



# **Folyami áramlás és elkeveredés Lagrange-i szemléletű vizsgálata drónfelvételek alapján**

***Készítette:***

**Lükő Gabriella**

***Támogató:***

**ÚNKP-17-1-1**

***Konzulensek:***

**Dr. Baranya Sándor**

**Dr. Zsugyel Márton**



**EMBERI ERŐFORRÁSOK  
MINISZTERIUMA**

# Bevezetés

---

- **Drónok** használata egyre elterjedtebb
- Vízmérnöki területen: **vízhozam mérés**
- Elkeveredésvizsgálatoknál az Euler-i szemlélet a jellemzőbb
- A kutatás célja:
  - Drónfelvételek készítése
  - Képfeldolgozó algoritmus kidolgozása
  - Elkeveredés és káosz számszerűsítése

# Terepi mérések

## Alkalmazott drón:

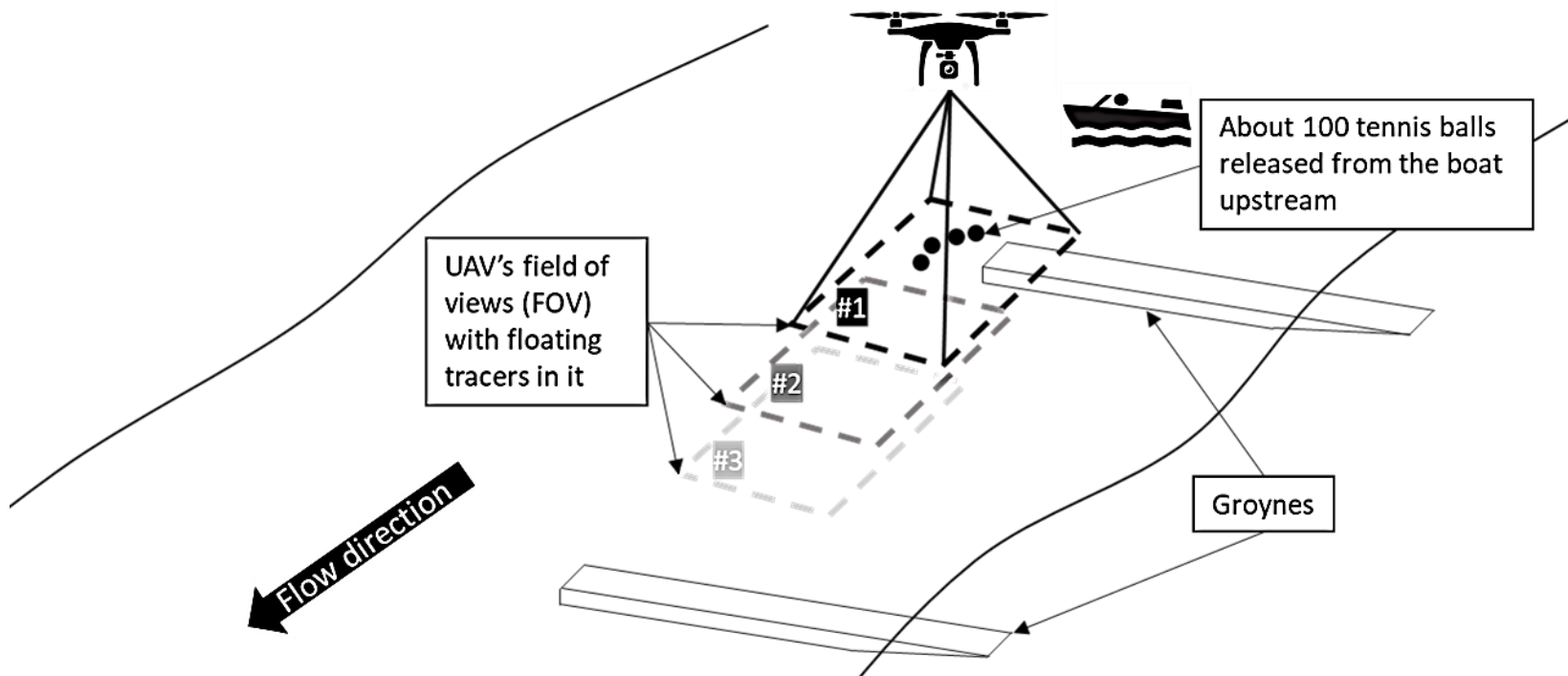
- Típus: DJI Phantom 3 Standard
- 2.7K kamera + gimbal

## Helyszín:

- Váci-Duna ág 1670 fkm
- Vízhozam: 1080 m<sup>3</sup>/s (kisvíz)



**1. ábra**  
DJI P3S drón



**2. ábra** Terepi mérések sematikus ábrája

# Particle Tracking Velocimetry (PTV)

Képsorozat videóból



Részecskék detektálása



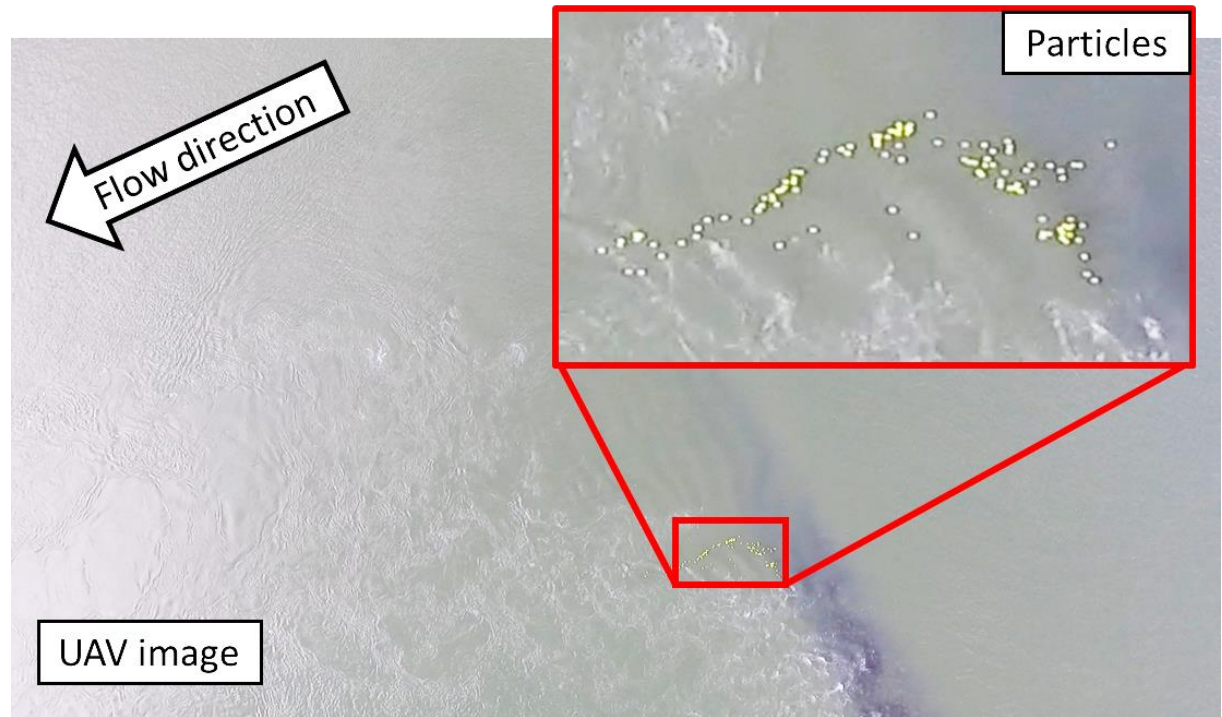
Részecske-pozíciók  
összekapcsolása



Korrigálások



Eredmények:  
trajektóriák,  
sebesség-vektor mező



3. ábra Nyers drón kép

# PTV algoritmus felépítése

Maszkolás

Gauss szűrő

Intervallum meghatározása

Maximumok = detektálások

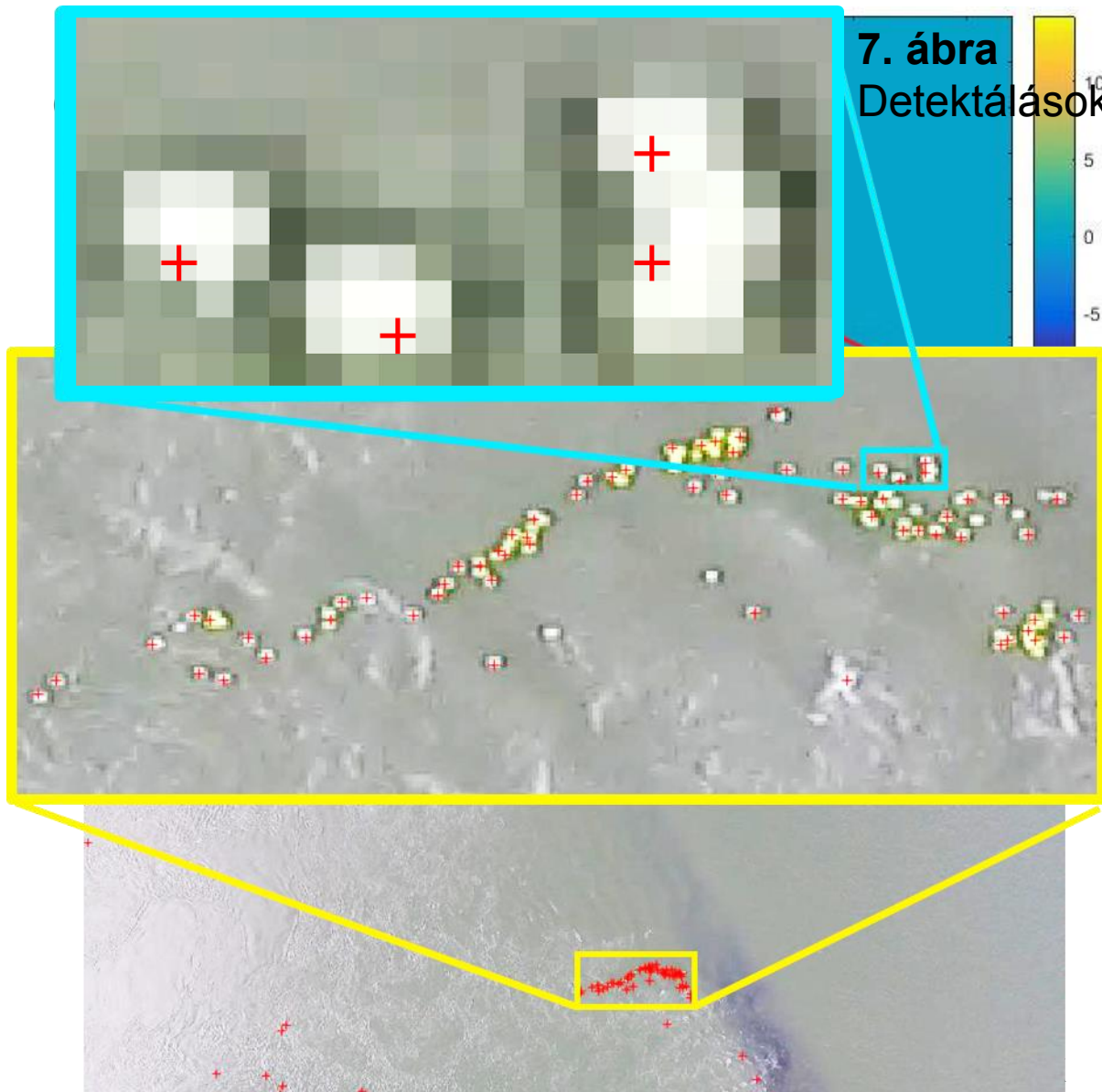
Kálmán szűrő

Helyes útvonal kiválasztása

Új trajektóriák hozzáadása  
& rossz trajektóriák törlése

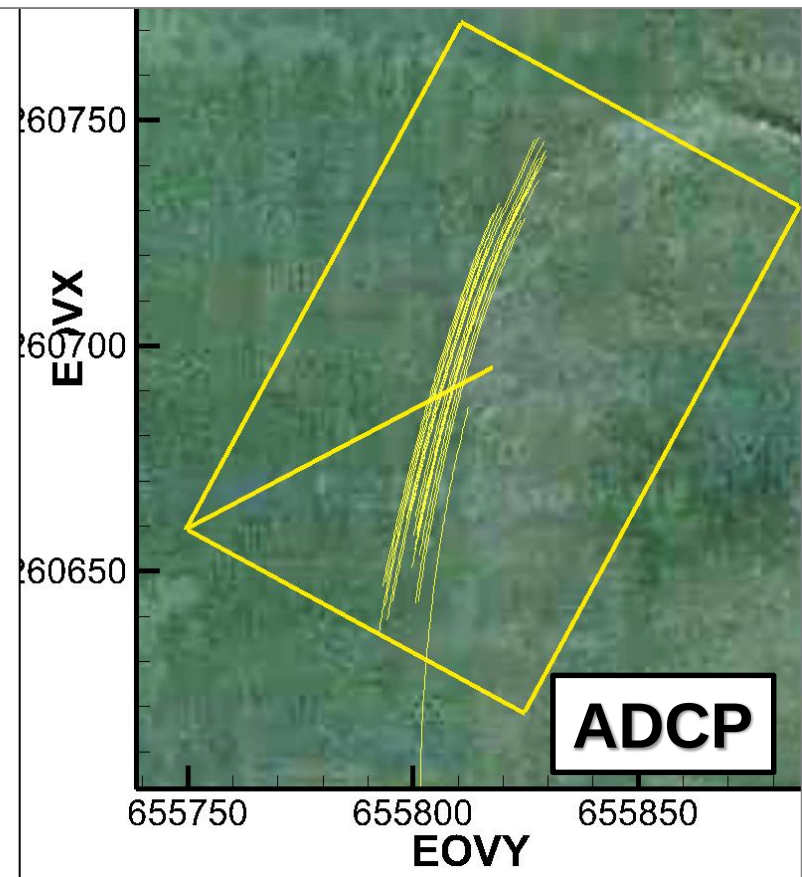
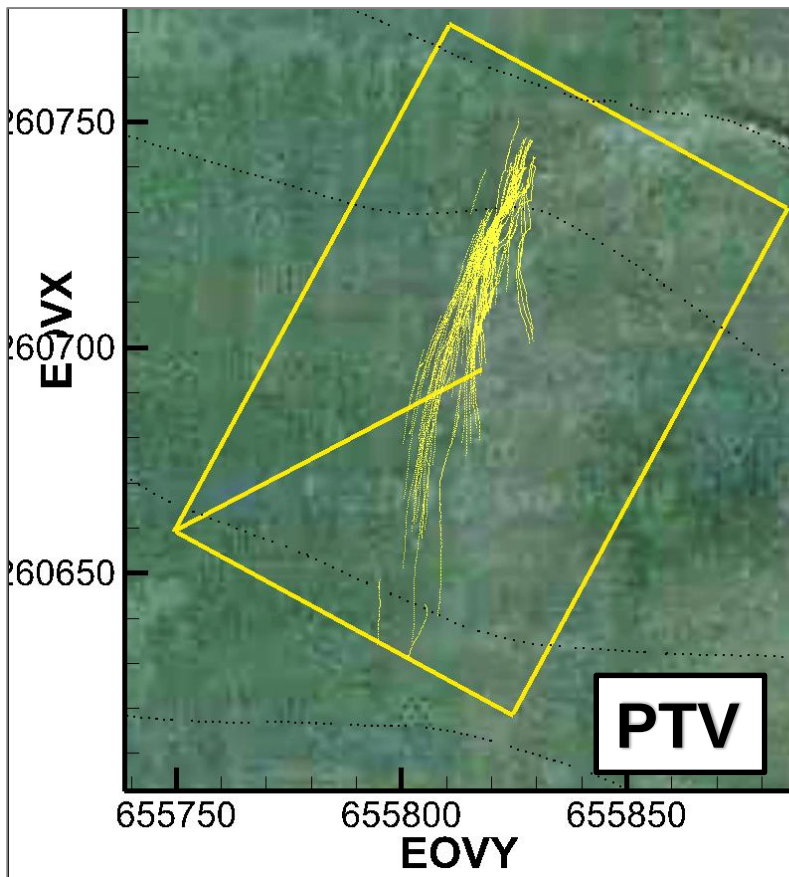
Jó trajektóriák mentése

7. ábra  
Detektálások



# PTV és ADCP eredmények

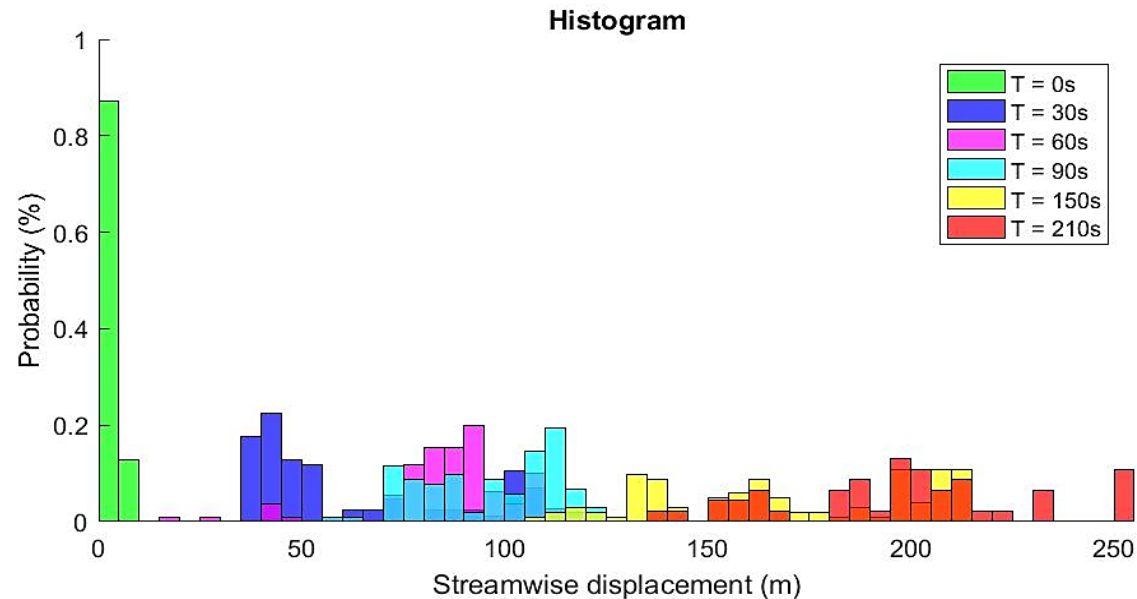
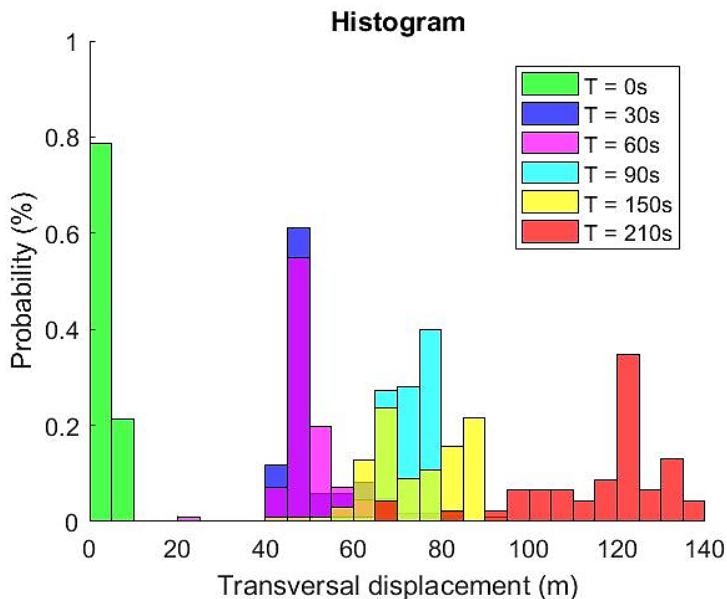
- Finom-léptékű
  - Nempermanens áramlási struktúrák is megjelennek
- ↔
- Nagyobb-léptékű
  - Sebességmezőre illesztett áramvonalak permanens struktúrákat mutatnak



8. ábra Lagrange-i (PTV) és Euler-i (ADCP) áramlásmérés összehasonlítása

# Elkeveredés karakterizálása

- Valószínűségi sűrűségfüggvények (PDFs)



9. ábra Kereszt- és folyásirányú elmozdulások valószínűségi sűrűségfüggvényei

1. táblázat A jelzőanyag csóva kereszt- és folyásirányú változása:

| Time (T)    | 0 s   | 30 s | 60 s | 90 s | 150 s | 210 s  |
|-------------|-------|------|------|------|-------|--------|
| Transversal | <10 m | 30 m | 45 m | 50 m | 60 m  | 75 m   |
| Streamwise  | <10 m | 50 m | 75 m | 80 m | 110 m | >130 m |

# Elkeveredés karakterizálása

- Anomalous relative displacement PDFs

Egy trajektória relatív elmozdulása:

$$\mathbf{r}(t) = \mathbf{r}(t_0 + t) - \mathbf{r}(t_0)$$

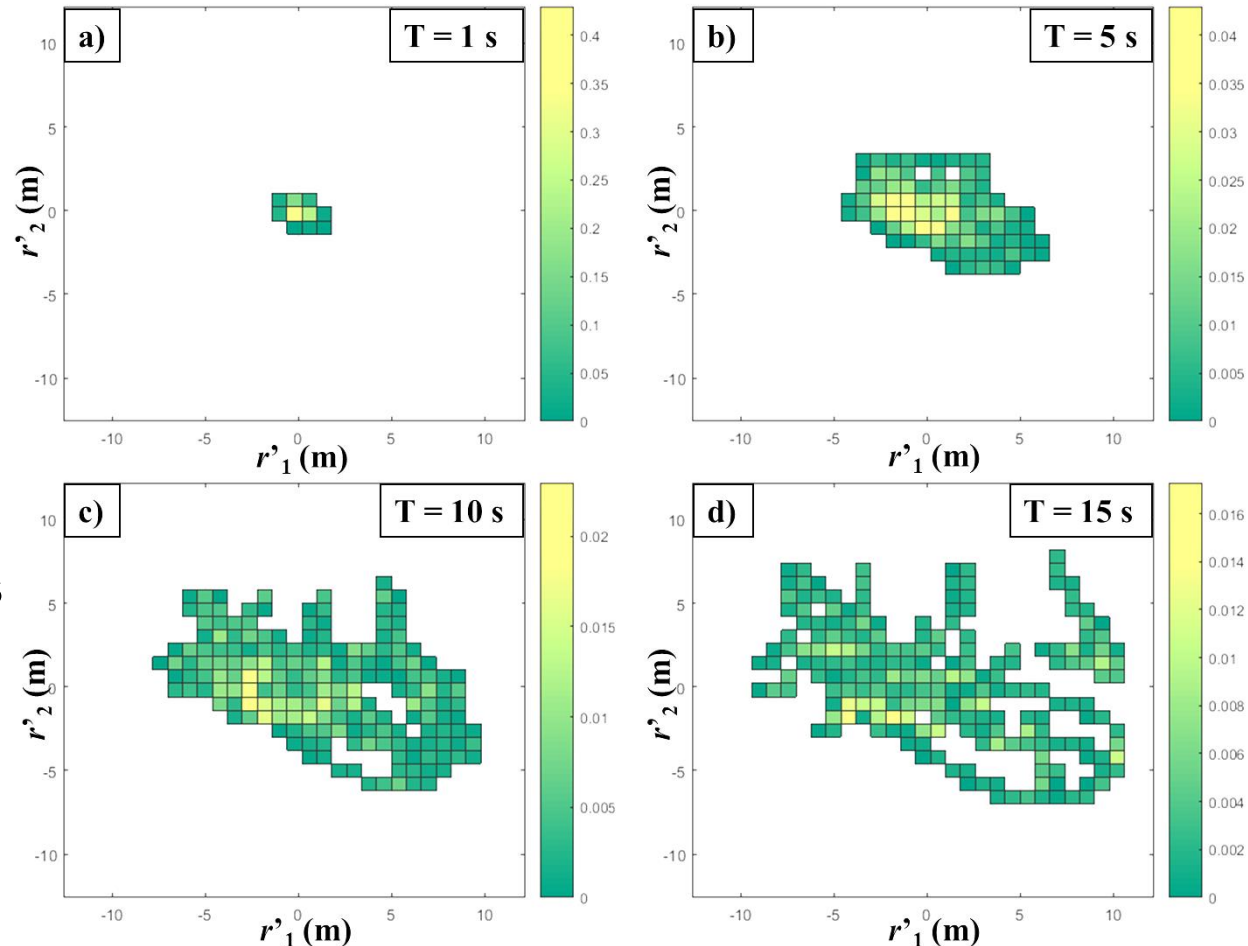
„Szabálytalan relatív elmozdulás”:

$$\mathbf{r}'(t) = \mathbf{r}(t) - \mathbf{R}(t)$$

Összes trajektória átlagos relatív elmozdulása  $\mathbf{R}(t)$

$\mathbf{r}'_1$  – folyásirányú

$\mathbf{r}'_2$  – keresztirányú komp.



**10. ábra:** Anomalous relative displacement PDFs  
 $T = 1, 5, 10$  és  $15$  s időpillanatokban.

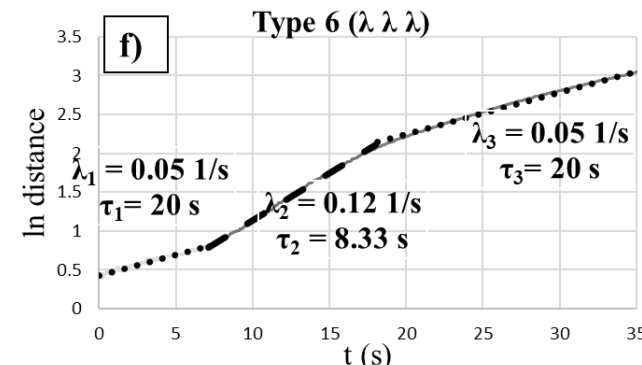
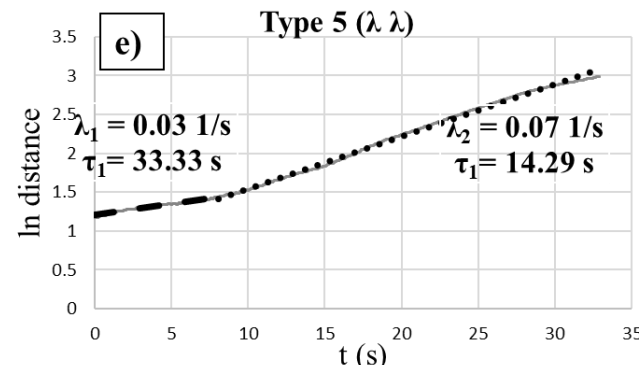
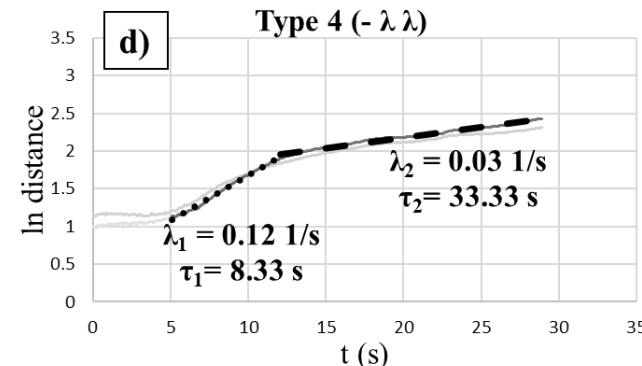
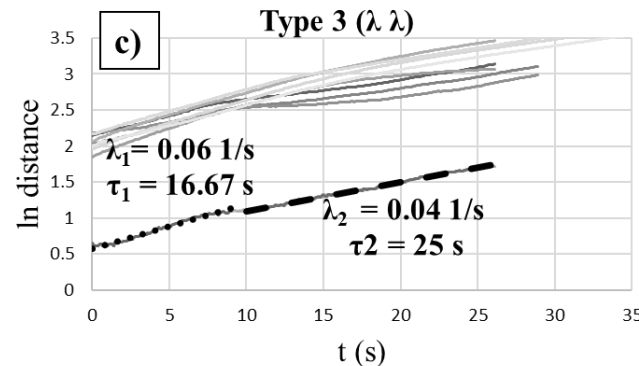
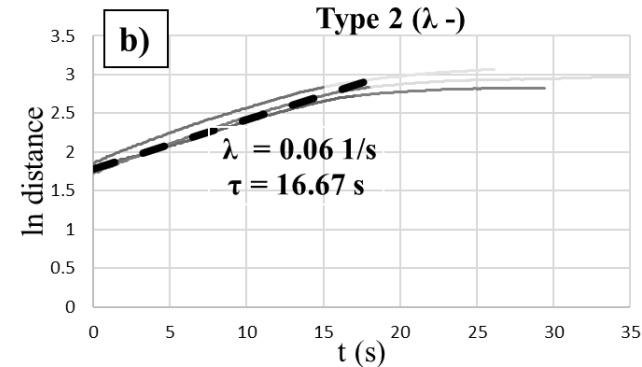
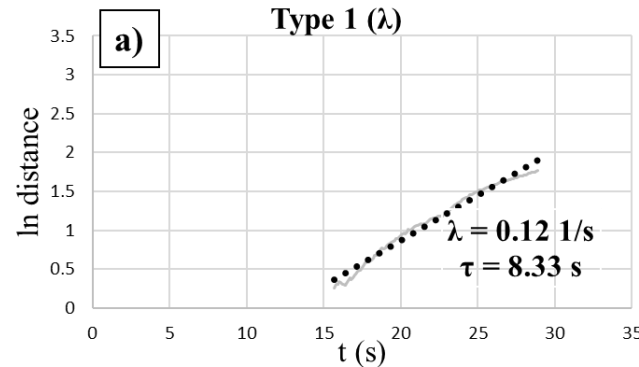
# Káosz karakterizálása

A Lyapunov-exponens ( $\lambda$ ) így írható le:

$$\Delta r = \Delta r_0 \cdot e^{\lambda t}$$

Előrejelzési idő ( $\tau$ ):

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$



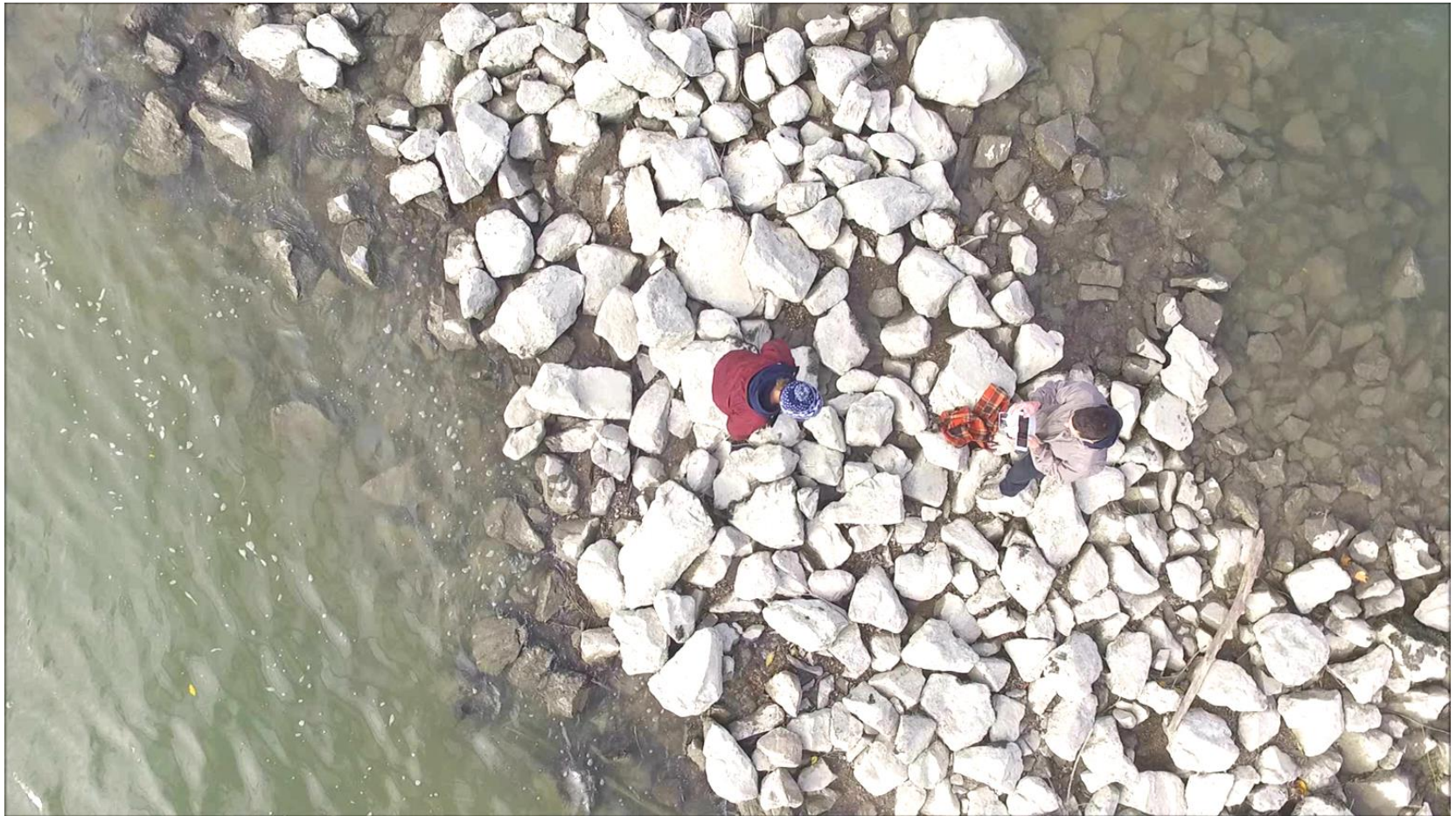
11. ábra Az eltávolodási görbék 6 típusa (azonos Lyapunov-exponenssel)

# Összefoglalás

---

- Drónról készített **videók alapján áramlási adatelemzést** hajtottam végre
- Átdolgoztam egy algoritmust MATLAB környezetben a **folyami PTV alkalmazásra**, amely automatikusan állítja elő a trajektóriákat a bemenő képekből
- A PTV trajektóriák alapján az áramlás kaotikus természetét és az **elkeveredést számszerűsítettem**
- Részletesebb adatelemzéshez a **drónos mérési eljárás továbbfejlesztésére** lesz szükség a jövőben

# Köszönöm a figyelmet!



EMBERI ERŐFORRÁSOK  
MINISZTERIUMA

***Az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-1-1  
kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának  
támogatásával készült.***