

Az előadás felépítése

- BME Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék
- Nemnewtoni reológiájú szennyvíz közeg áramlási veszteségeinek vizsgálata csőkönyökben
 - Bevezetés, reológiai modellek
 - A kutatás előzményei, célkitűzései, motivációi
 - A vizsgált közeg, a numerikus modell
 - Eredmények, következtetések
- UV fertőtlenítő berendezés tervezése
 - Bevezetés, igények
 - Fényforrás modellezése
 - Áramlási tér modellezése
 - Egyéb tervezési feladatok
 - Összefoglalás

Tanszékünkéről

- BME Gépészmérnöki Kar, legkisebb és legfiatalabb Tanszék.
- 1899-ben alapították, korábbi elnevezése: Vízgépek Tanszék.

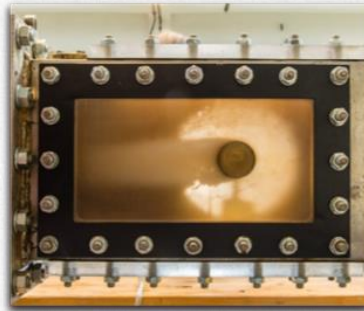


Főbb pilléreink

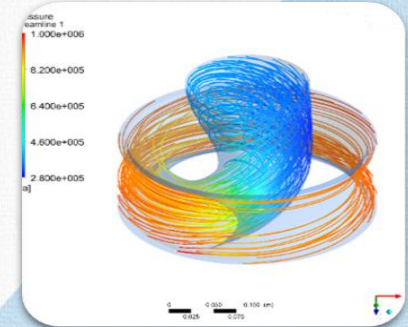


Labor: 1500 hallgató évente

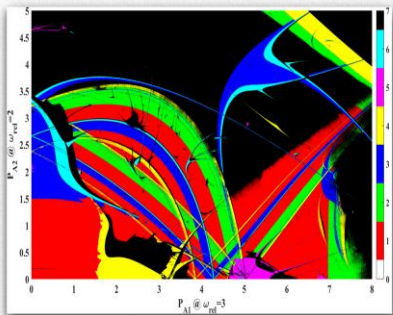
Oktatás



Kutatás

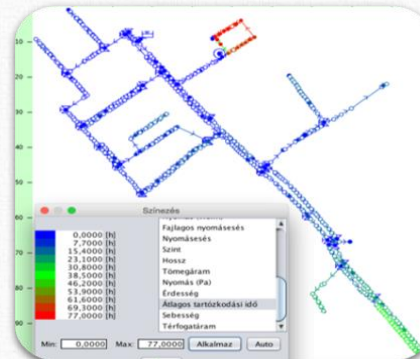


Ipari projektek



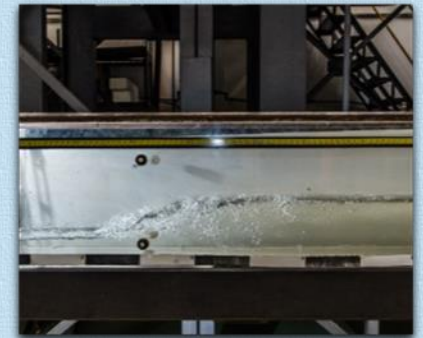
Dinamikus rendszerek stabilitása

Analitikus számítások



Stacionárius csőhálózatok

Szimuláció



Nyílt felszínű csatorna

Mérések

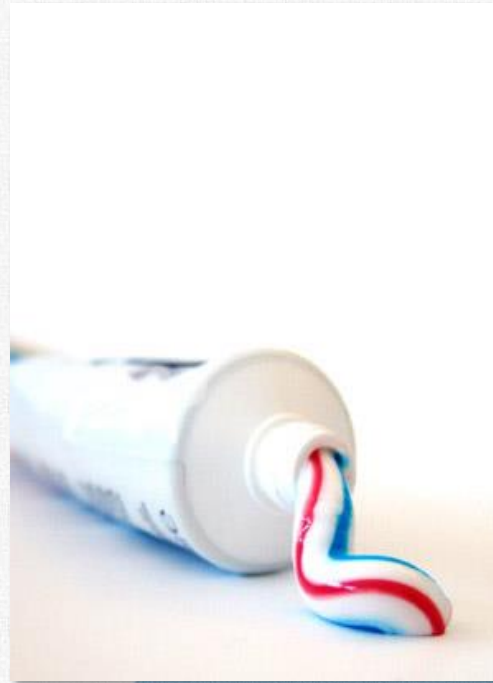
Az előadás felépítése

- BME Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék
- Nemnewtoni reológiájú szennyvíz közeg áramlási veszteségeinek vizsgálata csőkönyökben
 - Bevezetés, reológiai modellek
 - A kutatás előzményei, célkitűzései, motivációi
 - A vizsgált közeg, a numerikus modell
 - Eredmények, következtetések
- UV fertőtlenítő berendezés tervezése
 - Bevezetés, igények
 - Fényforrás modellezése
 - Áramlási tér modellezése
 - Egyéb tervezési feladatok
 - Összefoglalás

Nemnewtoni közegek, ipari példák

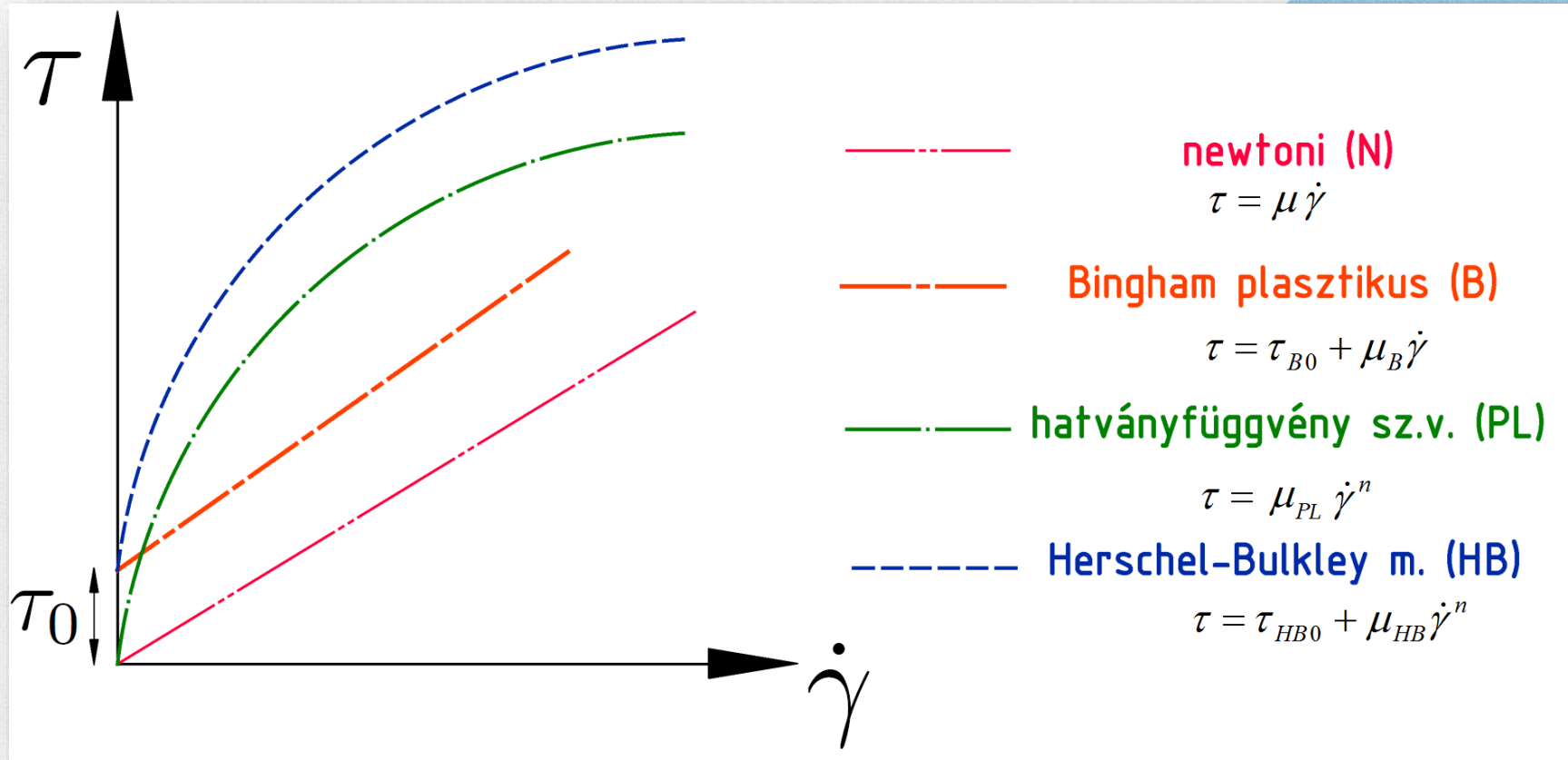
Az ipari gyakorlat során gyakran találkozhatunk nemnewtoni reológiájú közegekkel:

- erőműipar
(zagy)
- élelmiszeripar
(pépes folyadékok)
- vegyipar
(fogkrém, zselék)
- szennyvízkezelés
(eleveniszap)
- stb.



Reológia

Szennyvíz közegek általában alkalmazott modelljei



A kutatás célkitűzése I.

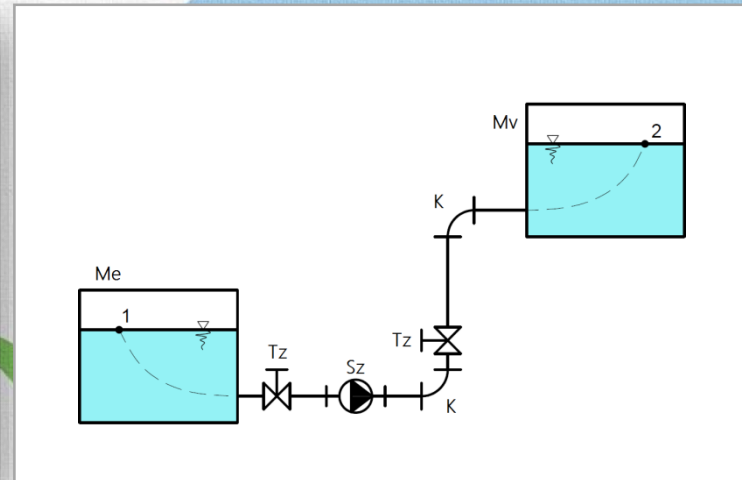
A folyadékot szállító, gépészeti berendezések tartalmazznak

- egyenes csövet,
- csőidomokat (könyök, diffúzor, stb.);

amelyeknek tervezési, méretezési szempontból ismerni kell a hidraulikai ellenállását.

Pontos méretezés → megfelelő szivattyú → energiahatékony üzemeltetés

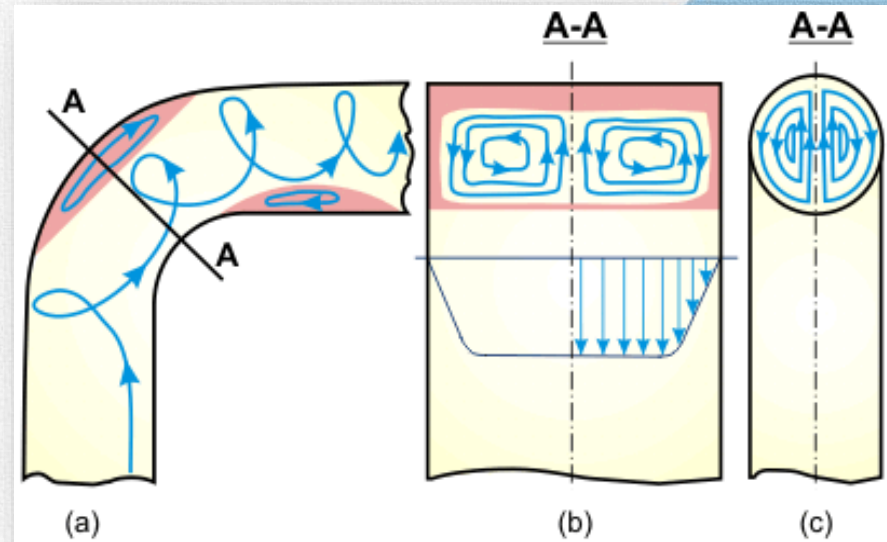
- Eu-s előírások: 2007- 2020 között 20%-kal csökkenteni az energiafelhasználást.
- USA: Jelenleg a víz és szennyvíz „kezelés” során használt energia 80%-a a szivattyúzásra fordítódik. (U.S. EPA Office of Water, 2006. Wastewater Management Fact Sheet, Energy Conservation. p.7.)



Kép forrása: <http://www.chemicaltankerguide.com/chemical-cargo-unloading-safe-practice.html>

A kutatás célkitűzése II.

- Veszteségtényező: $\zeta = \frac{\Delta p}{\frac{\rho}{2} \bar{v}^2_{be}}$
- Newtoni közeg (víz, levegő):
alapvetően ismertek az irodalomban
- Reynolds-szám: $Re = \frac{D\rho\bar{v}}{\mu_B}$



Kép: Idelchik (1986) nyomán

- Nemnewtoni közegek: kevésbé ismert →
 - Analitikus megközelítés – korlátozott
 - Kísérletek, mérések (labor) – „drága”
 - Numerikus szimulációk: CFD
(Computational Fluid Dynamics)

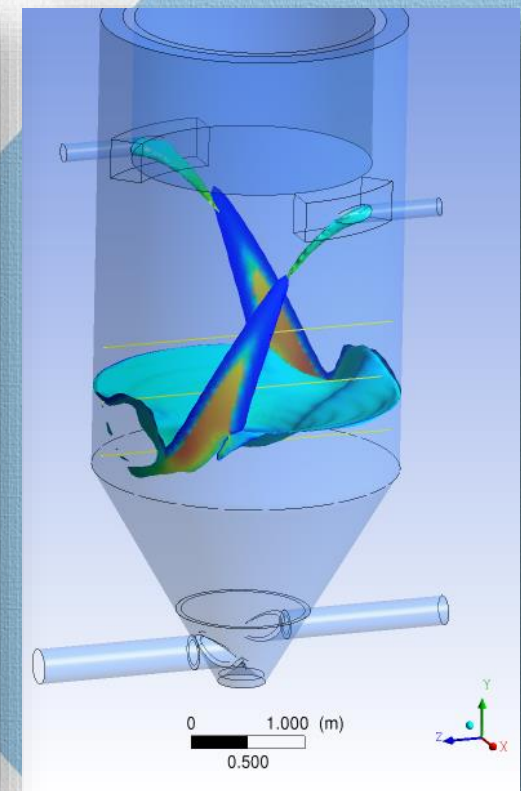
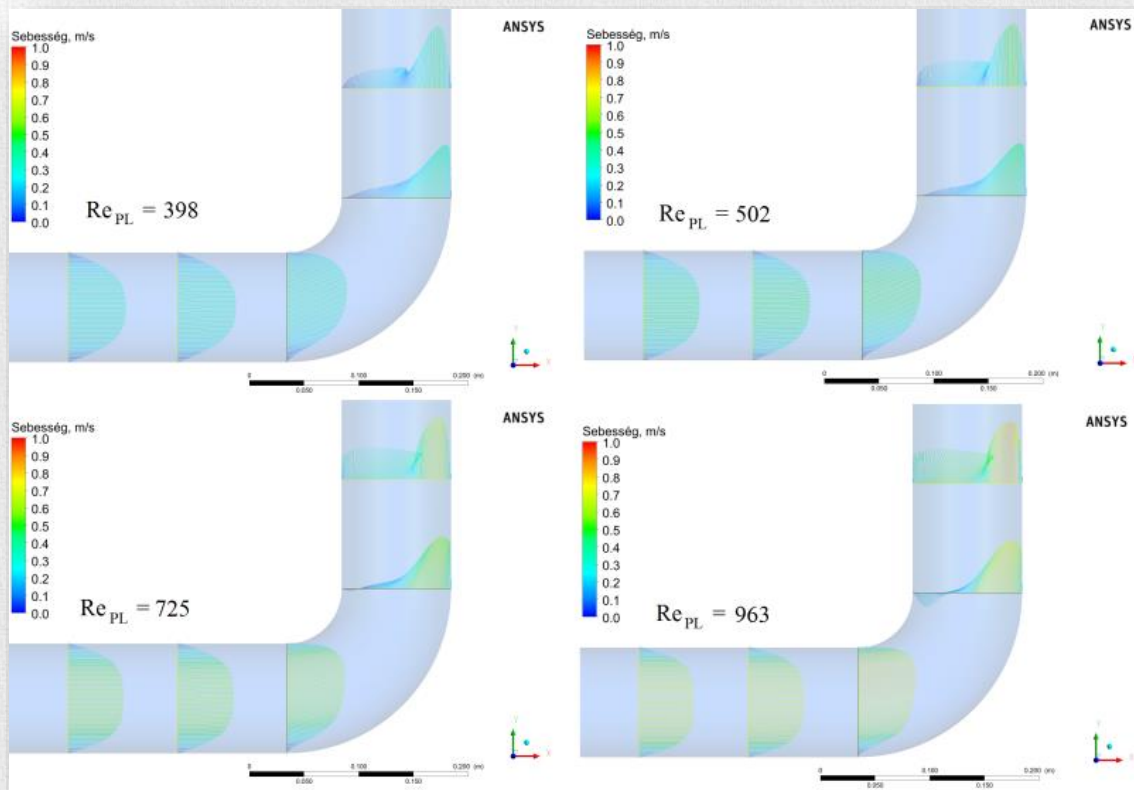
Módosított Reynolds-szám:

$$Re_{gen_HB} = \frac{\bar{v}^{2-n_{HB}} D^{n_{HB}} \rho}{\frac{\tau_{0HB}}{8} \left(\frac{D}{\bar{v}}\right)^{n_{HB}} + 8^{n_{HB}-1} \mu_{HB} \left(\frac{3m+1}{4m}\right)^{n_{HB}}}$$

$$m_{HB} = \frac{n_{HB} \mu_{HB} (8\bar{v}/D)^{n_{HB}}}{\tau_{0HB} + \mu_{HB} (8\bar{v}/D)^{n_{HB}}}$$

A kutatás további motivációja

- Egyszerű, jól kontrollálható tesztfeladatok → Tapasztalatok alapján összetett berendezések is biztonsággal modellezhetőek.



A vizsgált szennyvíz közeg

A reológiai mérések pontjaira több görbe is illeszthető hasonló R^2 -tel.

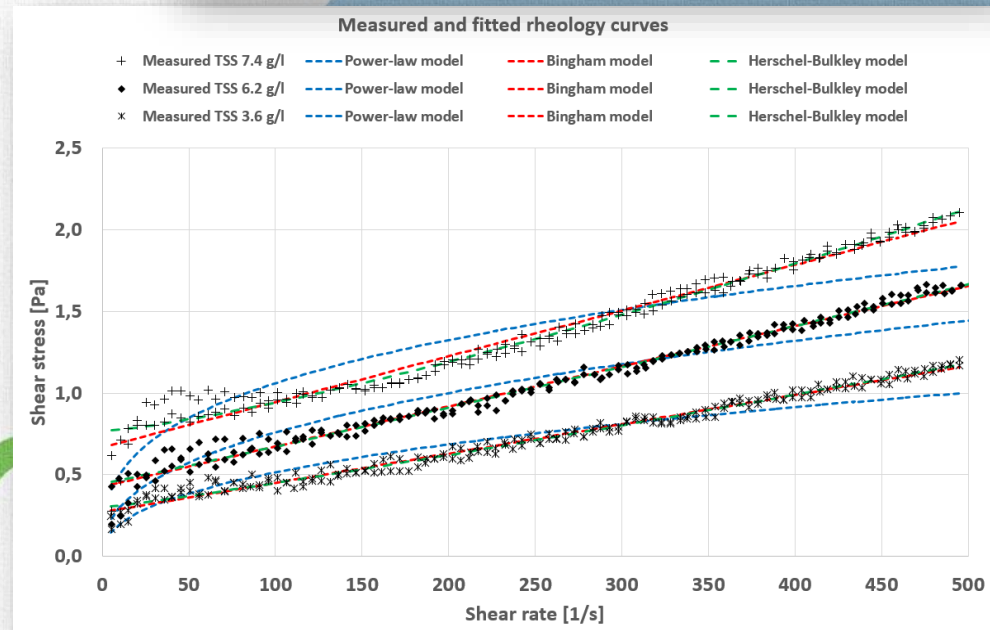
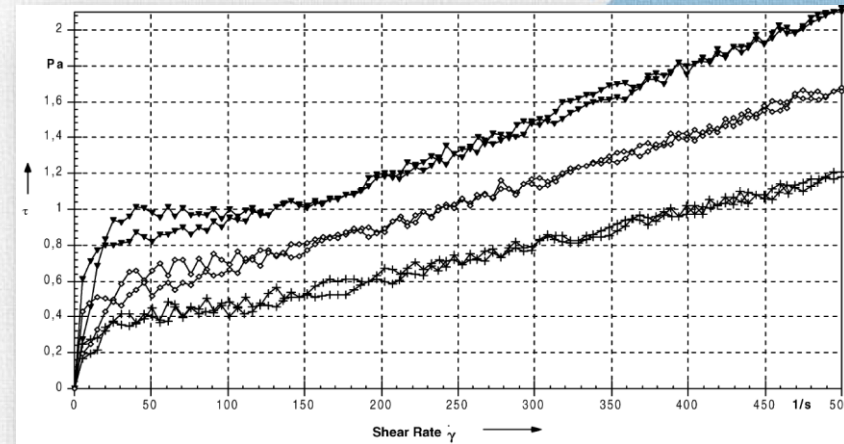
Melyiket válasszuk?

Milyen hatással van a veszteségekre?

- Guibaud et al. 2004. →
(eleveniszap, 3,6 – 7,4 g/liter (MLSS))

- Görbeillesztés, modellek:

- Hatványfüggvény szerint viselkedő
- Bingham plasztikus
- Herschel-Bulkley modell



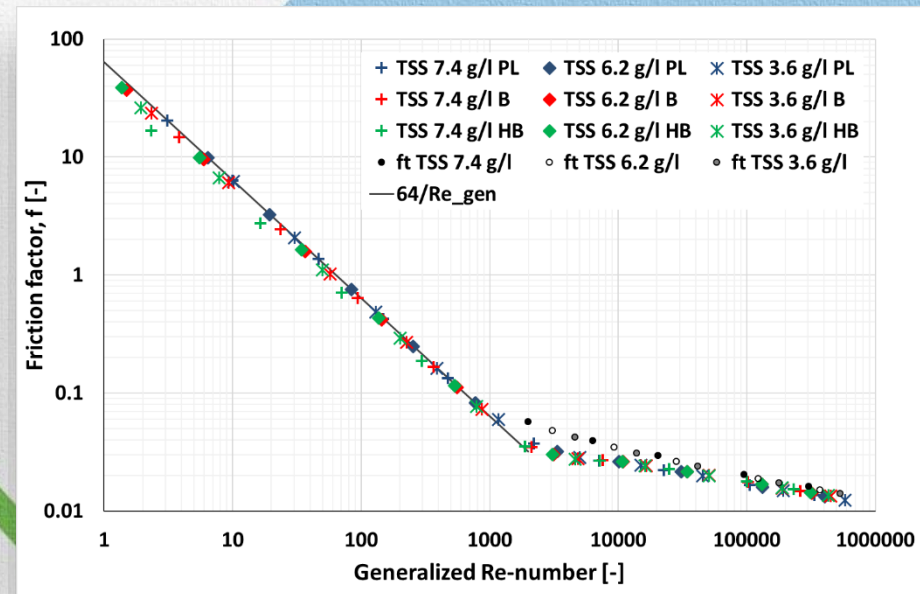
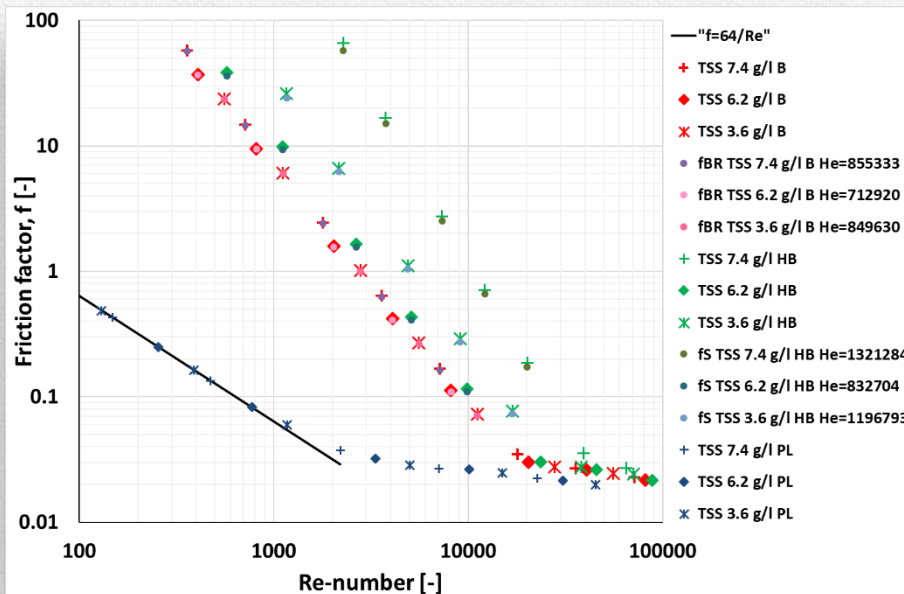
Numerikus módszer: CFD

Ansys CFX (17.2)

- Numerikus áramlástan szoftver
- Geometria és hálózás: ICEM CFD
- Egyenletek:
 - Navier-Stokes egyenlet (mozgásegyenlet, Reynolds átlagolt N-S)
 - Kontinuitási egyenlet
 - Turbulens mennyiségek transzportja (2 illetve 7 egyenletes modellek)
 - Anyagtörvény, nemnewtoni közegre (beépített)
- Iteratív megoldás
- Előtanulmányok
hálófelbontás, turbulenciamodellek;
saját mérések, irodalom →
- Végleges modell

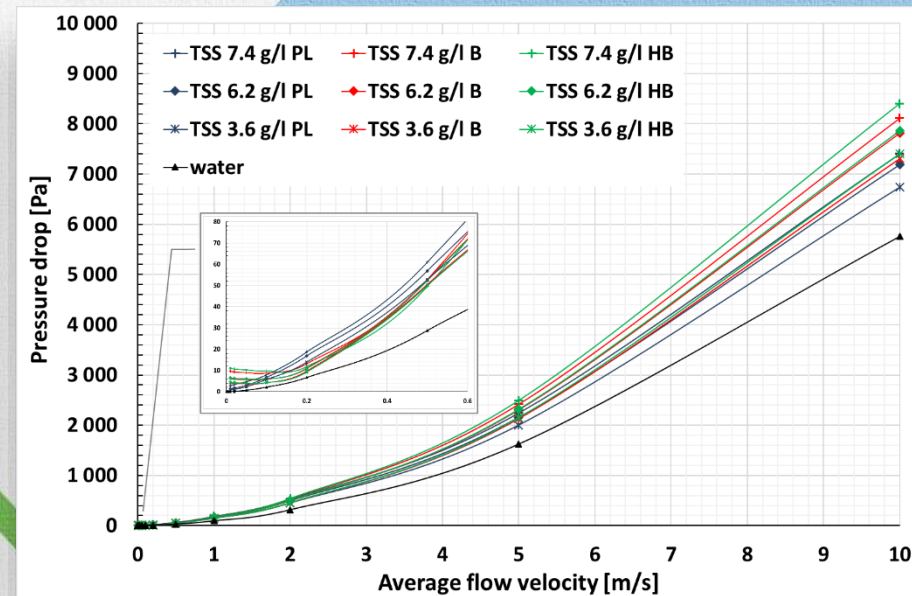
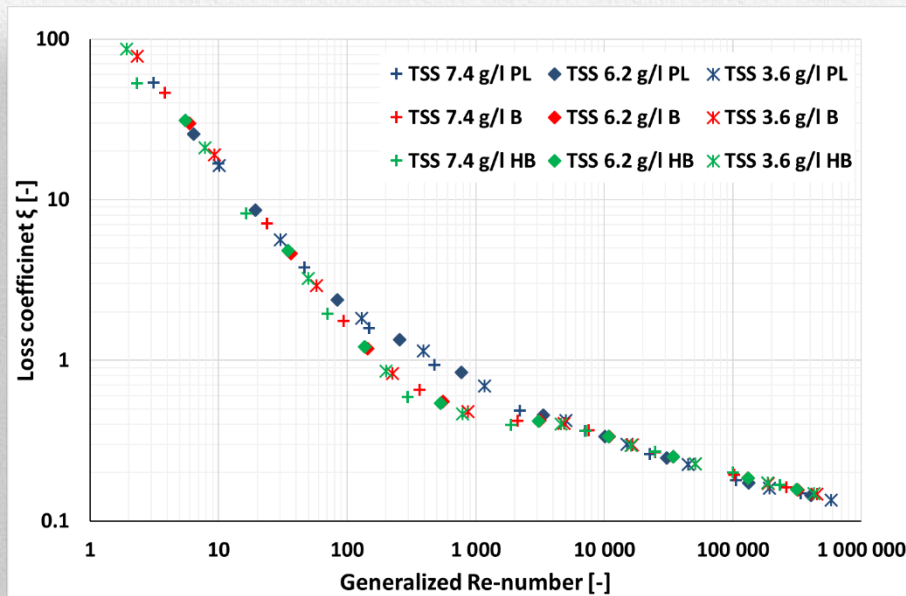
Eredmények - csőszűrlődés

- A hagyományos Reynolds-szám használata korlátos.
- A módosított Reynolds-számok bevezetése rendezi a súrlódási tényezőket, mindhárom modell esetében.
- Az eredmények konzisztensek az irodalommal.



Eredmények – ($R/D=1$) könyök veszteségei

- A módosított Reynolds-szám bevezetése a veszteségtényező értékeit is rendezi.
- A lamináris – turbulens átmenet közelében a legnagyobb az eltérés.
- Méretezési szempontból: a sebességeket is figyelemmel kell kísérni.



Következtetések:

- Méretezési szempontból **fontos a reológia** (anyagjellemzők) ismerete.
- A veszteségtényező Reynolds-szám függése nem hanyagolható el.
- Hagyományos Reynolds-szám helyett a modellspecifikus, **módosított Re-szám** használata előnyös: rendezzi a veszteségeket.
- Az eredmények tágabb körben is használhatók.

Jelenleg folyó kutatások:

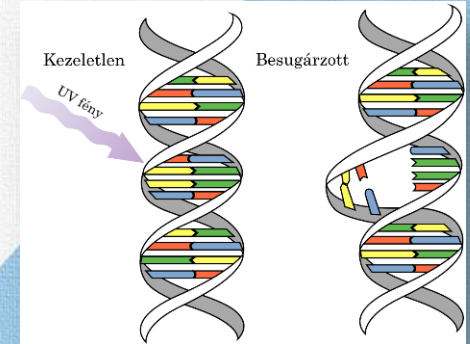
- Saját, ill. rendelkezésre álló reológiai jellemzők felhasználása
- További laboratóriumi mérések végzése
- Áramlástechnikai gépek (szivattyúk) viselkedésének vizsgálata nemnewtoni közegek szállítása esetén

Az előadás felépítése

- BME Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék
- Nemnewtoni reológiájú szennyvíz közeg **áramlási** veszteségeinek vizsgálata csőkönyökben
 - Bevezetés, reológiai modellek
 - A kutatás előzményei, célkitűzései, motivációi
 - A vizsgált közeg, a numerikus modell
 - Eredmények, következtetések
- **UV fertőtlenítő berendezés tervezése**
 - Bevezetés, igények
 - Fényforrás modellezése
 - Áramlási tér modellezése
 - Egyéb tervezési feladatok
 - Összefoglalás

Bevezetés: UV fertőtlenítés

- Klóros fertőtlenítés kiegészítése, klórbevitel csökkentése
- Előnyök:
 - vegyszermentesség,
 - nem keletkeznek fertőtlenítési melléktermékek
 - Víz pH-tól és NH_4 tartalmától független hatás
- Hátrány: lokális hatás, a hálózat „belsejében” szükséges kiegészítő kezelés



A Fővárosi Vízművek Zrt. 2015-ben megbízta a HDR Tanszéket egy egyedi, nagyteljesítményű UV reaktor tervezésével.

Részvevő kollégák

BME Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék

- Dr. Hős Csaba (docens, témavezető)
- Csippa Benjamin (doktorandusz)

Fővárosi Vízművek ZRt.

LightSources Kft.

BME Gép- és Terméktervezés Tanszék

Tervezési követelmények

Mennyiségek, dimenziók	Számértékek
Térfogatáram, m ³ /h	150 – 6200
Abszorbanca, 1/m	0,25 – 4,6
Maximális nyomásesés @ 6200 m ³ /h, v.o.cm	75
Elvárt minimális besugárzási dózis, J/m ²	400
Beépítési méretkorlát a rektorra, m	1,5 x 1,5 x 2
Daruzás súlyhatára, tonna	2,5

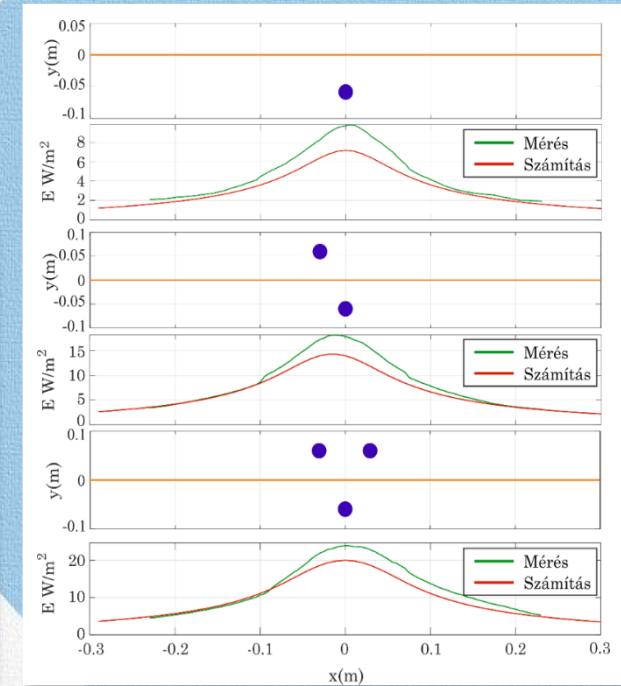
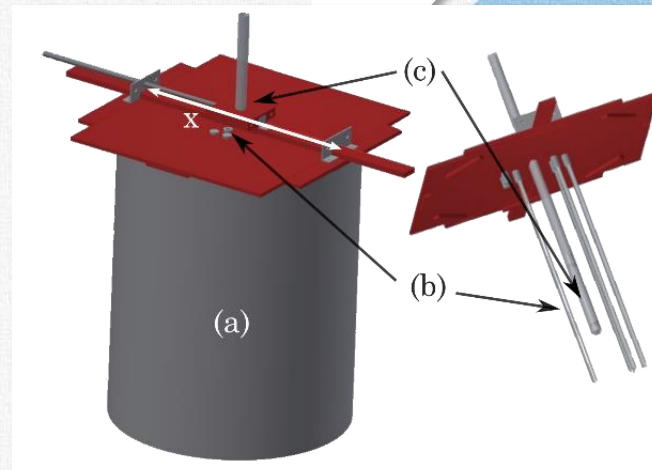
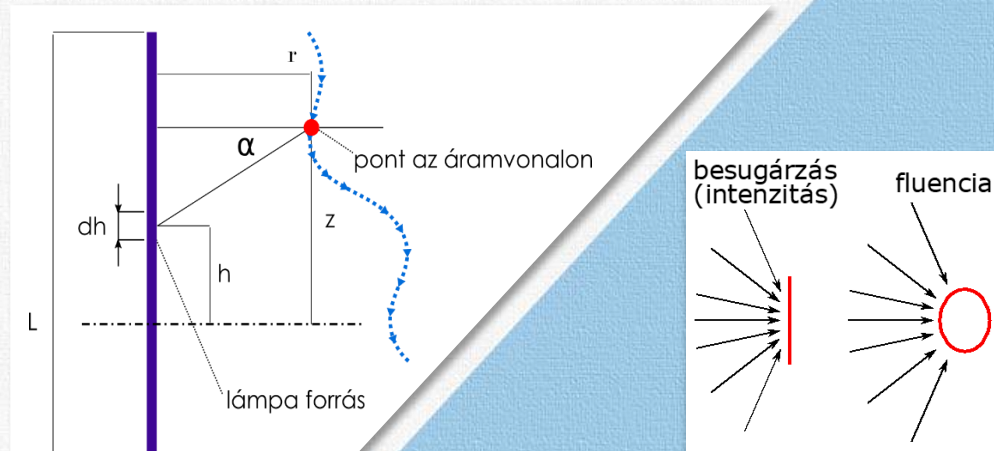
Minimális dózis:

A leggyengébben besugárzott áramvonalon is elérjük az előírt értéket.

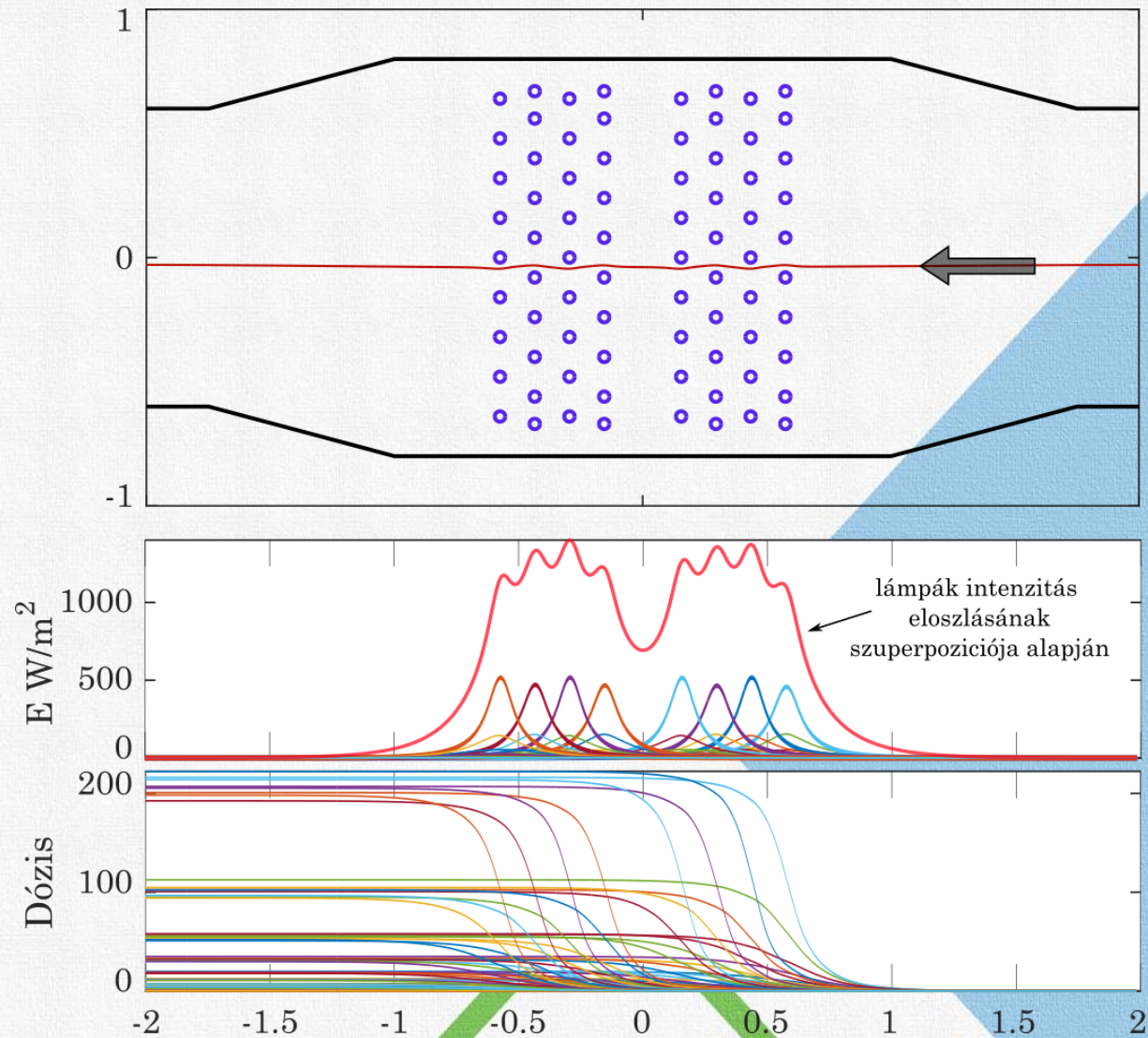
A „kézi becslés”, átlagolás nem elegendő → numerikus szimuláció

Fényforrás (UV lámpa) modellezése

- Vonal menti fényforrás
- Korrekció szükséges:
 - **Besugárzás:**
 - síkfalú UV szenzor méri
 - erősen irányfüggő
 - **Fluencia:**
 - „gömb” által befogott energia
 - dózis szempontjából releváns
- Laboratóriumi validációs mérések:
Számítással alul becslünk: **biztonság** felé térünk el

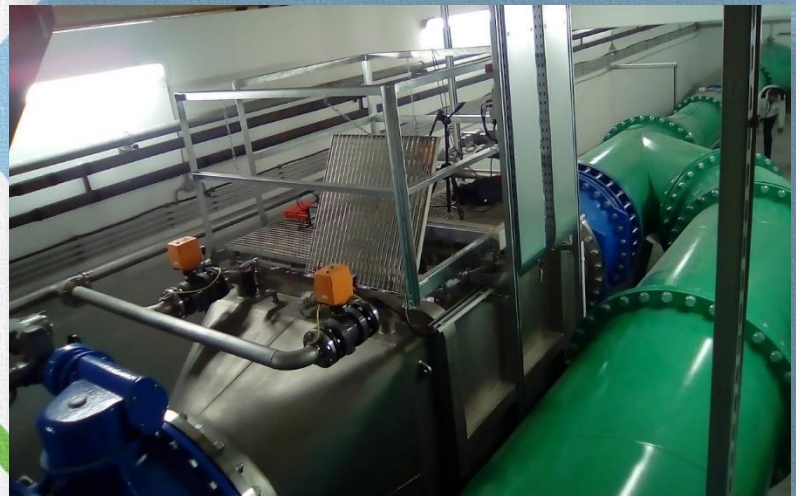
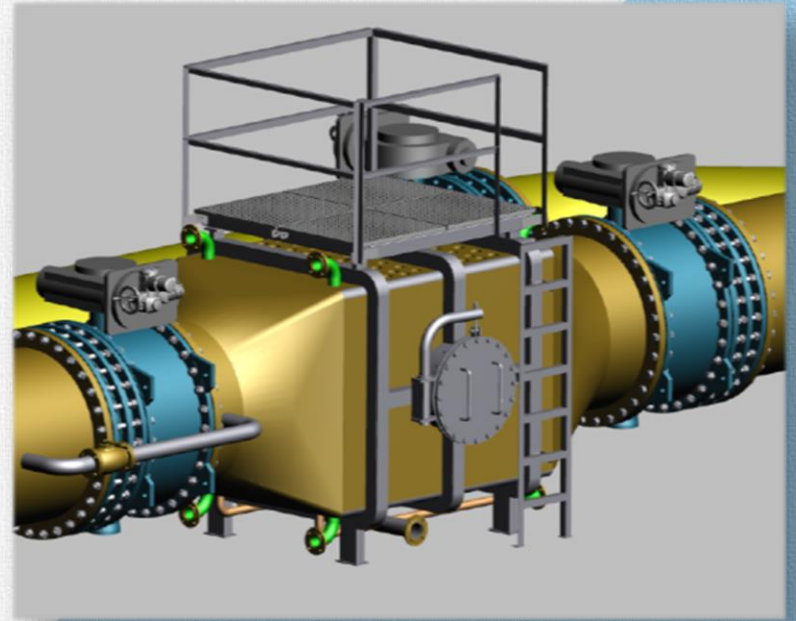


Egy áramvonal dózisa



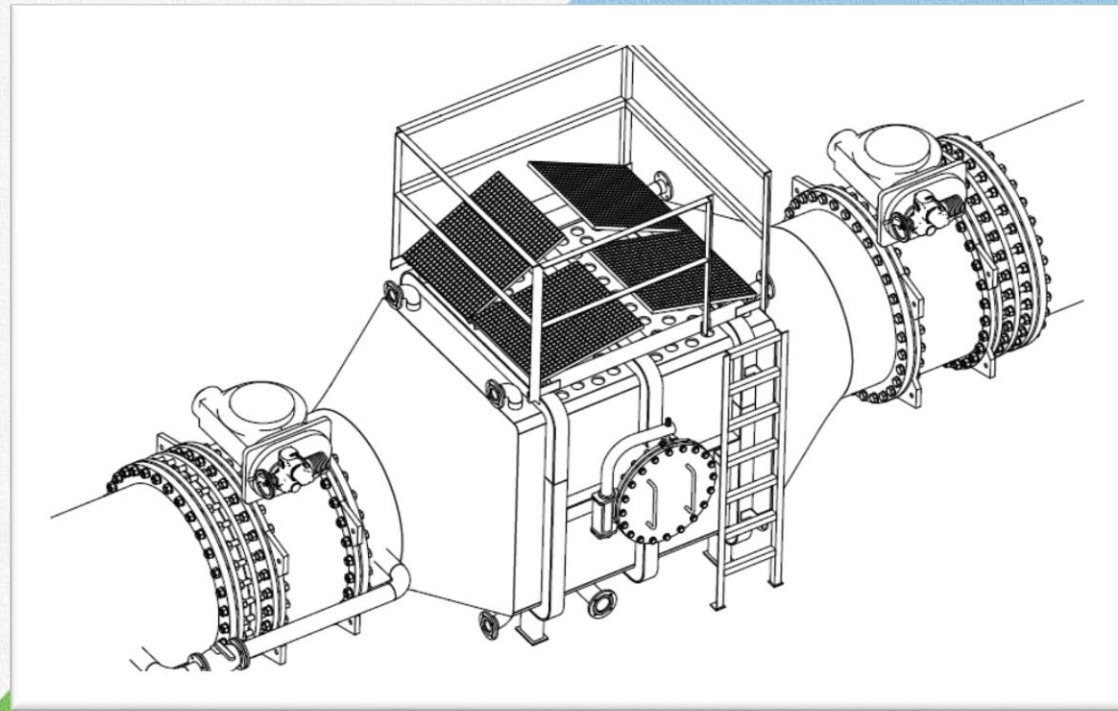
Egyéb tervezési szempontok

- Energiahatékonyság: szegmentálhatóság
- Veszteségmagasság maximális Q -nál:
15 v.o.cm (< 75 v.o.cm előírt)
- Szilárdsági ellenőrzés, anyagválasztás
 - síkfal: merevítő pántok
 - savval történő kezelés
 - Kvarccső statikus kihajlás
 - Kvarccső rezgések
- Melegedés:
 - „Álló víz” esetén: $6^{\circ}\text{C} / \text{óra}$
 - „Levegő” esetén: $7,6^{\circ}\text{C} / \text{s} \rightarrow$
nyomáshatároló szelep



Következtetések

- A Tanszék munkatársai és partnerei sikeresen megterveztek egy nagyteljesítményű UV víztisztító reaktort.
- Az alkalmazott módszerek nem „probléma-specifikusak”; más típusú, elrendezésű vagy kapacitású berendezések is kellő pontossággal modellezhetőek és mindezt a megépült berendezés kifogástalan működése bizonyítja.
- Ugyanakkor hangsúlyoznunk kell, hogy a helyszíni mérések, kalibrációk, ellenőrzések továbbra is elengedhetetlenek, bármennyire is csábító a mérnöki szoftverekre való kényelmes ráhagyatkozás.



Összefoglalás

- Víz- és szennyvíztechnológiai alkalmazásokkal is foglalkozunk.
- Kísérletekkel validált, korszerű numerikus módszereket használunk.
- Előremutató céljaink, pl.:
 - Új méretezési módszer kidolgozása a nemnewtoni közegeket szállító áramlástechnikai rendszerek energiahatékony működtetéséhez
 - Az UV víztisztító reaktor fejlesztése során szerzett tapasztalatok továbbgondolása, tudományos igényességű kidolgozása

Köszönöm a megtisztelő figyelmet!

Köszönettel tartozom a kollégáimnak:

Dr. Hős Csabának, Csippa Benjaminnak, Till Sárának és Bíbok Máténak;
valamint a projektekben résztvevő összes kollégának.

Előadó: Dr. Csizmadia Péter

BME Gépészmérnöki Kar,
Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék

www.hds.bme.hu

pcsizmadia@hds.bme.hu

Innováció a szennyvíztisztításban és az ivóvízkezelésben, Szakmai nap, 2018. november 07.