

Semmelweis Egyetem Baráti Köre  
Budapest, 2017. szeptember 27.

# **Kaotikus elkeveredés folyadékokban: (folyókban-tavakban-érrendszerben)**

**Józsa János**

egyetemi tanár, rektor

**Paál György**

egyetemi tanár, tanszékvezető

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

# Amiről beszélni fogunk

- Áradó folyók: Sajó
- Szakadó (zagy)gátak
- Vízzennyezések elkeveredése
- Drónok örvénylő áramlások terepi feltárására
- Elkeveredés szélfúttá tavak
- Véráramlások, aneurizmák, sztentek

# **Áradó folyók: a Sajó példája**

# Folyók kiöntése az ártérre



# Folyók kiöntése az ártérre



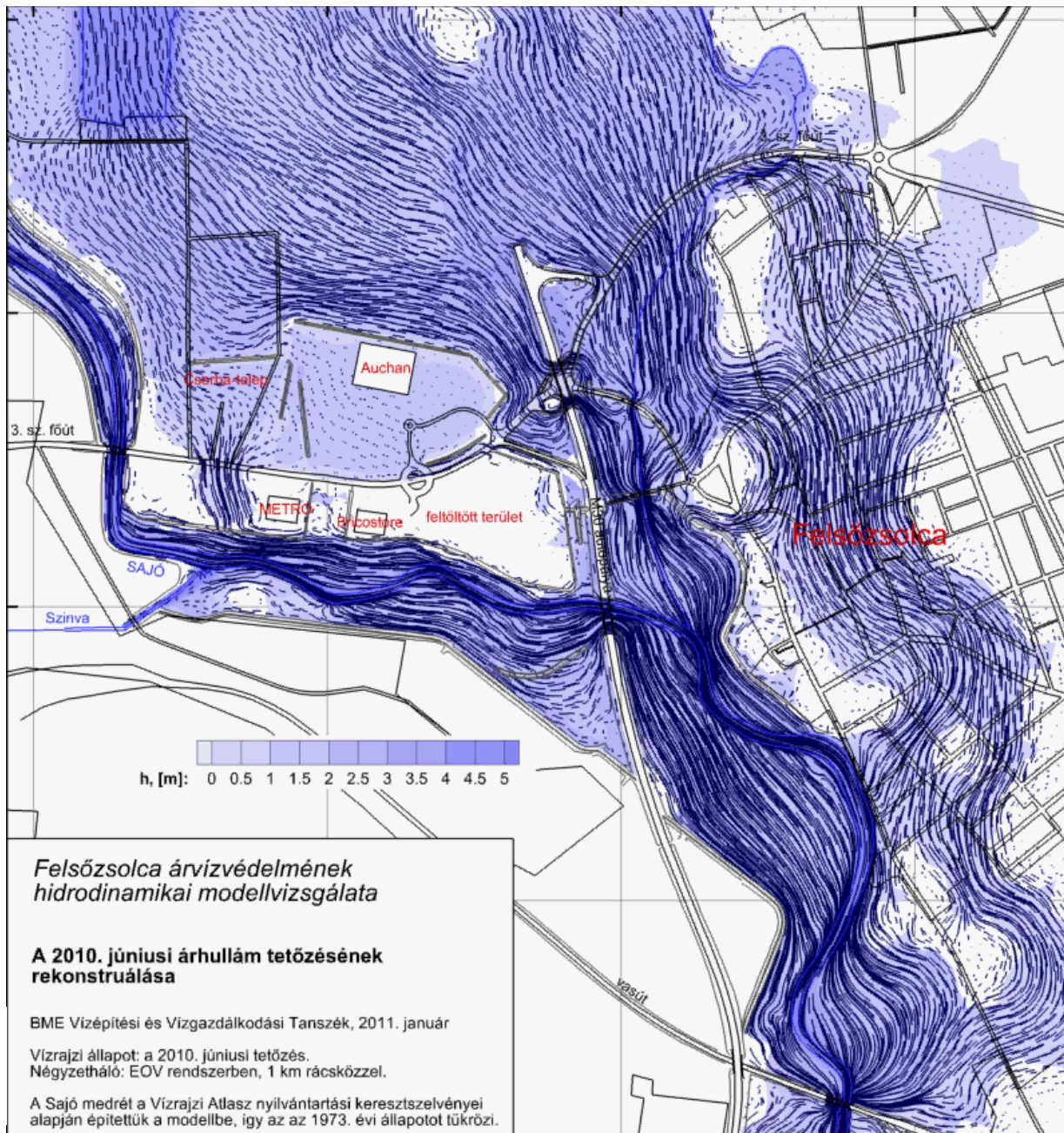


M30

Új bekötőút

Felsőzsolca 2010

# Az árvíz számítógépes modellezésére



## *Felsőzsolca árvízvédelmének hidrodinamikai modellvizsgálata*

### **A 2010. júniusi árhullám tetőzésének rekonstruálása**

BME Vízépítési és Vizgazdálkodási Tanszék, 2011. január

Vízrajzi állapot: a 2010. júniusi tetőzés.  
Négyzetháló: EOV rendszerben, 1 km rácsközszel.

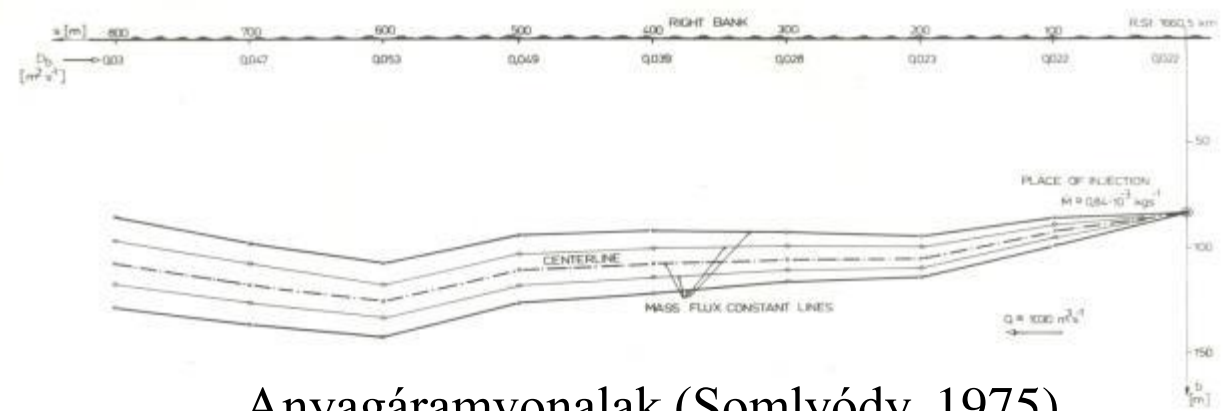
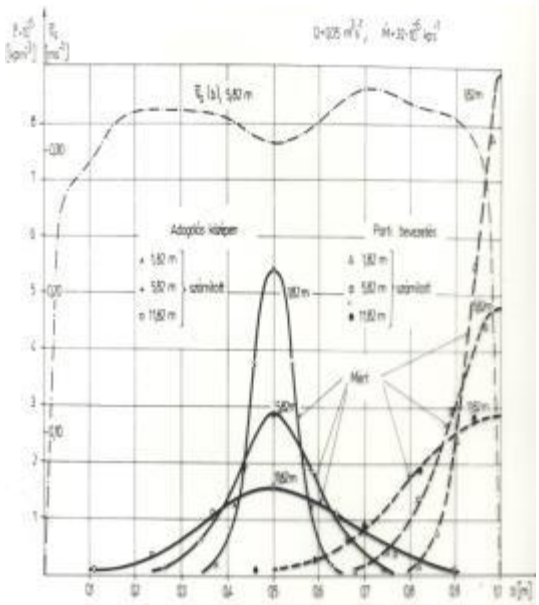
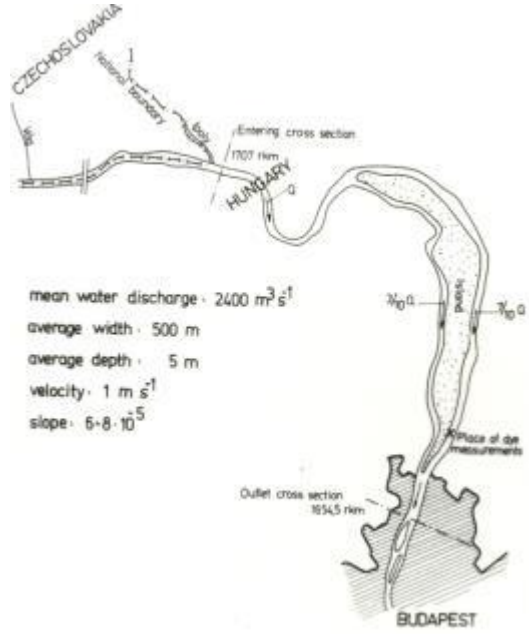
A Sajó medrét a Vízrajzi Atlasz nyilvántartási keresztaszelyvényei alapján építettük a modellbe, így az az 1973. évi állapotot tükrözi.

**Szennyezések – beleértve a hőcsóvákat is – elkeveredése**

**Alapja a turbulens áramlási viszonyok kellő ismerete**



# Dunai elkeveredés-vizsgálatok (Somlyódy, VITUKI, 1975)



Anyagáramvonalak (Somlyódy, 1975)

# Invermoriston – Loch Ness, Skócia



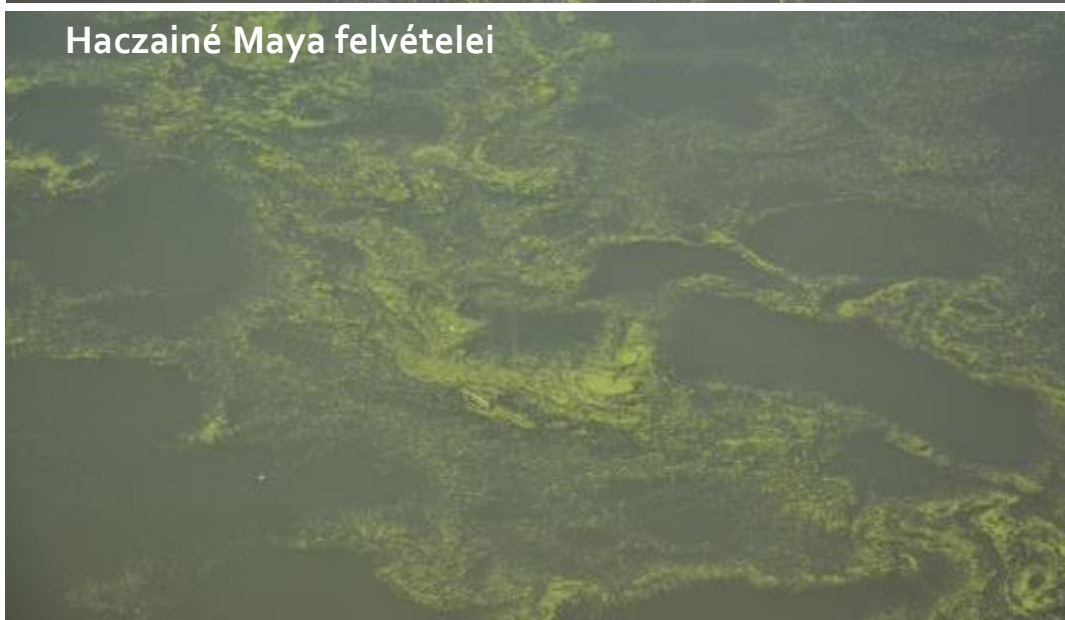
Józsa Ildikó felvételei



# Békalencse-csóva Győrnél



Haczainé Maya felvételei

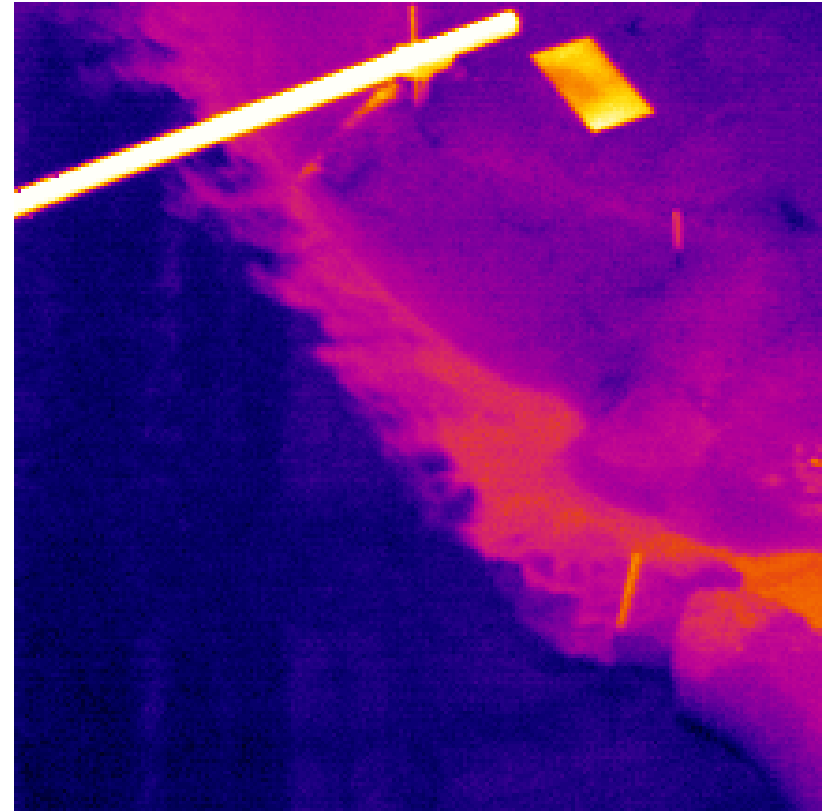
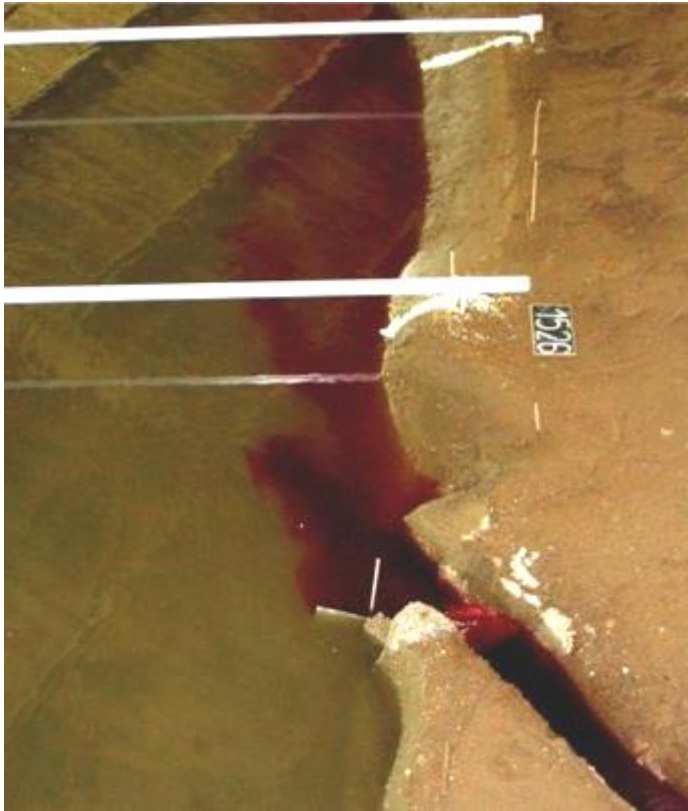


**... és mi történik a folyók fenekén:  
A víz ereje sodorja a kavicsokat**



# Hűtővízcsóva vizsgálata hidraulikai kismintán

Esetleges jégterelő gát hatására kialakuló koherens örvények okozta hőmérséklet-eloszlás jelzőanyagos/hőkamerás kimutatása



**Amikor nem víz, hanem emberre veszélyes  
lúgos folyadék áramlik:**

**A kolontári vörösiszap kiömlése**

# Az alvízi völgyre zúduló lúgos folyadék rémületesen rohanó mozgásban



# A kiszakadt gát és elsodort gátdarabok

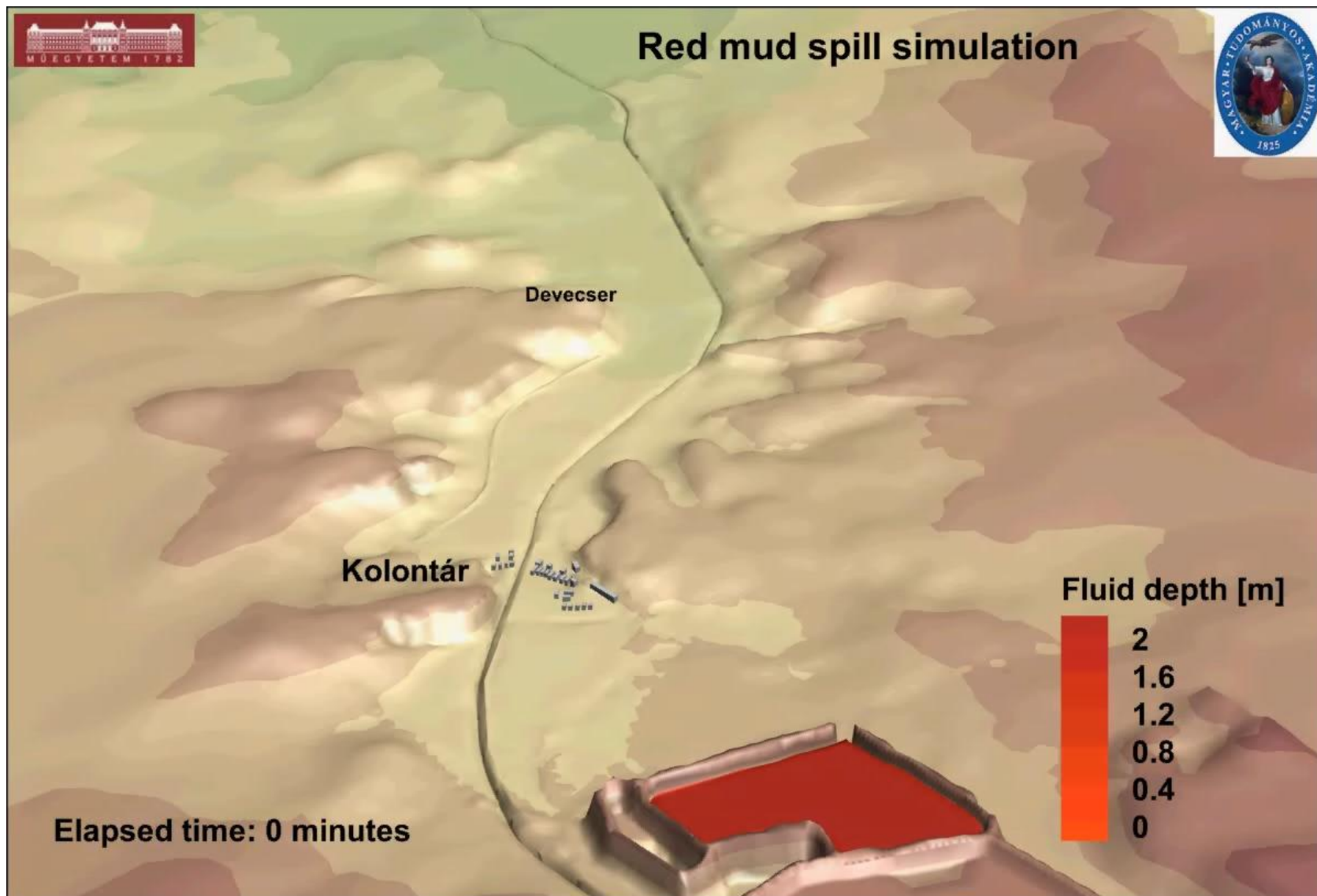




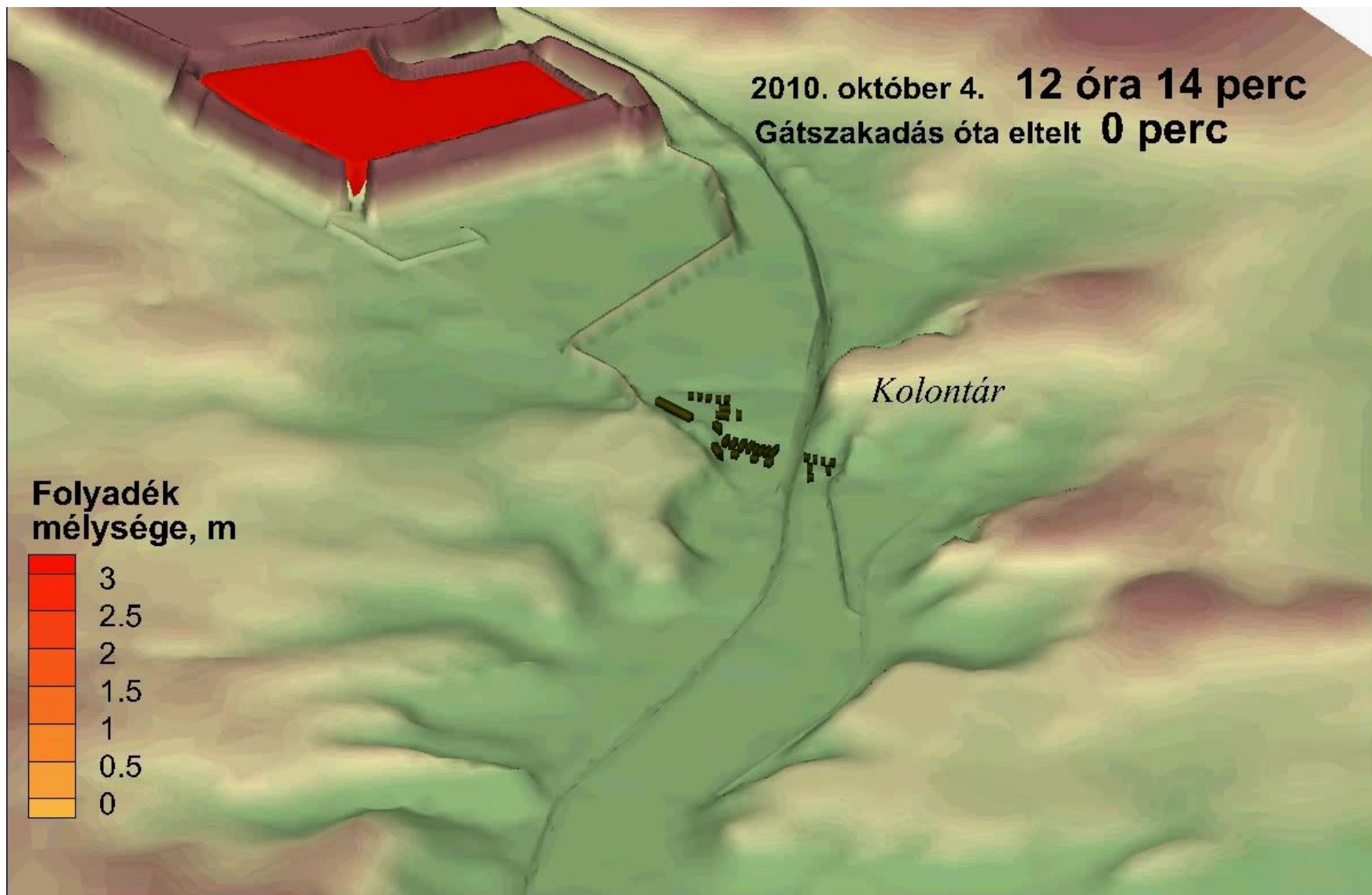
# Különleges helyek



# A gátszakadáson kiömlő folyadék levonulása folyásirányba nézve



... és ha lett volna egy második védőtöltés is



# **Drón-alapú domborzat és áramlásfelmérés**

**Lükő Gabriella** 3. éves BME hallgató OTDK 1. helyezett munkájából, konzulens **Dr. Baranya Sándor**

Drón-vásárló, és a munkát főnöki tekintéllyel biztató szürke eminenciás:

Józsa János

- Hobbi célú drónok használata egyre elterjedtebb
- Felszíni vizek feltárására néhány példa már található
- Fejlesztési cél:
  - Folyami hullámtér domborzatának rekonstruálása drón-alapú videókból (*Structure from Motion (SfM)* módszerrel)
  - Komplex áramlások elemzése *Large Scale Particle Image Velocimetry (LSPIV)* eljárással

# Terepi mérések

## Alkalmazott drón:

- Típusa: DJI Phantom 3 Standard
- HD kamera + gimbal
- Olcsó kategóriás hobbidrón
- Max. repülési idő: 25 perc
- Felvételek: max. 70 m magasról



## Mérési helyszín:

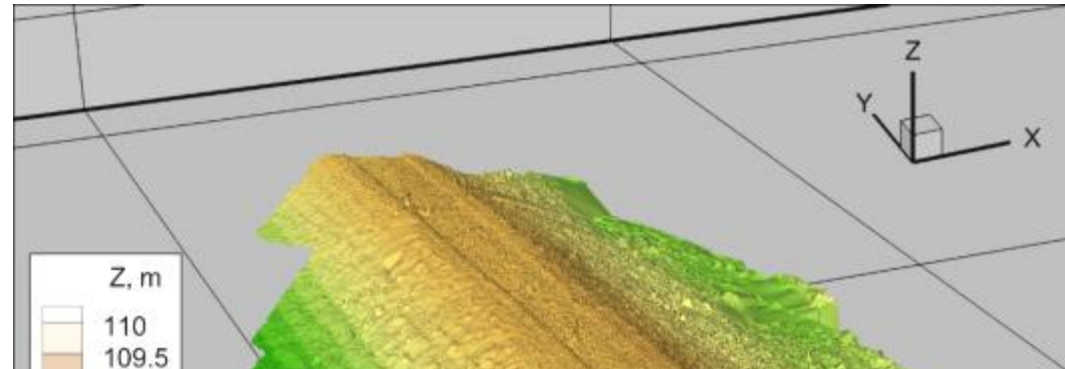
- Váci-Duna ág 1675 fkm (Szentendrei-sziget)



# SfM domborzatfelmérés és eredményei

## Töltésszakasz geometriájának felmérése

- Drón videó
- Nyers 3D modell
- Georeferált, letisztított 3D modell



# Large-Scale Particle Image Velocimetry (LSPIV) (Muste *et al.*, 2008\*)

- Indirekt módszer a vízfelszín áramlási sebességmezőjének mérésére

- **Az eljárás főbb lépései:**

Videófelvétel készítése → Ortorektifikáció → Képfeldolgozás (PIV)

- **Eredmény:**

- *Pillanatnyi sebességvektor-mezők*

- *Időátlagolt sebességmező*



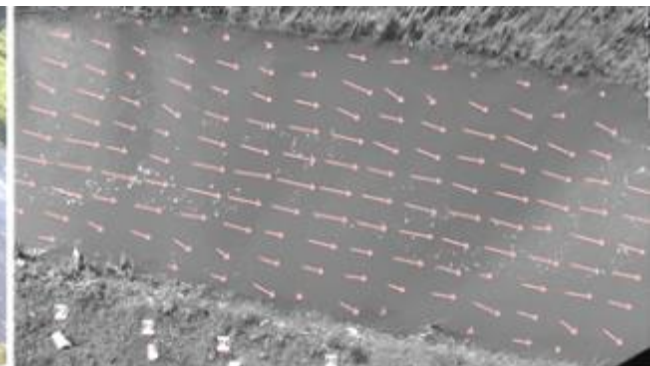
(hazai tesztelés: Lükő és Baranya, 2016\*\*)



Mérési terület



Nyers kép



Transzformált és feldolgozott kép

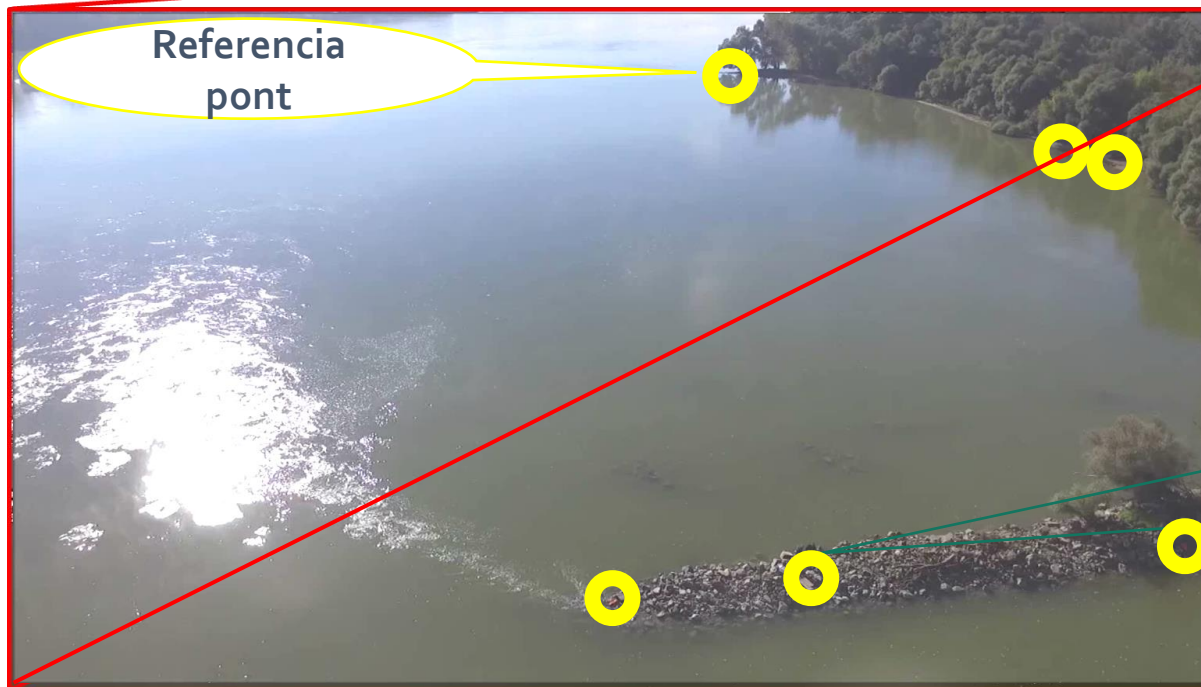
\*Muste, M., Fujita, I., Hauet, A.: Large-scale particle image velocimetry for measurements in riverine environments. *Water Resources Research*. Vol. 44, 2008

\*\*Lükő G., Baranya S.: Videó-alapú vízhozam-mérés tesztelése kisvízfolyásokra, *Magyar Építőipar* 2.sz. 2016



# LSPIV áramlásmérések

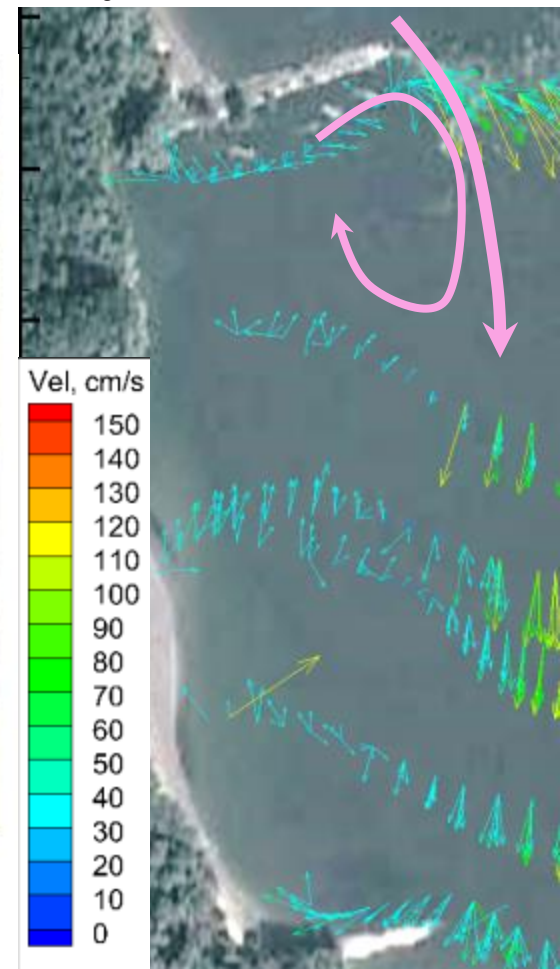
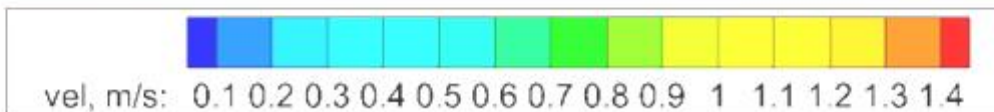
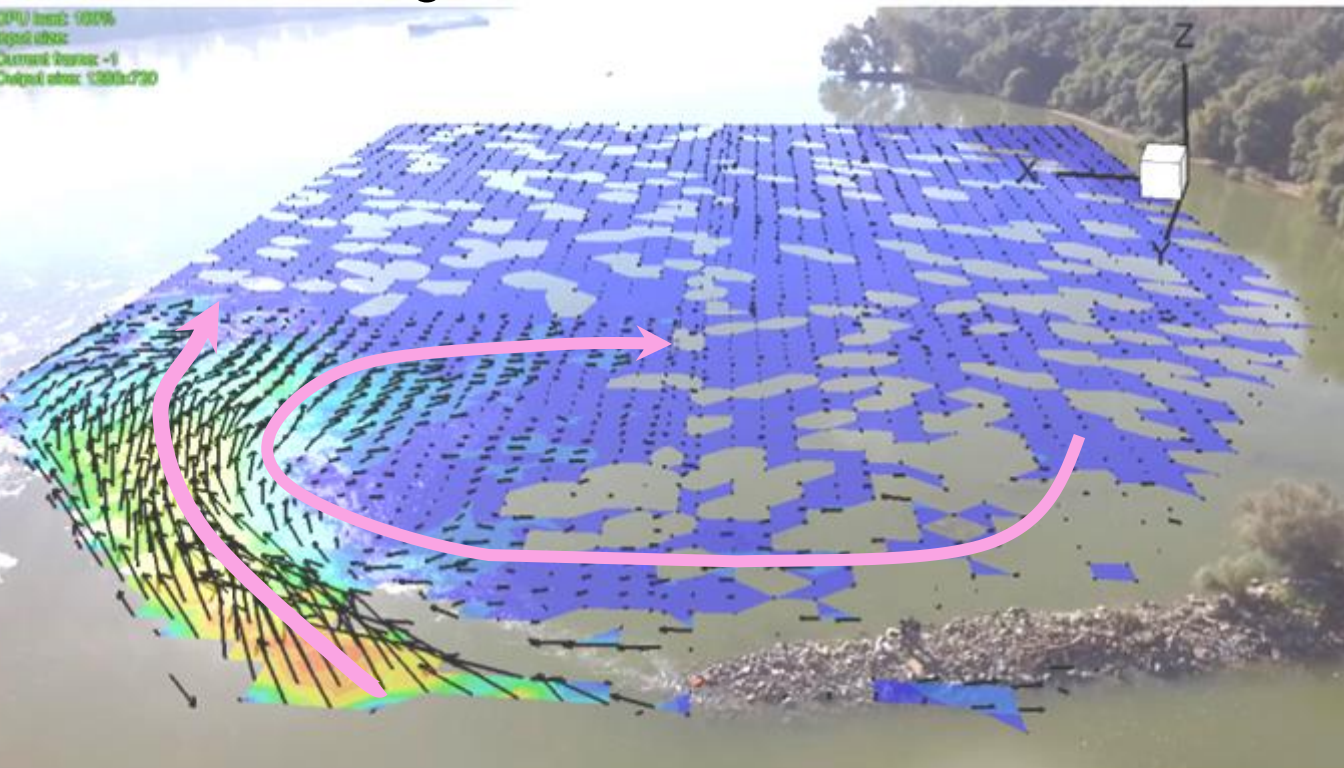
- Videó készítése drónról pl. sarkantyú környezetében
- Referencia pontok (RTK-GPS)
- LSPIV elemzés
- Áramlási mező örvénystruktúrájának és dinamikájának vizsgálata:
  - *Nagy-léptékű*
  - *Örvény-léptékű elemzés*



# LSPIV áramlásmérés eredményei

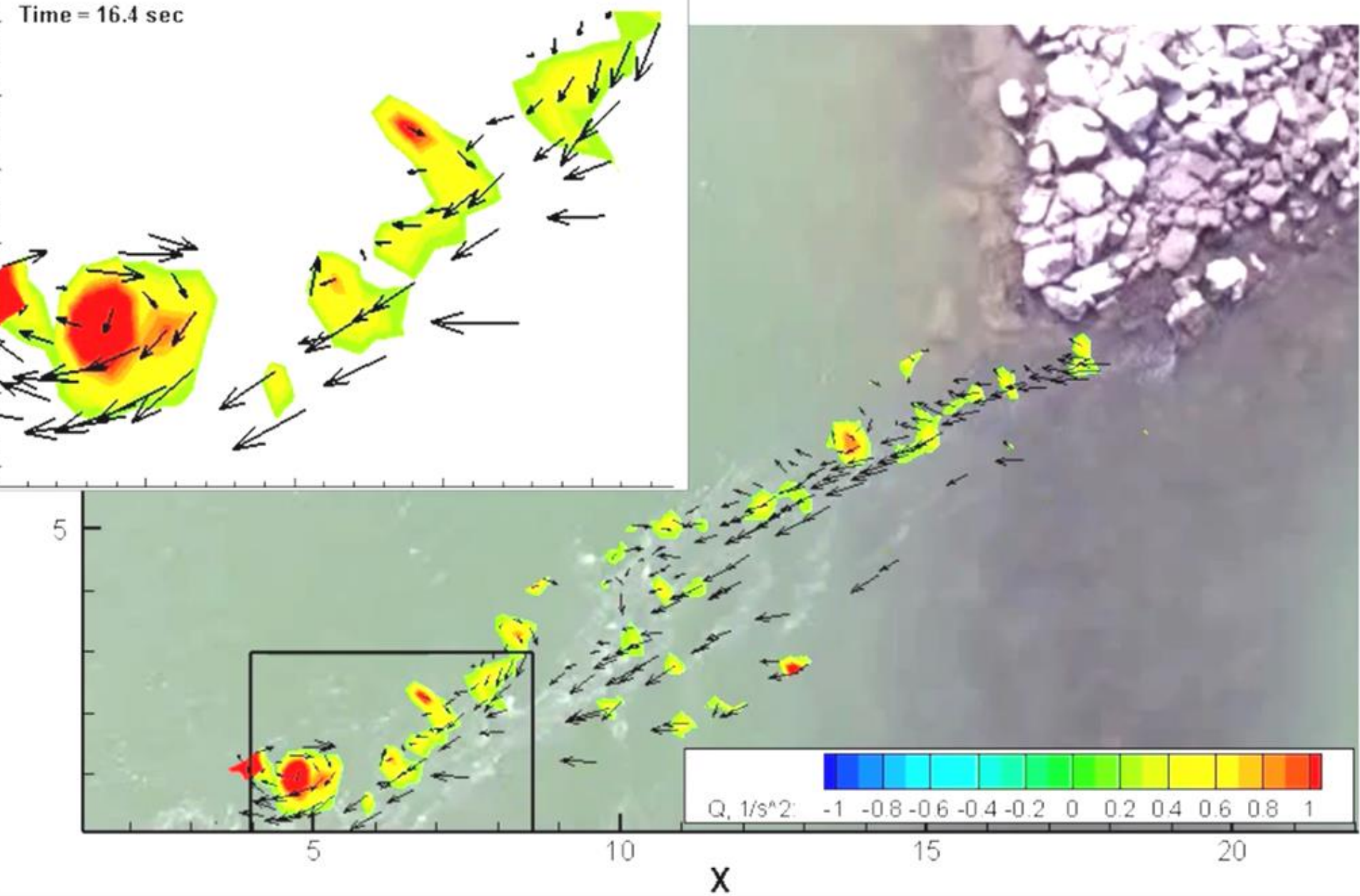
- 2D időben átlagolt sebességmező a sarkantyú környezetében
- Jól kirajzolódó áramlási jellemzők és mintázatok:
  - A mű terelő hatása
  - Lokálisan megnövekvő sebességek
  - Visszaforgó áramlás

**Korábbi ADCP mérés  
eredményei hasonló  
vízjárásnál**



# Örvény-léptékű adataelemzés

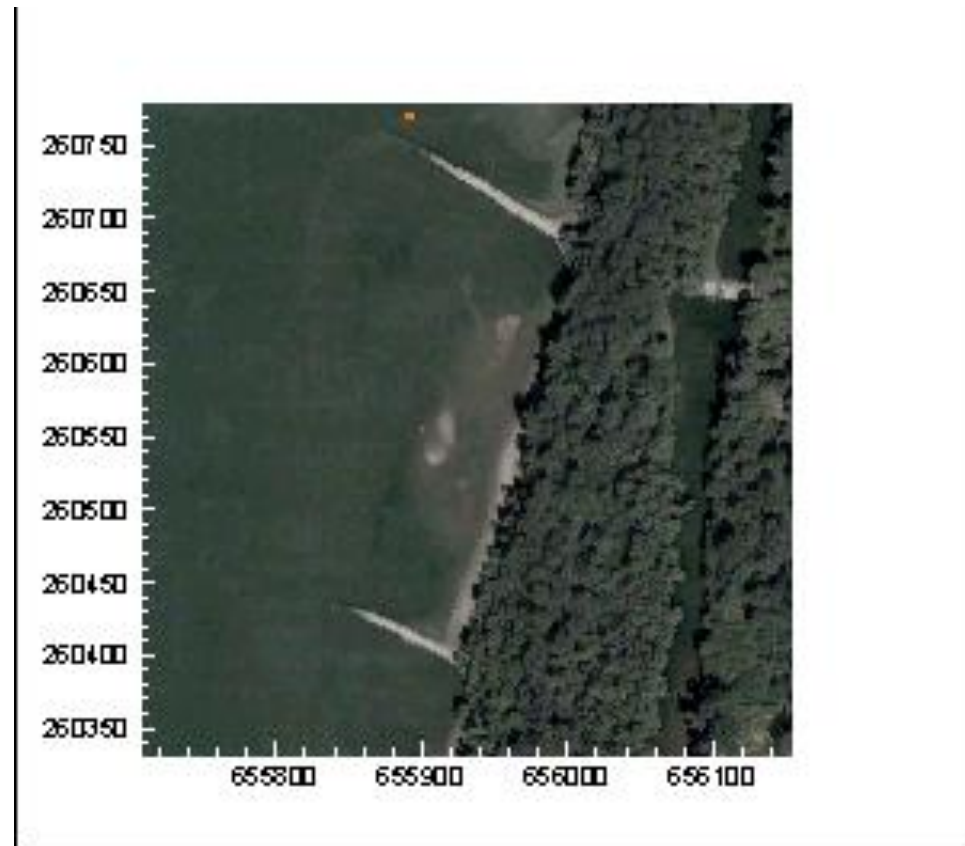
Time = 16.4 sec



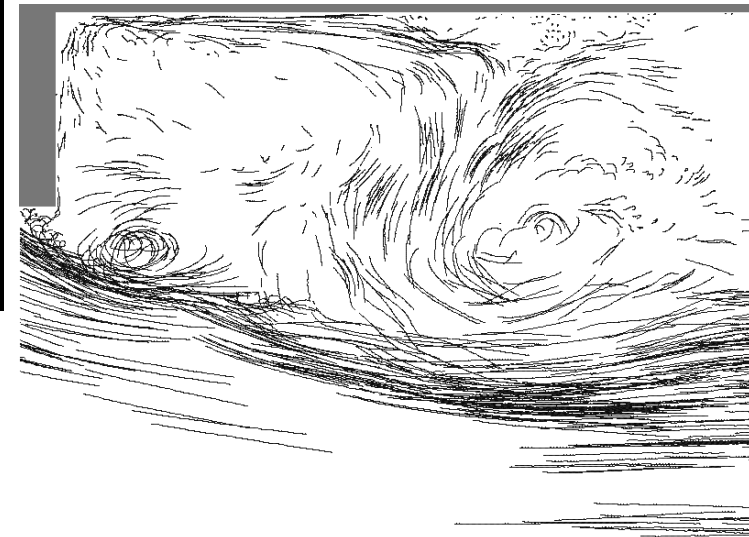
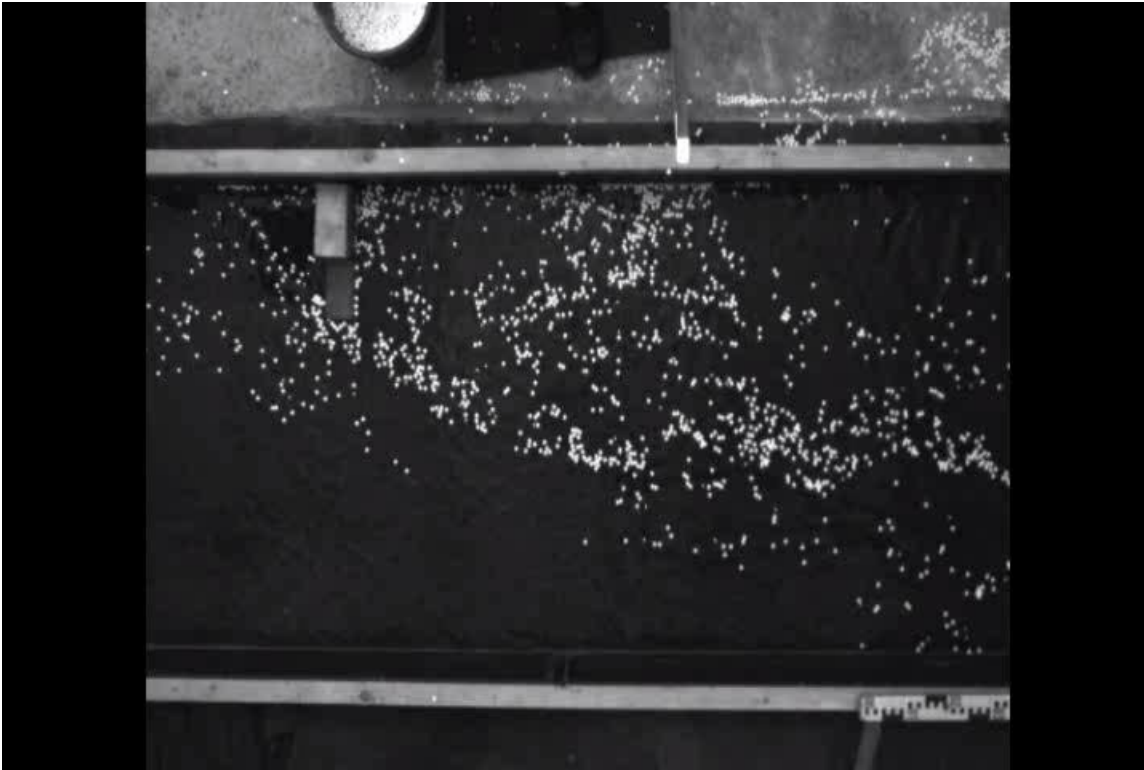
**Kaotikus elkeveredés és fraktálmintázatok  
folyami sarkantyús környezetben**

Lagrange-rendszerű feltárás terepen, laborban, számítógépen

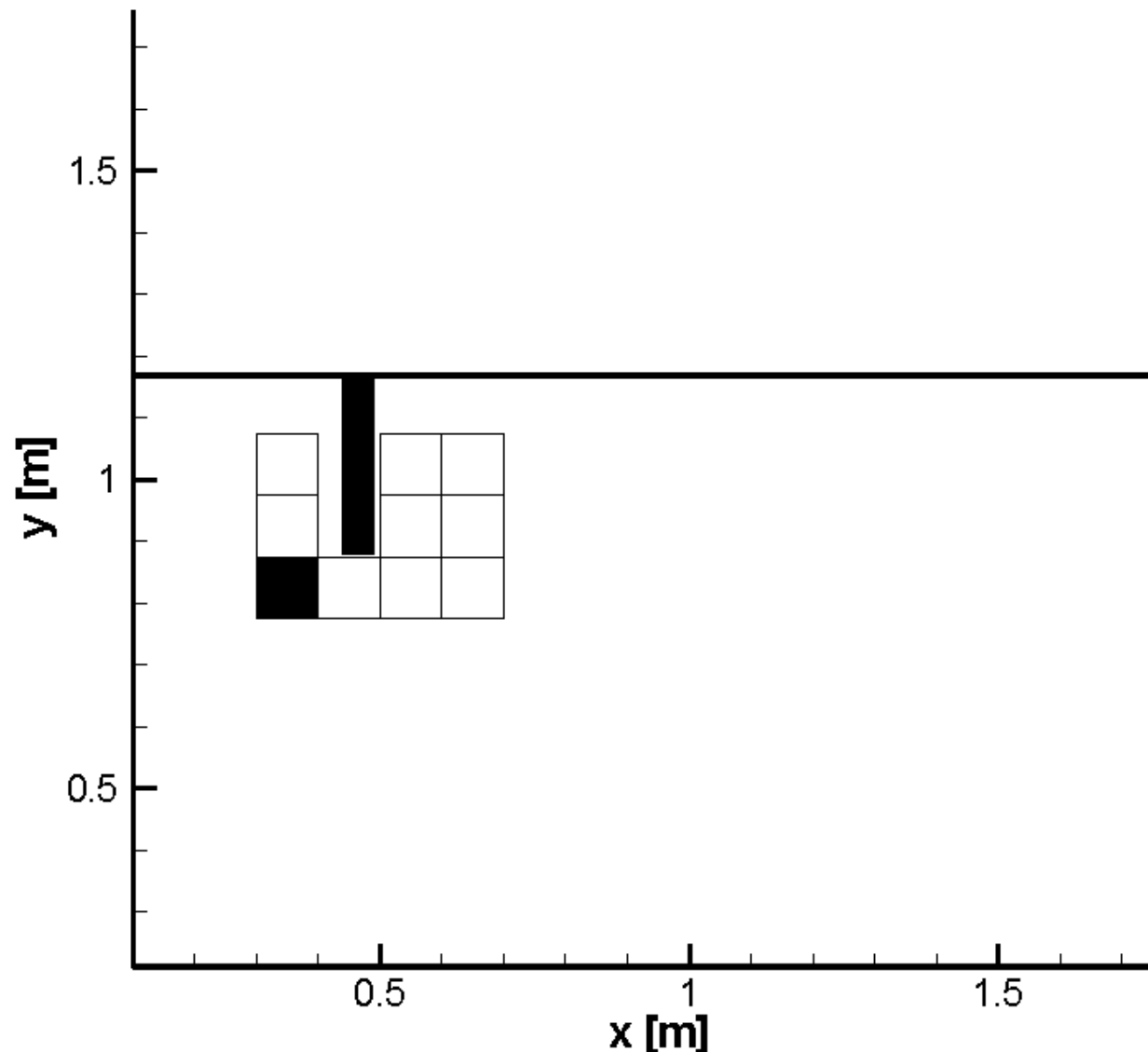
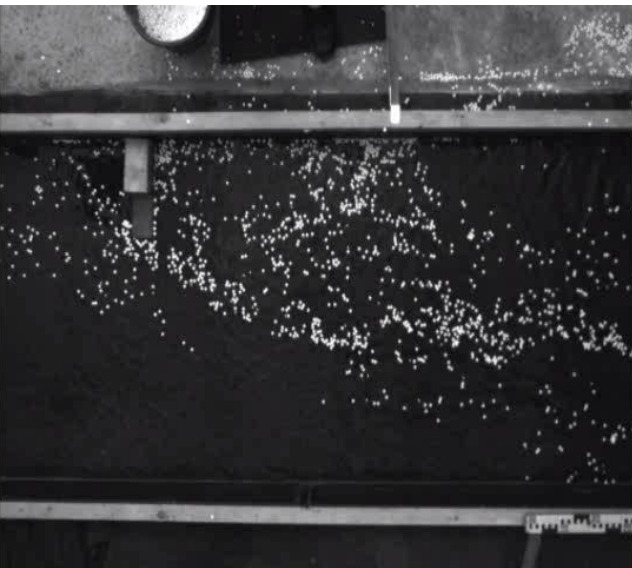
# Különös transzportjelenségek: Örvénydinamika és elkeveredés (dunai) sarkantyúk környezetében



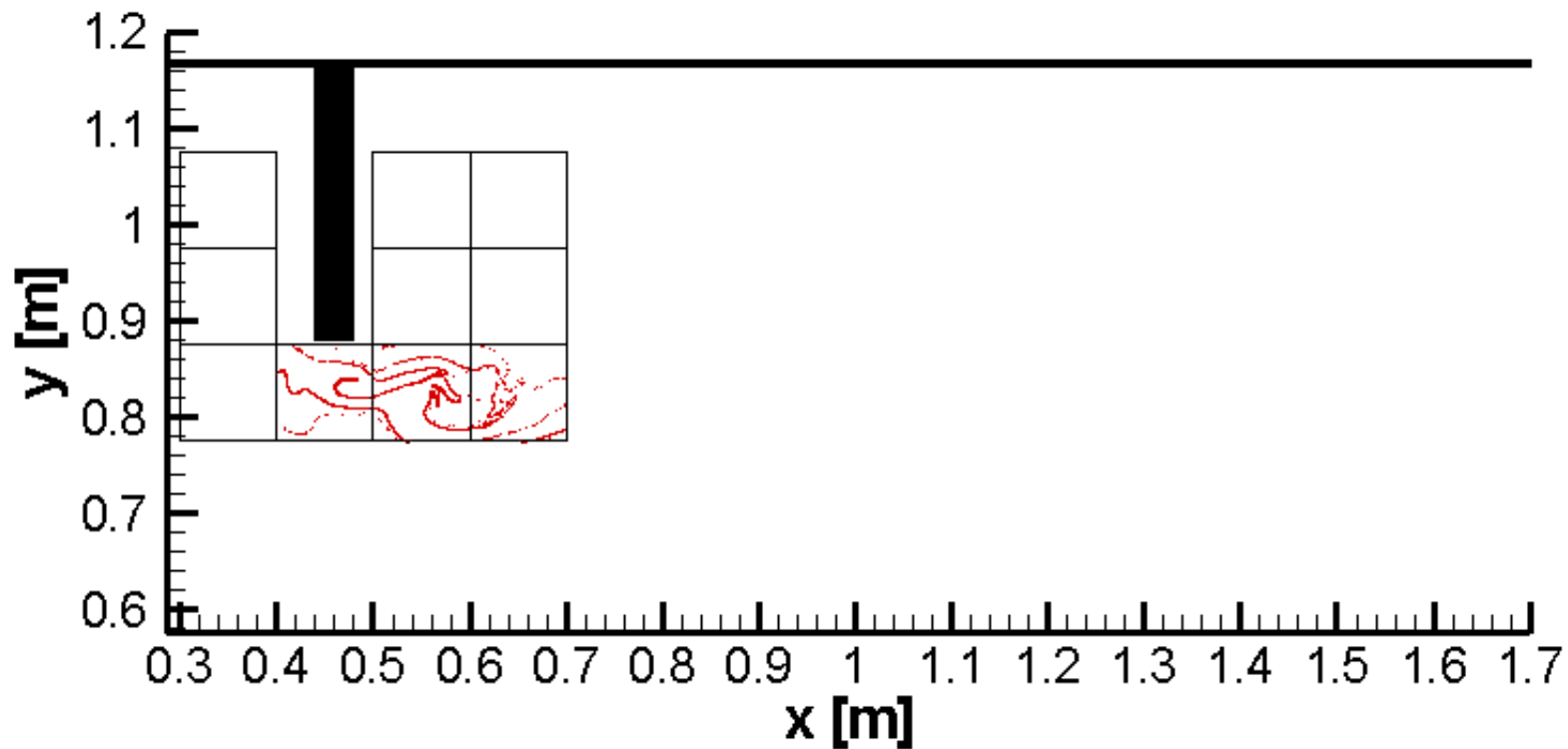
**A jelenség laborméretekben való vizsgálata:  
PTV részecskekövetéses sebességmező-rekonstrukcióval  
és Lagrange-féle numerikus részecskepálya-szimulációval**



# Fraktálstruktúrák és tranziens káosz-jellemzők kimutatása

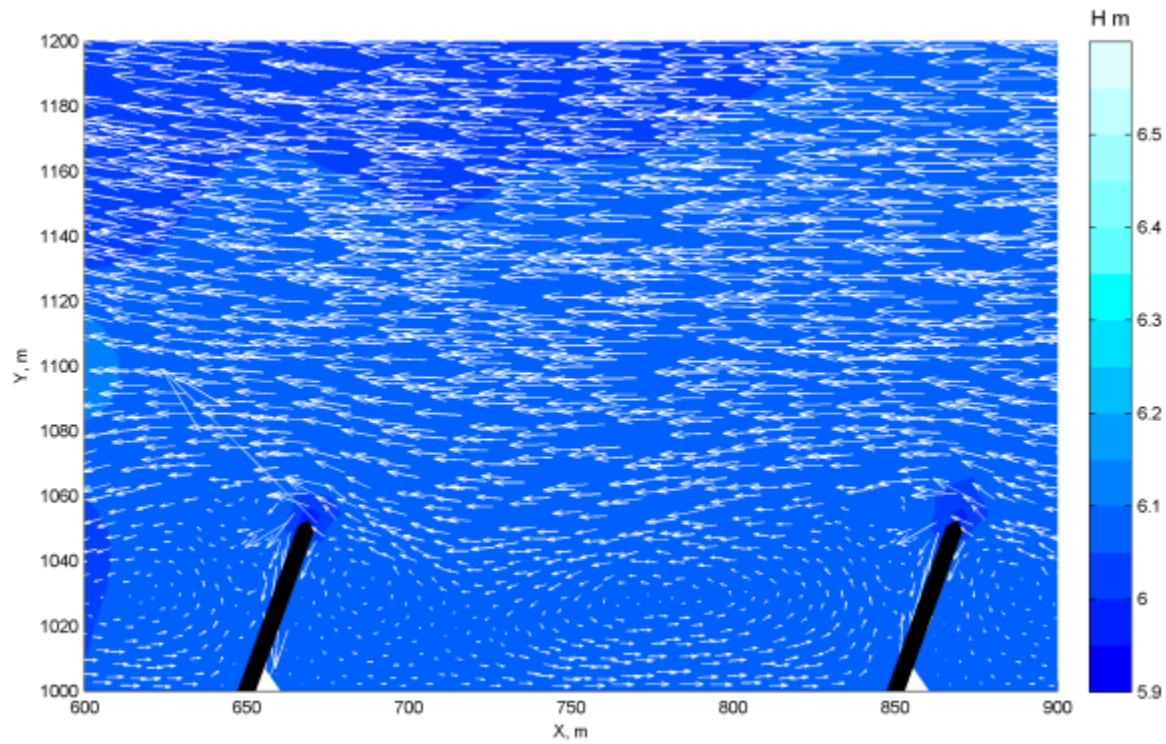


# Fraktálstruktúrák és tranziens káosz-jellemzők kimutatása

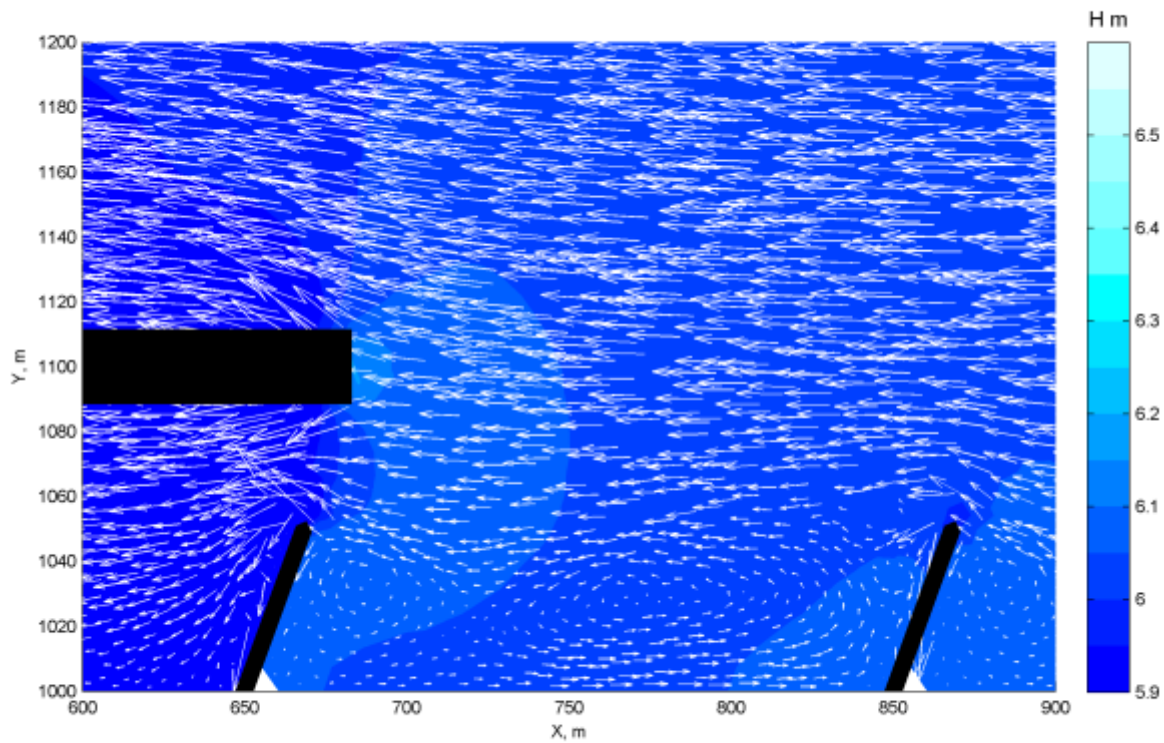




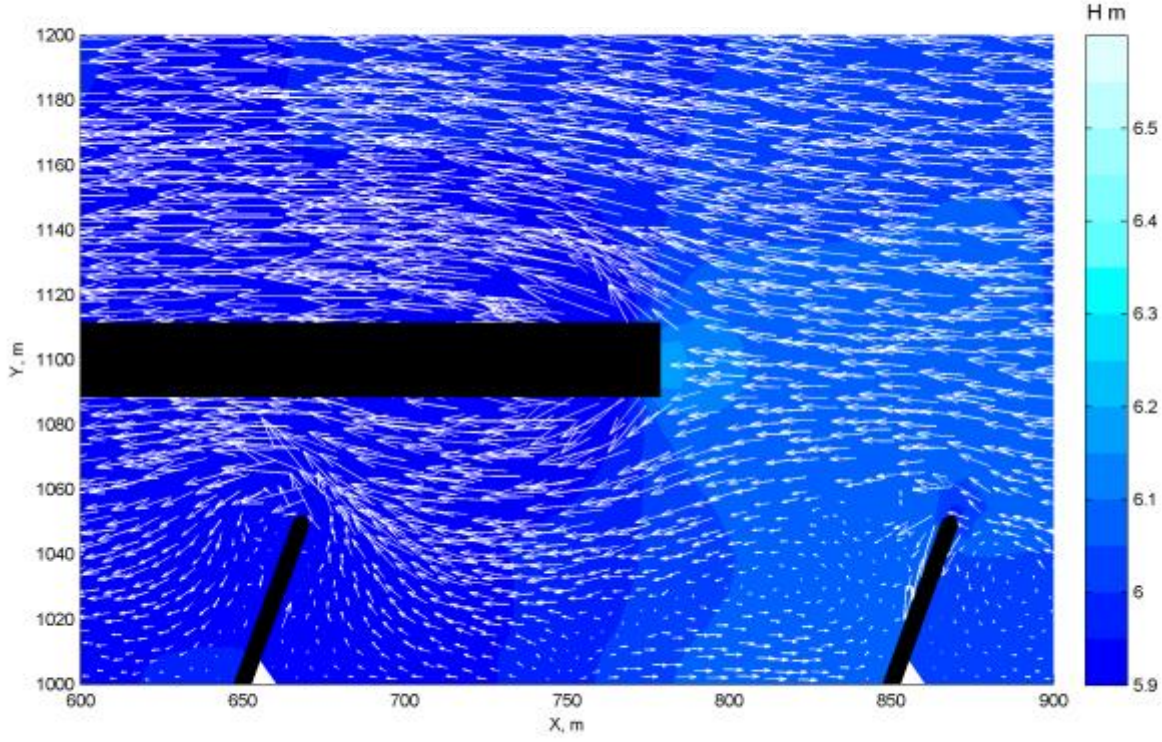
# Hajók tranziens áramlási hatása sarkantyúk környezetében



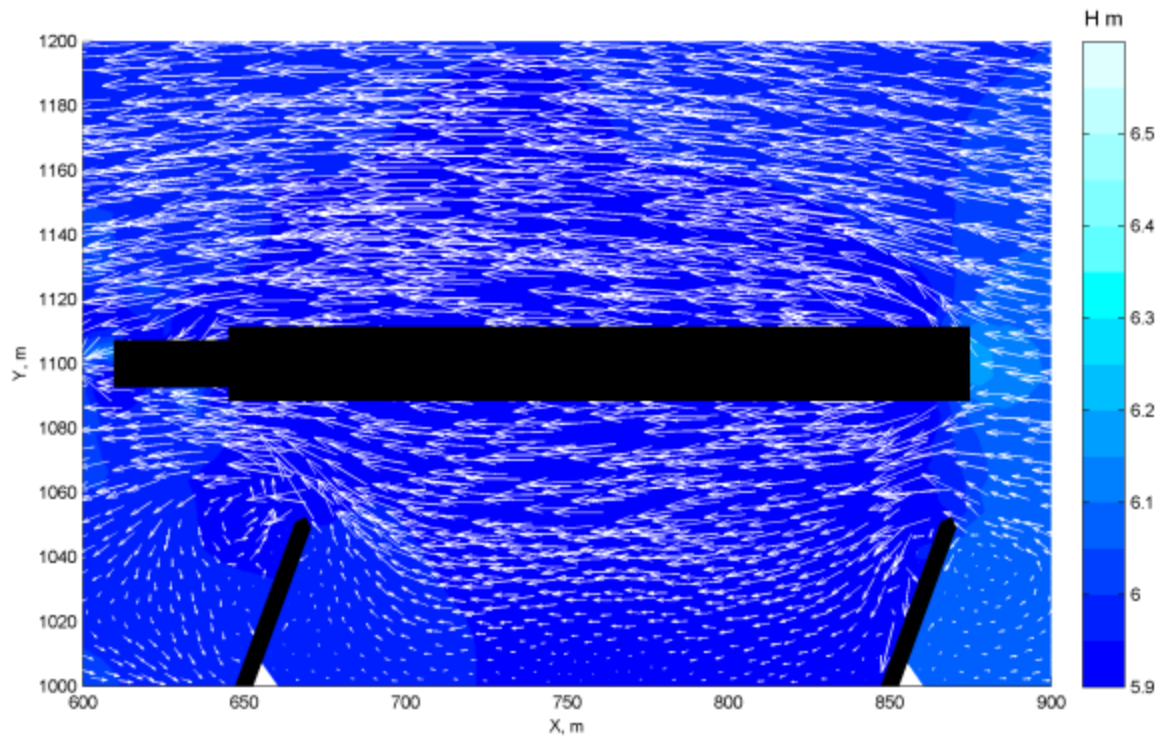
# Hajók tranziens áramlási hatása sarkantyúk környezetében



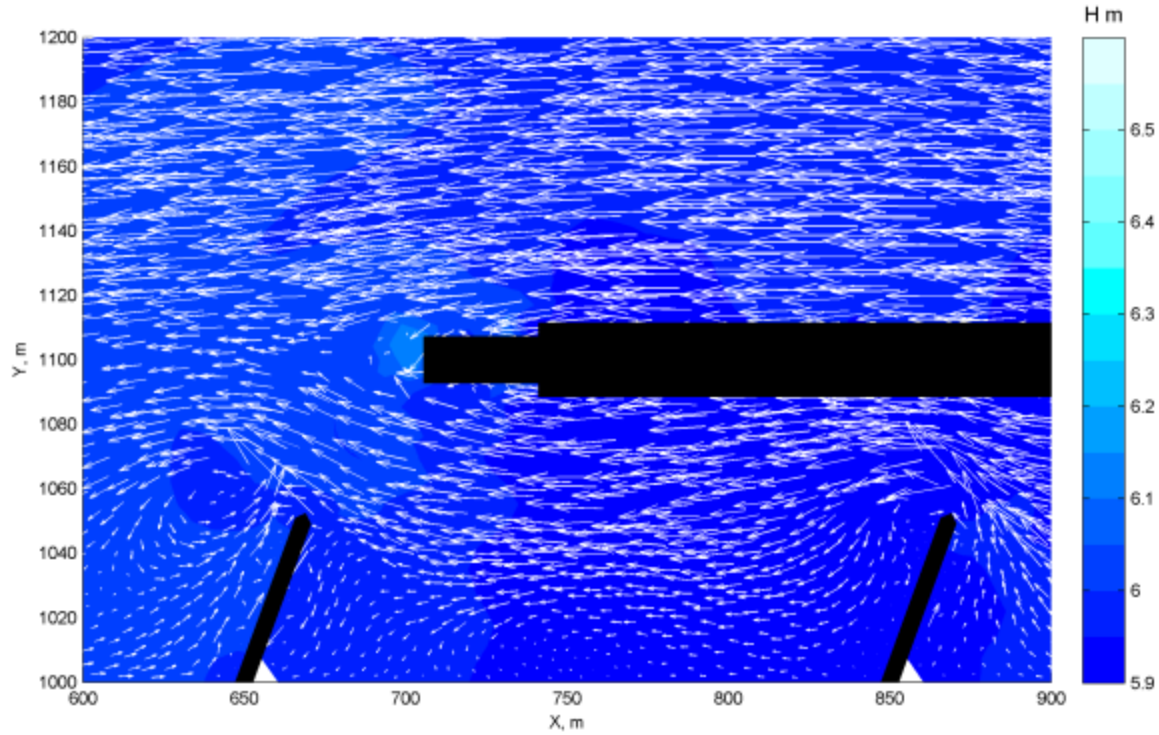
# Hajó tranziens áramlási hatása sarkantyúk környezetében



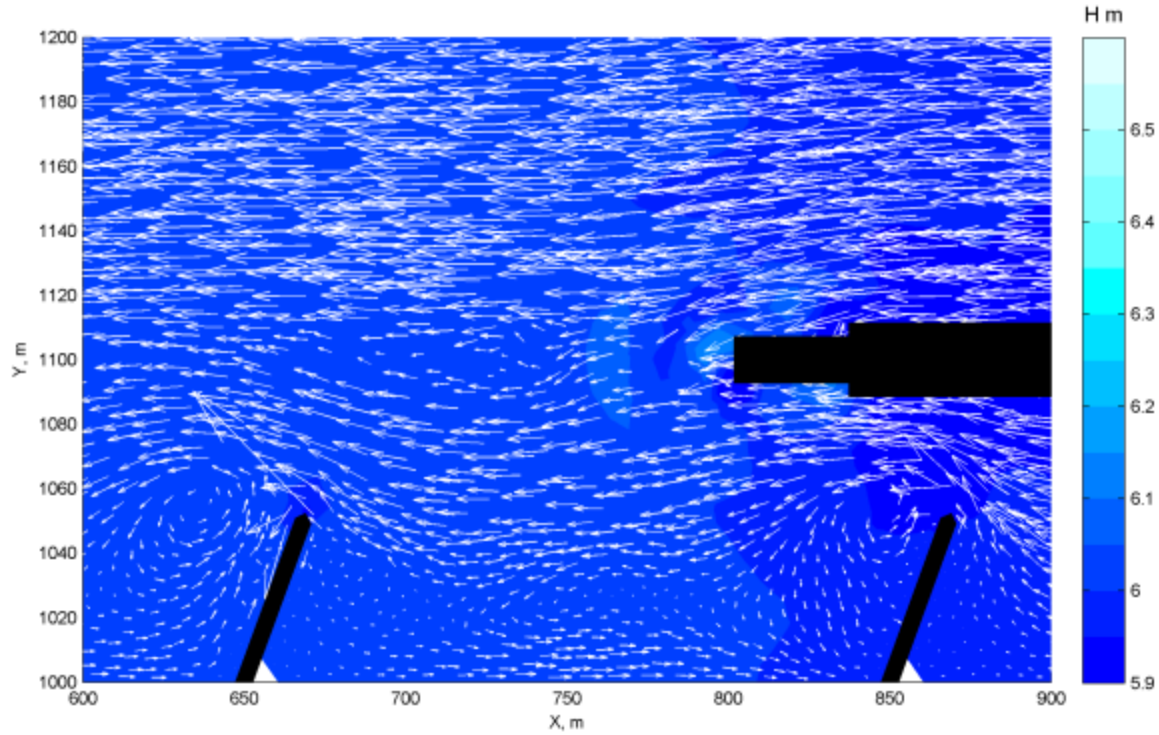
# Hajók tranziens áramlási hatása sarkantyúk környezetében



# Hajók tranziens áramlási hatása sarkantyúk környezetében

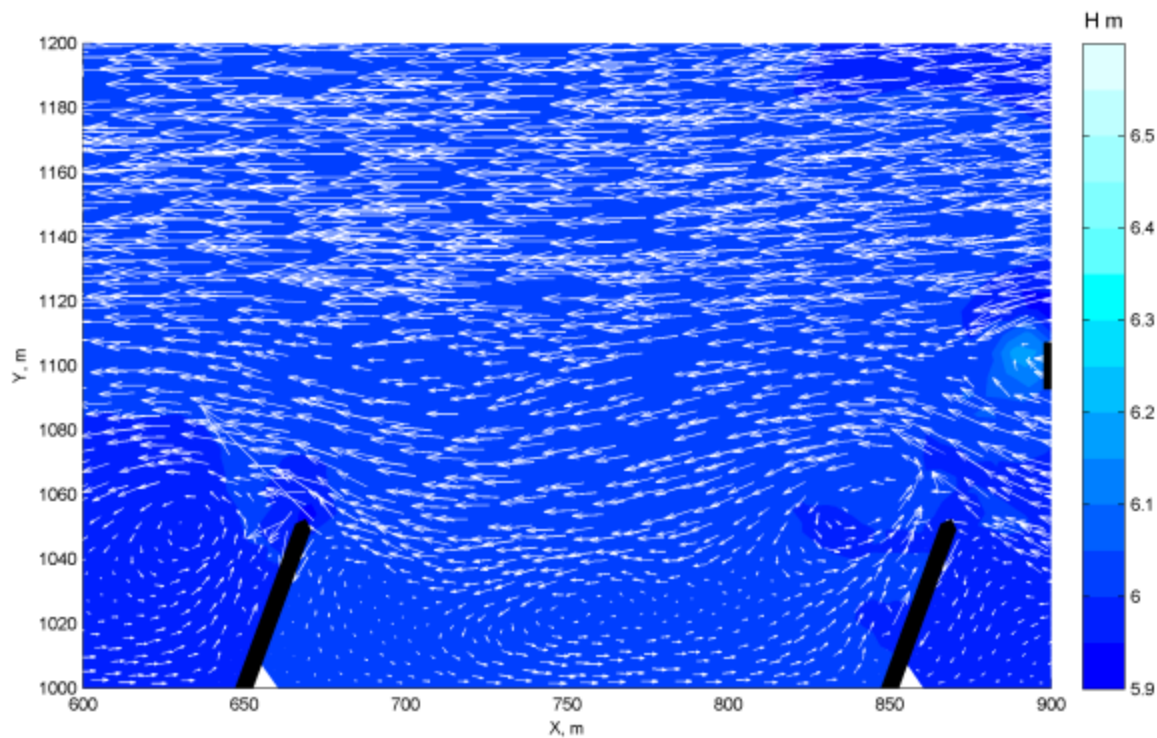


# Hajók tranziens áramlási hatása sarkantyúk környezetében



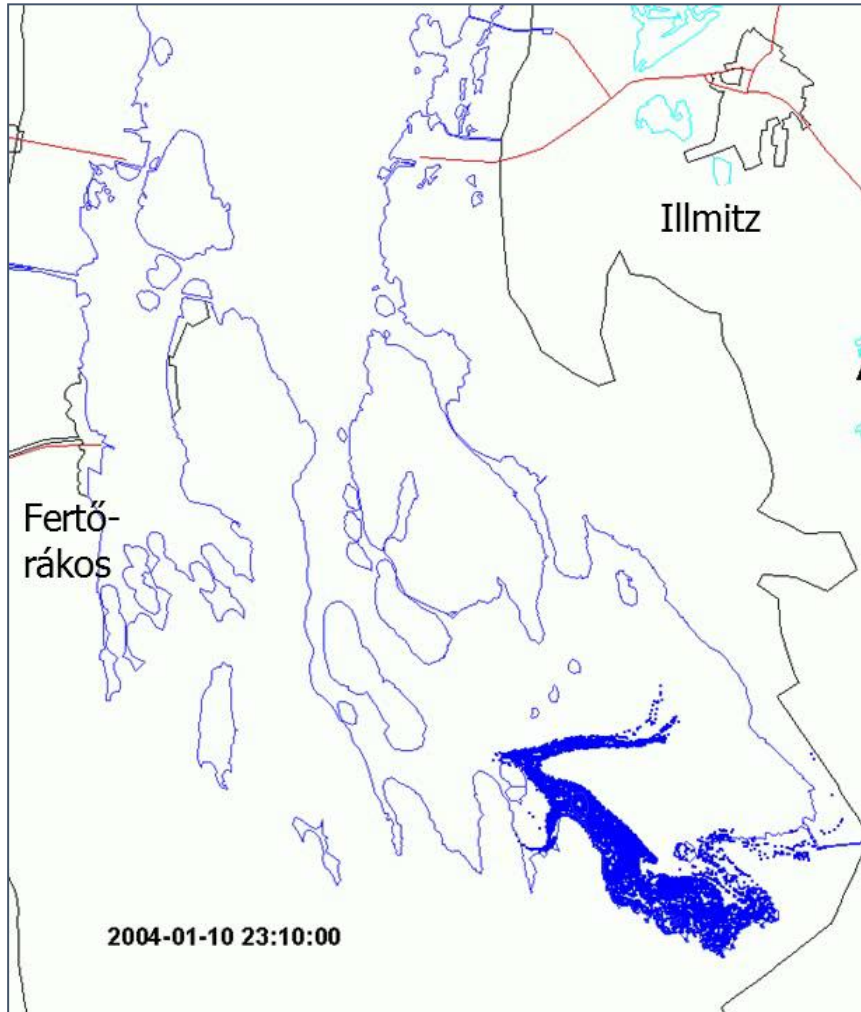
# Hajók tranziens áramlási hatása sarkantyúk környezetében

## Átöblítés, parterózió, élőhely-viszonyok



Kéri Barbara Mosonyi Emil-diplomadíjas MSc dolgozatából, 2012

# Végül egy tavi példa: Fertő-tó ökoszisztéma kitettsége



- Klímaváltozás, szélsőségek növekedése
- Kényszerű igény vízpótlásra
- Vízpótlási csóva *szél keltette* terjedésvizsgálata
- Kémiai-biológiai és ökológiai veszélyhelyzetek megelőzése a vízgazdálkodási tervezésben

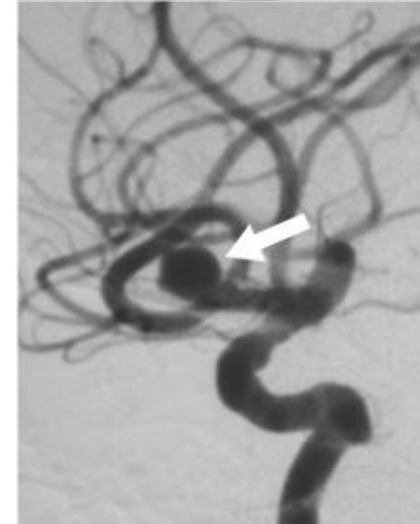
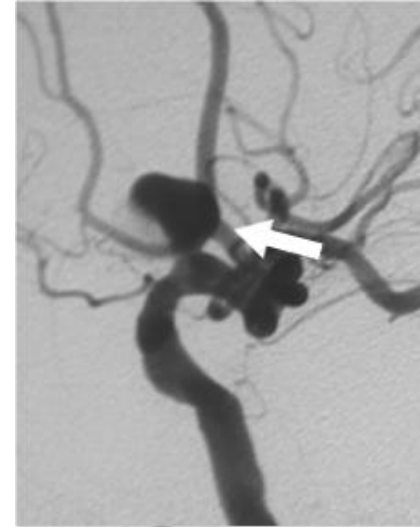
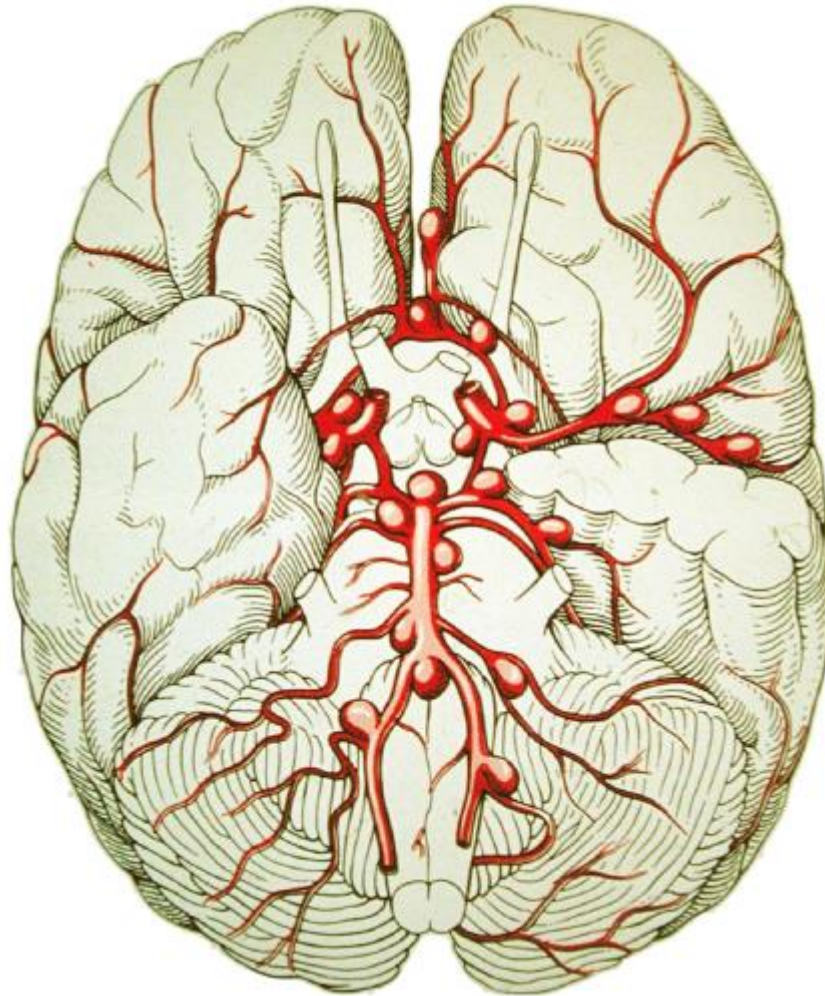


**Váltás, de erős analógiákkal:**

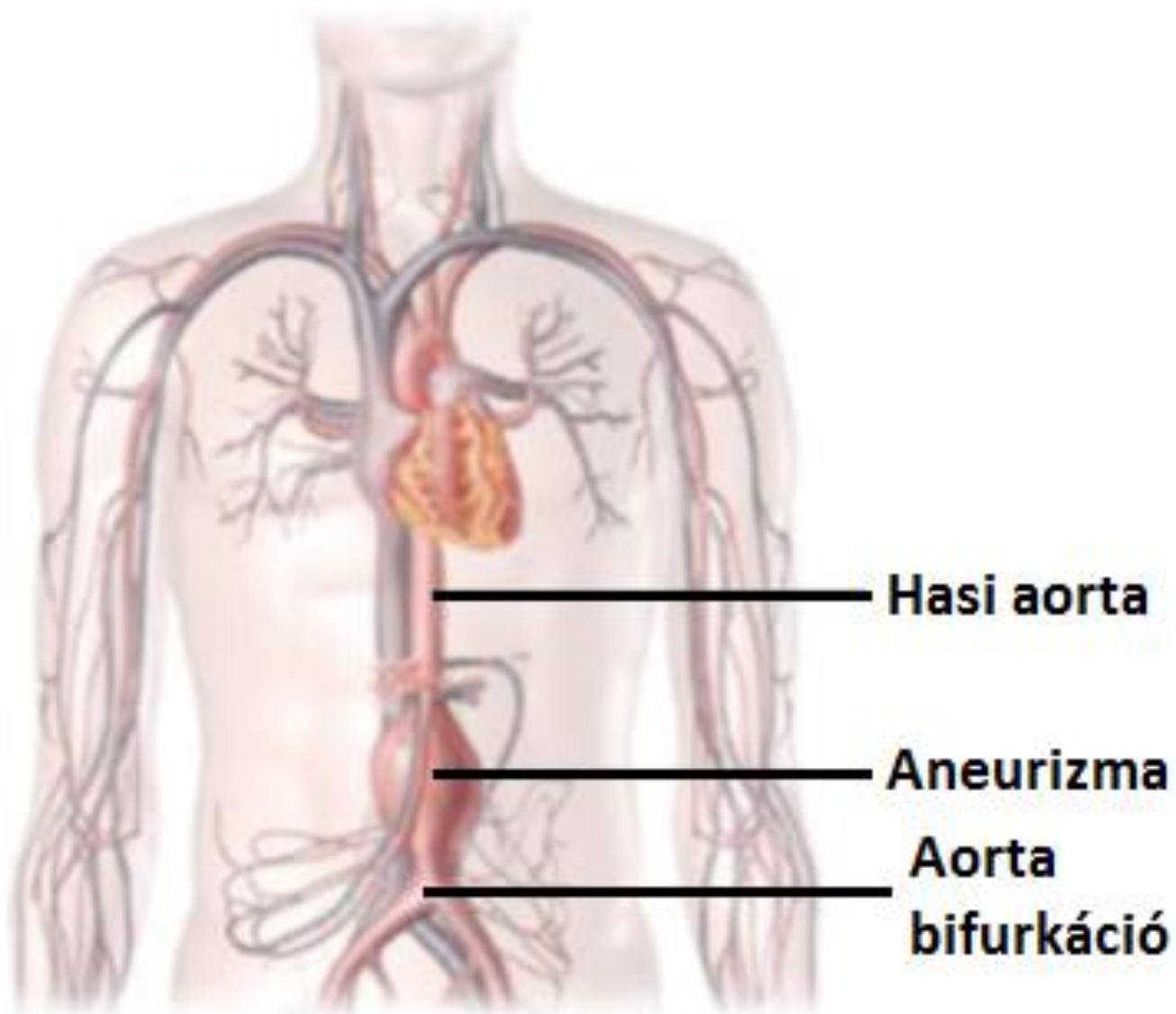
**Véráramlás (hemodinamika), aneurizmák, sztentek,  
kaotikus elkeveredés és fraktálmintázatok**

**Testben, laborban, számítógépen**

# Agyi aneurizmák

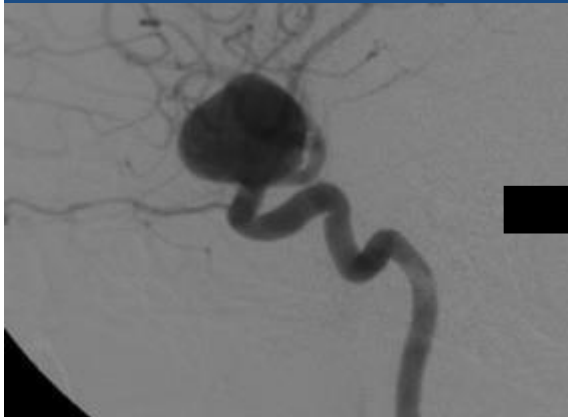


# Hasi aneurizma

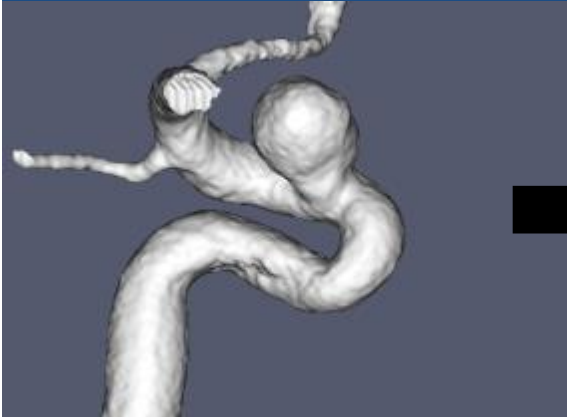


# Feldolgozási folyamat

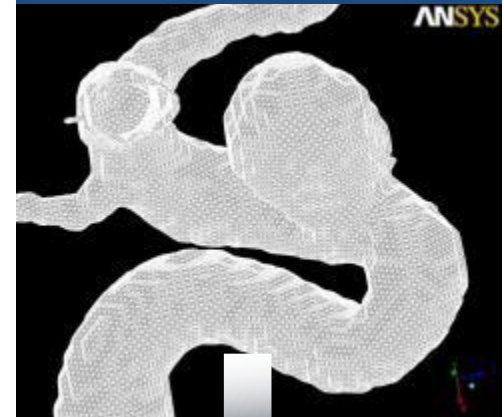
## Angiográfia



## 3D felület



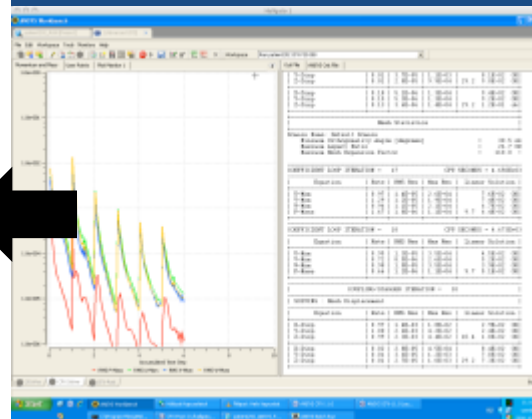
## Numerikus háló



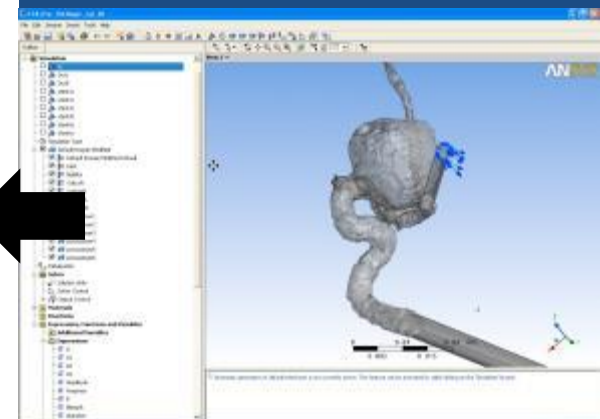
## Eredmények



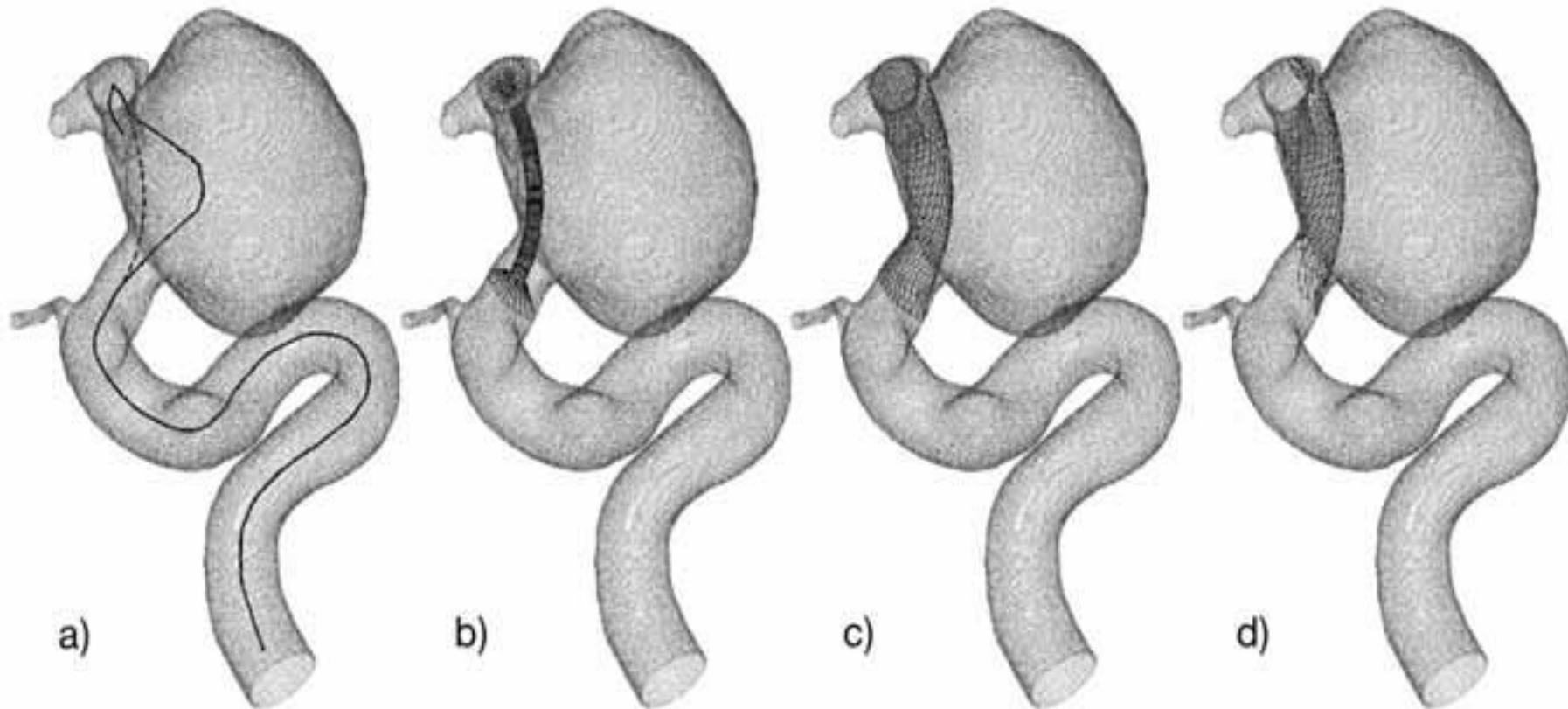
## Számítás



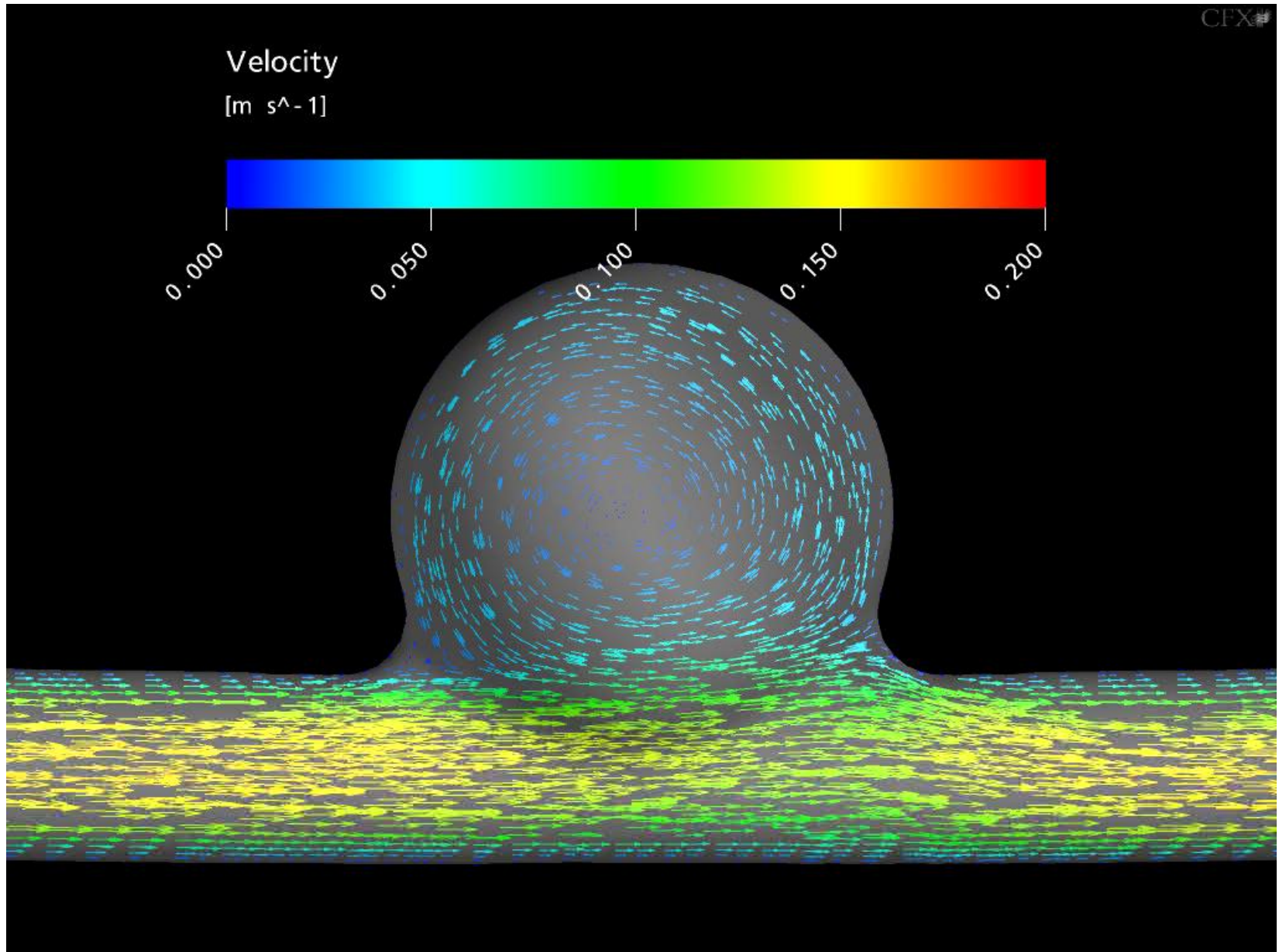
## Fizikai modell



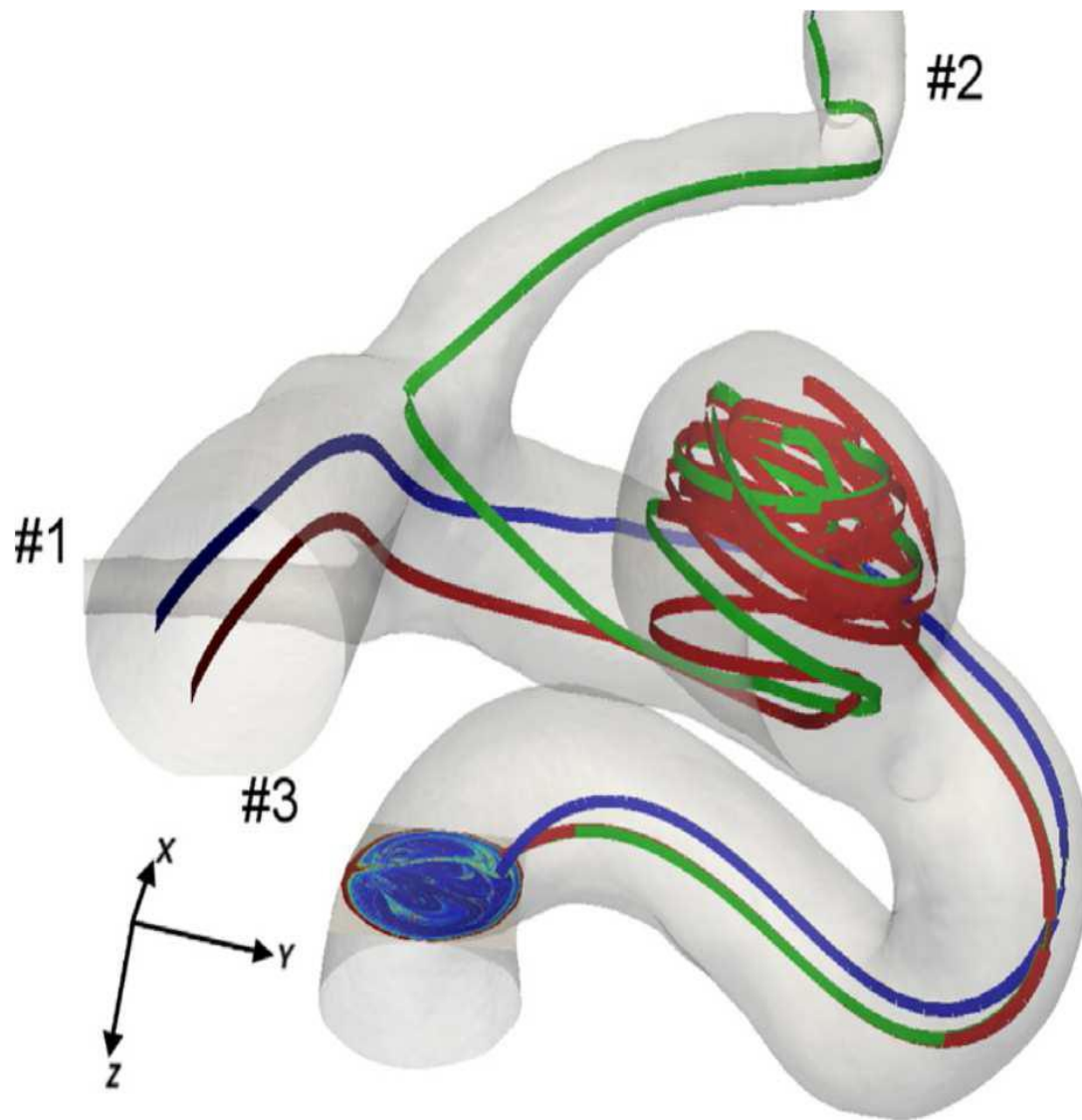
# Sztentek aneurizmák gyógyításában



# 3D numerikus hemodinamikai modellezés



# Kezdeti pozíciótól való érzékeny függés



**A téma szélesebb kifejtésére javasolt  
Paál György professzor külön előadásra meghívása**



# Végszó, ami a test orvoslására is igaz lehet

*Dr. Németh Endre*

*(1891 – 1976)*

*egyetemi tanár*

*az I. Vízépítési Tanszék tanszékvezetője  
az Építőmérnöki Kar dékánja*

*„A víz nem fűri a nyers erőszakot,  
de a természetéhez igazodó irányításának enged.”*

*Állították:*

*BME Építőmérnöki Kar*

*Magyar Hidrológiai Társaság*

