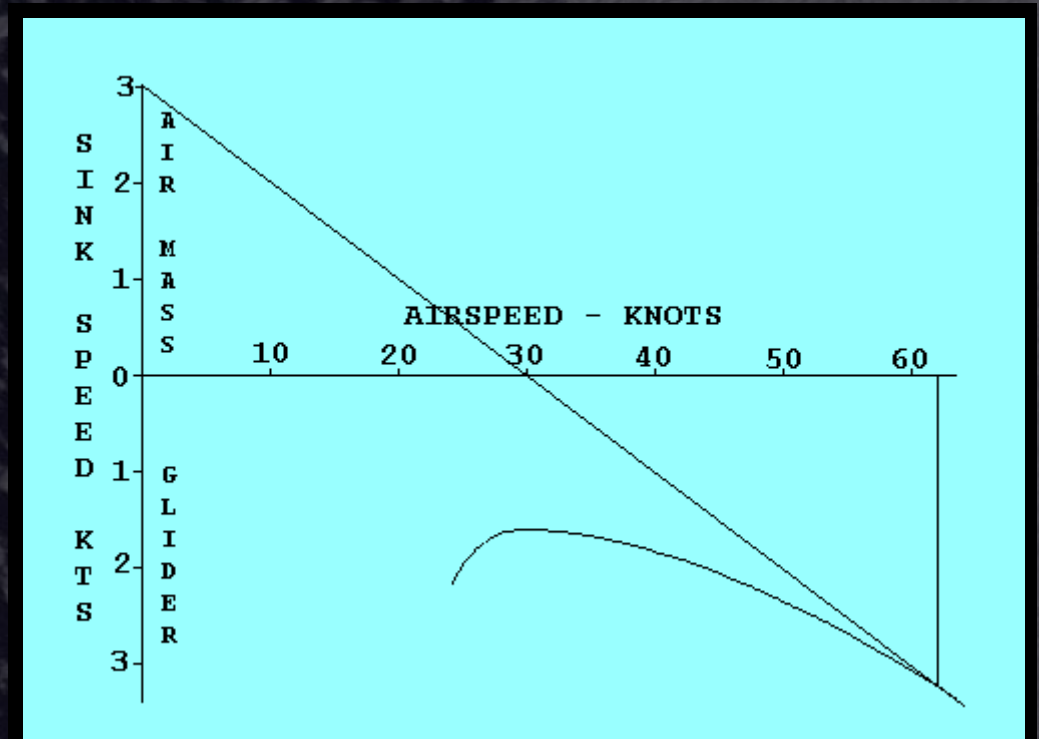
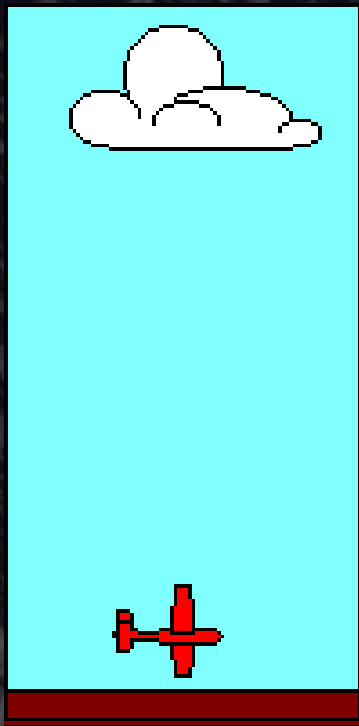
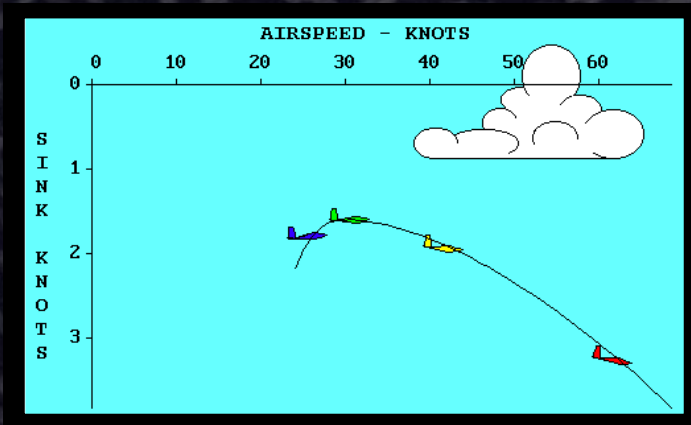


Polárgörbe

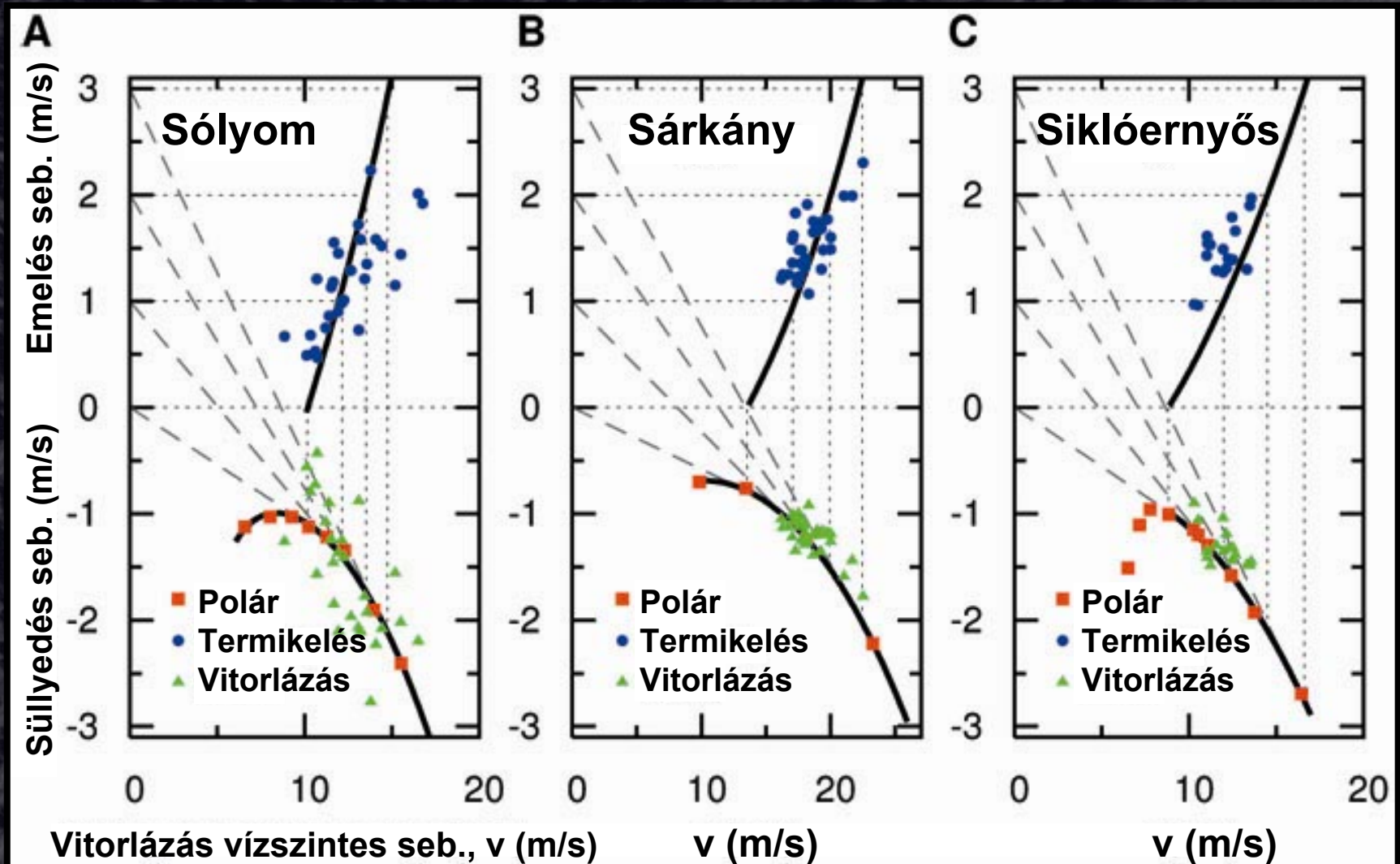


Polárgörbe

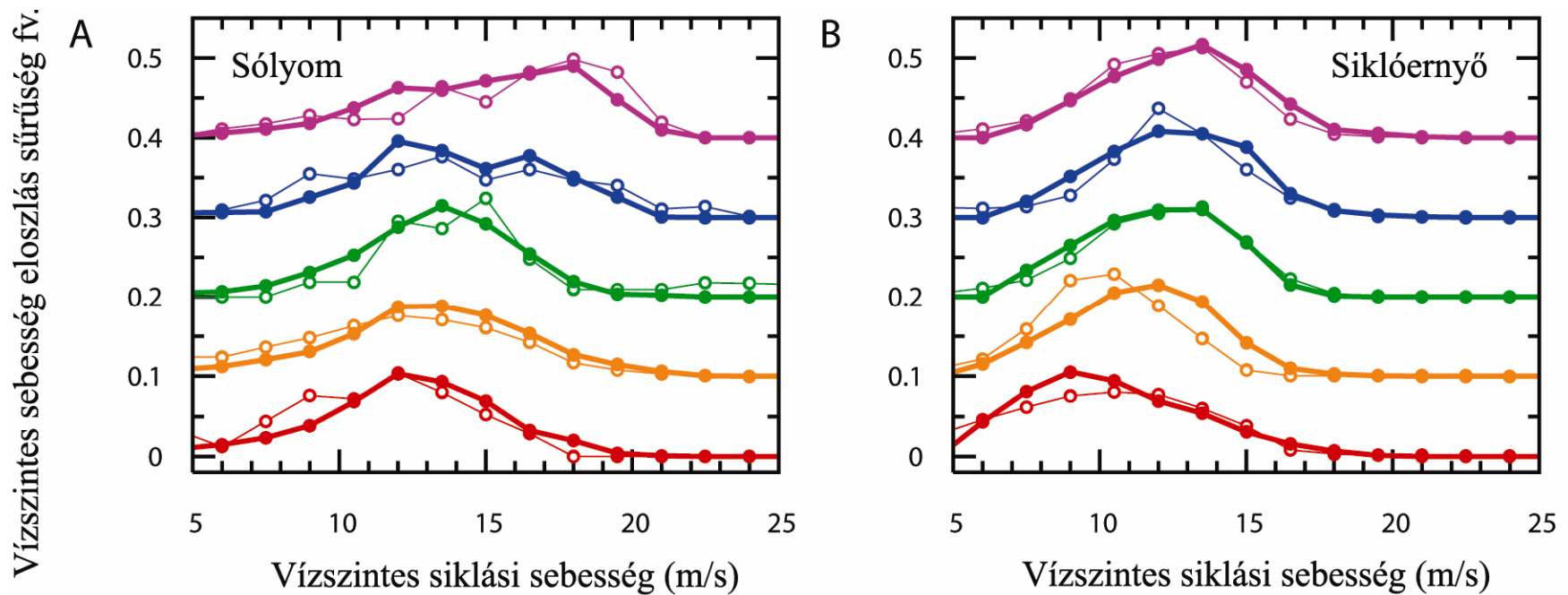
MacCready-elv



Optimális vitorlázó repülési stratégia

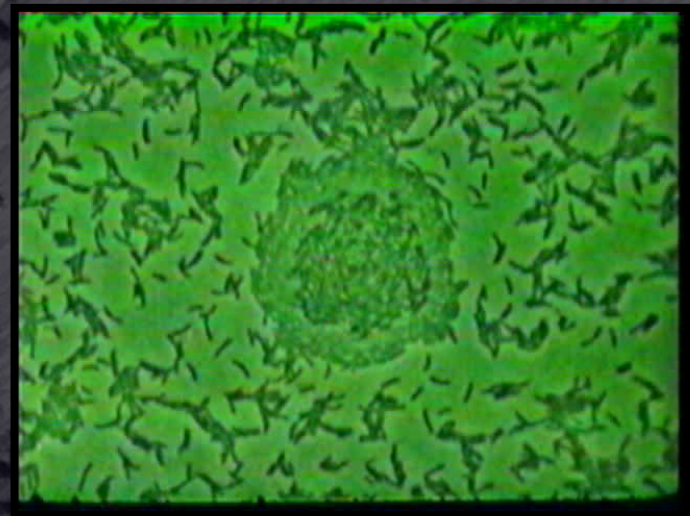
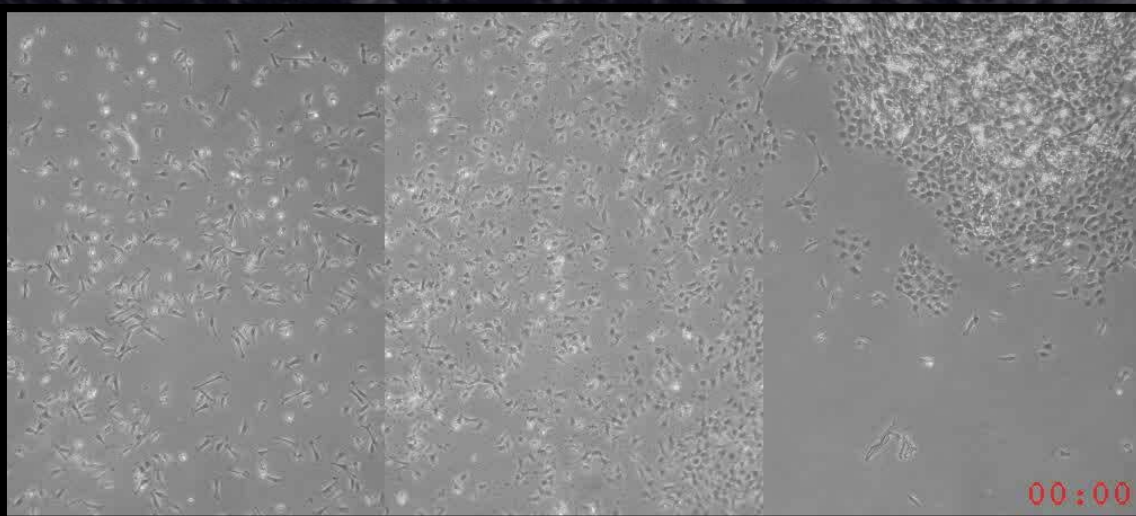


Optimális vitorlázó repülési stratégia



Z. Akos, M. Nagy, T. Vicsek, PNAS **105**, 4139-43 (2008).

Élőlények csoportos mozgása



Állatok csoportos mozgása

Okai: Egyedek kölcsönhatása
vagy csoporton kívüli hatás



- Hogyan jellemezhető egy csoport mozgása?
- Mi az egyed szintű viselkedési szabály? - milyen információ alapján döntenek?
- Mesterséges rendszerek ugyanezen elvek alapján történő működtetése?

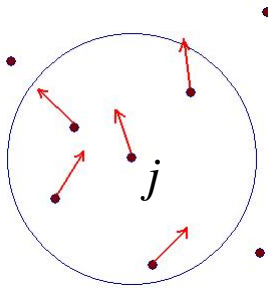


- **kavargó csoportok**
- **szétválás és összeolvadás**
- **nincs „vezéralak”**



- **ragadozók elleni védelem:**
 - “több szem többet lát”
 - “önző horda”
 - ragadozó elriasztása
 - ragadozó összezavarása
- **információáramlás maximalizálása**

Önhajtott részecskék modellje



$$\vec{v}_j(t + \Delta t) = v_0 \left(\frac{\langle \vec{v}_i(t) \rangle_R}{|\langle \vec{v}_i(t) \rangle_R|} + \eta_j(t) \right)$$

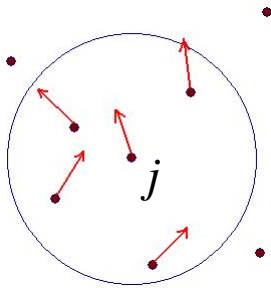
Részecskék sebessége állandó
(önhajtottak)

Szomszédok sebességét átlagolja

Ezt valamilyen véletlenszerű eltéréssel követi
= zaj tag

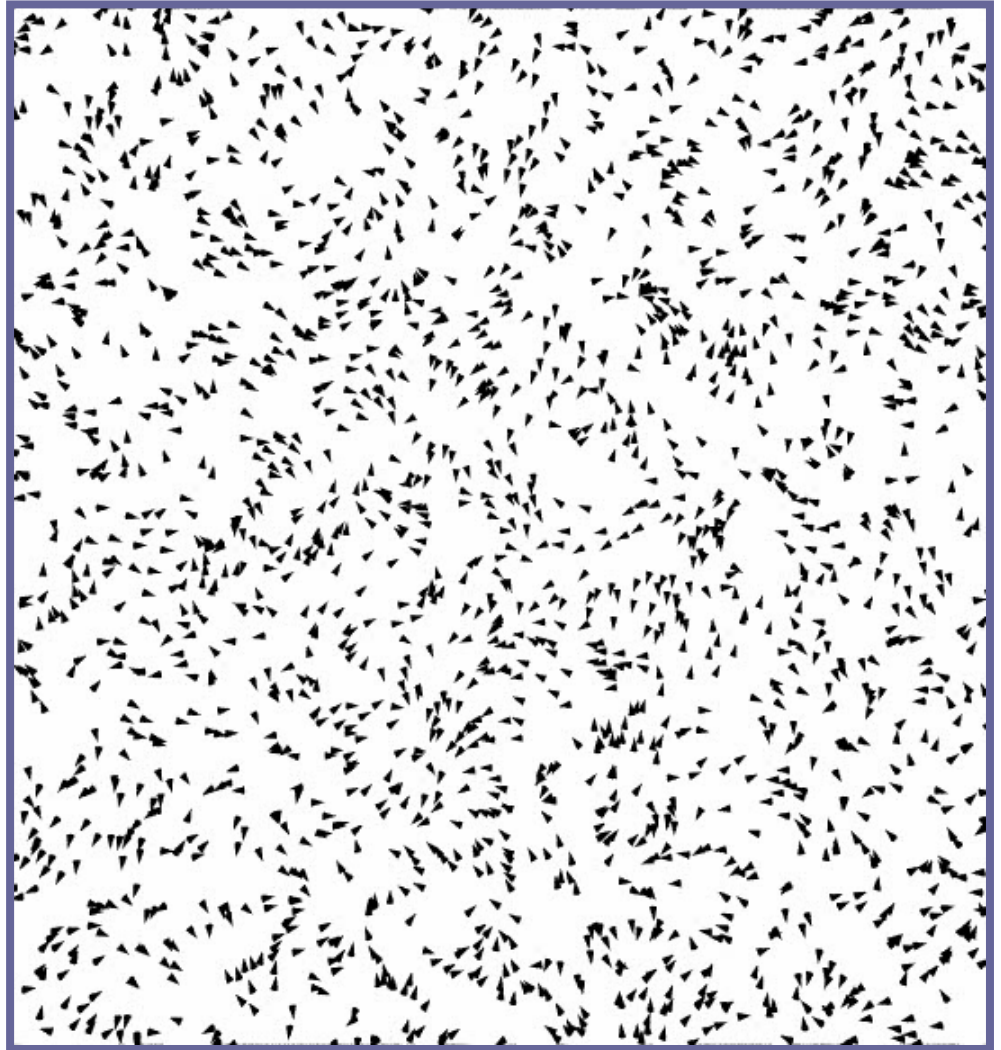
T. Vicsek, A. Czirók, E. Ben-Jacob, I. Cohen & O. Shochet, PRL **75**, 1226 (1995).

Önhajtott részecskék modellje



$$\vec{v}_j(t + \Delta t) = v_0 \left(\frac{\langle \vec{v}_i(t) \rangle_R}{|\langle \vec{v}_i(t) \rangle_R|} + \eta_j(t) \right)$$

Csoportos mozgás
alakul ki



Rendezettség jellemzése - Rendparaméter

$$\varphi = \frac{1}{v_0} \frac{1}{N} \left| \sum_{i=1}^N \vec{v}_i(t) \right|$$

Összes részecske
sebessége átlaga kicsi

↕

$\varphi \sim 0$

**RENDEZETLEN,
Nagy zaj**

Összes részecske
sebessége átlaga nagy

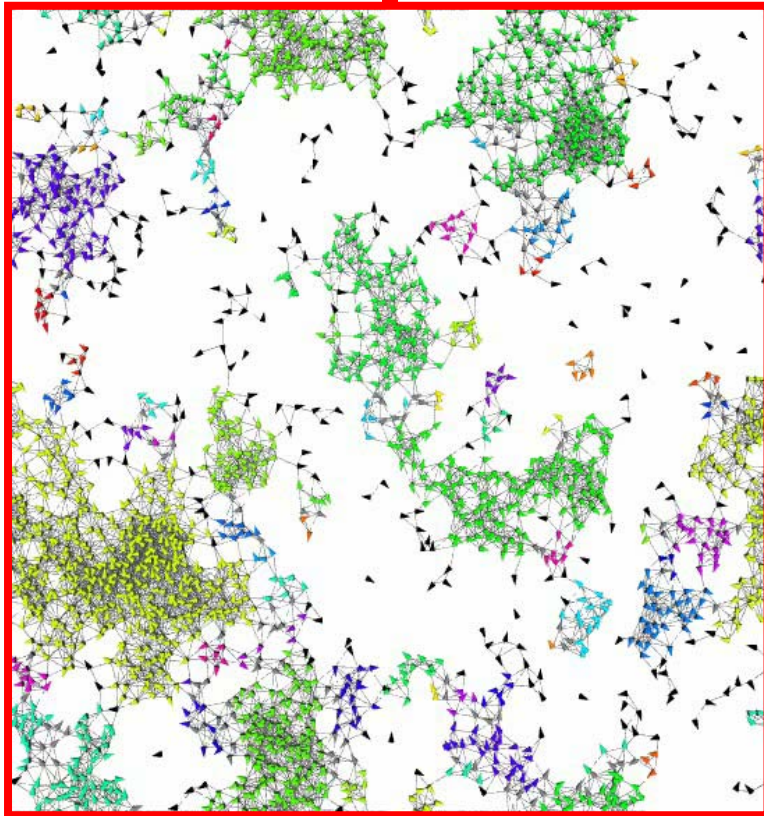
↕

$\varphi \sim 1$

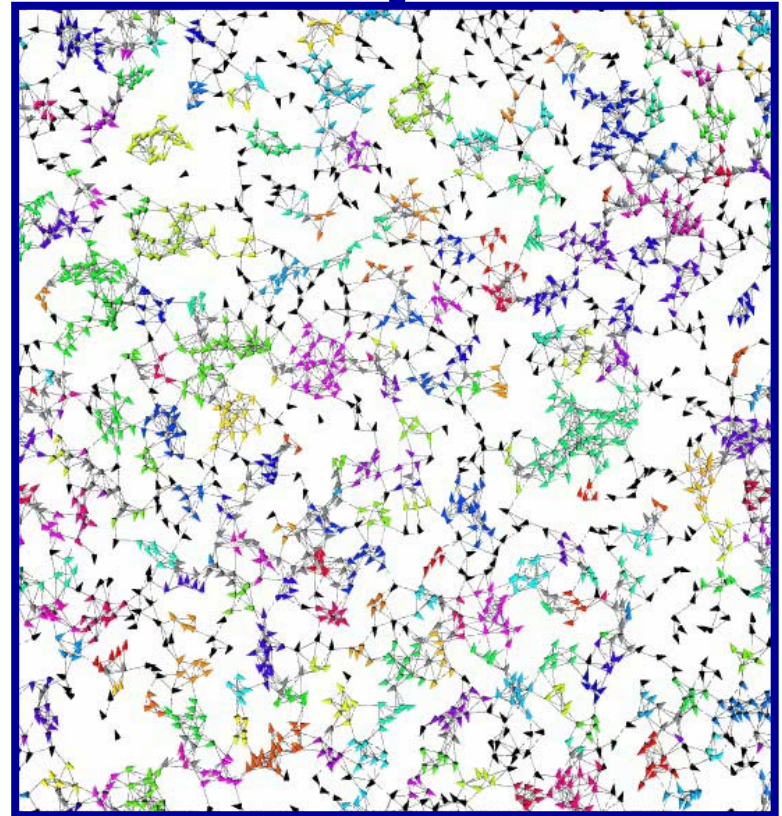
**Erősen RENDEZETT,
kicsi zaj**

Rendparaméter: $\varphi = \frac{1}{v_0} \frac{1}{N} \left| \sum_{i=1}^N \vec{v}_i(t) \right|$

RENDEZETLEN, $\varphi \sim 0$,
Nagy zaj



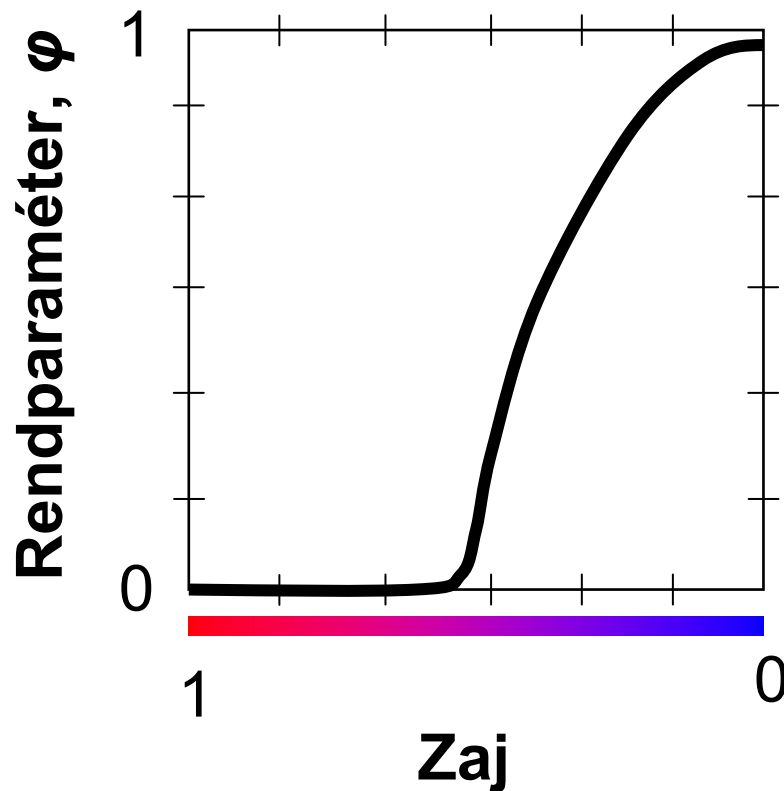
RENDEZETT, $\varphi \sim 1$,
kicsi zaj



Fázisátalakulás

RENDEZETLEN, $\varphi \sim 0$,
Nagy zaj

RENDEZETT, $\varphi \sim 1$,
kicsi zaj



$$\varphi = \frac{1}{v_0} \frac{1}{N} \left| \sum_{i=1}^N \vec{v}_i(t) \right|$$

Új modell, szomszédok sebességének és gyorsulásának figyelése

$$\vec{v}_j(t + \Delta t) = v_0 \left\{ \left(s \frac{\langle \vec{v}_i(t) \rangle_R}{|\langle \vec{v}_i(t) \rangle_R|} + (1-s) \frac{\langle \vec{a}_i(t) \Delta t \rangle_R}{|\langle \vec{a}_i(t) \Delta t \rangle_R|} \right) + \eta_j(t) \right\}$$

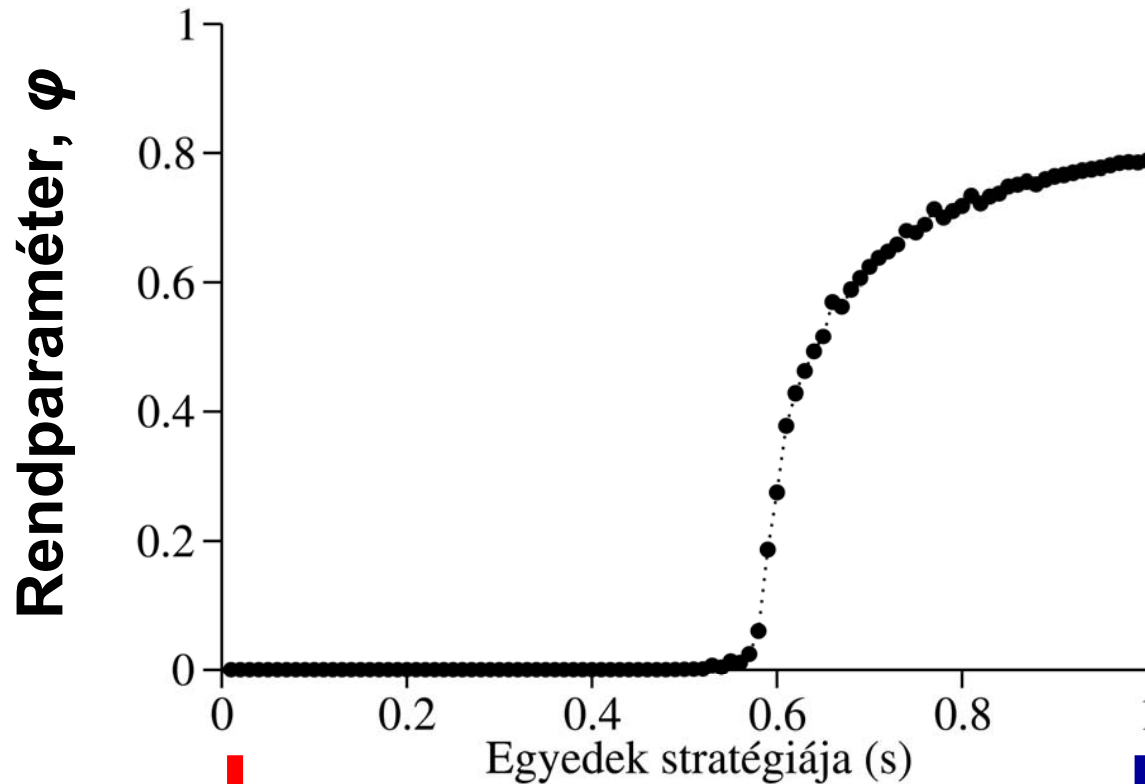
Szomszédok **sebességét** átlagolja

Szomszédok **gyorsulását** átlagolja

A két tag **súlyozott átlagát** veszi, ahol **s paraméter** értéke határozza meg, melyik tag milyen súllyal szerepel

P. Szabó, M. Nagy, T. Vicsek, PRE **79**, 021908 (2009).

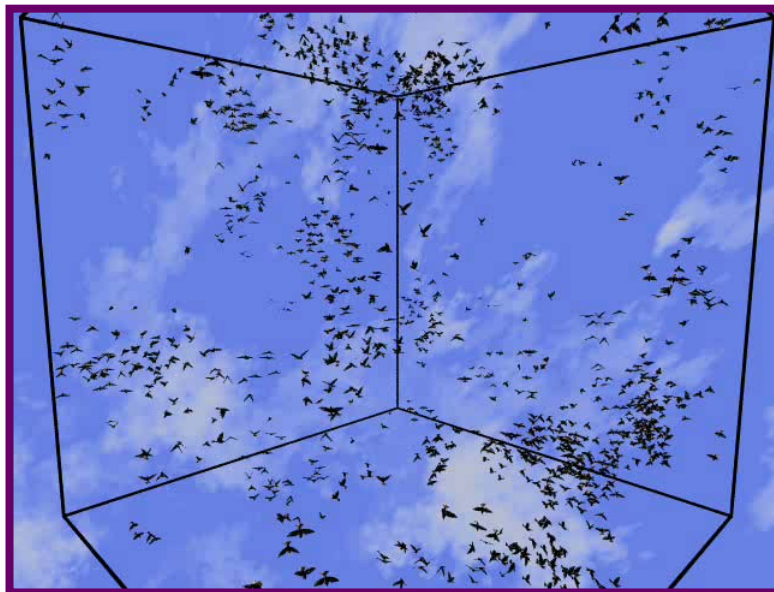
Új modell, szomszédok sebességének és gyorsulásának figyelése



RENDEZETLEN, $\varphi \sim 0$,
s paraméter értéke kicsi

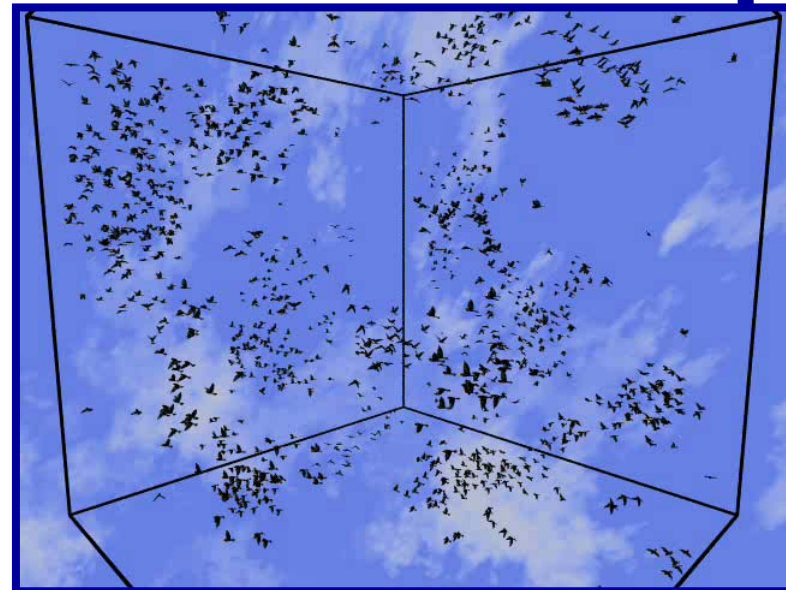
RENDEZETT, $\varphi \sim 1$,
s paraméter értéke nagy

RENDEZETLEN, $\varphi \sim 0$,
s paraméter értéke kicsi



RENDEZETT, $\varphi \sim 1$,
s paraméter értéke nagy

KRITIKUS
PONT

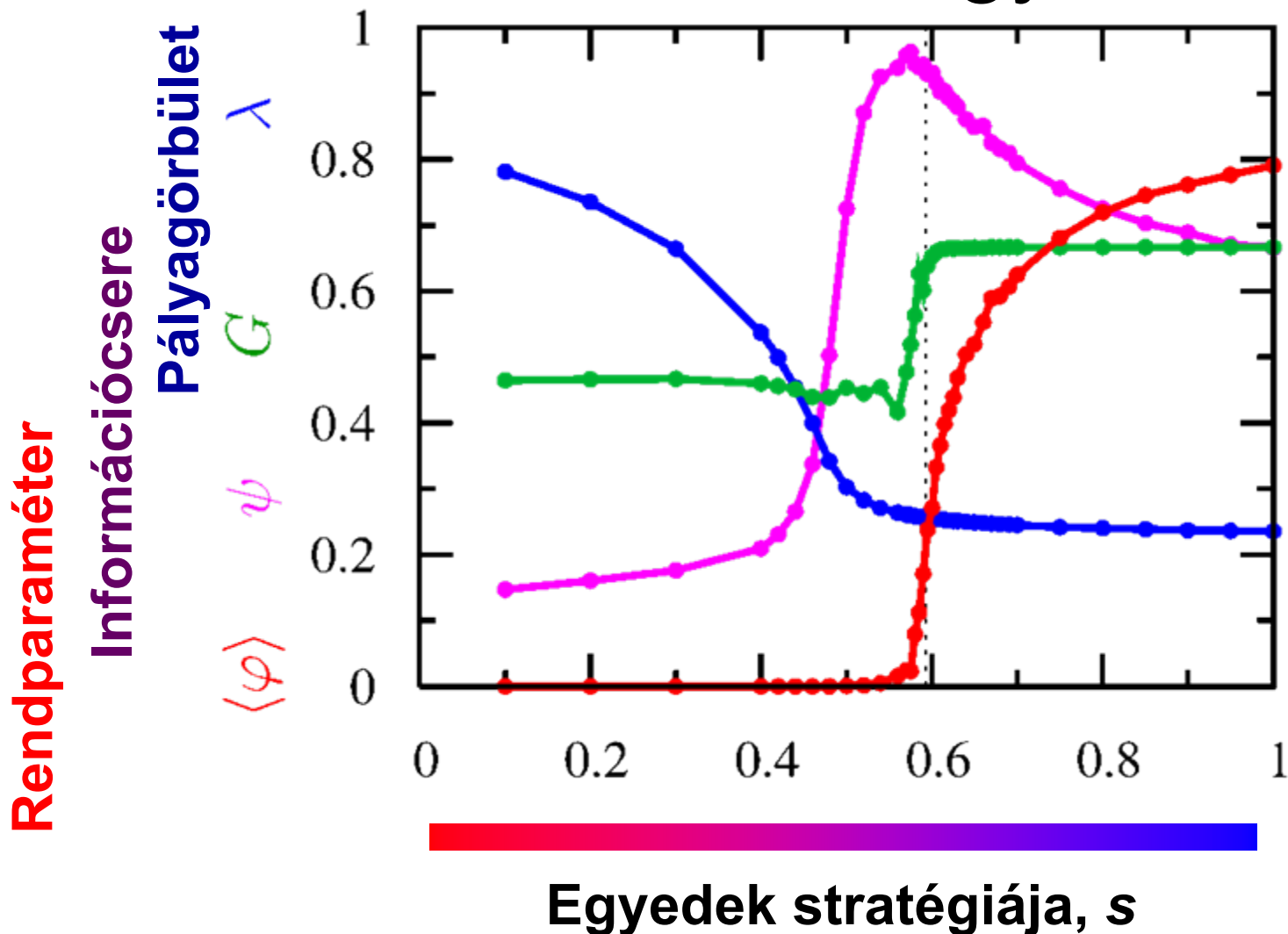


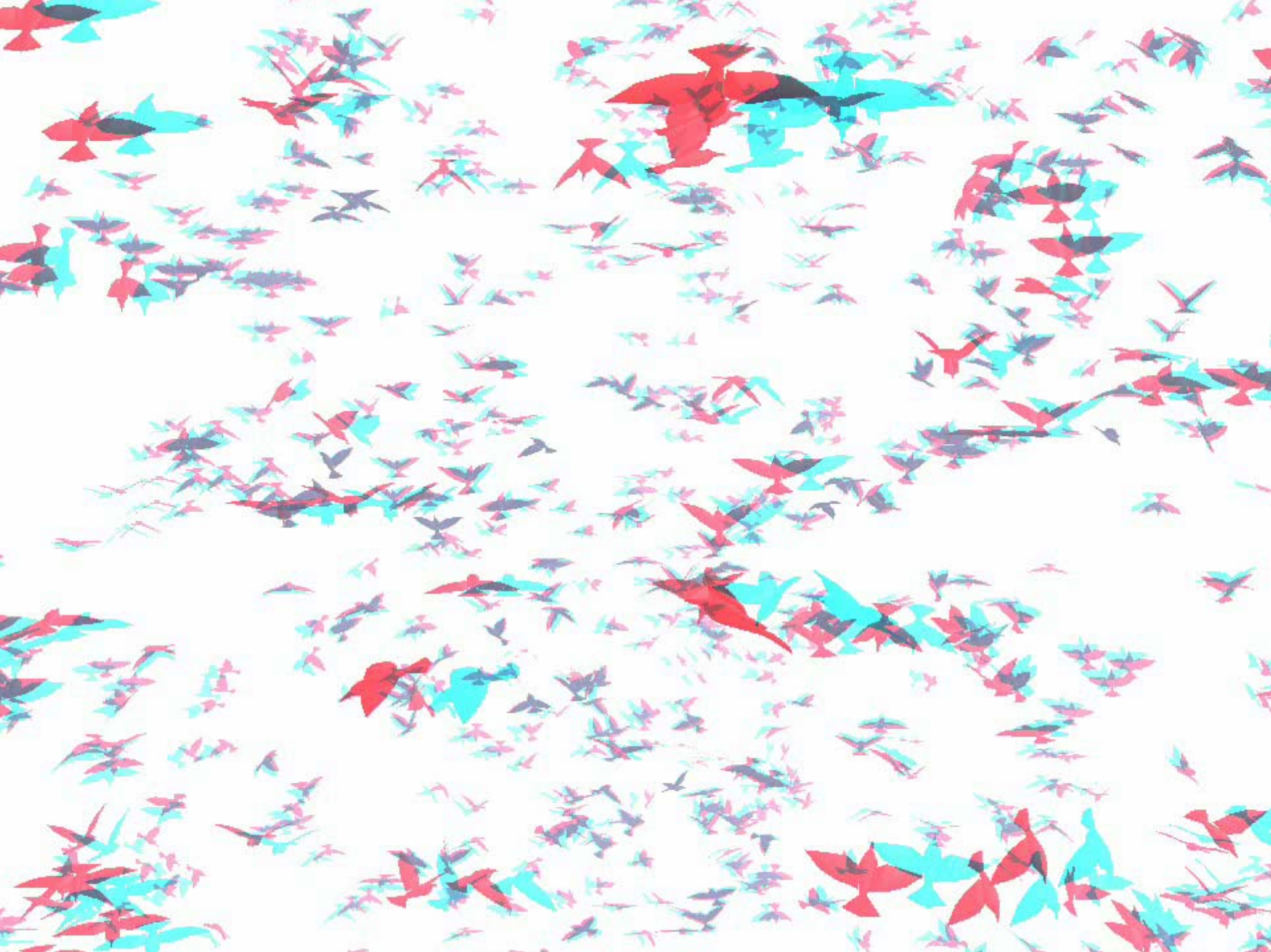
0

Egyedek stratégiája, s

1

Kritikuspontban maximális az információcsere az egyedek között







További anyagok:

- Zsuzsa Ákos, Máté Nagy, Tamás Vicsek.
Comparing bird and human soaring strategies,
Proc. Natl. Acad. Sci. USA 105(11), 4139-43 (2008).
- Péter Szabó, Máté Nagy, Tamás Vicsek.
Transitions in a self-propelled-particles model with
coupling of accelerations,
Phys. Rev. E 79, 021908 (2009).
- Ákos Zsuzsa, Nagy Máté, Vicsek Tamás.
Kinek jobb a siklórepülési stratégiája, a madaraknak
vagy nekünk?,
Fizikai Szemle 58(11), 396-400 (2008).



Munkatársak:

Ákos Zsuzsa, Szabó Péter, Vicsek Tamás

Fotó: Ákos Zsuzsa