

Korszerű módszerek az árvizek részletgazdag helyszíni mérésében és numerikus modellezésében: júniusi tapasztalatok, eredmények és a továbblépés irányai

Józsa János, Krámer Tamás, Baranya Sándor, Szilágyi József

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tsz.



Prélude:

Az utóbbi két és fél évtized turbulenciájában szinte hagyománnyá vált a vízügy folyamatos karcsúsítása, de az árvizek azért mindig hoztak egy kis föllendülést

A júniusi árvíz Passaunál...



Dunai árhullám - 2013

... Linznél...



Dunai árhullám - 2013

... és Budapesten



A metrólejárat „lokalizálása”



A nyúlgátat néhol kritikusan magasra kellett kiépíteni



Magyarországon először bízták egy város védelmét mobilgátra



Szentendre

Egy másik debütáló: tömlős gát a Margitszigeten



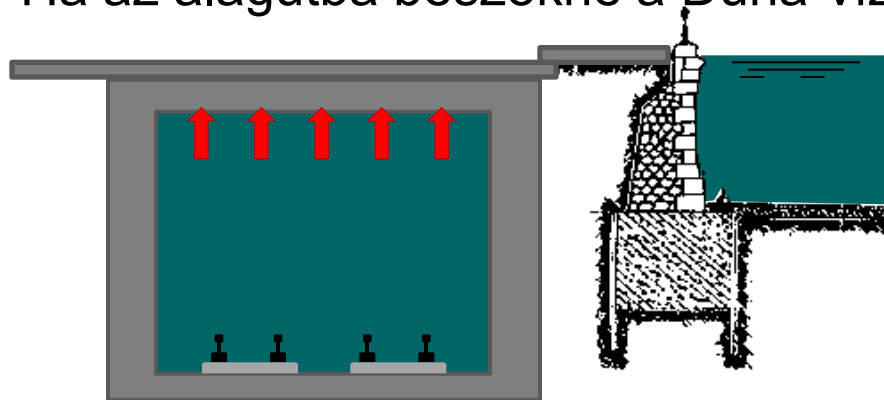
A csatornákból feltörő vizek ellen homokzsákokkal, ellennyomó medencékkel és fóliázással védekeztek



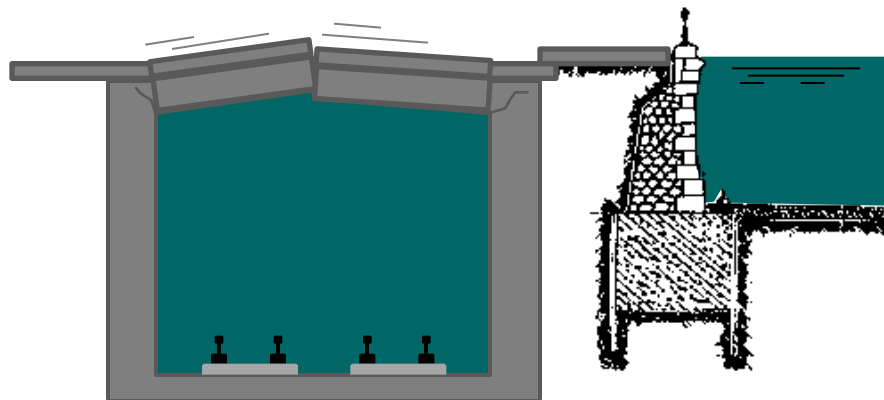
A HÉV-alagút fölötti úttestet a felszakadás ellen nehéz járművekkel terhelték le



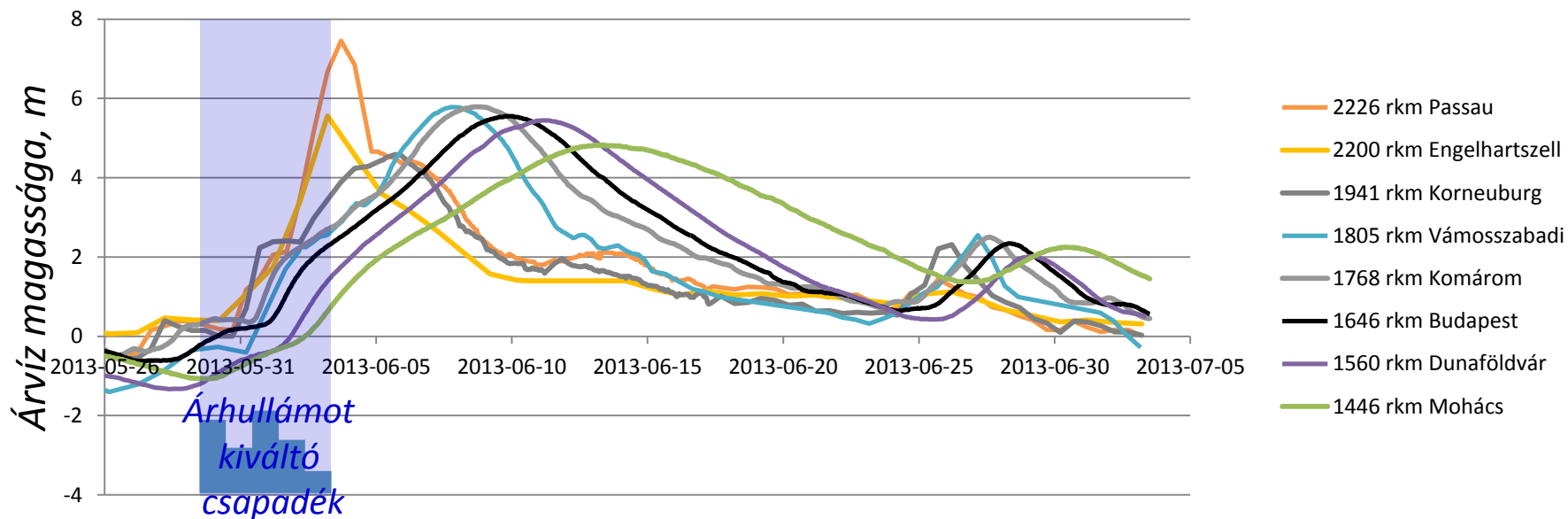
Ha az alagútba beszökne a Duna-víz...



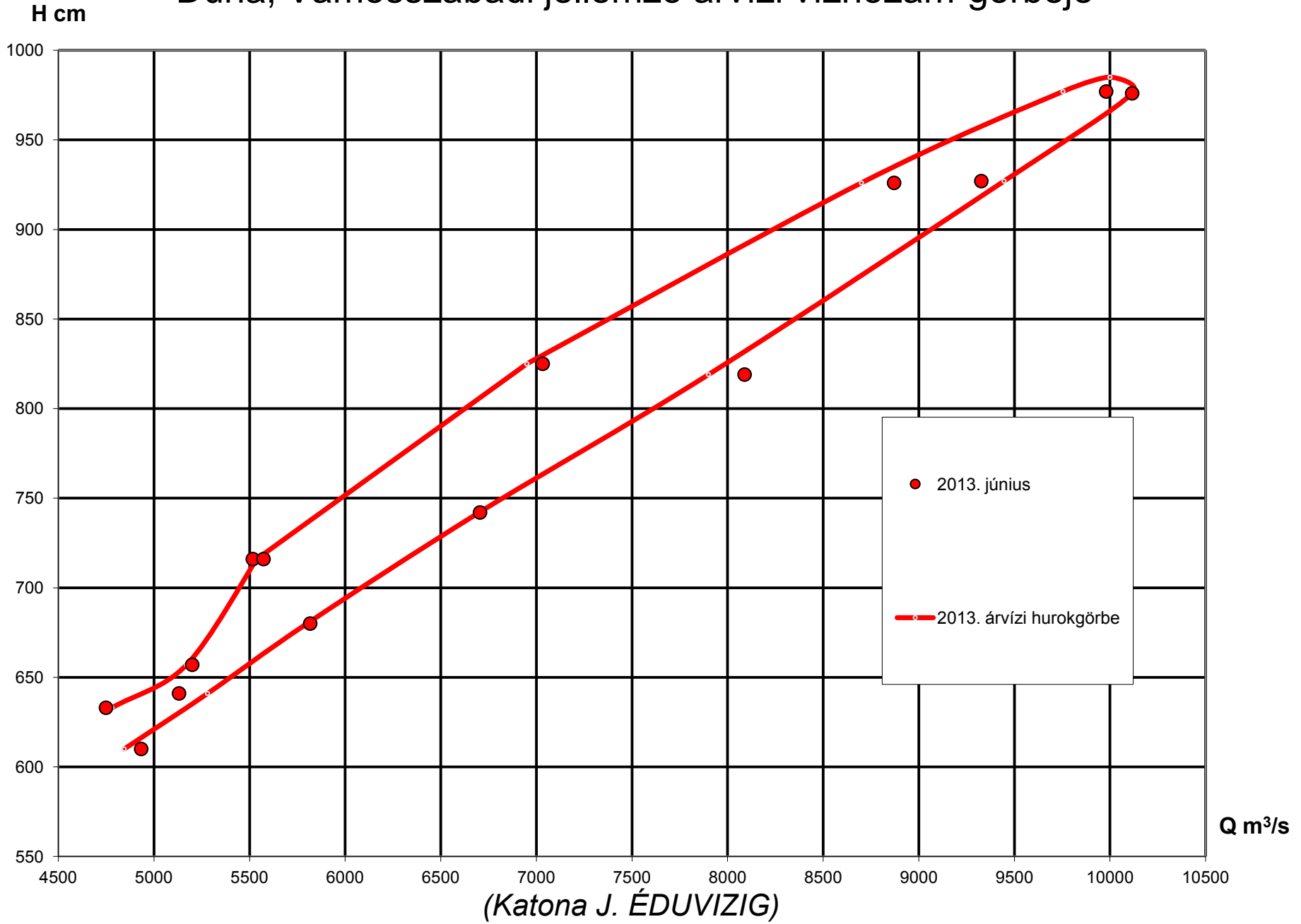
.. akkor a víznyomás felemelné a leterheletlen alagútfödémét



Hogyan vonult végig az árhullám?



Duna, Vámosszabadi jellemző árvízi vízhozam-görbéje



Az árvízi áramlási sebességviszonyok mérése

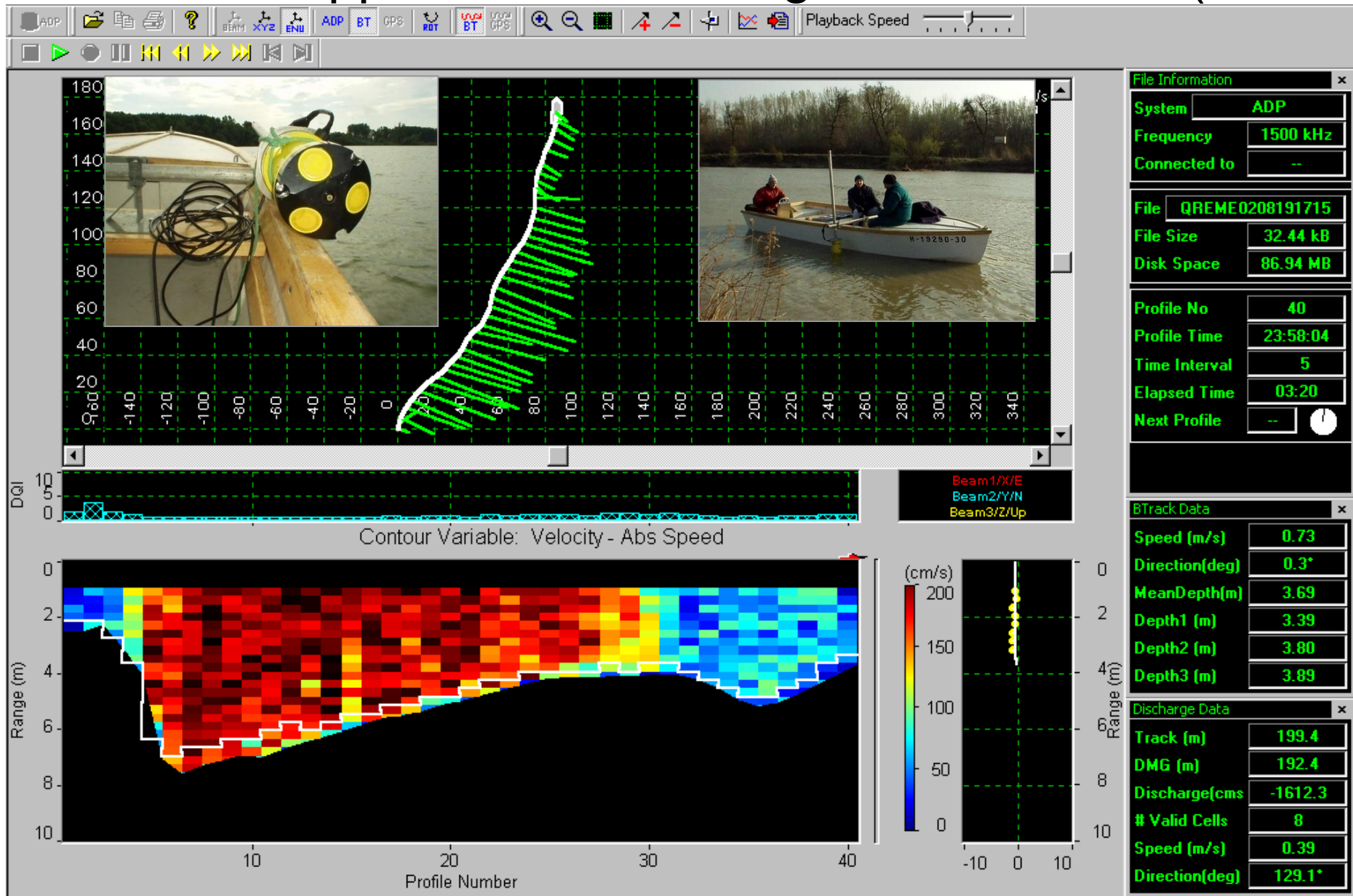
Áramlási viszonyok a főmederben a szigetközi hullámtéri erdő mentén



Áramlási viszonyok és mérésük kis trimaránra szerelt ADCP műszerrel egy hullámtéri nyiladékban



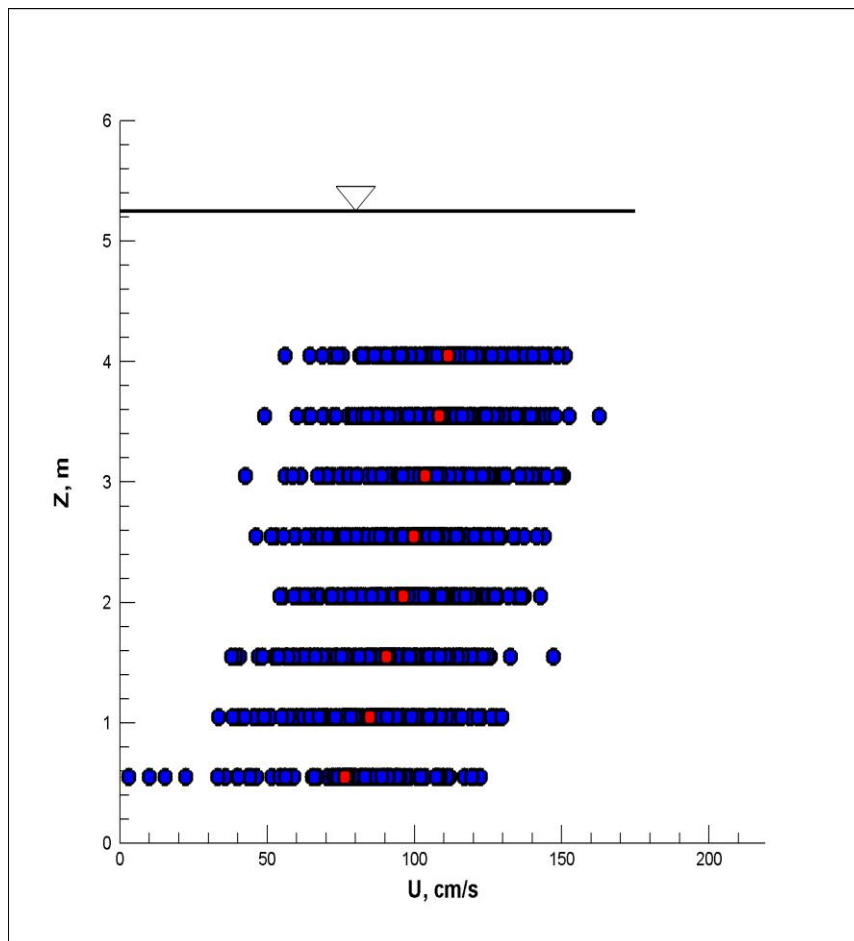
Akusztikus Doppler-elvű sebességeloszlás mérés (ADCP)



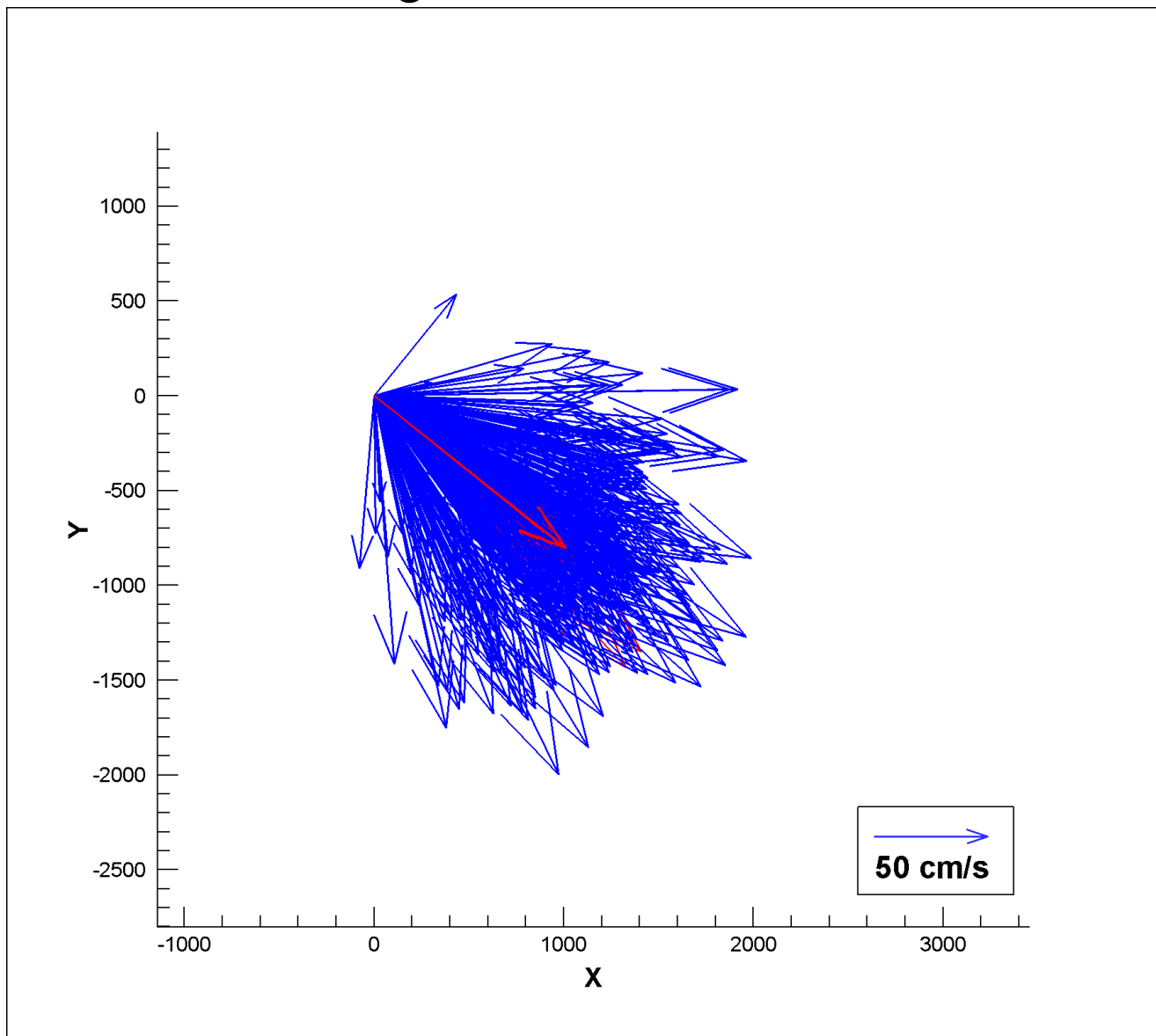
Sebességeloszlás, fenék-csúsztatósebesség és feszültség becslése ADCP-vel

Pillanatnyi és időátlagolt függély menti sebességeloszlás

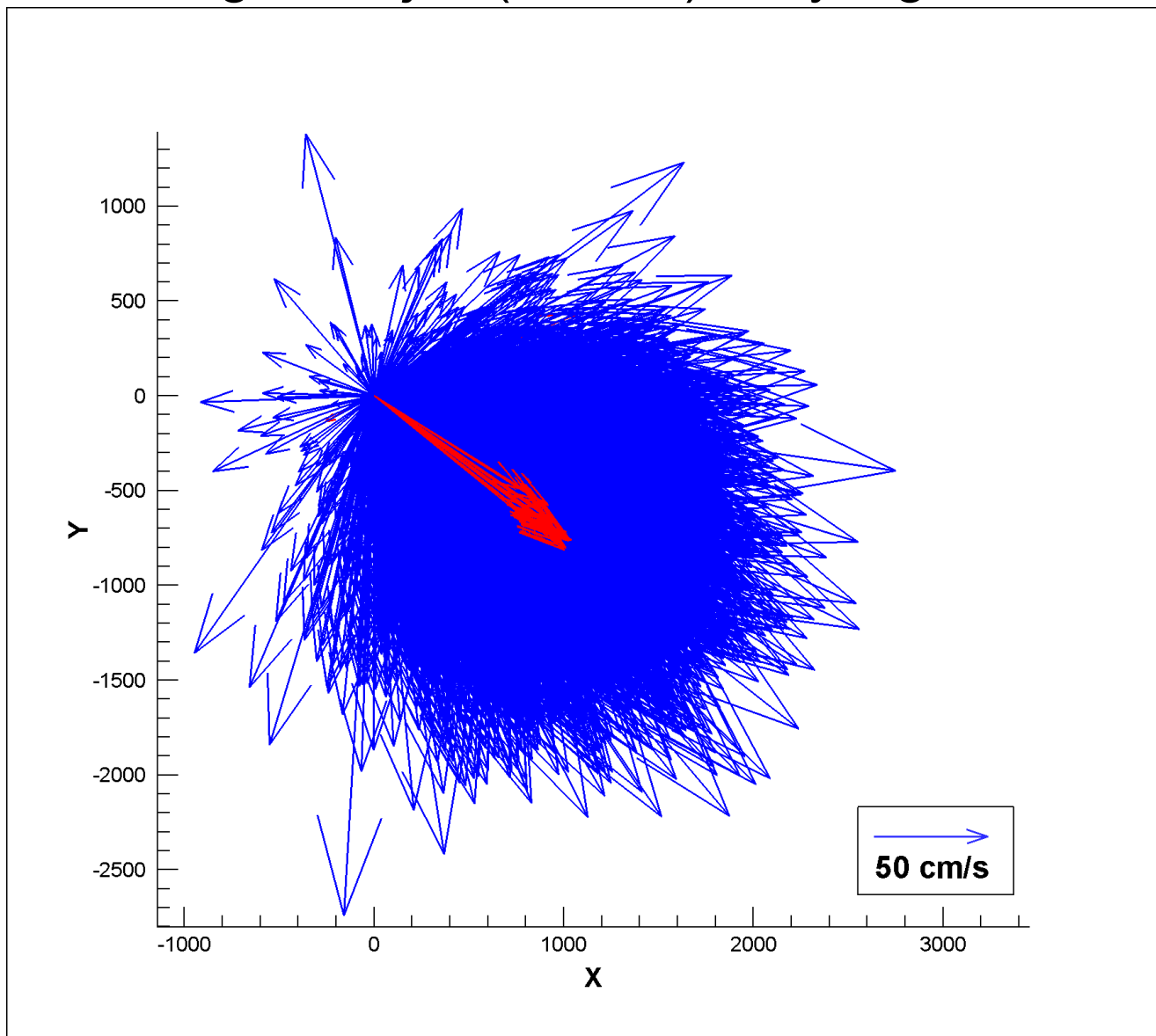
90 s valós idő 0,4 sec-os felbontással



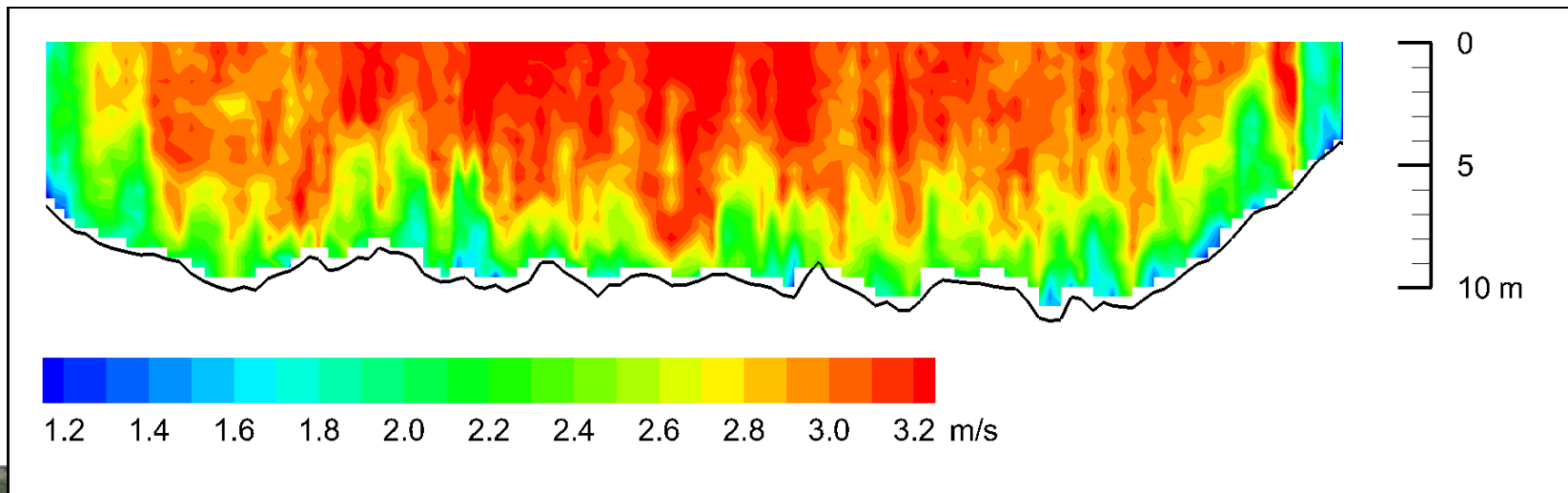
0,4 s időfelbontással mért sebességvektorok összessége és átlaga a felszín közelében



0,4 s időfelbontással mért sebességvektorok összessége és átlaga a teljes (6 m-es) mélység mentén

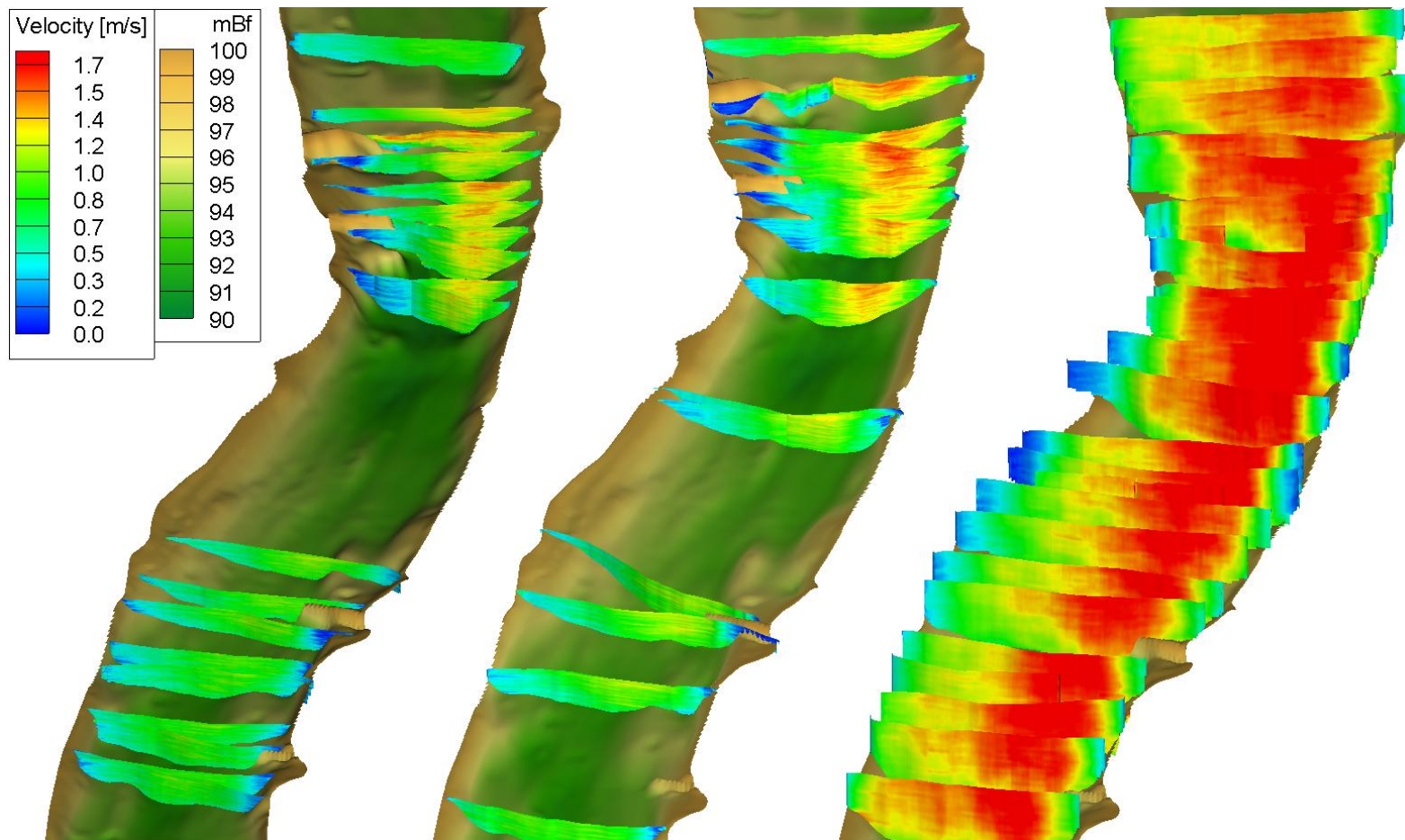


A dömösi gázlós szűkületnél 3 m/s-ot is meghaladó sebességekkel tetőző Duna



Áramlási sebesség strukturált eloszlása a sziklás mederben

Szelvény-menti áramlási sebességeloszlások Sződliget térségében kis-, közép- és nagyvíznél

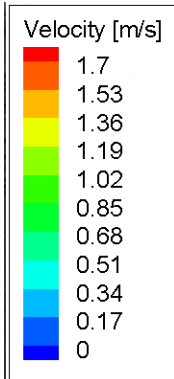


július

szeptember

június

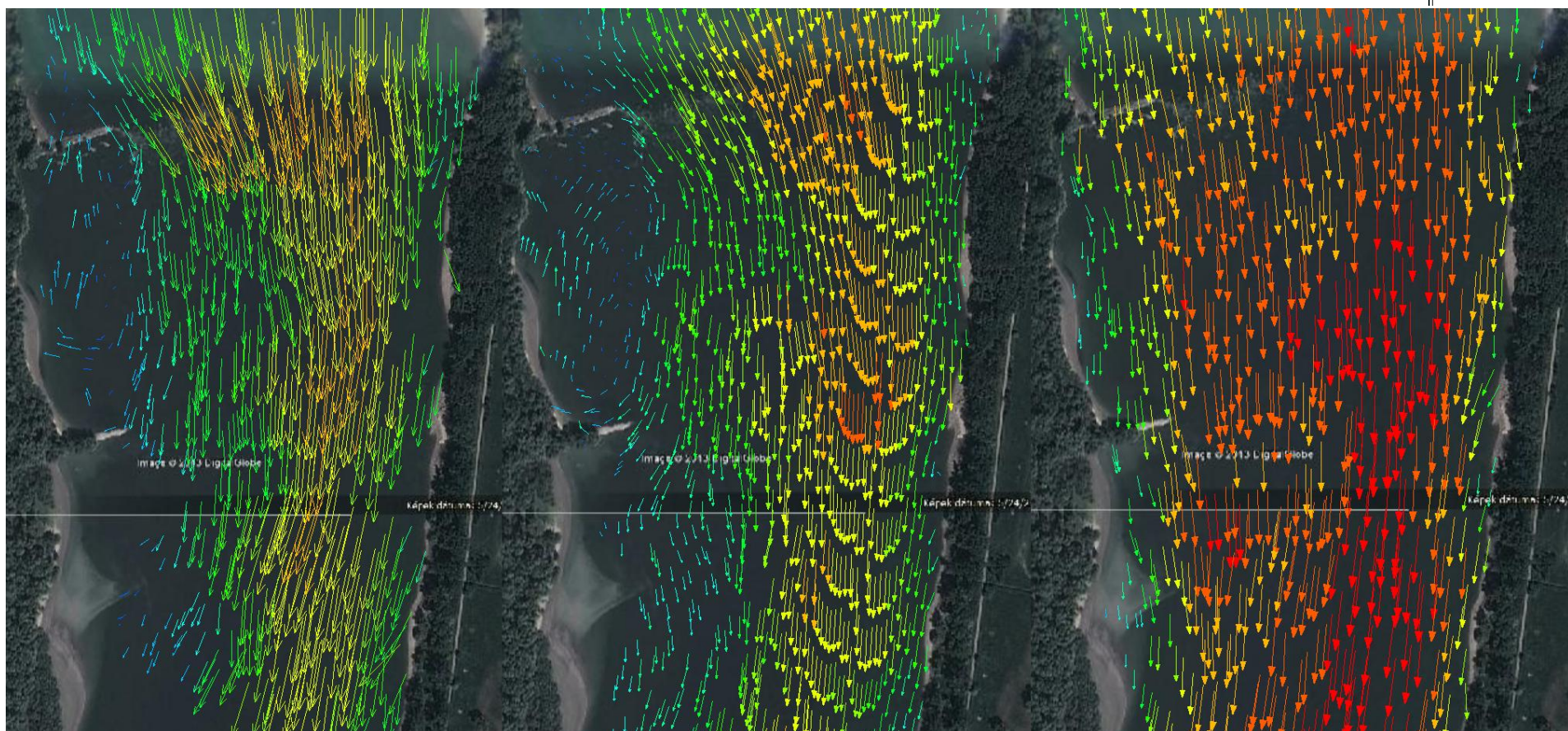
Sebességvektor-mezők Sződliget térségében kis-, közép- és nagyvíznél



július

szeptember

június



Az árvízi lebegtetett hordalékmozgás jellemzőinek mérése

Lebegtetett hordaléktöménység becslése ADCP mérések alapján

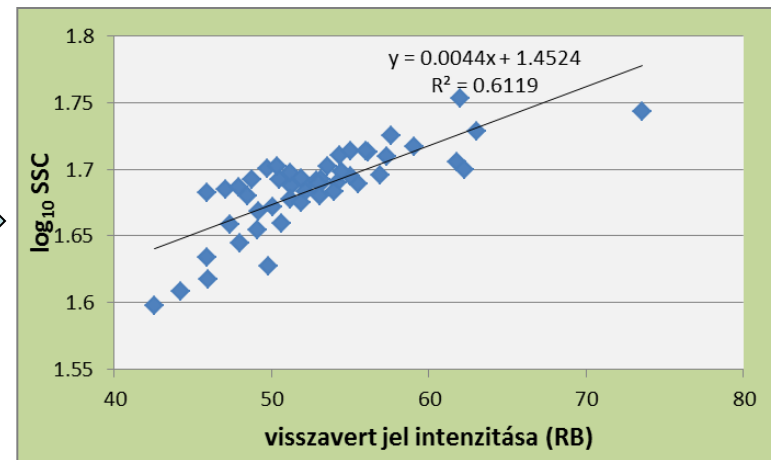
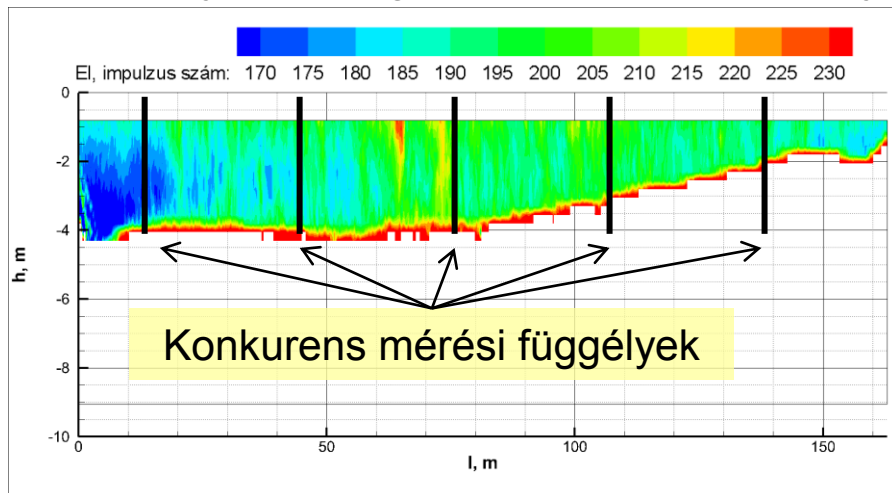
A szemcsékről visszavert hang relatív erőssége a töménység indikátora

(pl. *Gartner 2004, Baranya-Józsa HK 2010, JHH 2013*)

$$SSC = 10^{(A+B \cdot RB)}$$

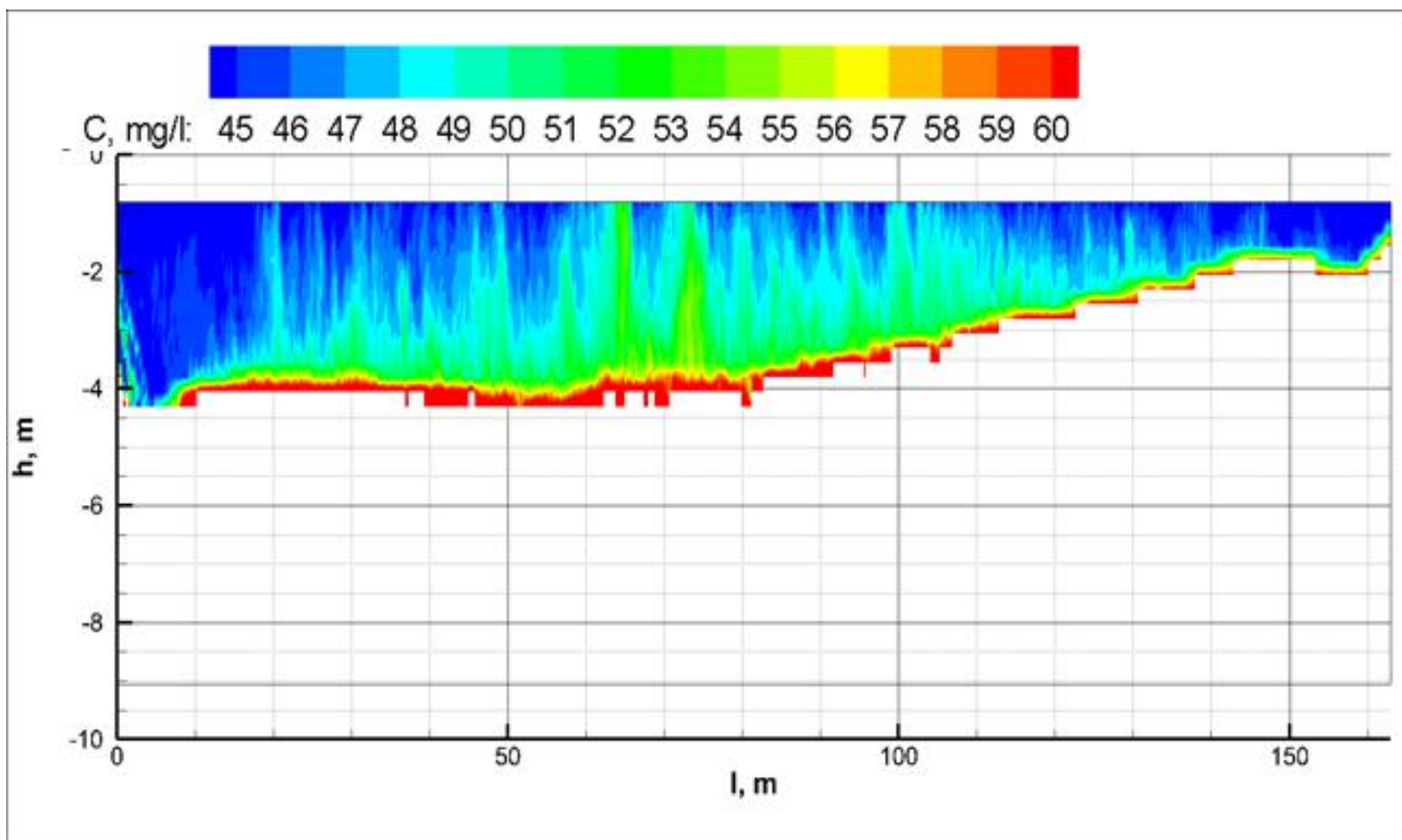
SSC lebegtetett hordalék töménysége (Suspended Solids Concentration)
RB relatív visszavert jelerősség (Relative Backscatter)
A és B illesztendő paraméterek

Visszavert jel erőssége impulzusszámban kifejezve



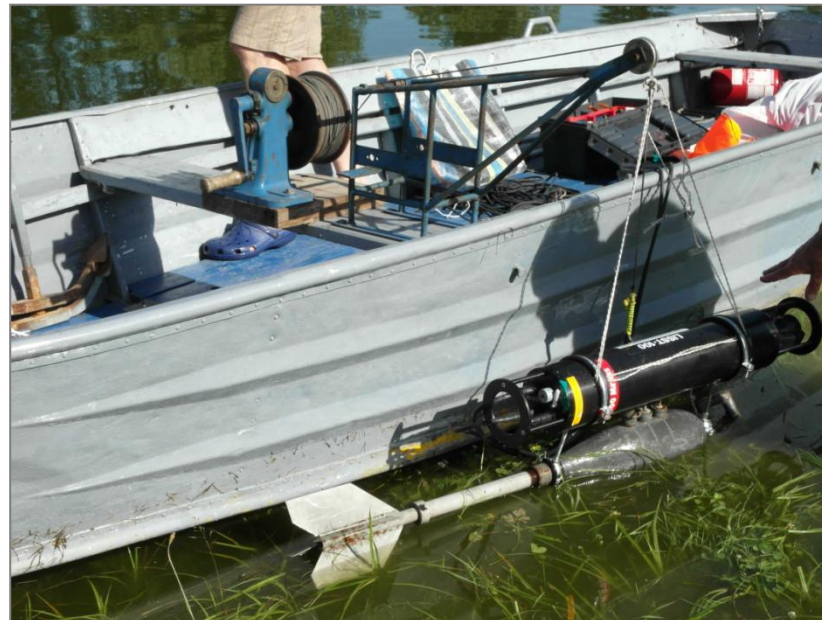
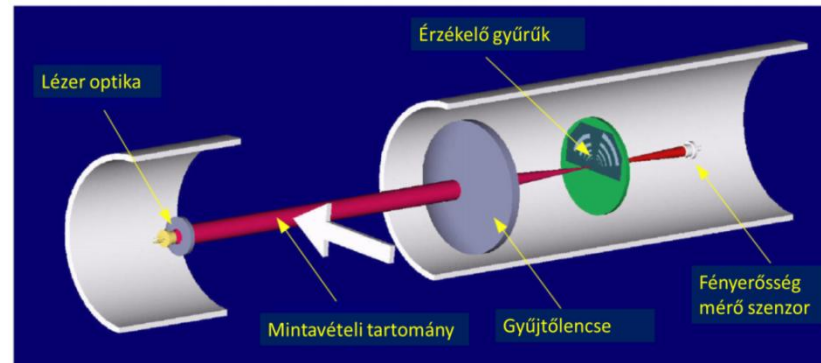
ADCP-alapú lebegtetett hordaléktöménység-becslés

Számított keresztmetszvény menti lebegtetett hordaléktöménység



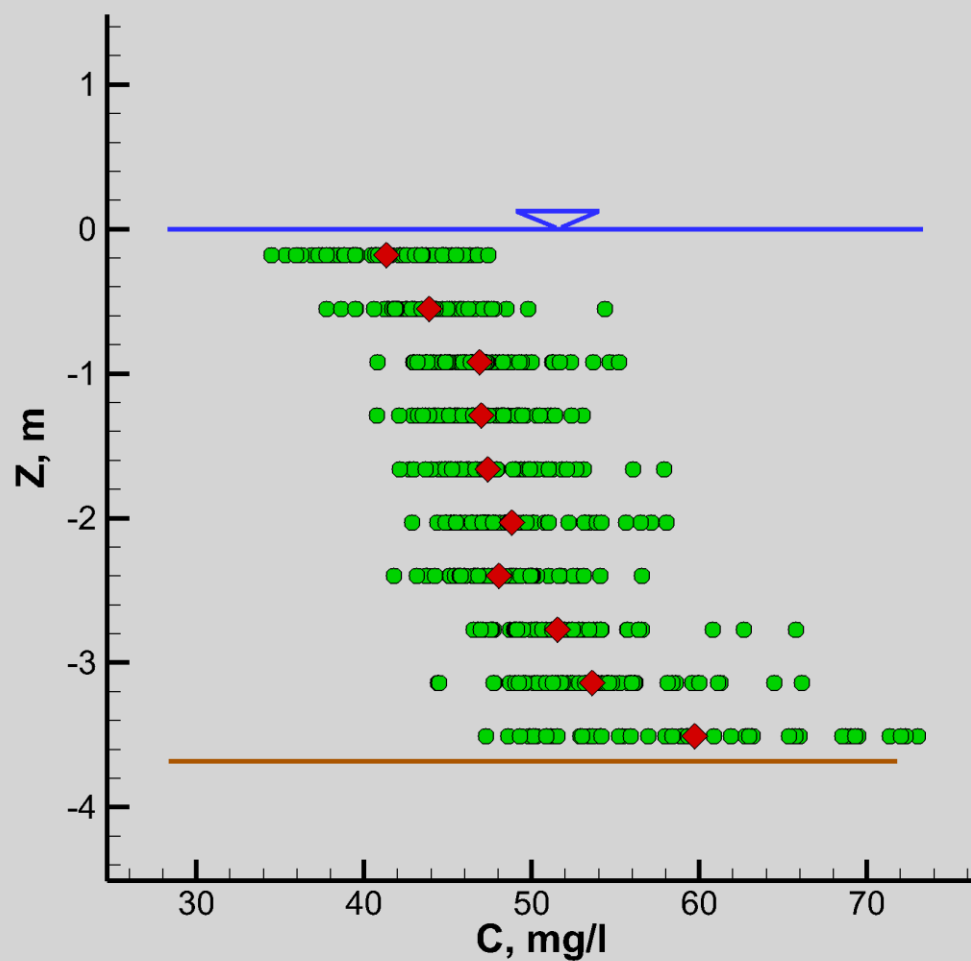
Lézer-alapú lebegtetett hordaléktöménység-becslés

LISST-100

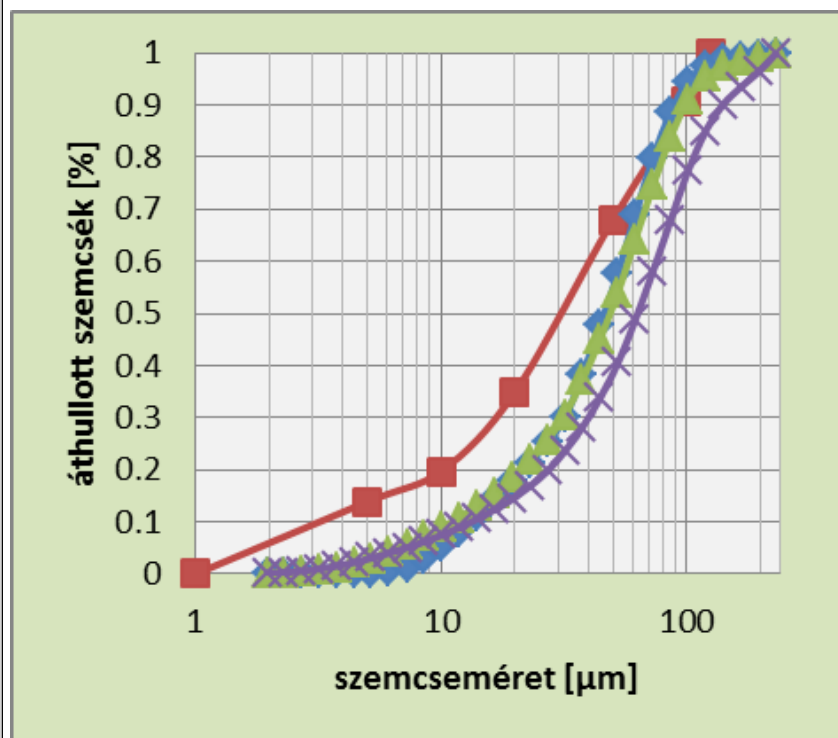


Lézer-alapú lebegtetett hordaléktöménység-becslés

LISST-100, pillanatnyi vs. időátlagolt töménységadatok ($T = 60$ s)



Mélységenként szemösszetételi görbe



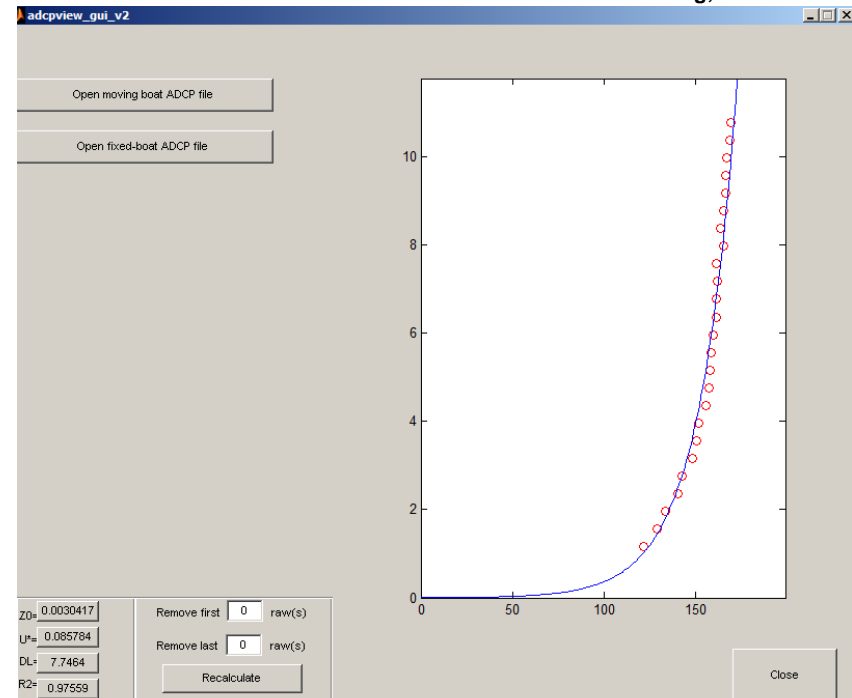
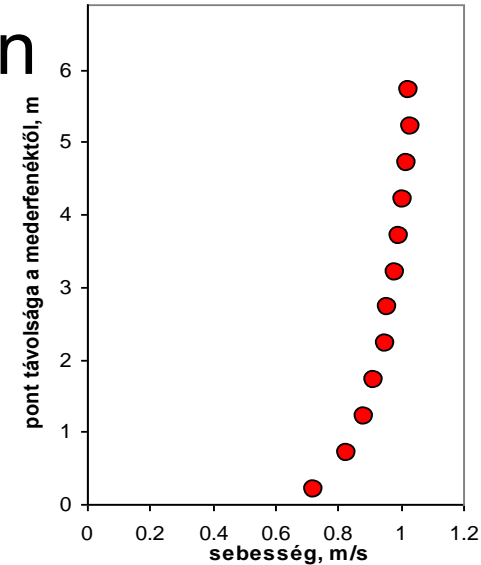
Az árvízi görgetett hordalékmozgás jellemzőinek mérése és becslése

Fenek-csúsztatósebesség és feszültség, vmint az érdeesség beclése ADCP mérésék alapján

- Rövididejű álló, vagy rövidpályás mozgó ADCP mérésel függély menti sebességelosztlás rögzítése
- Turbulencia-elméletből ismert sebességprofil-illesztés:

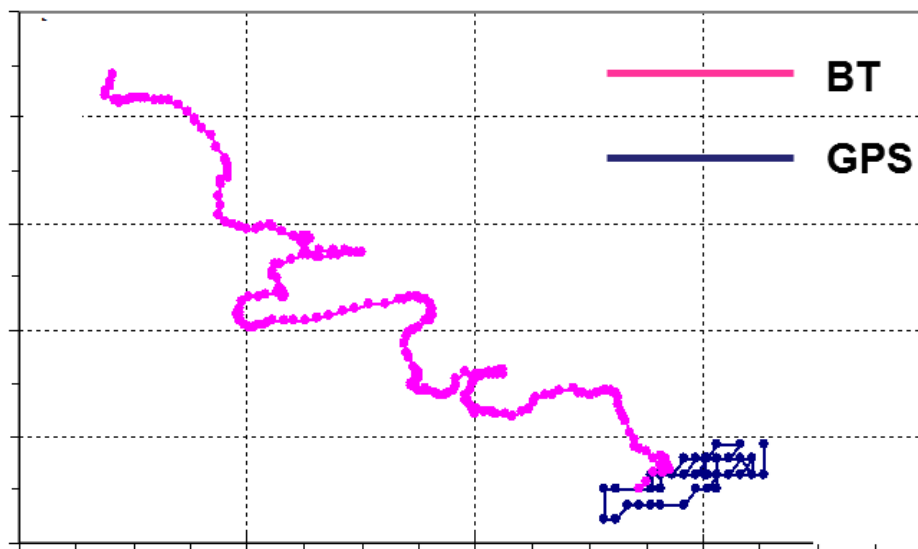
$$u = \frac{u_*}{\kappa} \ln\left(\frac{30z}{k_s}\right)$$

- Ezzel becsülhetõ u_* , τ_f és k_s mint fontos mederfelszíni hordalékmozgási paraméterek



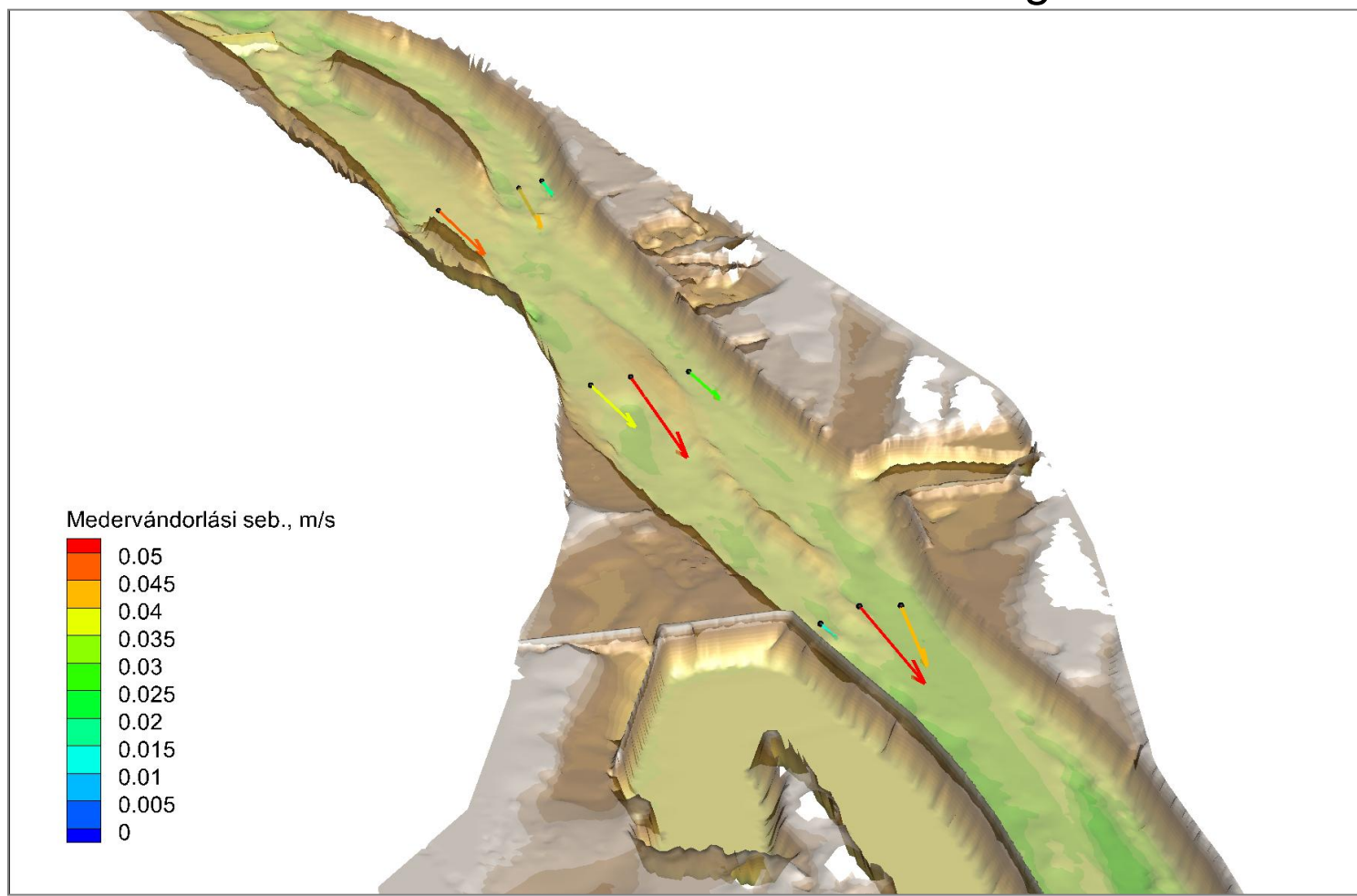
Mederfelszín görgetett hordalékmozgásának becslése ADCP mérések alapján

- Árvízi viszonyok között a hagyományos mintavételi módszerek (Károlyi-féle, Helley-Smith) alig alkalmazhatók, miközben ez a legintenzívebb mederanyag-vándorlás időszaka
- Alternatív megoldás a mederfelszín mozgásának ADCP-alapú mérése
- A mederfelszín elmozdulását az álló mérőcsónak GPS- és fenékkövető helymeghatározásának különbségéből kapjuk



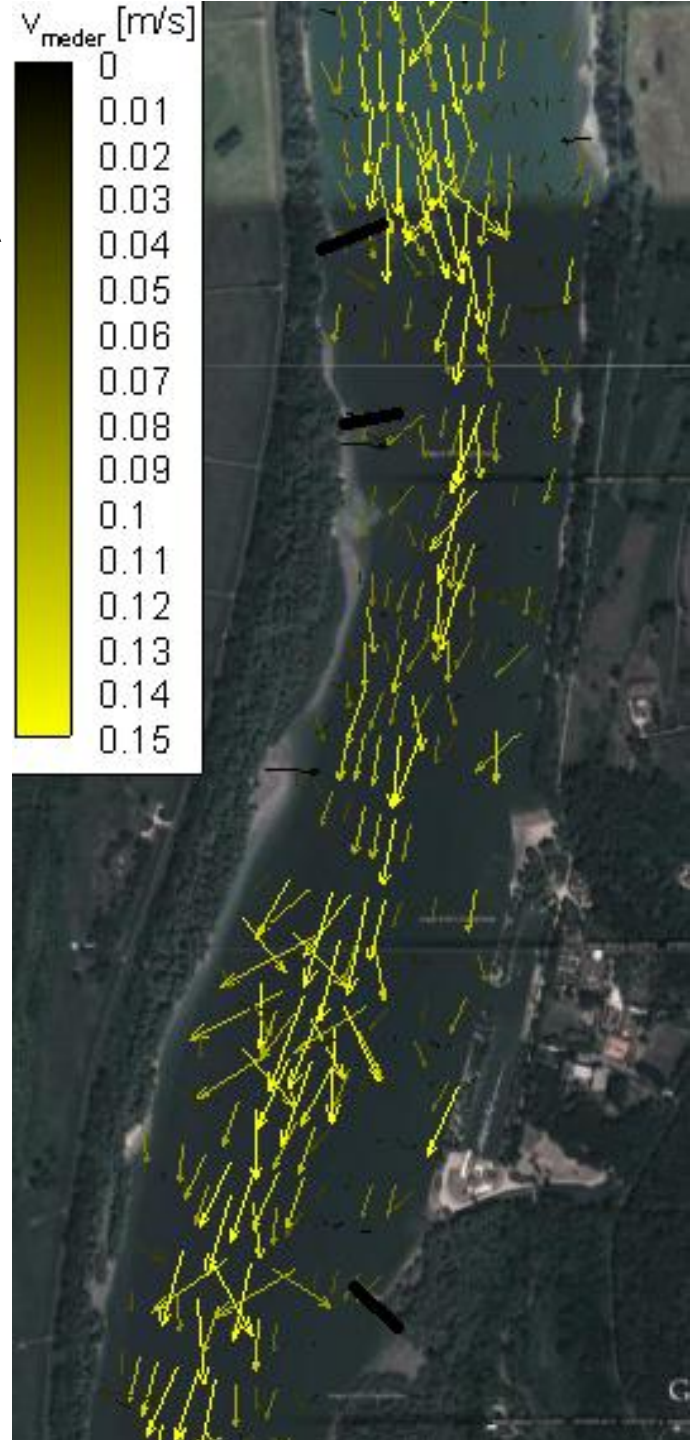
Mederfelszín görgetett hordalékmozgásának becslése ADCP mérések alapján

A Helemba-sziget és Pilismarót környékén végrehajtott állóhajós mérésekből
becsült mederfelszín-vándorlási sebességvektorok



Mederfelszín rekonstruált vándorlási sebességvektor-eloszlása Sződliget térségében

Szimultán fenék- és GPS-követés alapján

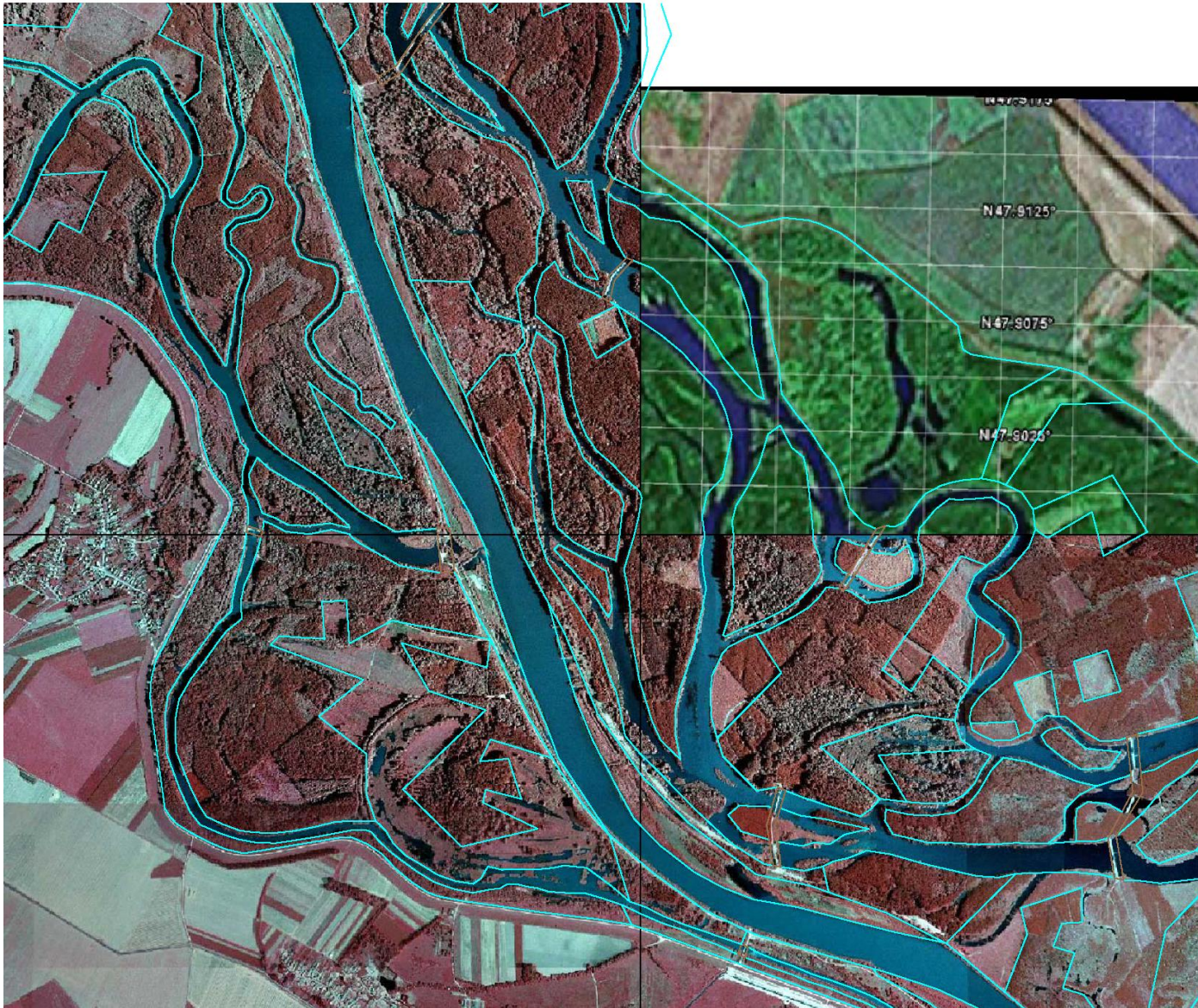


A júniusi árvízi viszonyok numerikus modellezéséről:
2D áramlásmodellezés összetett mederviszonyokra

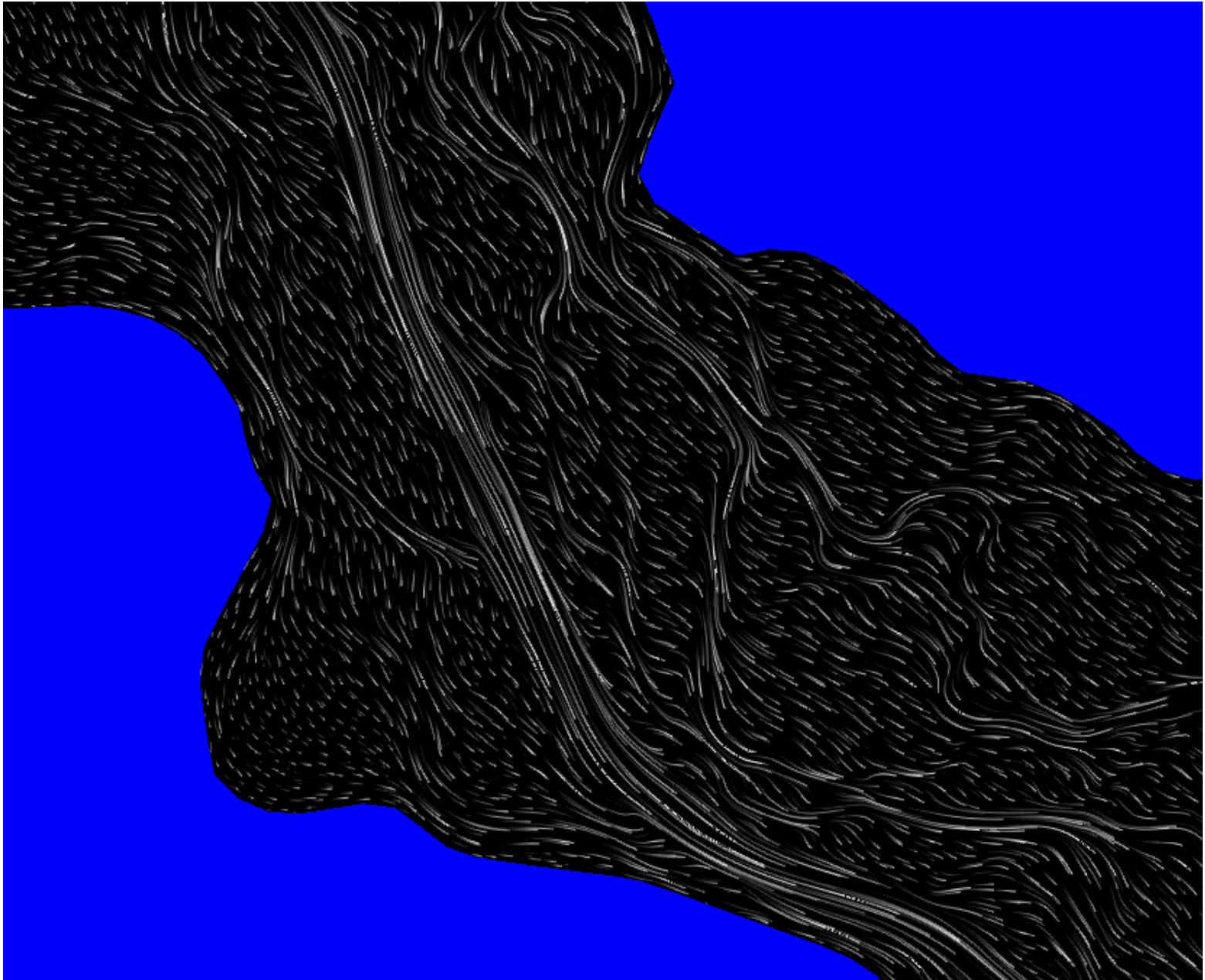
Szigetköz: digitális meder- és terepmodell részlete



Területhasználat azonosítása légi-és űrfelvételekből az érdeességi viszonyok eloszlásának becslésére



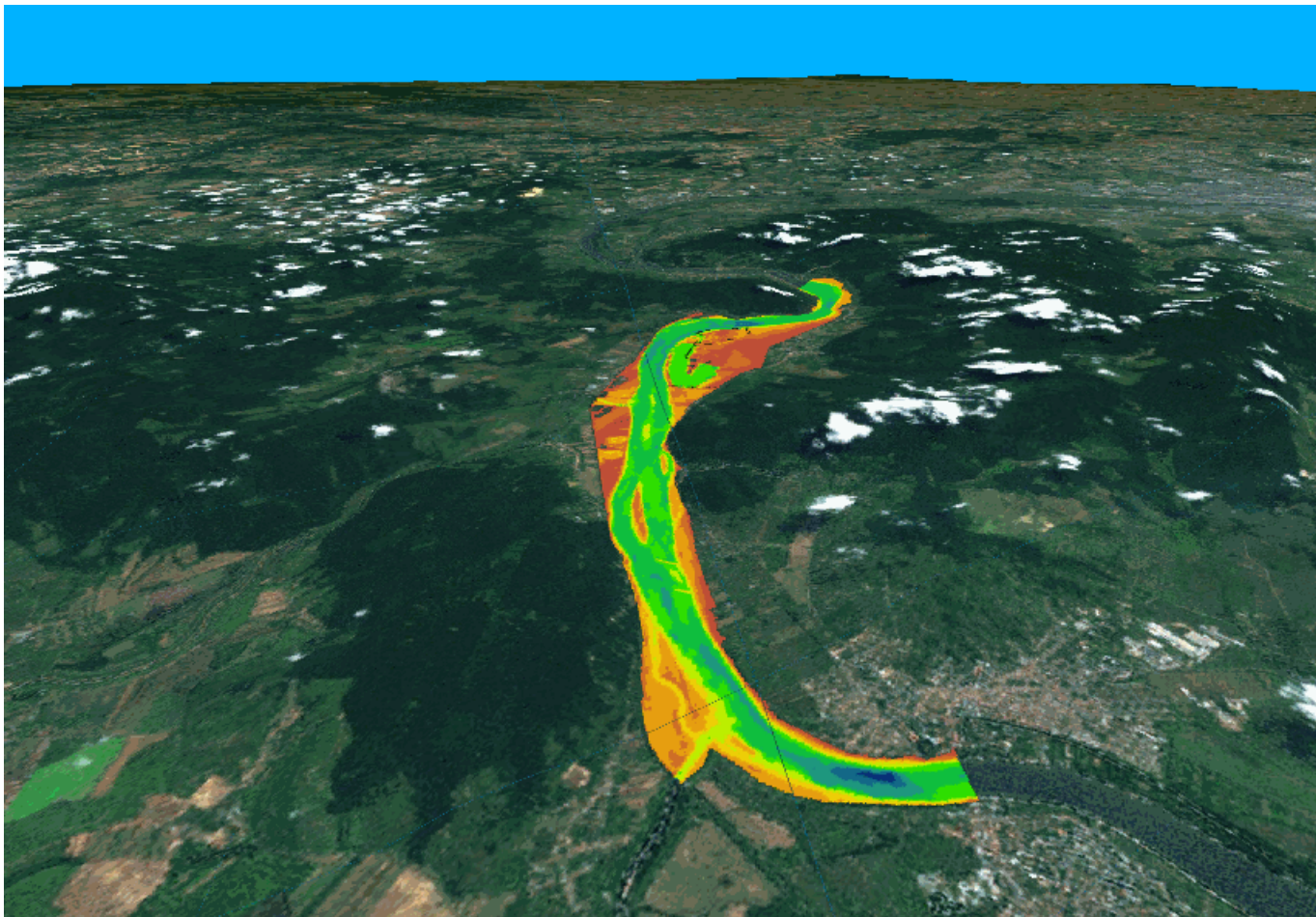
Modellezett árvízi sebességeloszlás (animálva)



2D elöntés-modellezés árvíz idején és békeidőben

Elöntés-modellezés operatív alkalmazása júniusban

A Duna-meder Esztergom és Nagymaros között

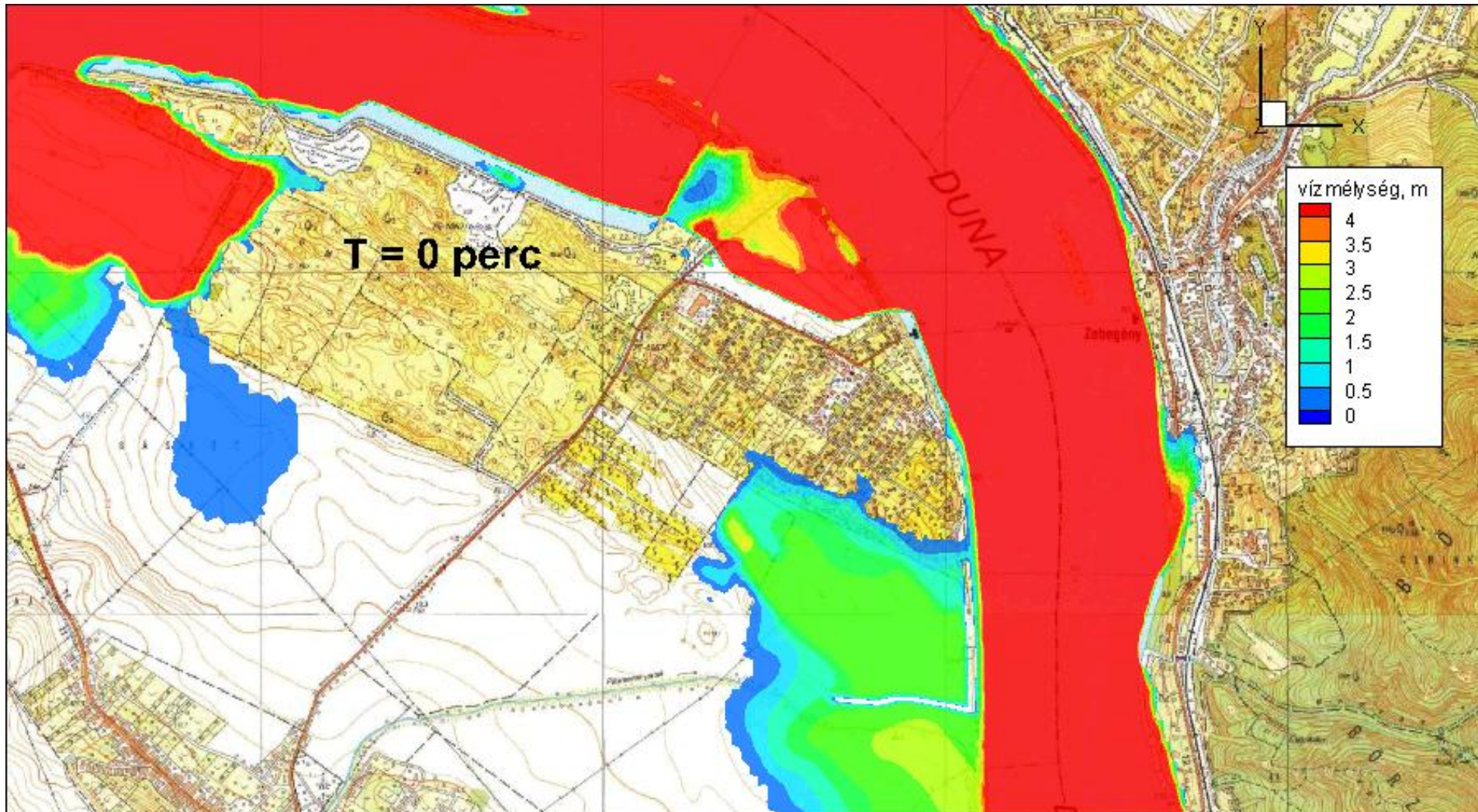


Védekezés Pilismarótnál június 8-9-én



A kritikus éjszaka:

2D előntés-modellezés az üdülőtelep evakuálásának
eldöntésében



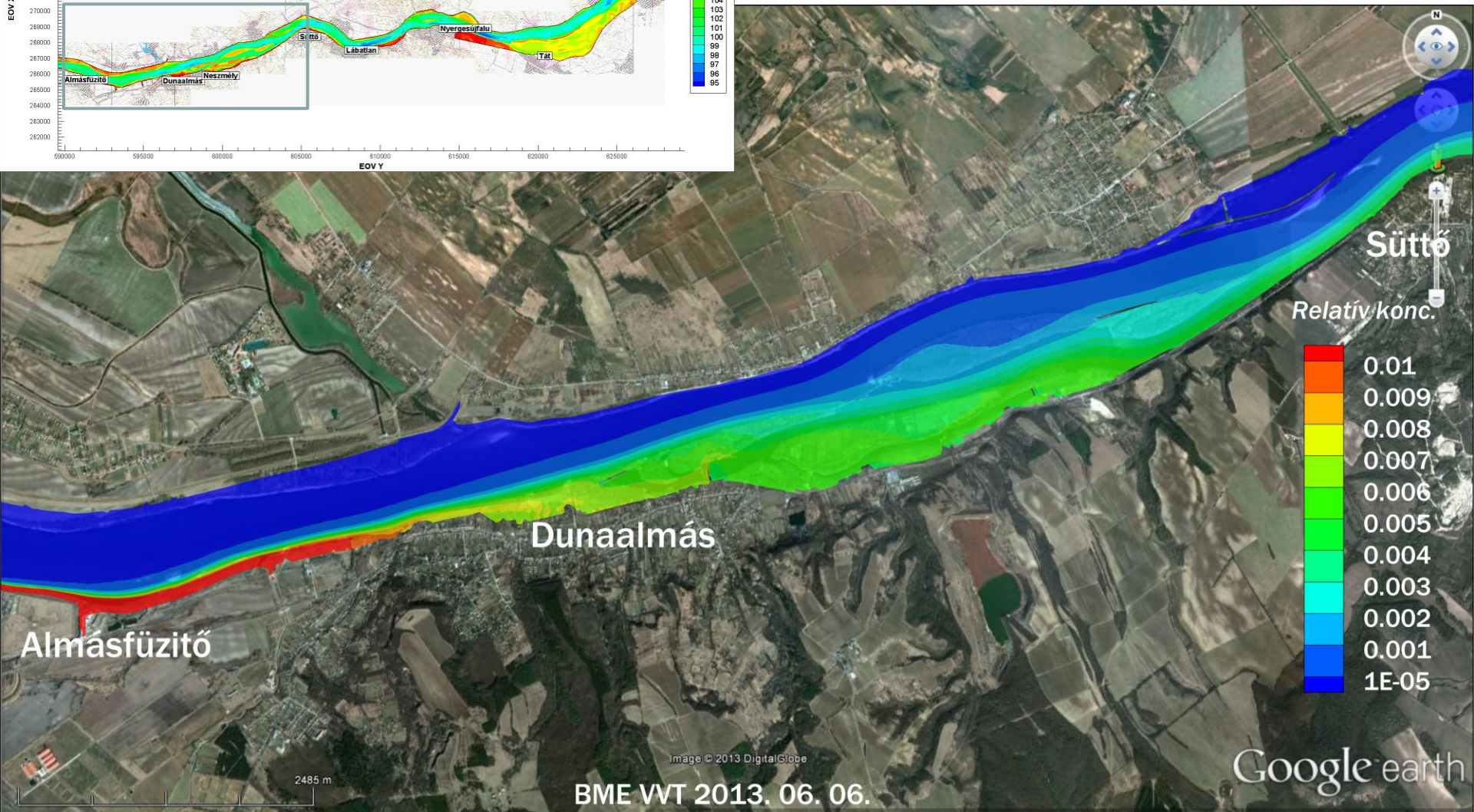
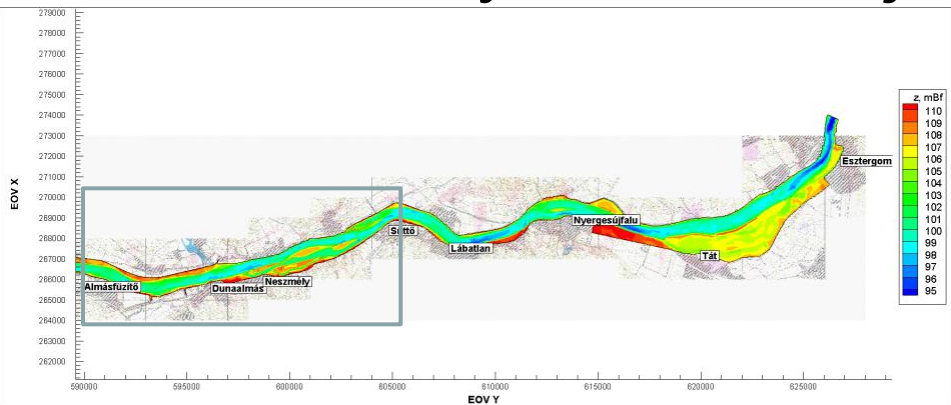
Hipotetikus ipari szennyezés terjedésének modellezése

Modellezett árvízi sebességmező Neszmély

www.origo.hu (2013. 06. 06)



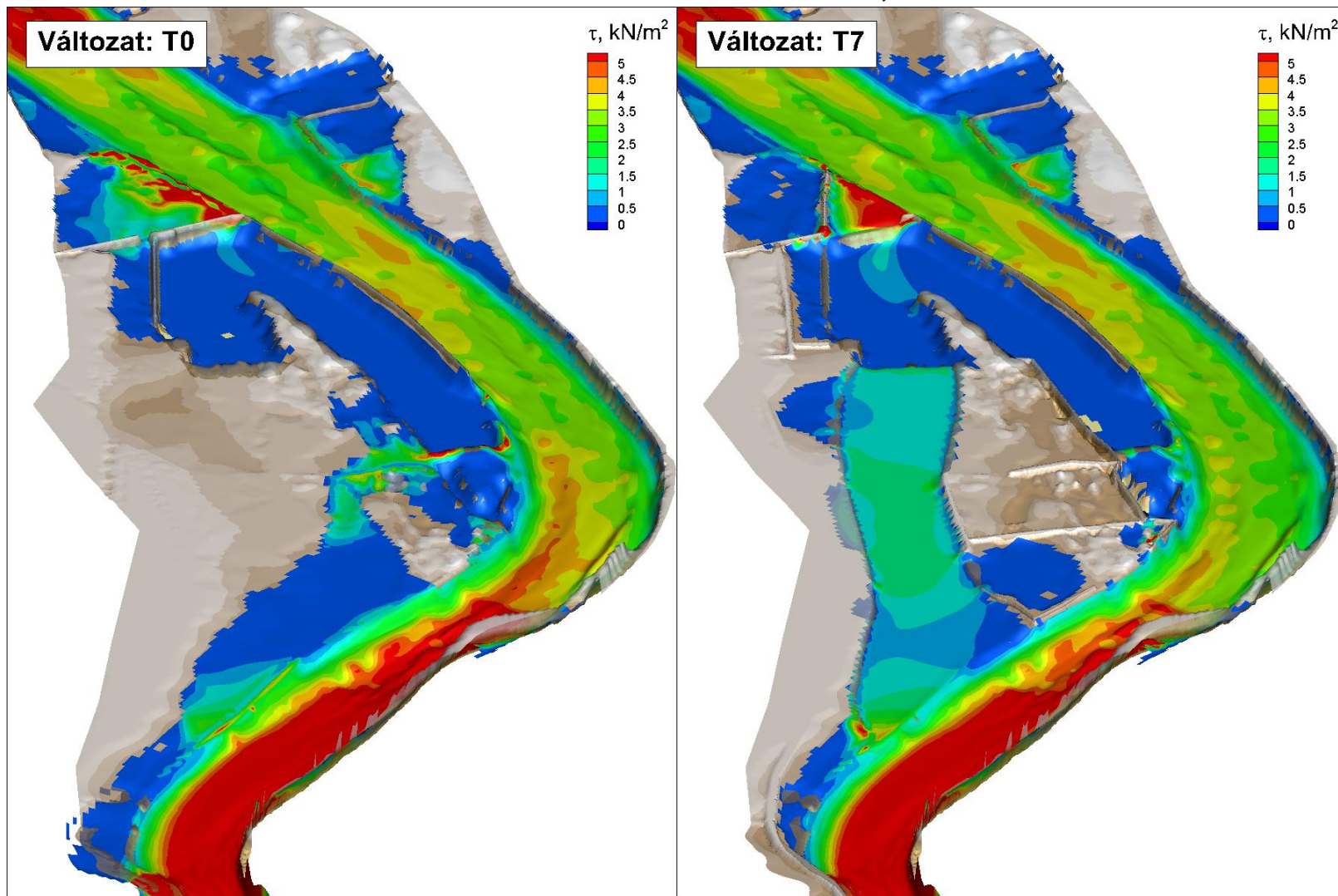
Egységnyi koncentrációjú hipotetikus szennyezés csóvája és hígulás-eloszlása



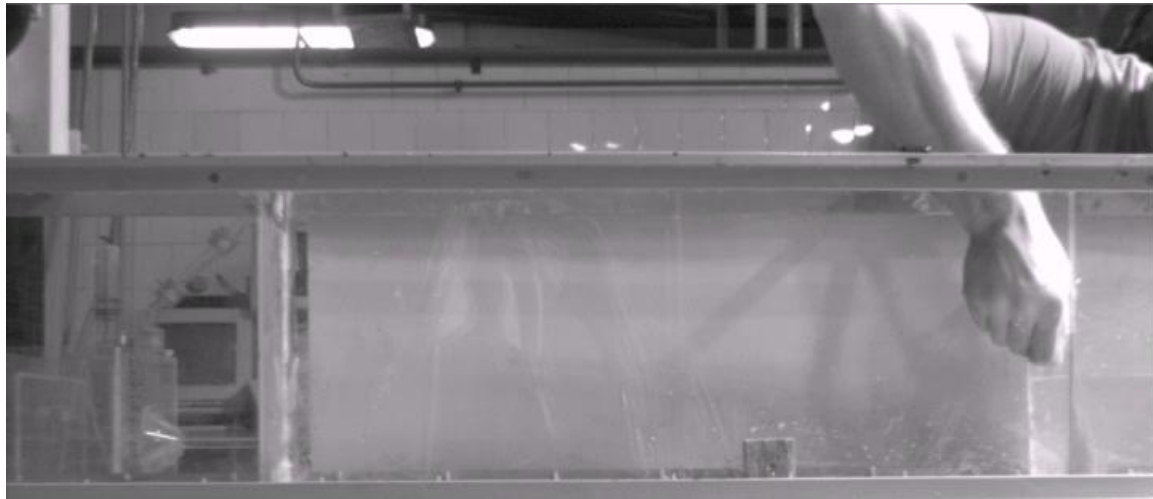
Végül pár kiragadott fejlesztési irány

A 3D numerikus áramlásmodellezésben rejlő lehetőségek

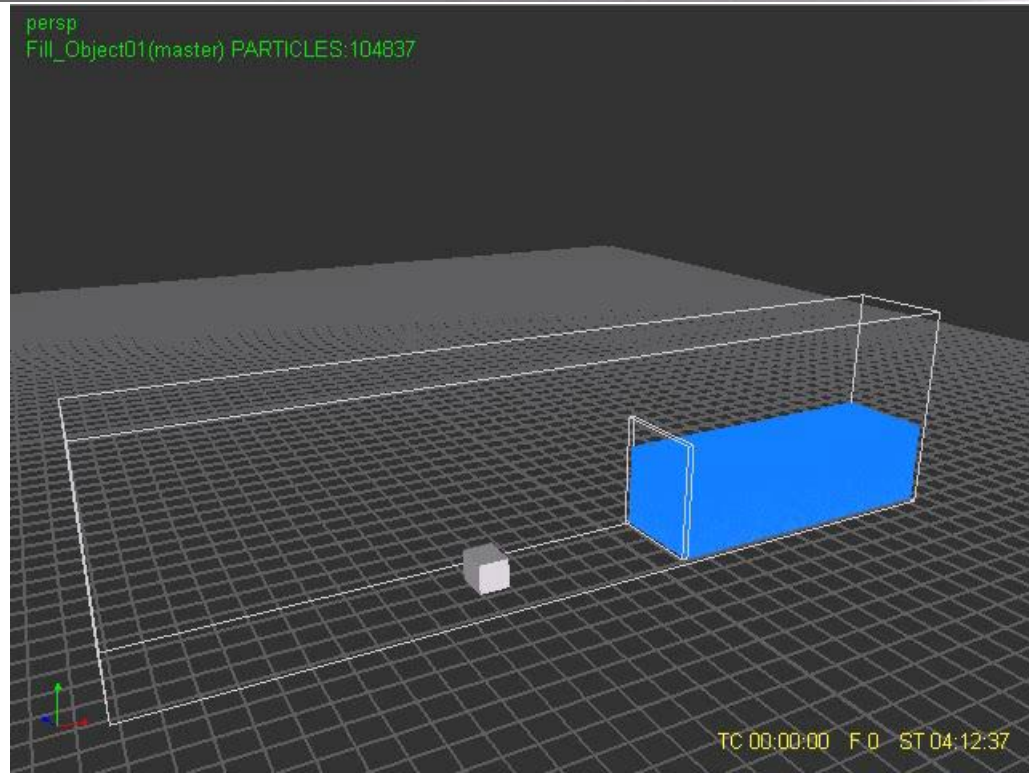
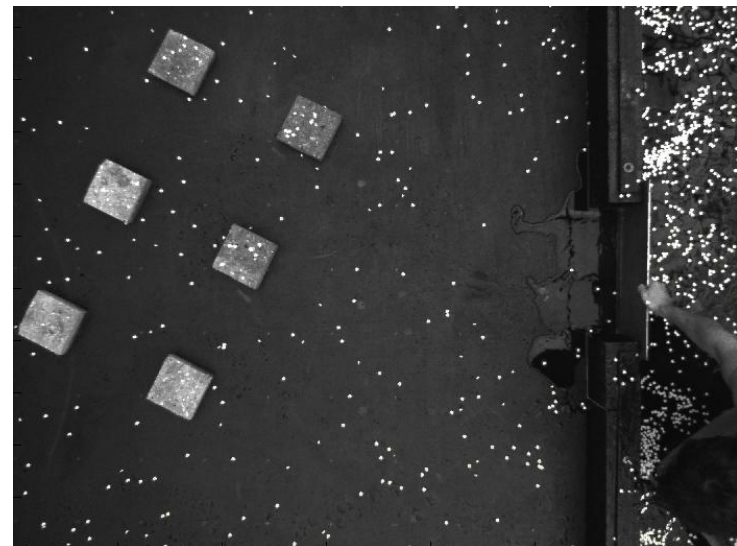
A morfodinamikai folyamatokat meghatározó fenék-csúsztatófeszültség
mezőszerű számszerűsítése, Pilismarót



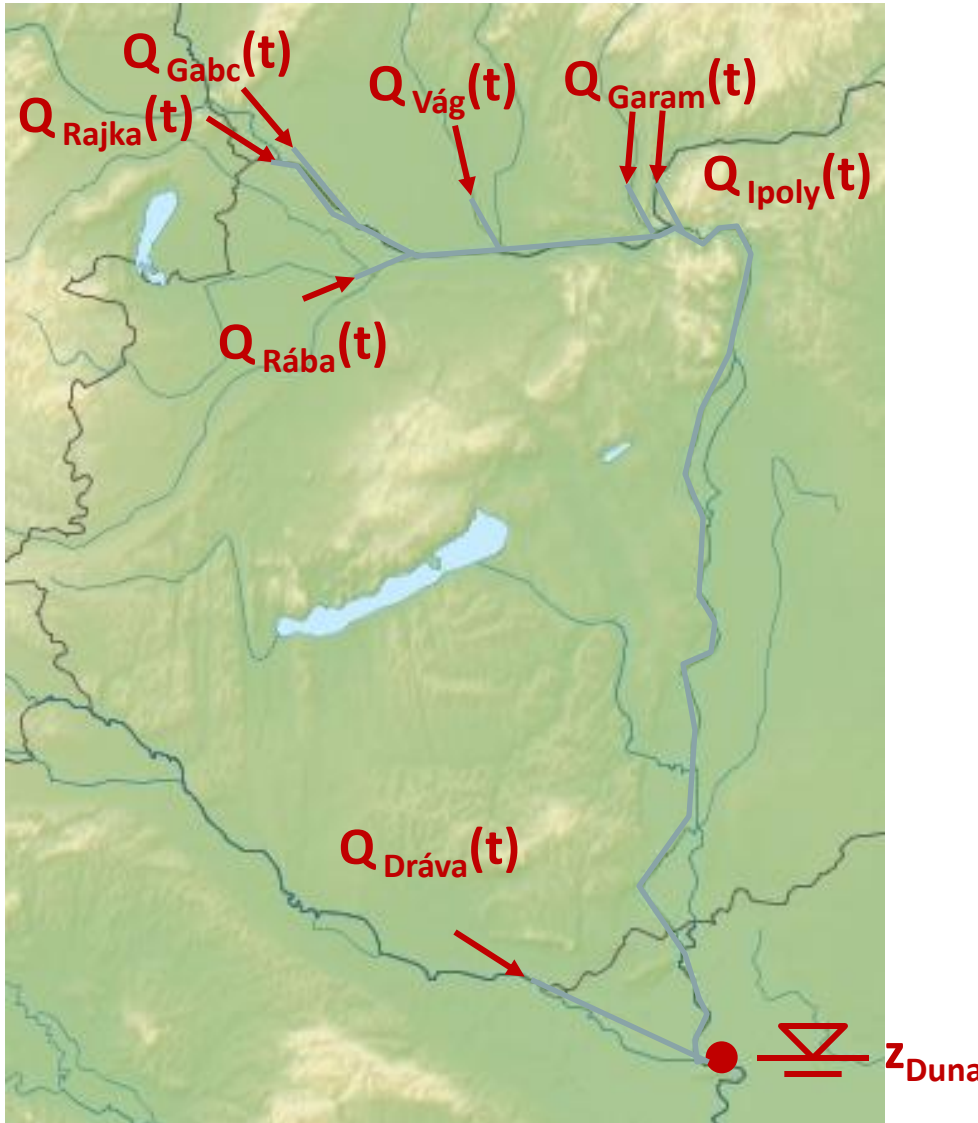
A gyors áramlás impulzusereje elsodorja az útjába kerülő embert, autót ...



rombolja az épületeket



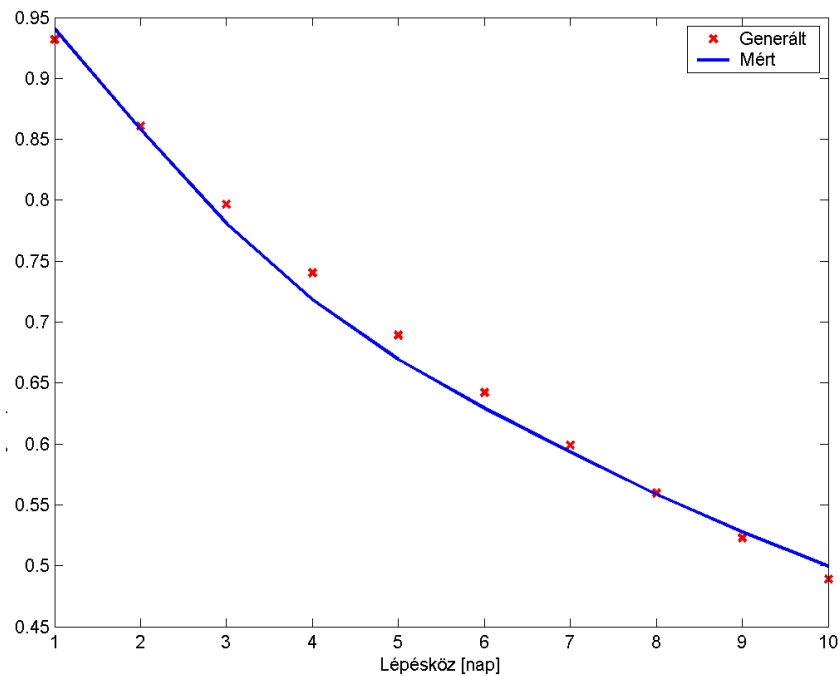
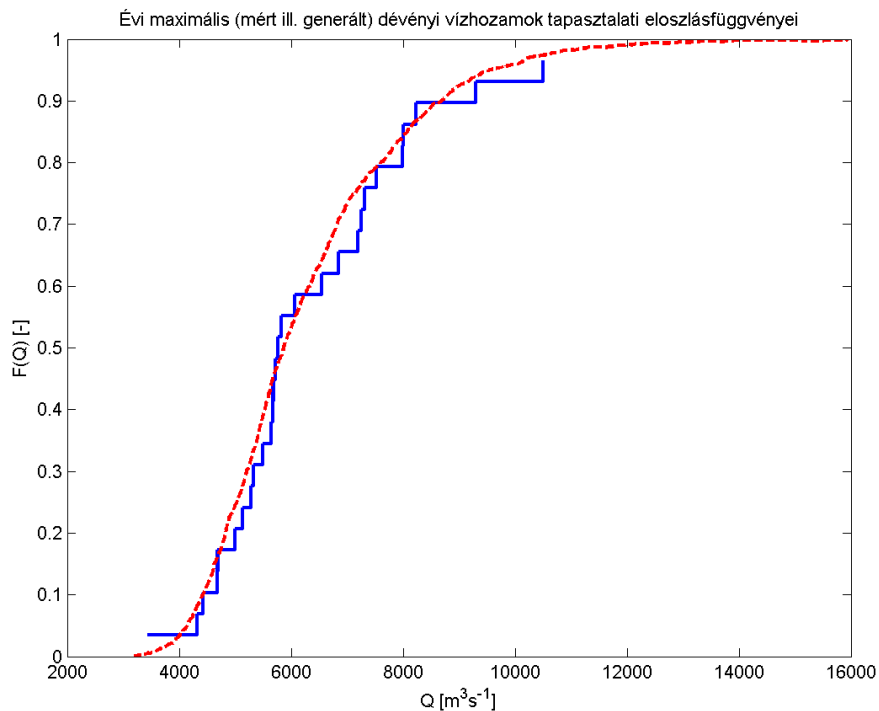
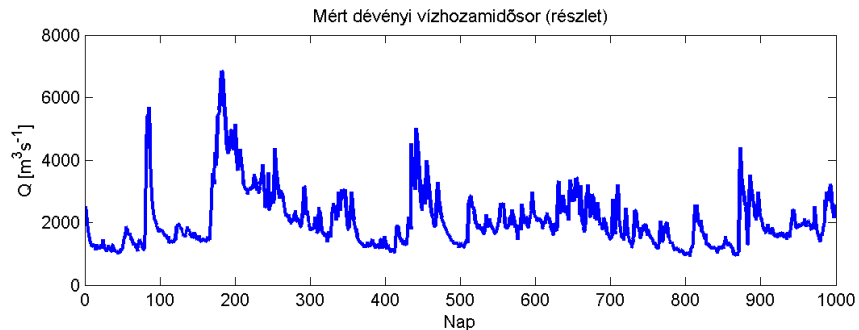
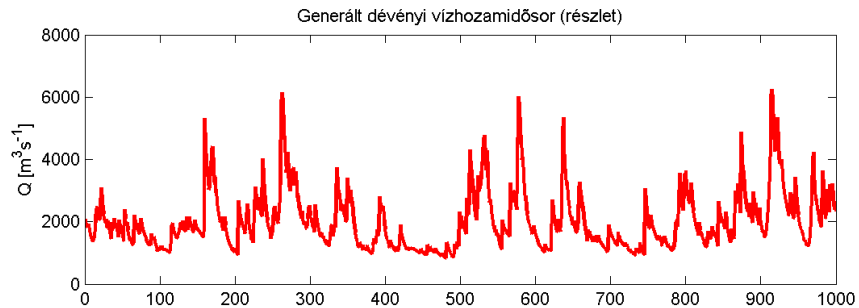
Mértékadó árvízszint (MÁSZ) = $Q_{1\%}$ -hoz tartozó vízszint 1D hidrodinamikai modell-alapú meghatározása



$Q(t)$: Hidrológiai
szimulációk eredménye

Felvízi perem: Dévényi napi vízhozamok jellemzői

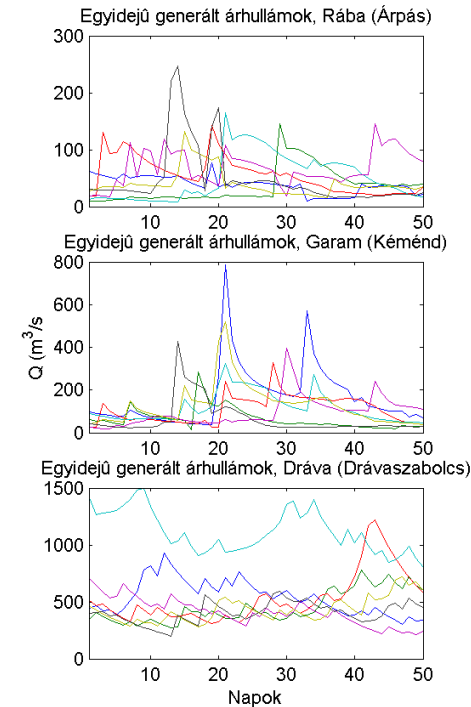
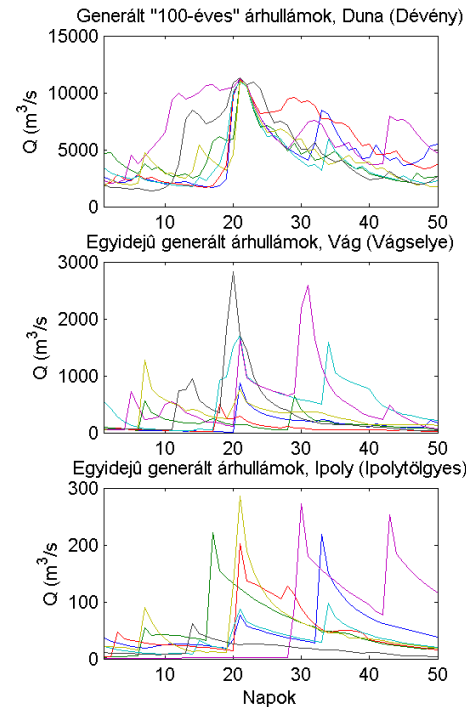
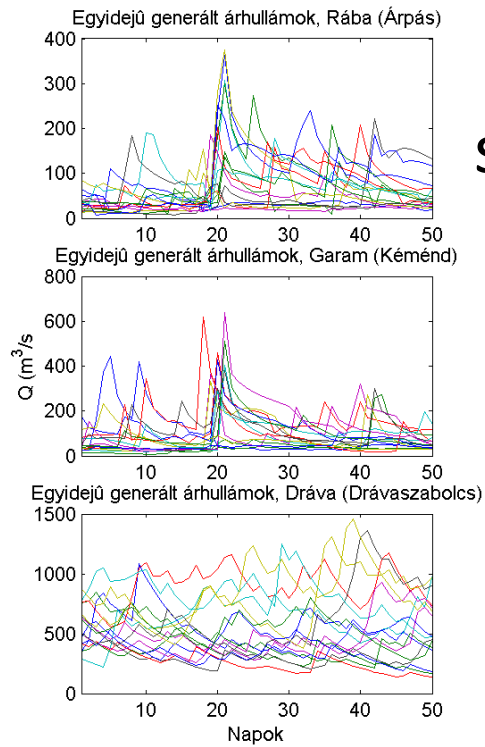
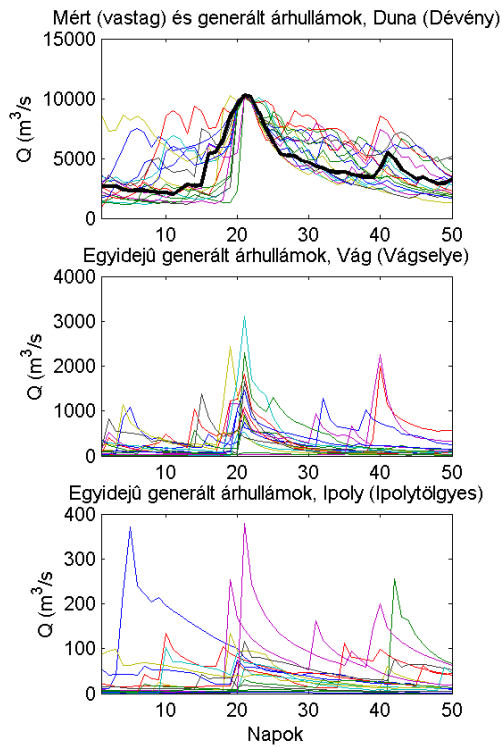
mért – generált



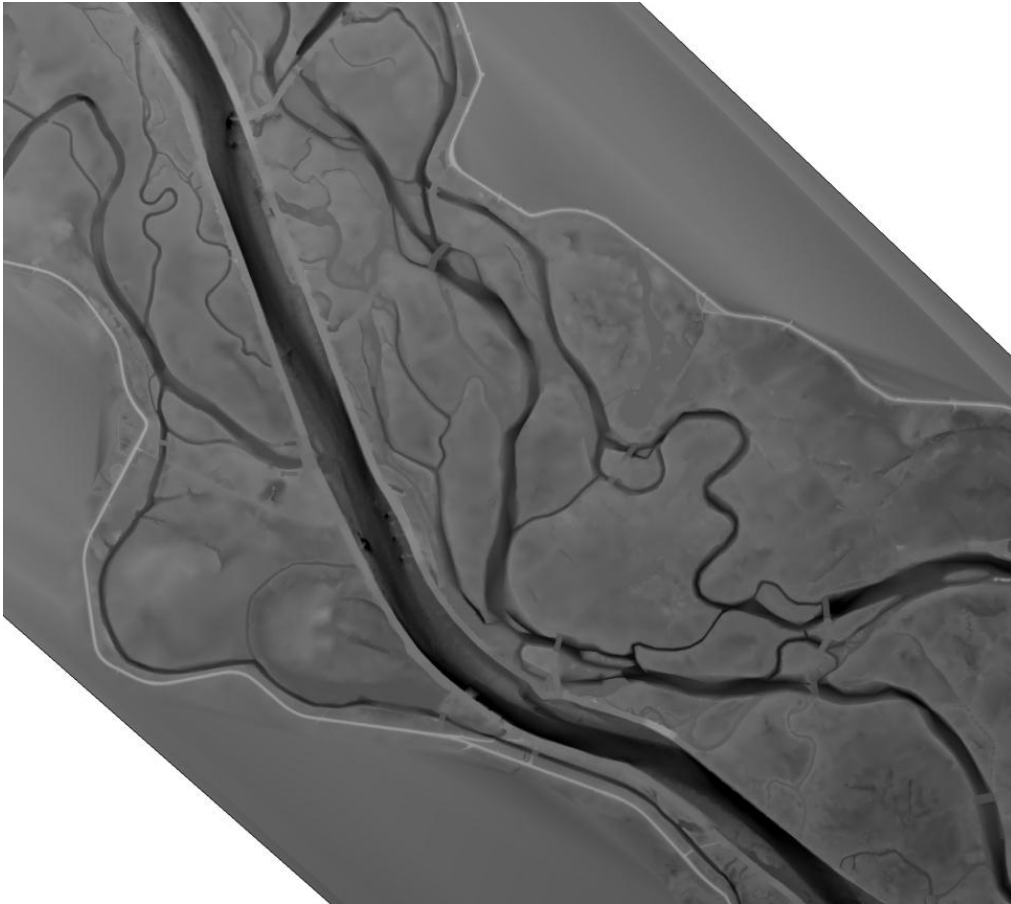
14 000 évnapi Q-idősor strukturált véletlen generálása

Mért dévényi $Q_{\max} = 10\,500 \text{ m}^3/\text{s}$

Dévényi $Q_{1\%} = 11\,200 \text{ m}^3/\text{s}$



Szigetközi DTM-részlet

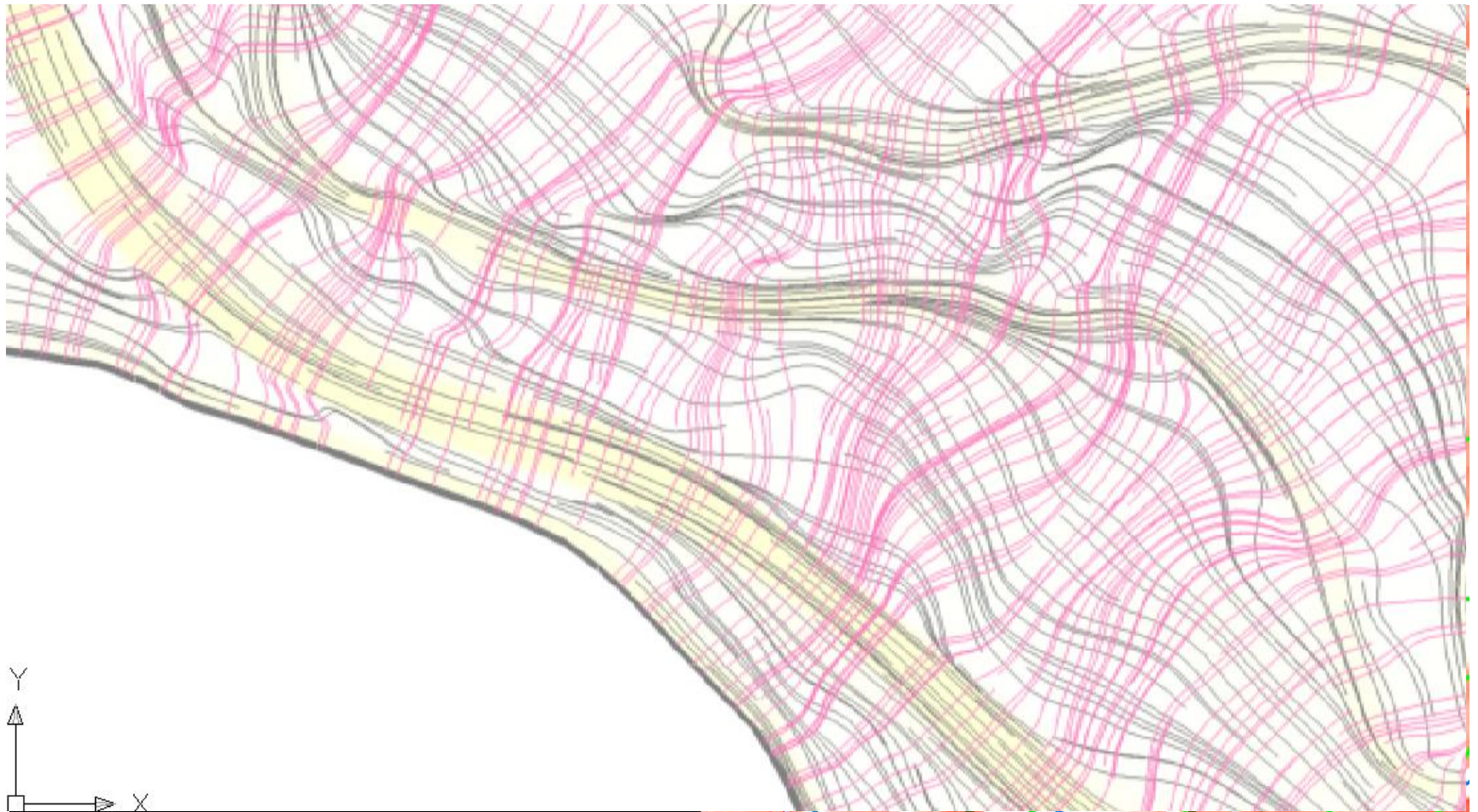


- Főmeder
- Mellékágak
- Hullámtér
- Töltések, műtárgyak

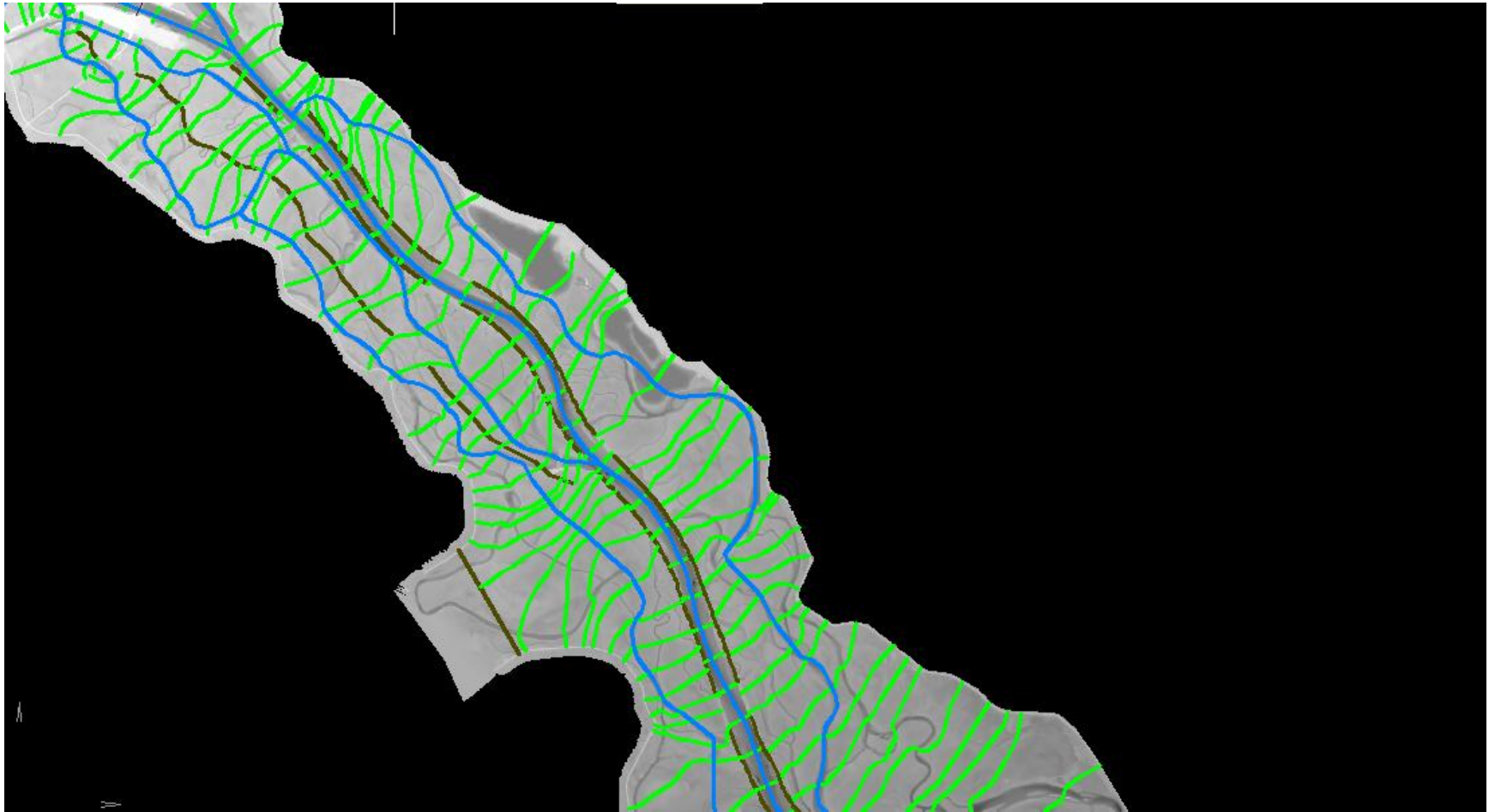
Az 1D hidrodinamikai modell elemszámai

- Cél: a főág/mellékágak/hullámtér vízszállítását jól közelítő, de gazdaságos 1D modell kifejlesztése
 - 1200 számítási keresztmetszelvény
 - 80 oldalbukó (főleg a Szigetközben és Gemencben)
 - 60 folyóág
 - 30 híd
 - 30 oldaltározó
- Szoftver: HEC-RAS 4.1

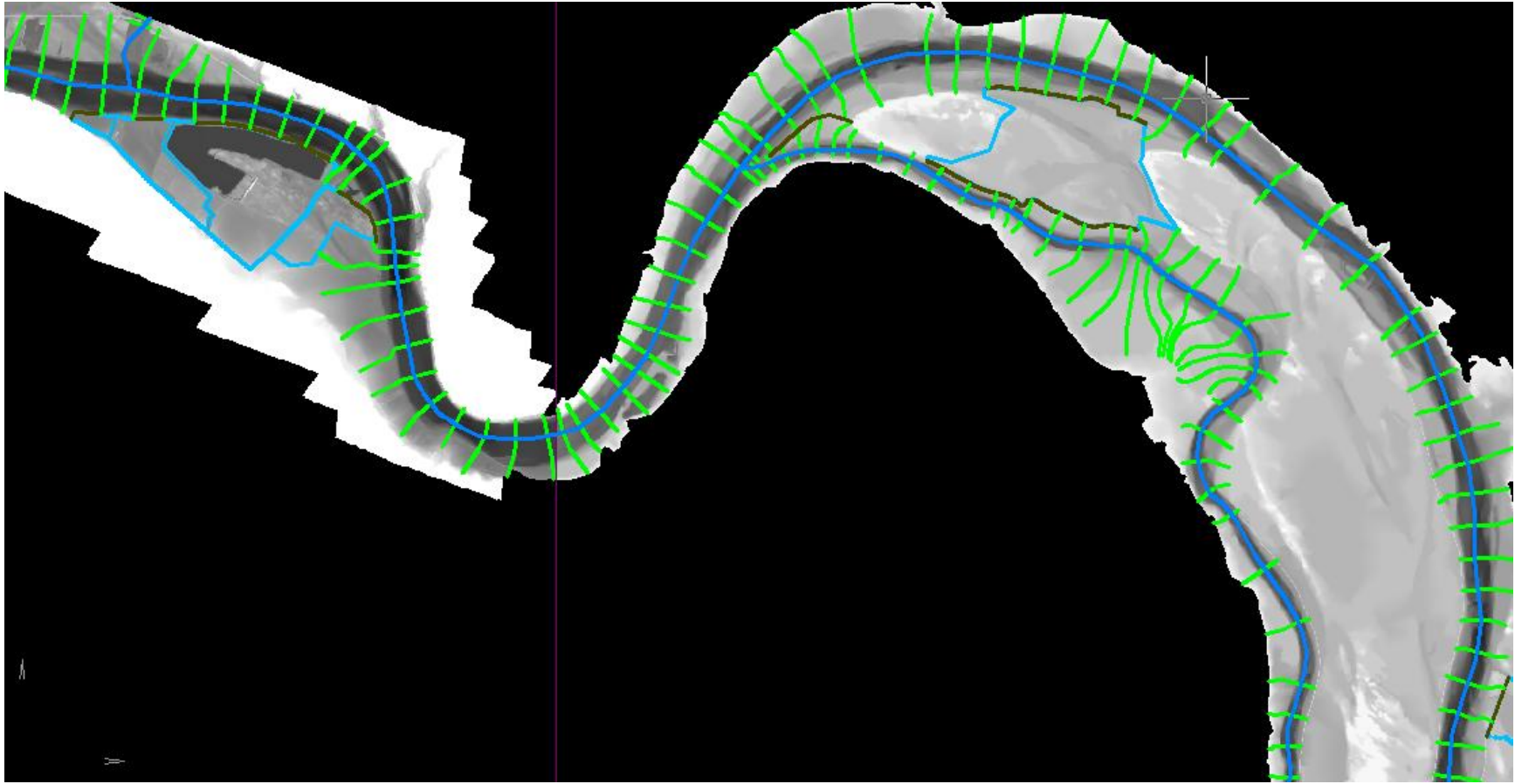
Szigetközi számítási keresztmetszelvek, hossztengelyek és oldalbukók kiosztása



Szigetközi 1D szelvényezés



Dunakanyar és a Szentendrei sziget szelvényezése



Jelenleg folyó munka: kalibrálás és igazolás (2013-ra, majd 2002-re)

- Megfontolt sematizálás → A kalibrálással döntően az érdeességi paraméterek hibáját kelljen mérsékelni, „szerkezeti hibákat” minél kevésbé
- Folyószakaszonként a meder és hullámtér érdeességét kalibráljuk, túlzott részletesség nélkül (pl. hullámtéri területhasználatot keresztirányban nem különböztetünk meg)

Szóval (fejlesztő) csapataink harcban állnak...