



Hűtővíz és termákvíz bevezetések: elővizek hő- és sóterhelése



Alapfogalmak

Hőterhelés: az emberi tevékenység eredményeképpen a vízbe irányuló egyszerű hőleadás történik. Fizikai folyamat (hőátadás).

Hőszennyezés akkor lép fel, ha a hőterhelés olyan mértéket ér el, amely a vízi élővilág életében, működésében zavart és/vagy károkat okoz, illetve korlátozza a víz ember általi használatát.

A vizekben fellépő **természetes hőingadozás** nem hőterhelés és nem hőszennyezés, ehhez a vizek élővilága hozzászokik:

- rövid életsiklusú élőlények: társulás váltás,
- hosszabb életsiklusú élőlények: az életfolyamatok megváltozásával alkalmazkodnak

(pl. a folyó élővilága a hegyvidéktől a torkolatig a növekvő hőmérséklet miatt természetes módon átalakul.)

Frissvízhűtésű erőművek hatásai

Vízminőségi hatások

- ❖ Sűrűség csökkenése (lebegő élőlények!),
- ❖ Oxigén háztartás: csökkenő telítési koncentráció, növekvő oxigénigény,
- ❖ Bevonat-képződési problémák az erőmű hűtőrendszerében (pl. vándorkagyló, mohaállat stb), emiatt a hűtővizet klórozzák.

Ökológiai hatások:

- Hősök - a hirtelen felmelegített és visszavezetett hűtővíz a vízi életközösség populációinál károsodást, vagy pusztulás is okozhat.
- Planktonikus élőlények: mechanikai irritáció
- Kitettségi idő (kondenzátorokban néhány sec, folyóban több óra)
- Halállomány: hődugón nem képesek áthaladni

Szabályozási gyakorlat

A hűtővíz kivétel nem haladhatja meg a folyó kisvízi hozamának felét:

$$q < Q_{\min}/2$$

T_{\max} - A kifolyó melegvíz maximális hőmérséklete, vagy meghatározott folyó keresztmetszetben:

- Fajonként különböző, általánosan elfogadott: 30°C.
- Paks: T_{\max} –ot a csatorna torkolatától 500m-re kell mérni

Hőlépcső: $\Delta t_{\max} = T_{ki} - T_{be}$, Hőmérséklet különbség a hidegvízi és a melegvízi oldal között az erőműben:

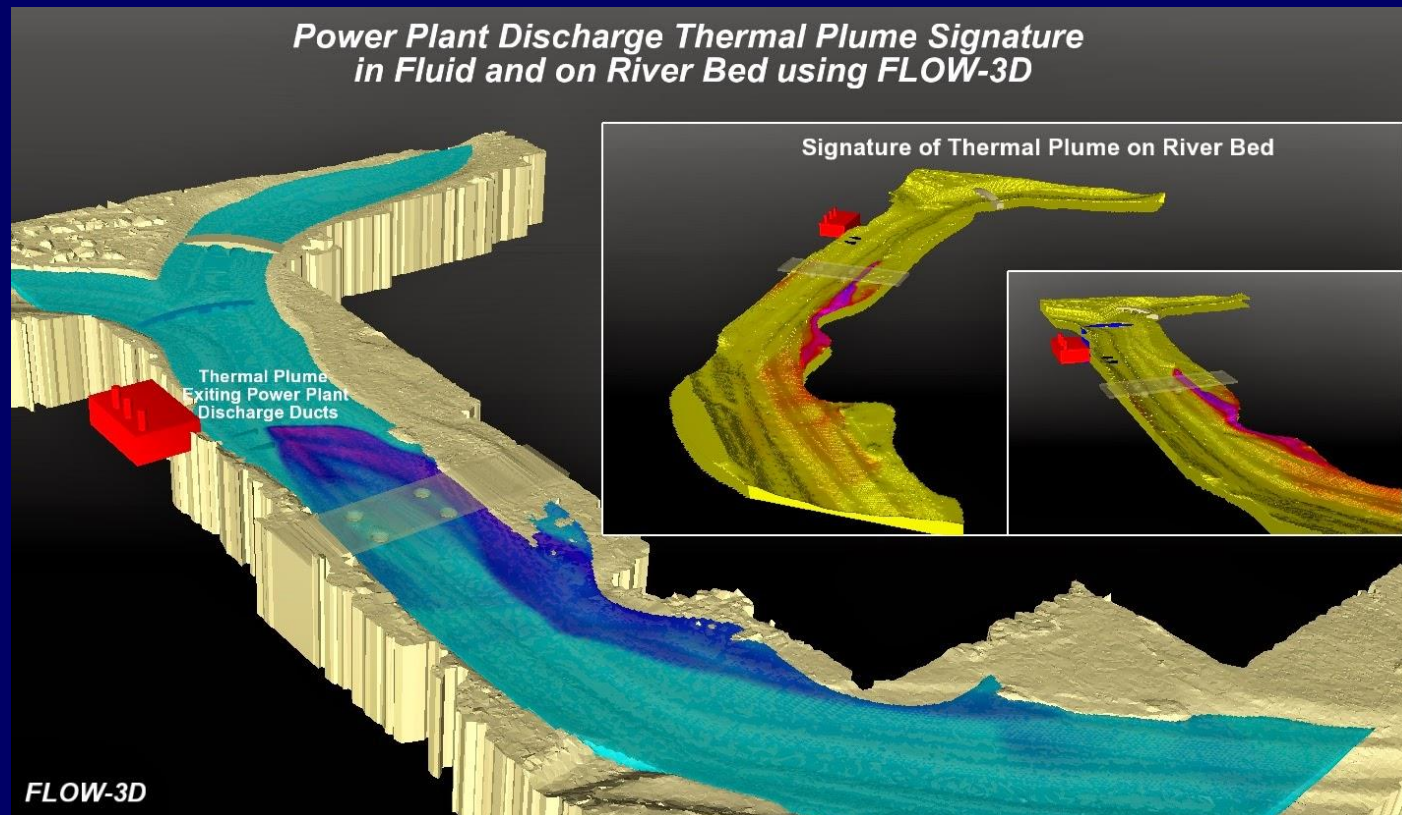
- 4 °C alatti hidegvíz esetében 10-12 °C a lassabb és a gyorsabb folyású folyók esetében.
- 4 °C feletti hidegvíz esetében ugyanezek az értékek 5-8 °C-ra módosul mindkét típusú folyón.

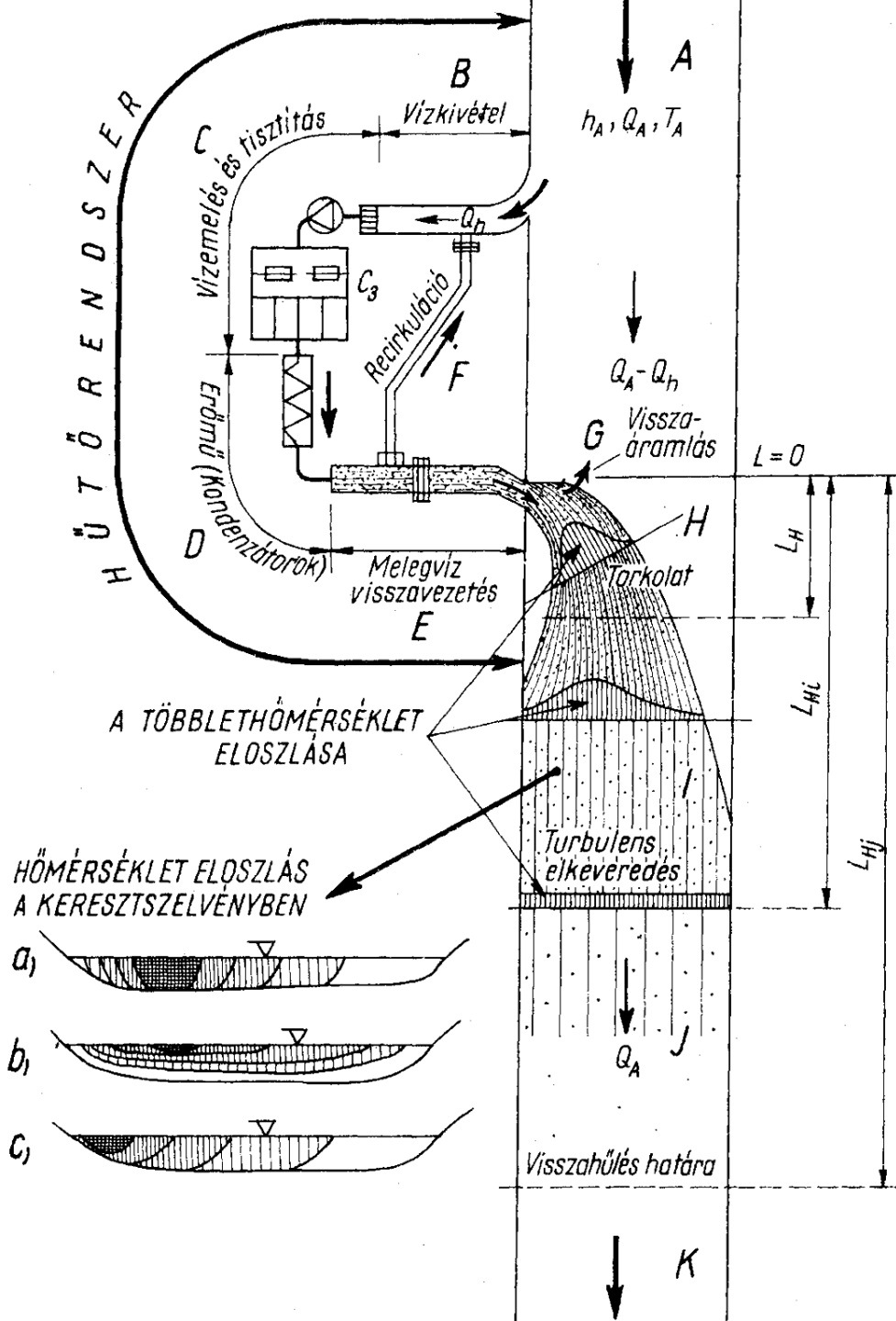
Hőmérséklet növekedés az elkeveredés után:

$$\Delta T = q \cdot T_{\max} / Q = \max 3 \text{ °C}$$

A víz hőfok értékét és eloszlását befolyásolja:

- a bevezetett melegvíz és a befogadó hidegebb víz keveredése (turbulens elkeveredés)
- a határfelületen történő hőleadás.





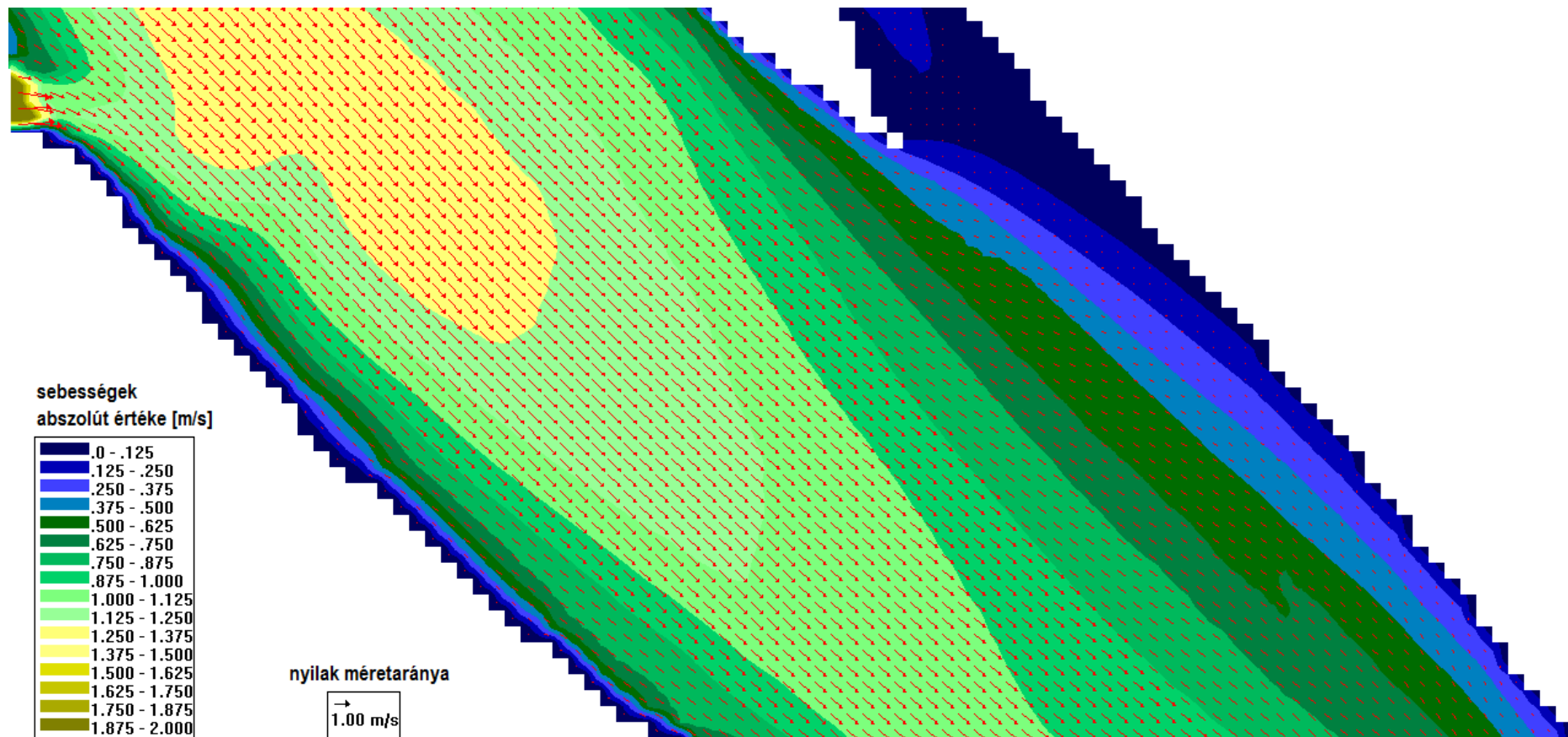
Áramkép: a bevezetés módja, a folyó- és a hűtővíz aránya, a sebesség-, sűrűség- és impulzus viszonyok függvénye.

A melegvíz L_H távolságban veszi fel a folyó mozgás-állapotát („near field”).

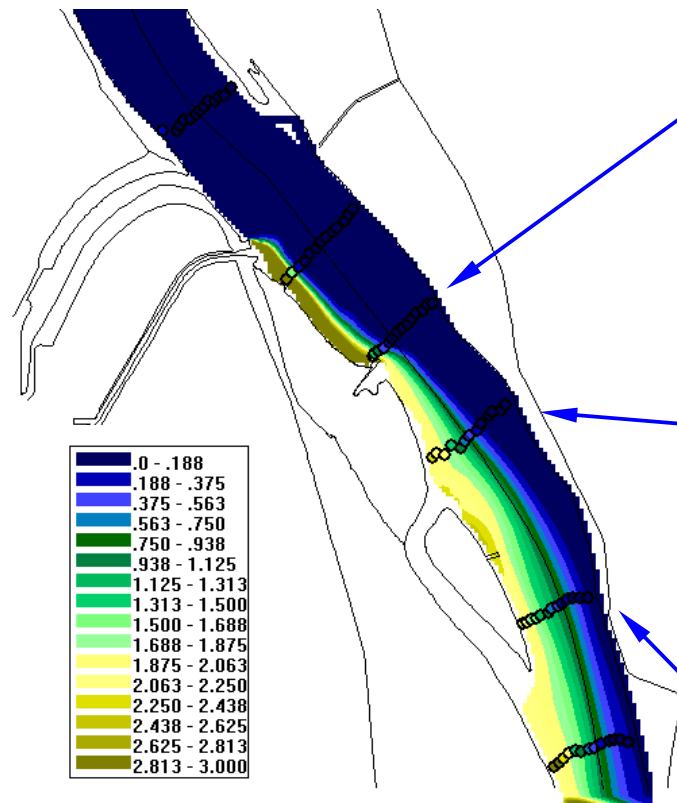
L_{HI} távolságban a hőmérsékletek kiegyenlítődnek a turbulens elkeveredés eredményeképpen a kereszt-szelvényben,

végül L_{HJ} távolságban bekövetkezik a visszahűlés („far field”).

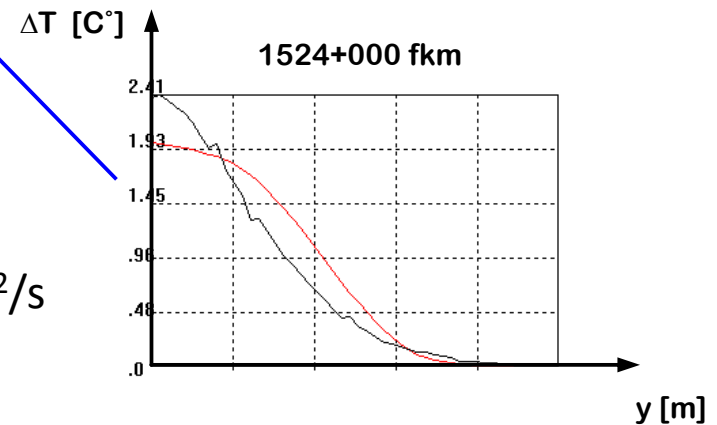
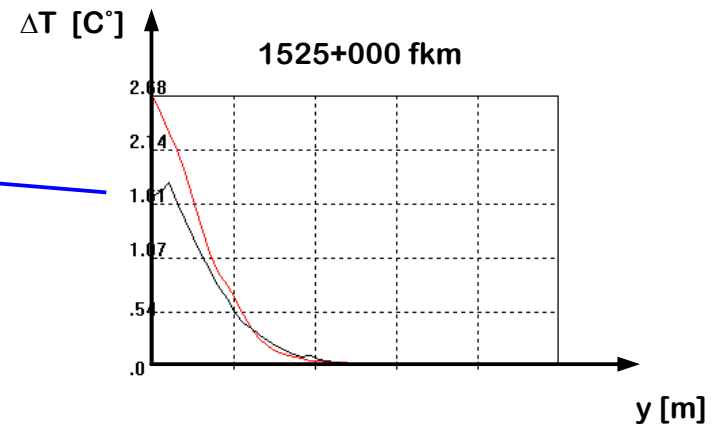
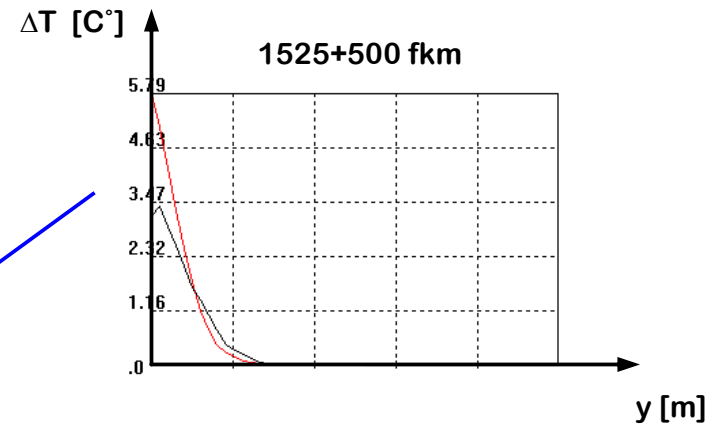
Paks – sebességtér a bevezetésnél



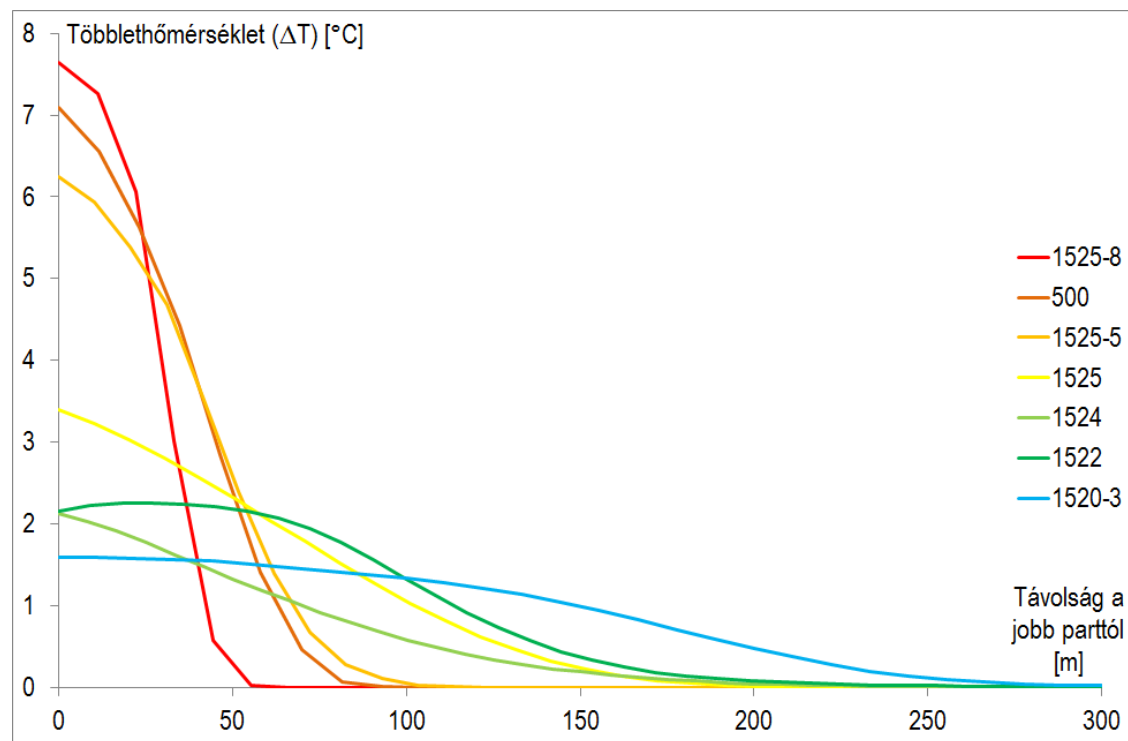
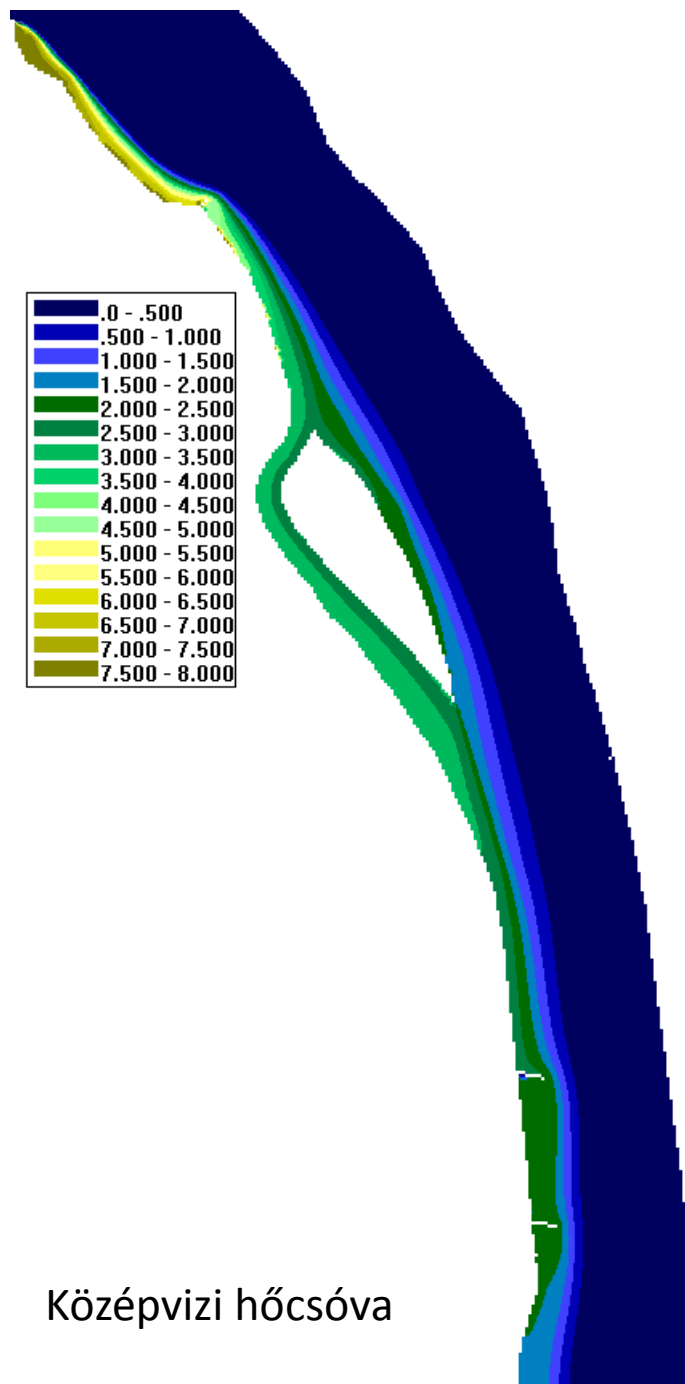
A számított és mért hőmérséklettér (2006. szeptember)



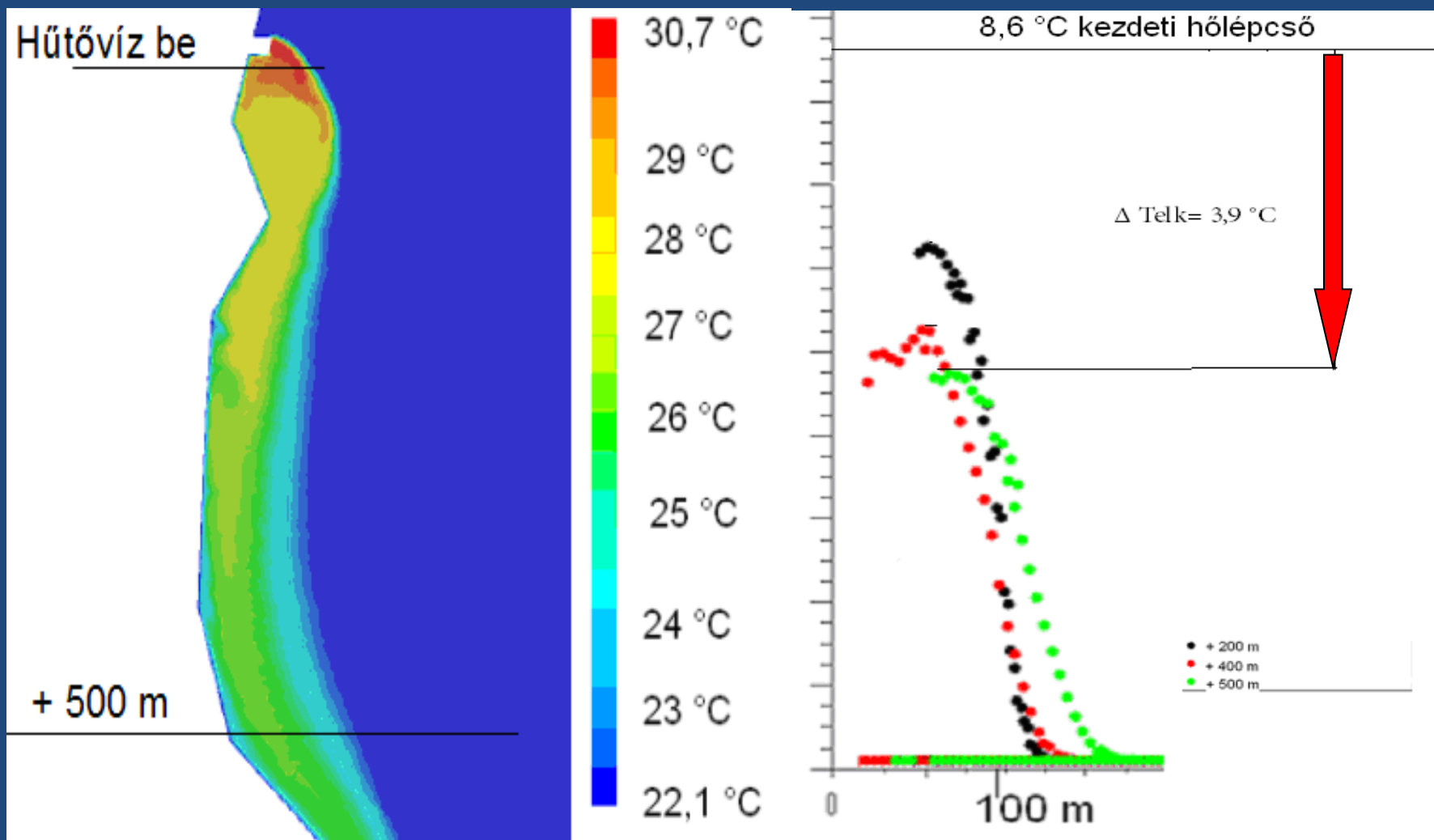
számított (piros) és mért (fekete) eloszlások

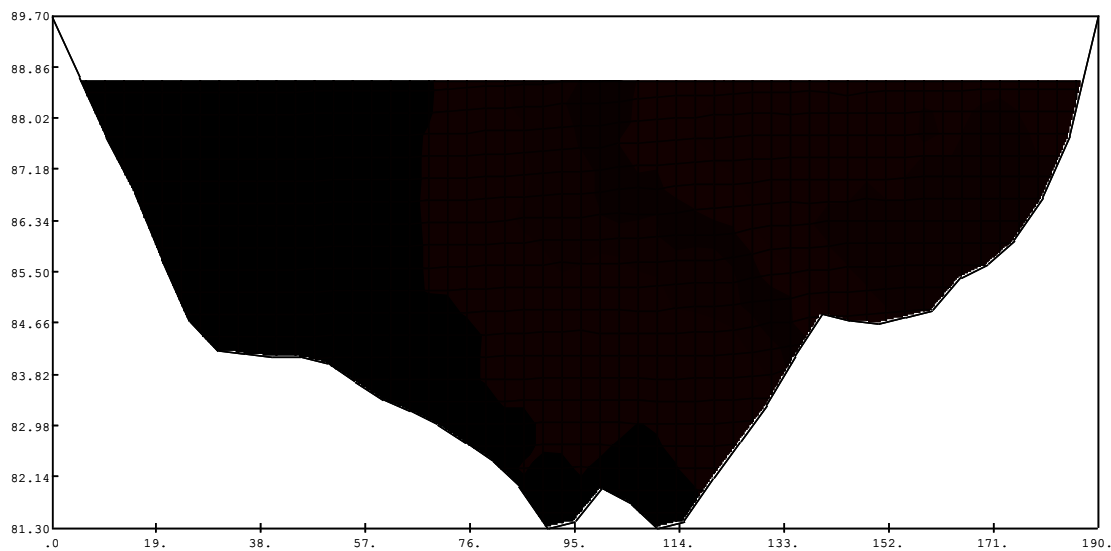


A keresztirányú diszperziós tényező értéke: $D_y = 1 \text{ m}^2/\text{s}$

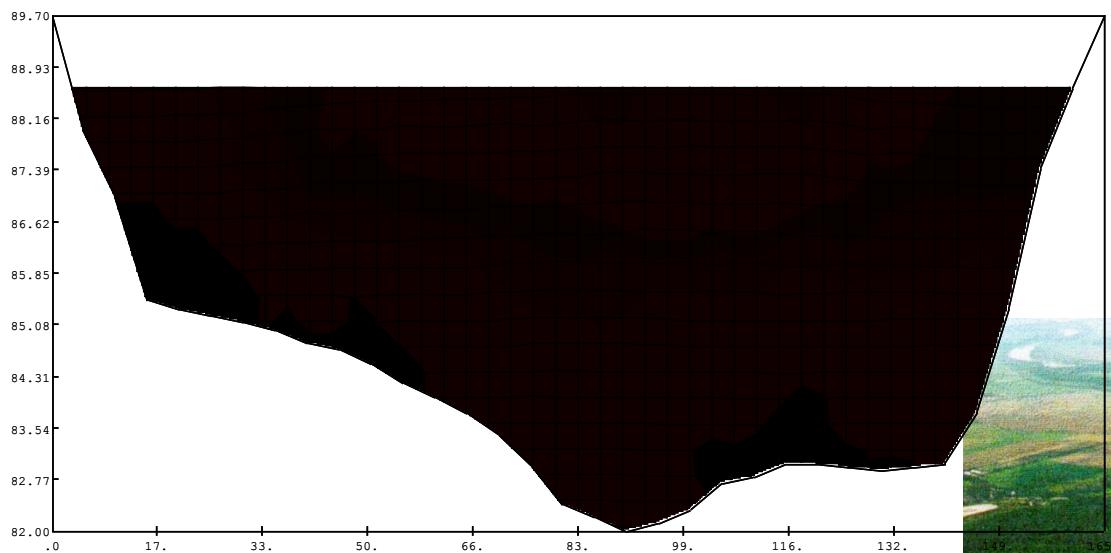


A melegvíz elkeveredése: hőmérséklet eloszlások és hőfokcsökkenés

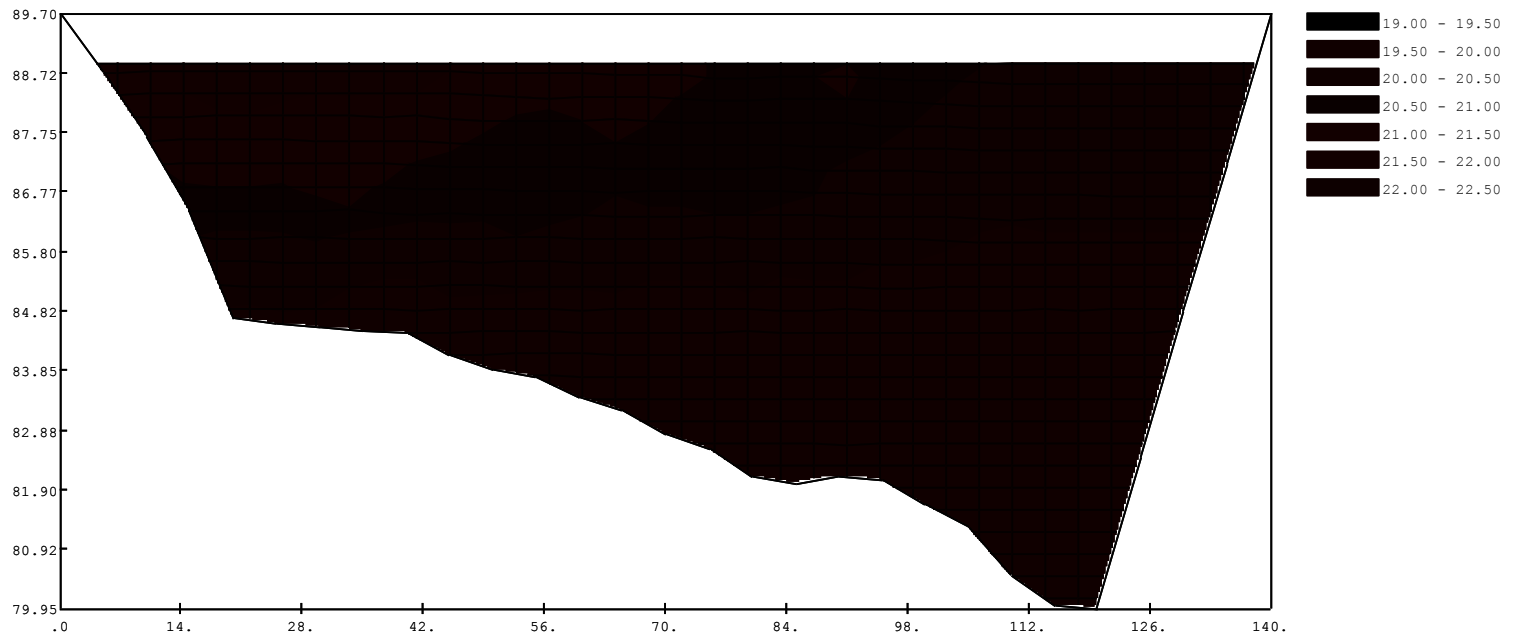




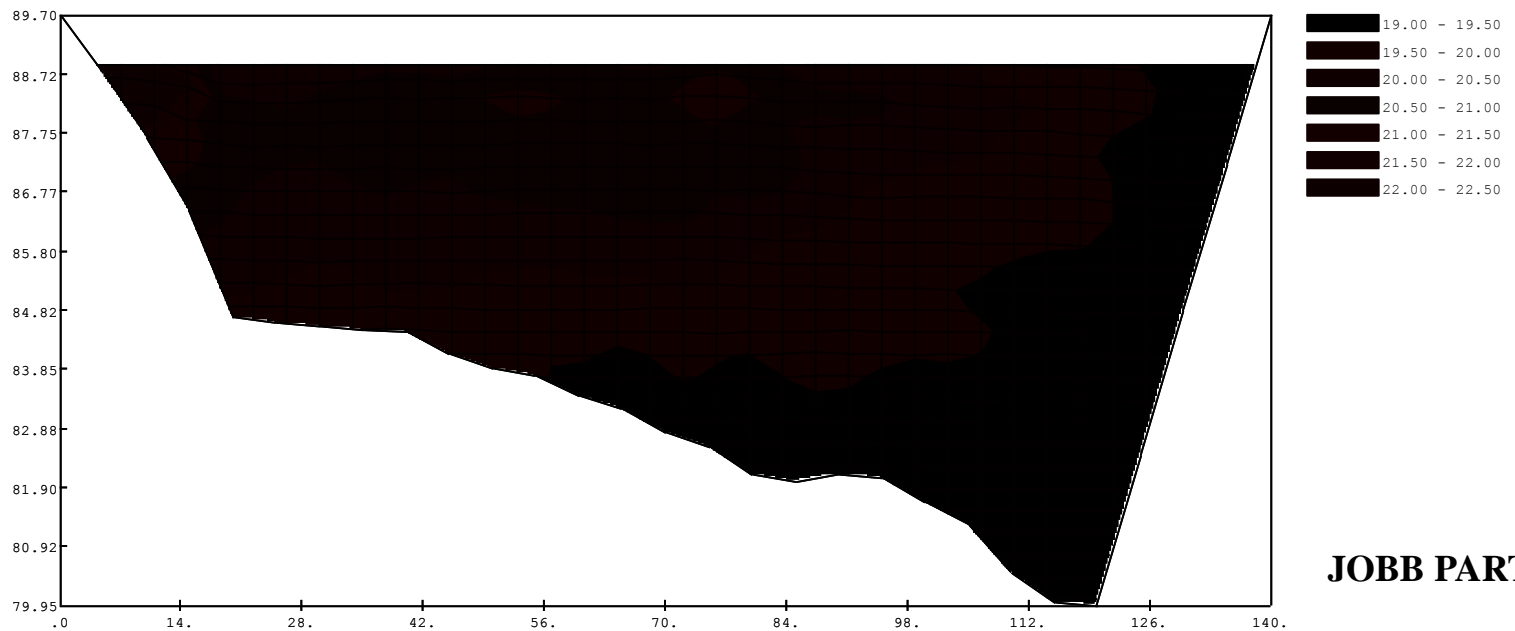
Tisza: hőmérséklet eloszlás a melegvíz csóvában



CORMIX modell



Mérés



BAL PART

JOBB PART

Hőcsóva vertikális elkeveredése

Richardson szám: $Ri = \Delta\rho/\rho g Q_{bf}/(Bv^3)$

Rétegzett áramlás esetén: $0,8 > Ri > 0,08$

ahol:

ρ	-	a hidegvíz sűrűsége,
$\Delta\rho$	-	a hideg- és melegvíz sűrűség különbsége,
Q_{bf}	-	a befogadó vízhozama,
B	-	a befogadó folyó víztükörszélessége,
v	-	a befolyó víz középsebessége és
g	-	a nehézségi gyorsulás.

A befogadó sebességeloszlásától függően két elkeveredési altípus különböztethető meg:

(a) Ha a befogadó sebessége 0.6 m/s-nál nagyobb (jellemzően a Duna), akkor a part mellett maradó, a bevezetés után vertikálisan gyorsan átkeveredő melegvíz-csóva alakul ki;

(b) Ha a sebesség 0.6 m/s –nál kisebb a csóva felúszik a víz tetejére és ott szétterül. A további viselkedés elsősorban a lokális hidraulikai hatásoktól függ.

A hőcsóva távolabbi tartományát a felmelegedett (és teljesen átkeveredett víztest) **fokozatos lehűlése** jellemzi. A felszíni hőcsere modellezésénél figyelembe veendő:

- a hosszú-hullámú fénysugár hőbevitele;
- rövid hullámú fénysugár hőbevitele;
- felületi reflexió;
- a víz hosszúhullámú hőleadása;
- a párolgás hőelvonása, és a
- a szélesebbesség hatása.

Linearizált modell (hosszmenti hődiffúzió elhanyagolásával):

$$v \, dT/dx = - K/(\rho c_p H) (T - T_e)$$

v - az áramlási sebesség a folyóban

K - a víz és levegő közötti hőcsere tényezője,

T - a víz hőfoka,

T_e - egyensúlyi vízhőfok (bevezetés feletti hőmérséklettel közelíthető).

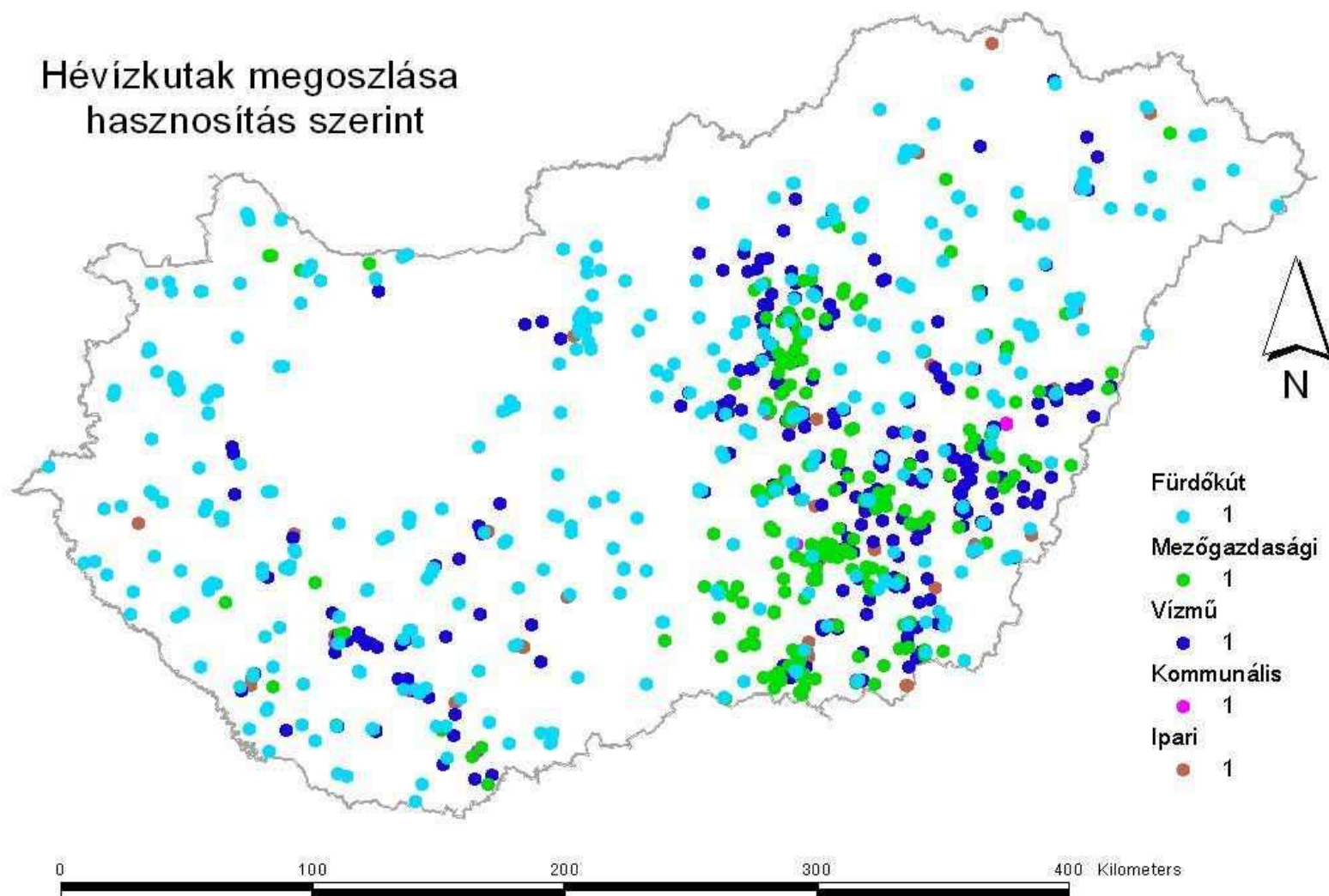
ρ - a víz sűrűsége, c_p - a víz fajhője, H - a vízmélység.

Analitikus megoldás szakaszonként: $T_{(x)} = T_e + (T_0 - T_e) \exp(-kx)$,
ahol T_0 a vízhőfok a folyószakasz felső szelvényében, és $k = K/(\rho c_p H v)$.

HASZNÁLT HÉVIZEK FELSZÍNI BEFOGADÓBA TÖRTÉNŐ BEVEZETHETŐSÉGE, HATÁSOK A VIZEK KÉMIAI ÉS ÖKOLÓGIAI ÁLLAPOTÁRA

- Termálvizek vízminősége
- Terhelhetőségi kritériumok meghatározása
- Következmények: vízminőségi és ökológiai hatások
- Műszaki megoldások

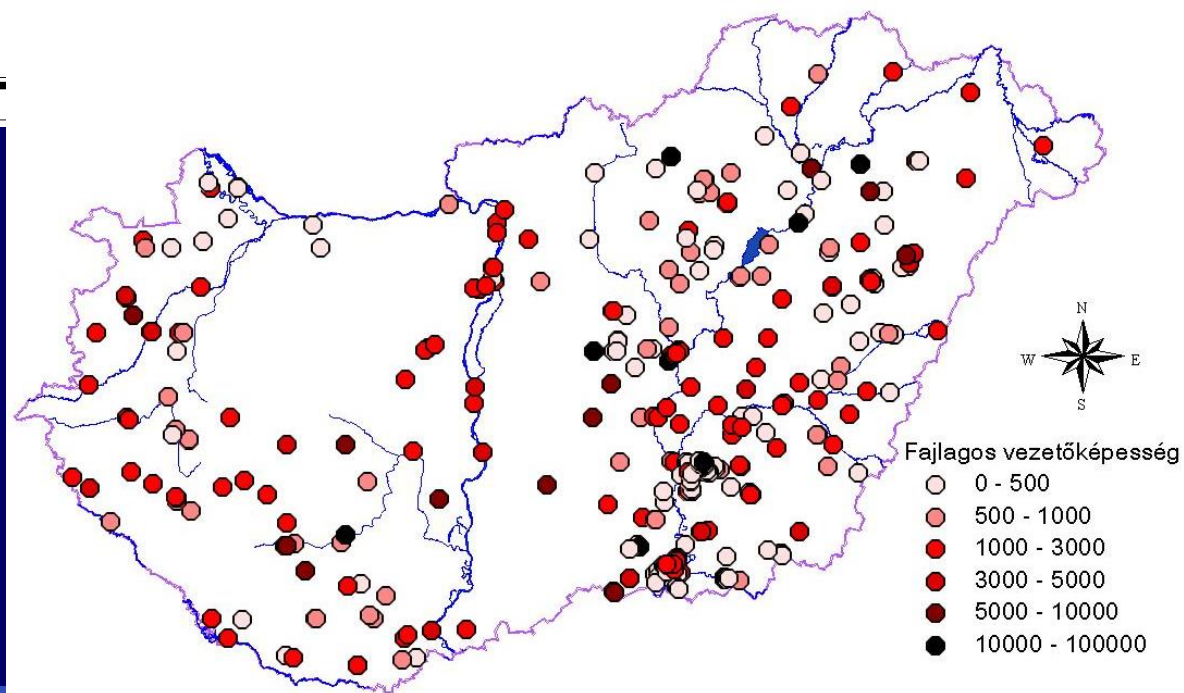
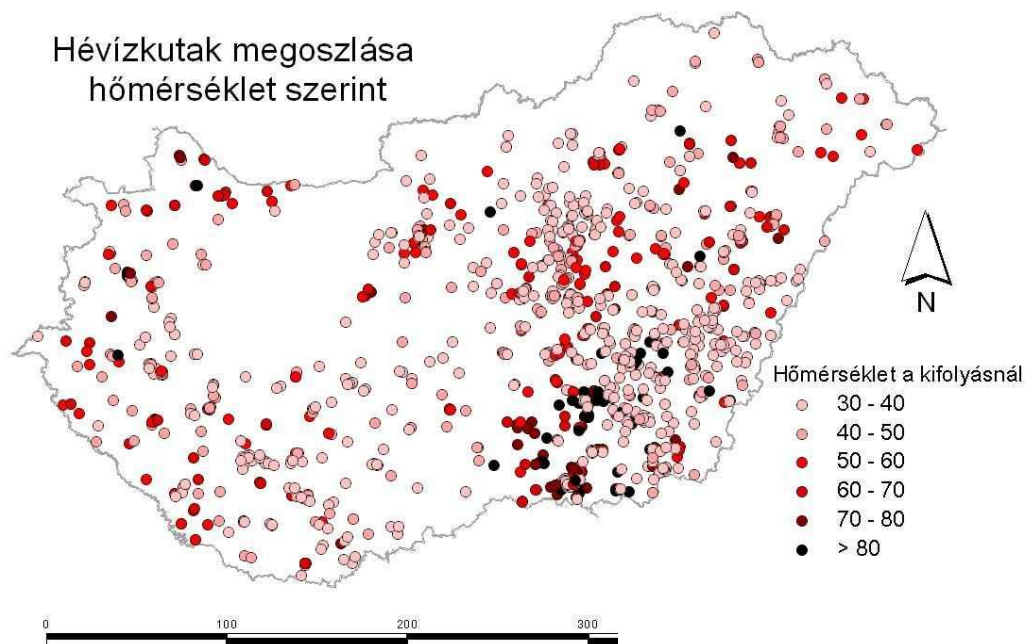
Hévízkutak megoszlása hasznosítás szerint



Termálvíz és hűtővíz bevezetésekre vonatkozó hatáselemzés (OVGT, 2015)

- 297 db. termálvíz bevezetés élővizekbe,
- A felszíni vízfolyás víztestek 15%-át érinti termálvíz bevezetés,
- Az érintett vízfolyás víztestek közül 83 felszíni víztesten van egy vagy több olyan termálvíz kibocsátási hely, mely jelentős só és hőterhelést jelent.
- A termálvíz bevezetések csaknem fele önmagában is jelentős hatású, de gyakran egy víztesten több bevezetés együttes hatása eredményez állapotromlást a vízminőségben.

Hévízkutak megoszlása hőmérséklet szerint



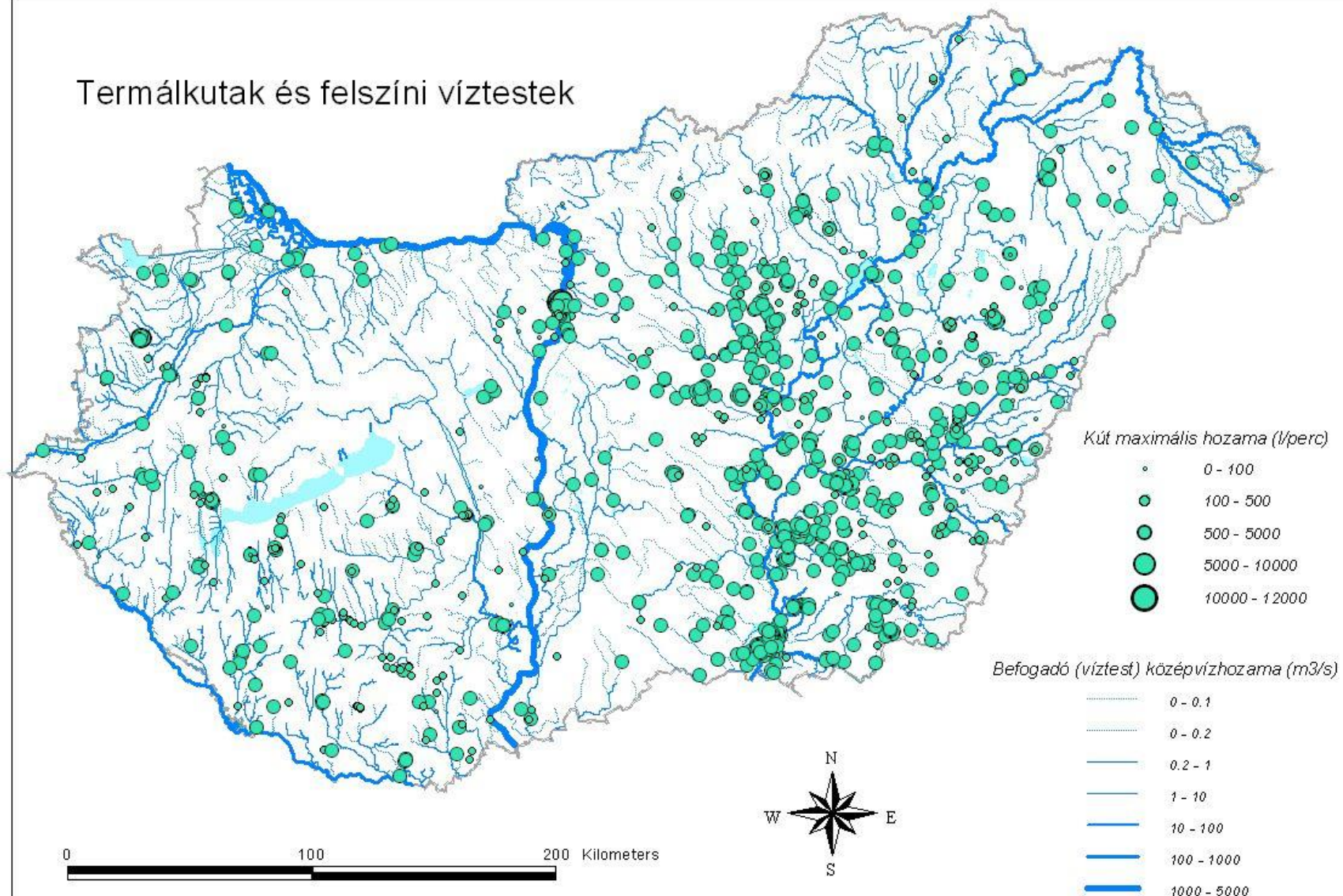
**A termálvíz kutak vízminőségi adataiból számított
átlagkoncentrációk és a vízfolyásokra számított
átlagkoncentrációk összehasonlítása
(arány: kút / folyó)**

	pH	F.VEZKÉP	KEM_CAO	NA	Na eé	K	K eé
Kút	7,8	2081	81	635	20,0	17,1	0,3
Folyó	8,0	760	159	61	2,7	8,8	0,2
Arány	1,0	2,7	0,5	10,4	7,5	1,9	1,1
	CA	Ca eé	MG	Mg eé	SO4	CL	HCO3
Kút	33,7	1,6	13,5	1,0	60,5	333,0	1106
Folyó	69,9	3,5	37,2	3,1	111,1	52,9	331
Arány	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	6,3	3,3

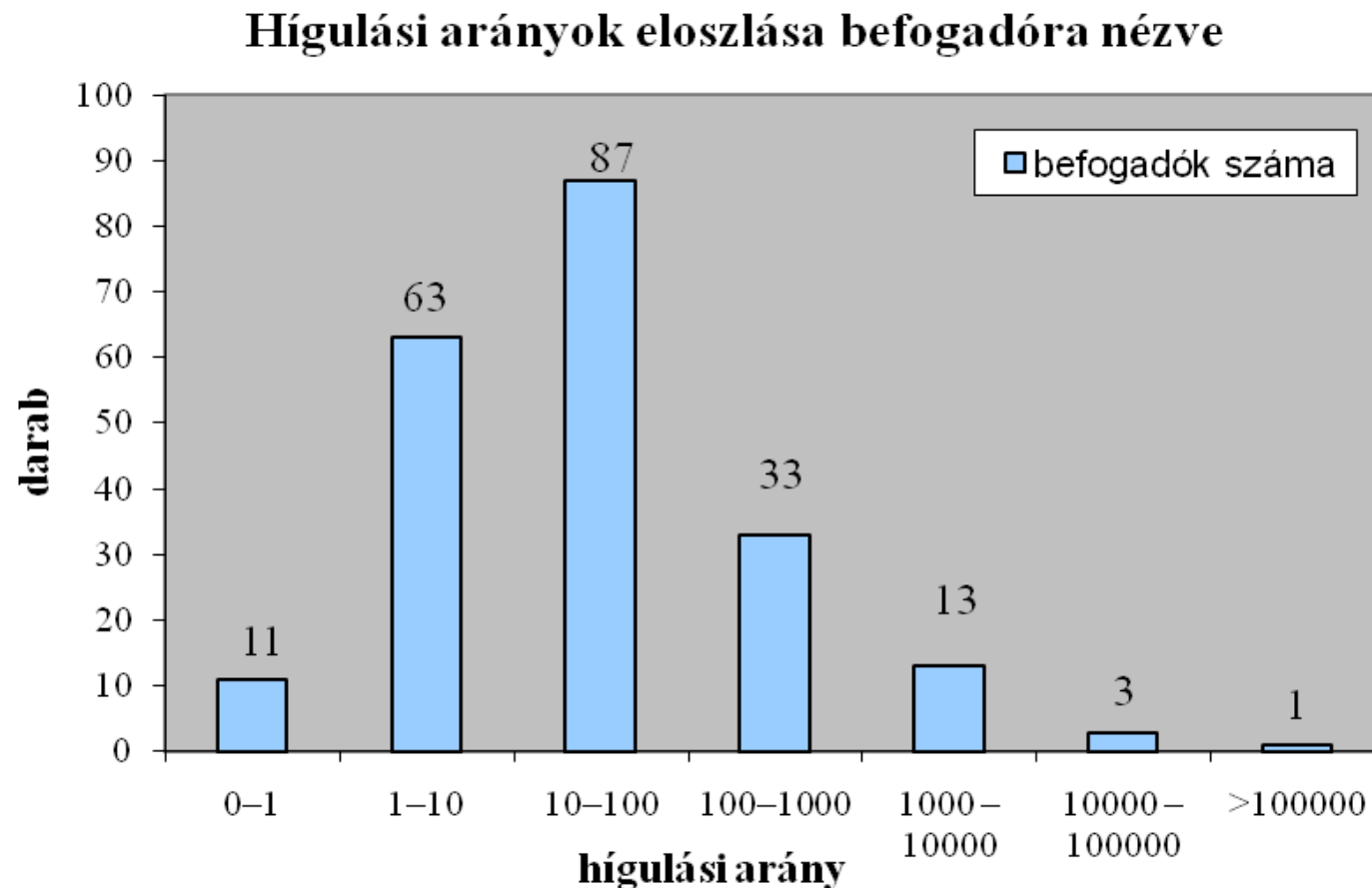
Elsődleges probléma: hő és sótartalom (sóösszetétel)

További problémák lehetnek: a termálvíz fenol, PAH, TPH tartalma

Termálkutak és felszíni víztestek



Termálvízzel terhelt felszíni befogadókban a folyó vízhozam / bevezetett termálvíz aránya (hígulás)



A termálvíz bevezetések többségében kis hozamú vízfolyásokba történnek, ahol nincs elegendő hígítóvíz.

Felszíni vízbe vezetése esetén a sótartalomra vonatkozó terhelhetőségi kritérium megadása

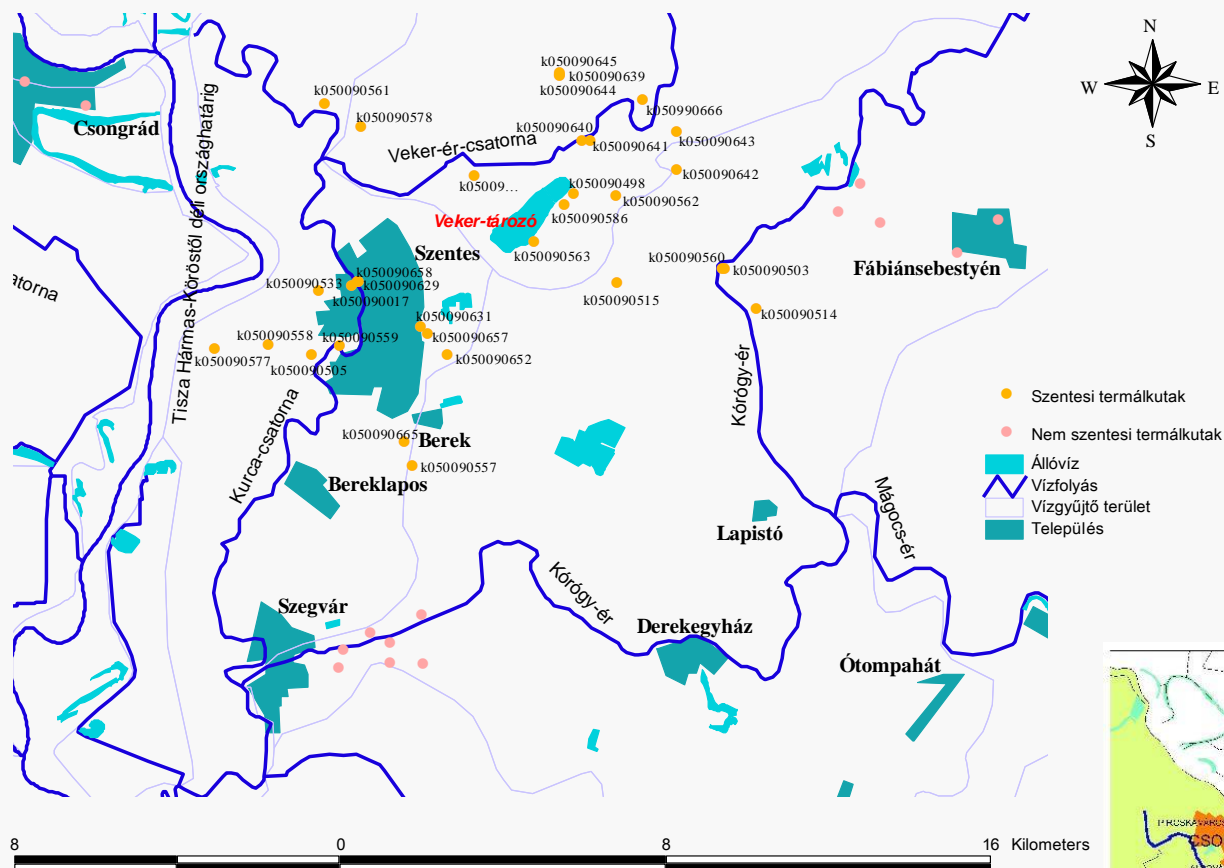
Folyóvízre:
$$E_{\max} = \sum_i Q_{\text{termálvíz}} * \kappa_{\text{termálvíz}} = \Delta\kappa * (Q_{\text{fbefogadó}} + \sum_i Q_{\text{termálvíz}})$$

- E_{\max} – bevezethető terhelés,
- $Q_{\text{termálvíz}}$ – befogadóba vezetett összes termálvíz hozama [m^3/s],
- $\kappa_{\text{termálvíz}}$ – a termálvíz fajlagos vezetőképessége [$\mu\text{S}/\text{cm}$],
- $Q_{\text{befogadó}}$ – felszíni vízfolyás (befogadó) vízhozama [m^3/s],
- $\Delta\kappa$ – a befogadóban a háttér és a megengedhető fajlagos vezetőképesség közötti különbség [$\mu\text{S}/\text{cm}$].

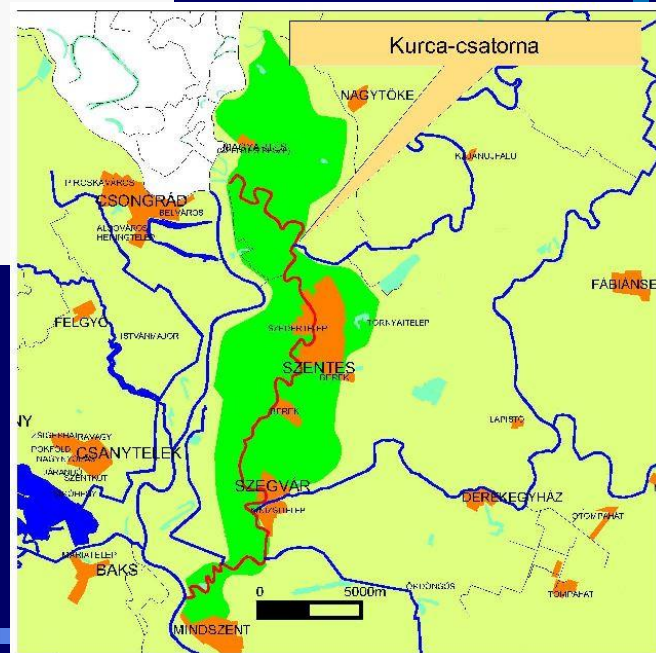
Állóvízre:
$$E_{\max} = \int_0^{\tau} (Q_{\text{termálvíz}} * \kappa_{\text{termálvíz}}) dt = \Delta\kappa * (V_{\text{tő}} + \int_0^{\tau} Q_{\text{termálvíz}} dt)$$

$V_{\text{tő}}$ – az állóvíz befogadó víztérfogata [m^3],

T – az állóvíz tartózkodási ideje.



A Kurca vízrendszere és a Szentes környéki termálvíz kutak

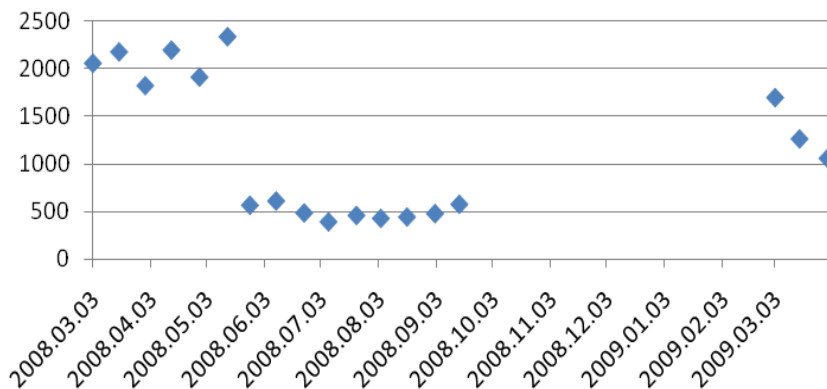




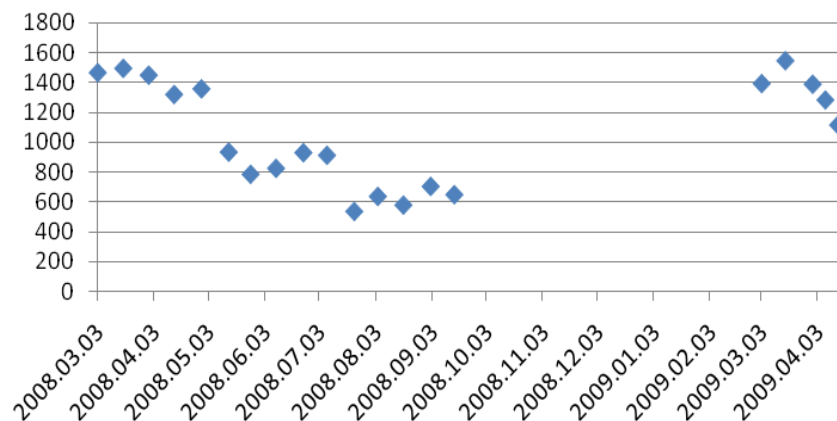
Következmények:

- Szubtrópusi fajok elterjedése,
- Sótartalom tartós megemelkedése
- „kettős” állapot a vízforgalomtól függően

Kórógy-ér fajlagos vezetőképessége (Dónáti-híd)



Kurca fajlagos vezetőképessége (Szentcsongrád elkerülő út)

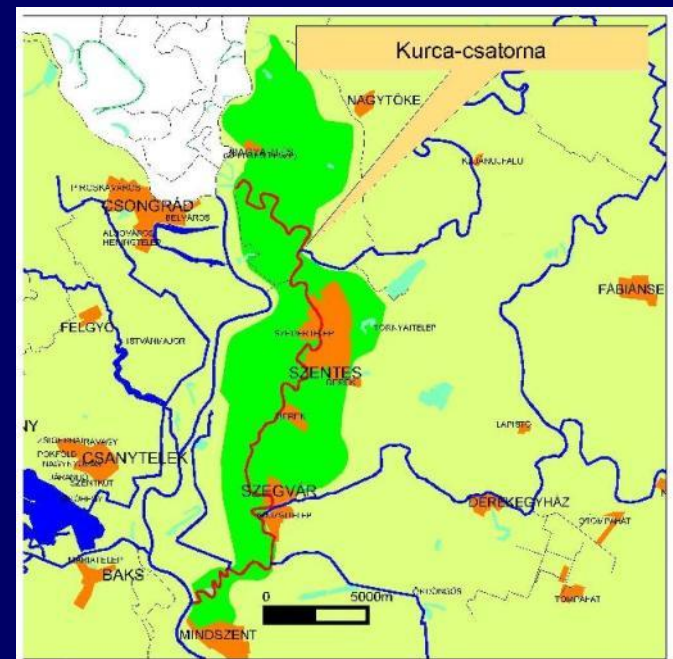


Elhelyezési lehetőségek:

- Visszasajtolás a vízadó rétegébe, vagy ettől eltérő vízadó rétegbe
- Felszíni vizekbe vezetés, kezelés után
 - Természet-közelí tisztítási módszerek alkalmazása
 - Halastavi pihentetés
 - Fordított ozmózis
- Használt termálvíz környezetkímélő elhelyezése létesített vizes élőhelyeken



Az egyik szentesi hűtőtó
(Fotó: dr. Szilágyi Ferenc)



Következtetések

- A felszíni vizekbe történő termálvíz elhelyezés megfelelő feltételek között lehetséges a befogadó jelentős károsodása nélkül.
- Egyedileg vizsgálni kell a bevezetés feltételeit. Az olyan víztípusok esetében, ahol a szükséges hígítási arány biztosan és tartósan fennáll, nem szükséges elővizsgálat.
- A terhelhetőség számításához figyelembe kell venni
 - A termálvíz kémiai összetételét és a visszavezetéskor jellemző hőmérsékletét
 - A befogadó (hígító víz) hozamát, az elkeveredés feltételeit
 - A meglévő terheléseket (háttér)
- A kedvezőtlen hatás csökkenthető a termálvíz betározásával és a leeresztés befogadó vízjárásához (kettős működésű csatornáknál a vízkormányzáshoz) igazított ütemezésével
- Nem megfelelő hígulási viszonyok esetén a szakaszos leeresztés ökológiai hatása kevésbé káros a befogadóra.