

# **Aktuális CFD projektek a BME NTI-ben**

**Dr. Aszódi Attila**

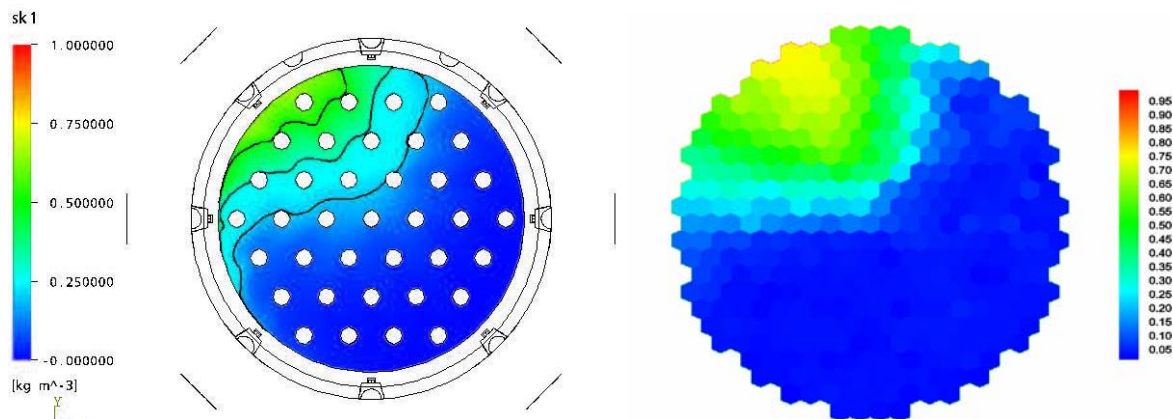
igazgató, egyetemi docens

**BME Nukleáris Technikai Intézet**

**CFD Workshop, 2005. szeptember 27.**

# VVER-440 keveredési tényezők vizsgálata

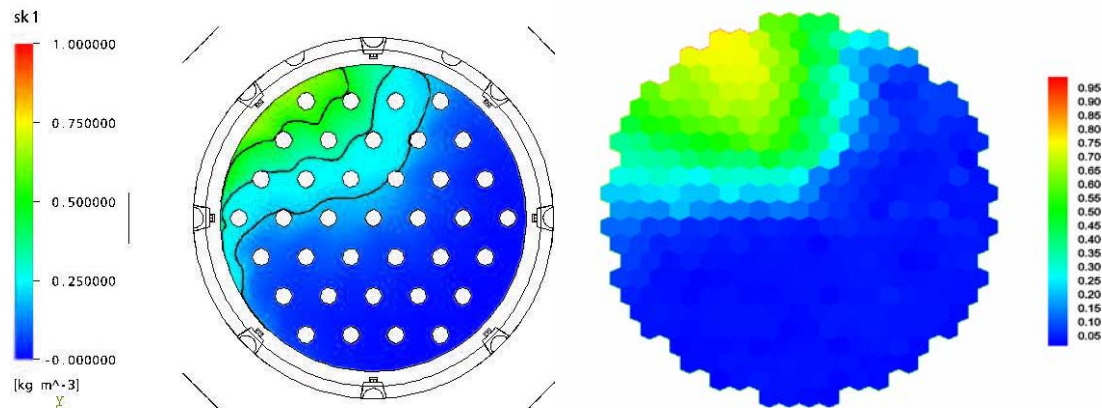
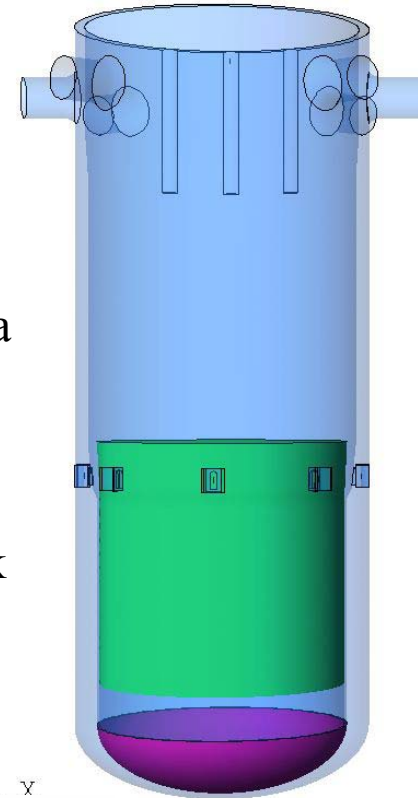
- Keveredési tényező: adott kazettába belépő közeg hányadrésze származik egy adott primer hurokból
- Normál üzem:
  - hat működő FKSZ
  - Egy-egy hurok közege egy tömbben, szinte keveredés nélkül áramlik egészen a zónáig
- Mérés és CFD számítás is rendelkezésre áll



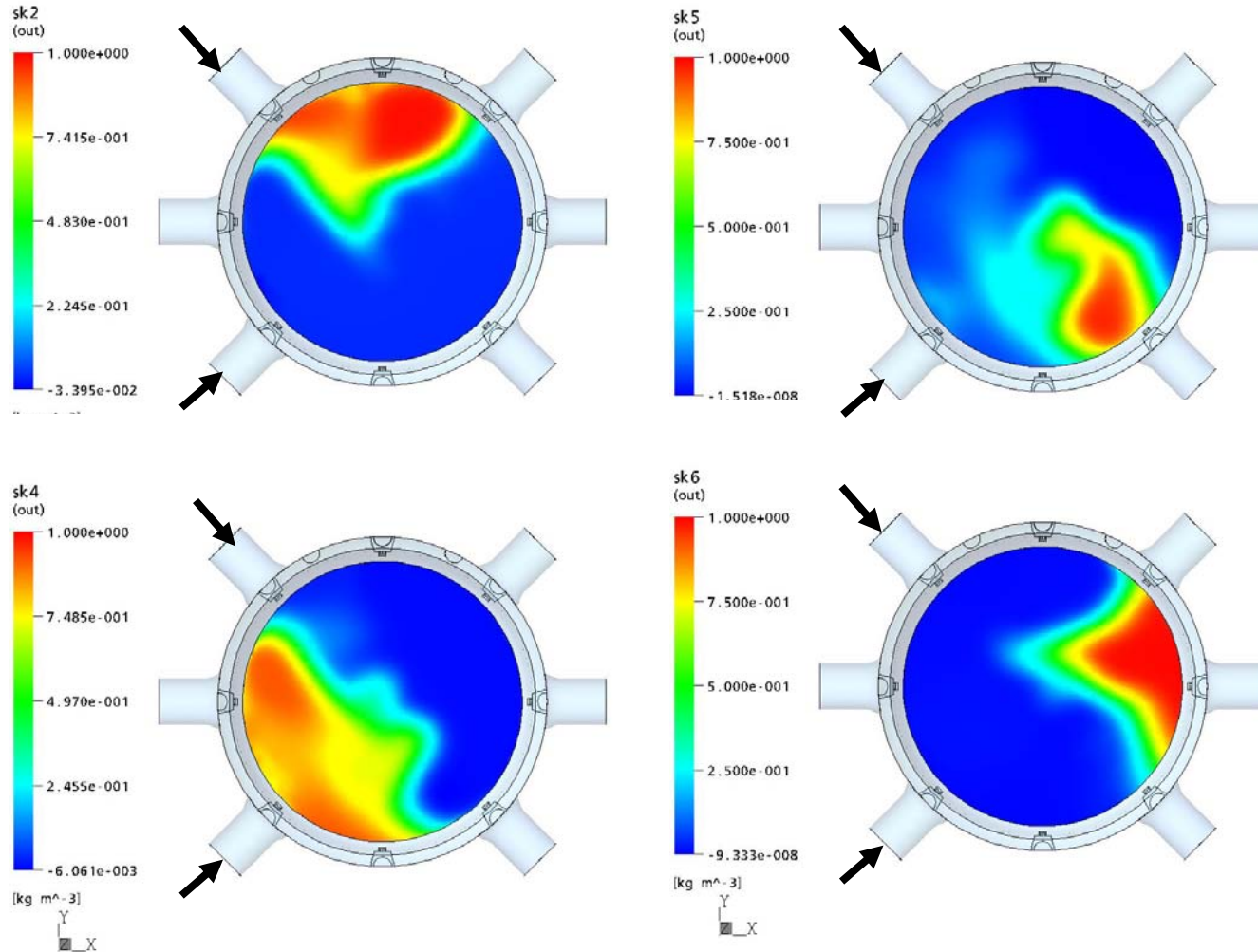
*Normál üzemre számított és mért keveredési tényezők*

# VVER-440 keveredési tényezők vizsgálata

- Reaktortartály modellje
  - Strukturálatlan háló
  - 1,84 millió térfogatelem
- Számítások:
  - 3, 4 ill. 5 működő FKSZ esetén keveredési tényezők meghatározása
  - Stacionárius számítások
  - K- $\epsilon$  turbulencia modell
- Eredmények:
  - 4 ill. 5 működő huroknál az áramlás továbbra is rendezett, a hurkok közege alig keveredik
  - 3 működő huroknál aszimmetrikus FKSZ-kiejtés esetén az áramlás rendezettsége megbomlik, jelentős keveredés alakul ki.



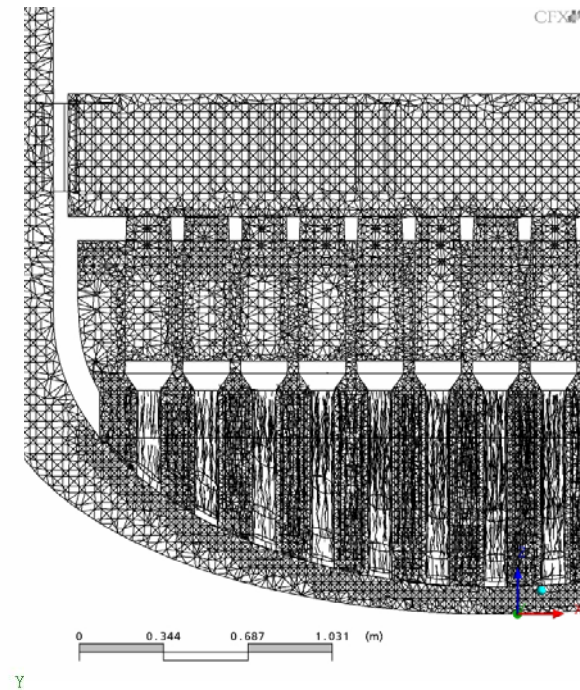
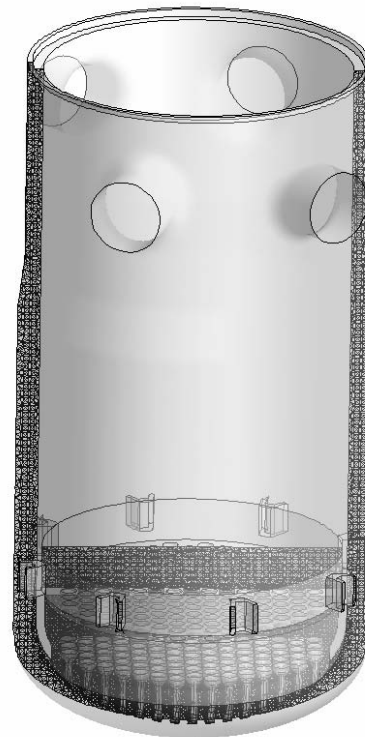
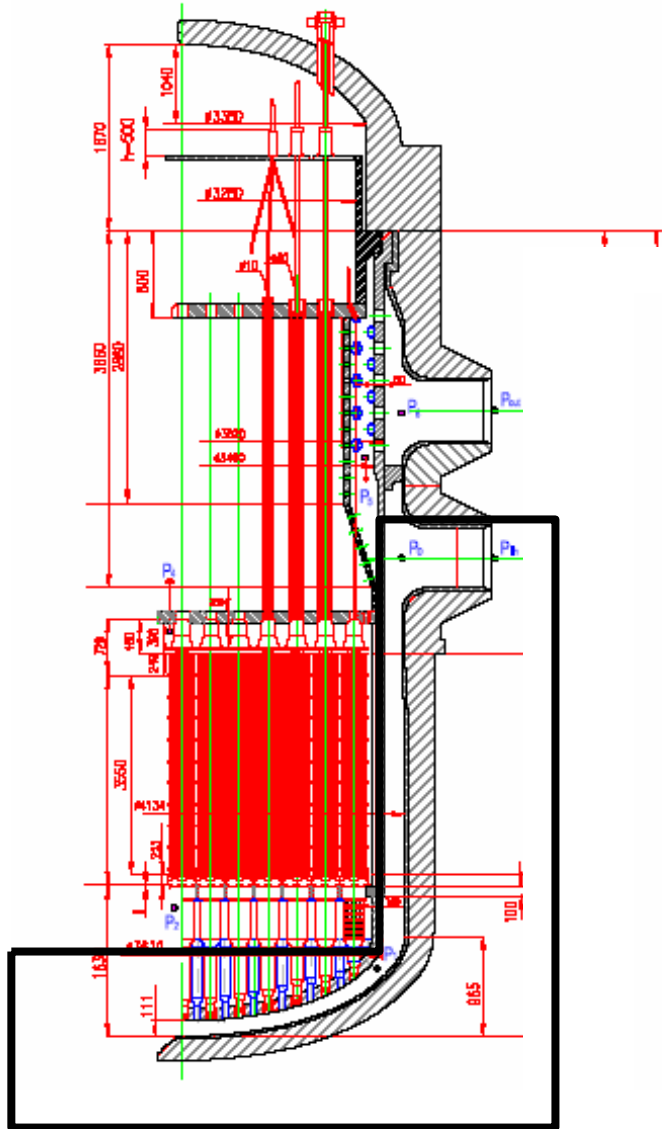
# VVER-440 keveredési tényezők vizsgálata



*Példa: Keveredési tényezők 4 működő FKSZ esetén (nyíllal jelölve a kiesett hurkok)*

# Hűtőközeg keveredés VVER-1000 reaktortartályban

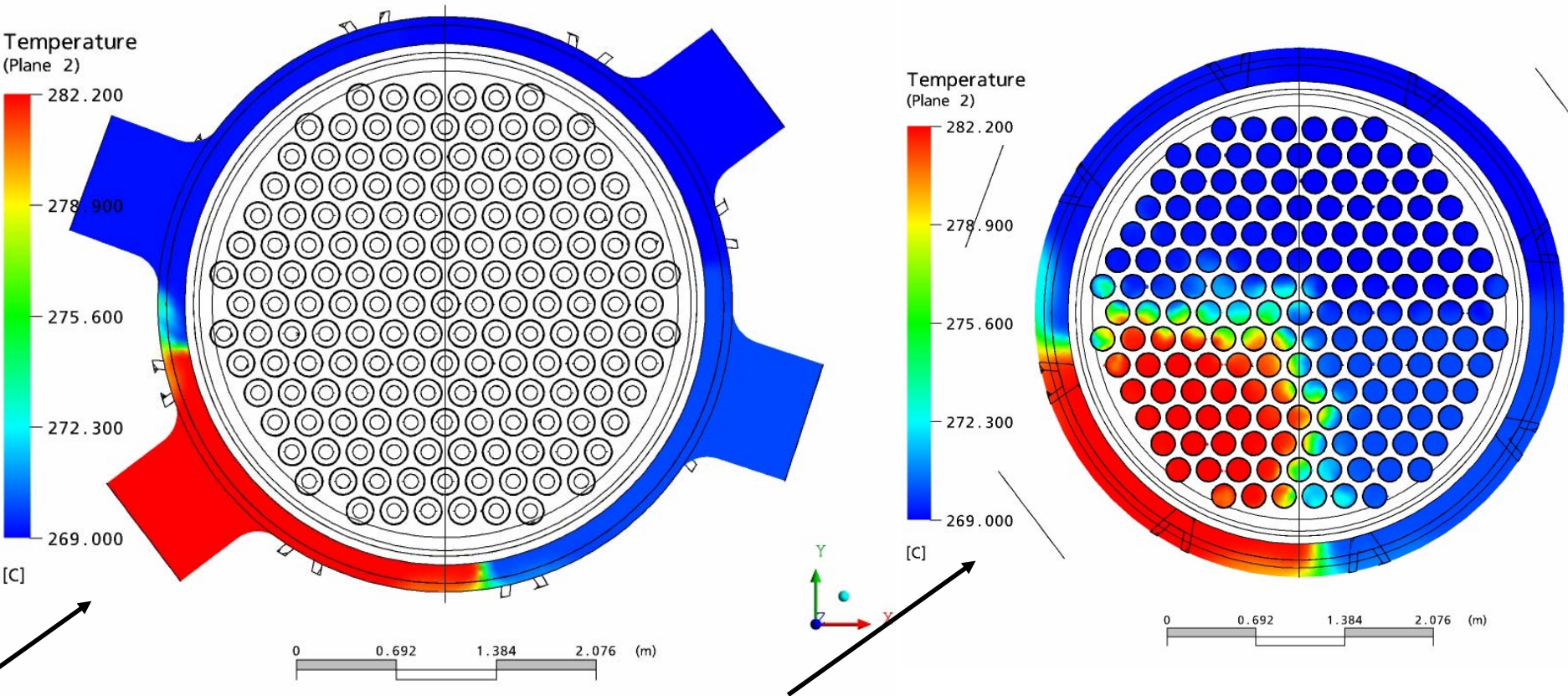
- Nemzetközi benchmark feladat: keveredési tényezők számítása (validálás Kozloduy atomerőműben mért adatokhoz)
- Igen bonyolult geometria
- Stacionárius számítások



*CFX-modell: 3,58 millió tetraéder*

# Hűtőközeg keveredés vizsgálata VVER-1000 reaktortartályban

CFX



inlet1

inlet1

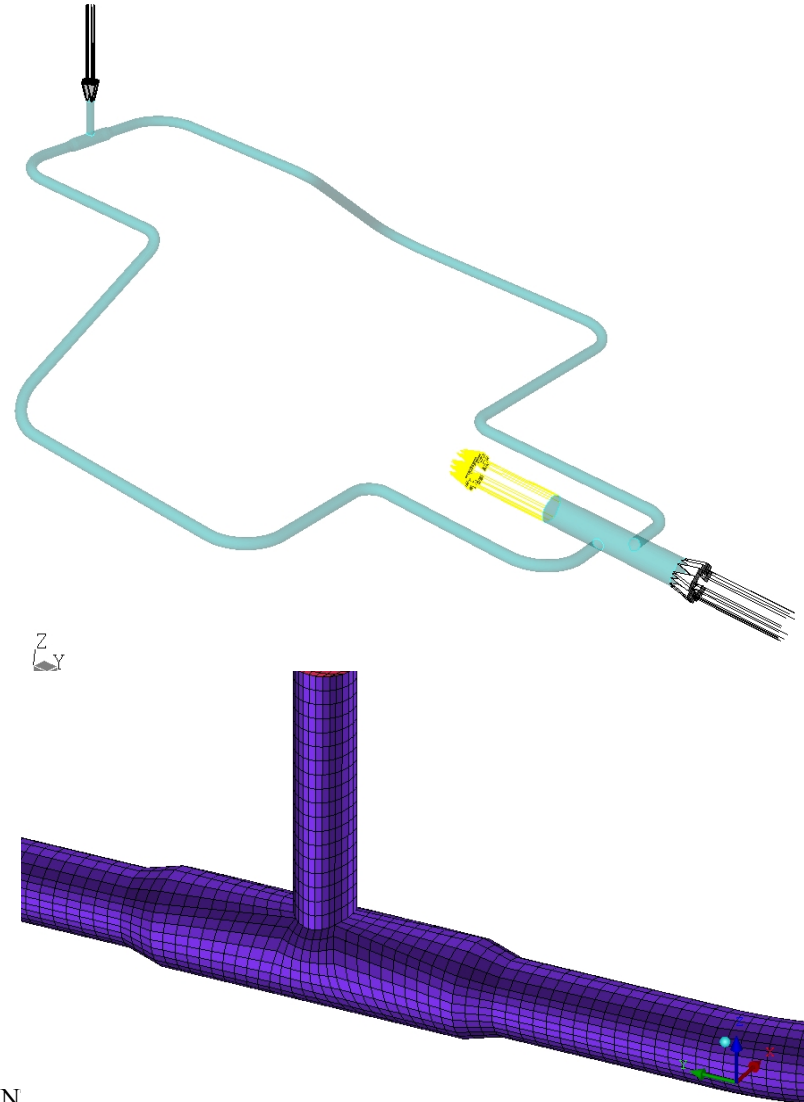
*1. hurok számított keveredési tényezői*

# Hőmérsékleti rétegződés vizsgálata atomerőművekben

- Probléma: atomerőművi csővezetékekben (különösen a primer körben) kialakuló rétegződött áramlások miatti feszültségek hatása a csővezetékek élettartamára
- Paksi Atomerőmű tervezésekor nem volt ismert a jelenség hatása
- Különösen aktuális az üzemidő-hosszabbítás miatt

# Példa: térfogatkompENZátor bekötővezeték vizsgálata

- TK és fővízkör között két, aszimmetrikusan elhelyezett bekötővezeték
- Strukturált háló, 350 000 térfogatelem.
- Lamináris áramlás
- Vizsgált tranziens: reaktor indítása során a kezdetben 140 °C hőmérsékletű közegbe 240 °C-os közeg áramlik a TK felől, 0,03 m/s-os sebességgel

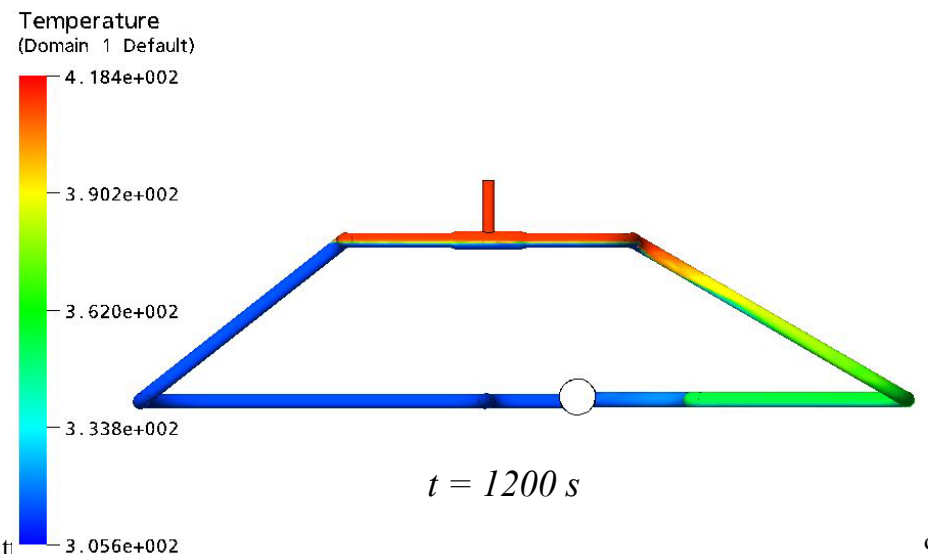
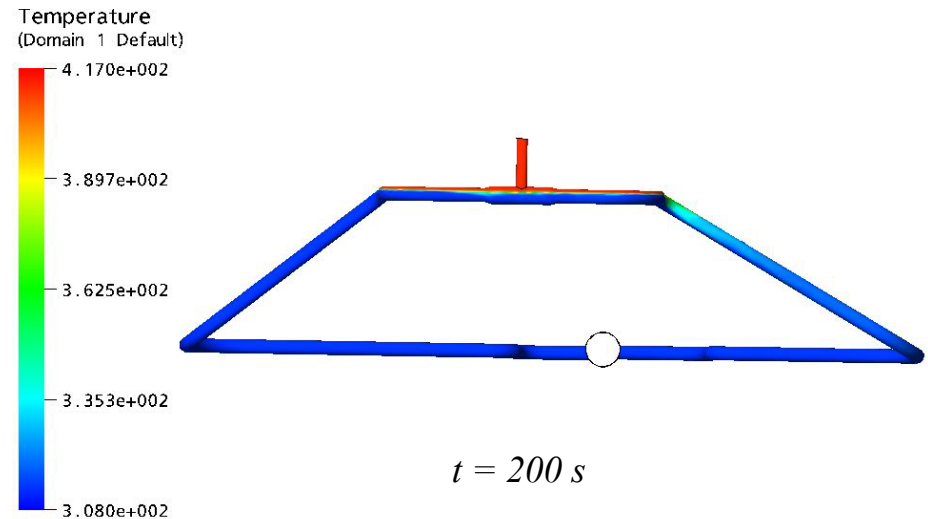




# Példa: térfogatkompenzátor bekötővezeték vizsgálata

- Eredmények:

- A rétegződés igen stabil (főként a felső szakaszon),
- a vizsgált 1200 s alatt a felső szakaszon csaknem végig fennáll a 100 °C-os, alul a 40-50 °C-os hőmérséklet-különbség
- Az áramlás erősen aszimmetrikus: a cső alsó alkotója mentén a fővízkör közege körbeáramlik (ezt az eredményt a Bohunicében elvégzett mérések igazolják!)



# Gőzfejlesztő tápvízszabályozó szelep 3D numerikus modellezése

- Előzmény:
  - 2005. május, 4. blokk tervezett karbantartás: eltérések a HPD 6''x4''x3 7/16'' DN250/PN160 jelű szelepnél
  - Kérdés: mi okozza az eróziós nyomokat? Kavitáció?

# Gőzfejlesztő tápvízszabályozó szelep 3D numerikus modellezése



**OUTLET**

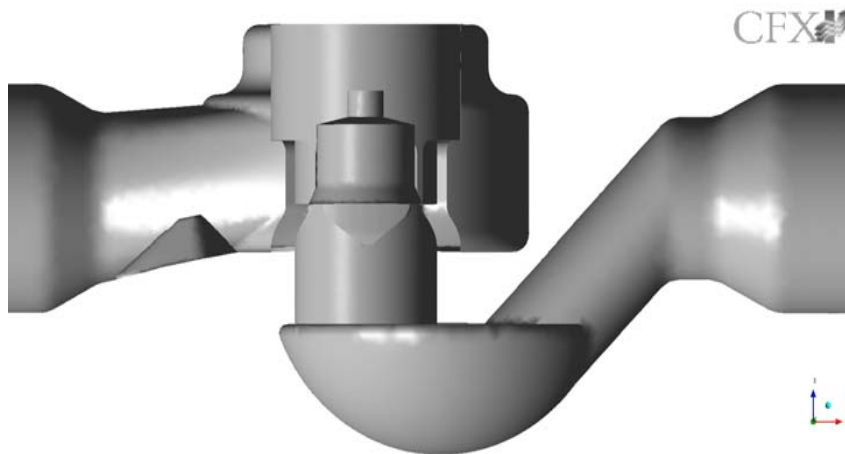
$p_{ki}=46,8$  bar

(average static pressure)

**INLET**

$m_{be}=433$  t/h

$T=5\%$



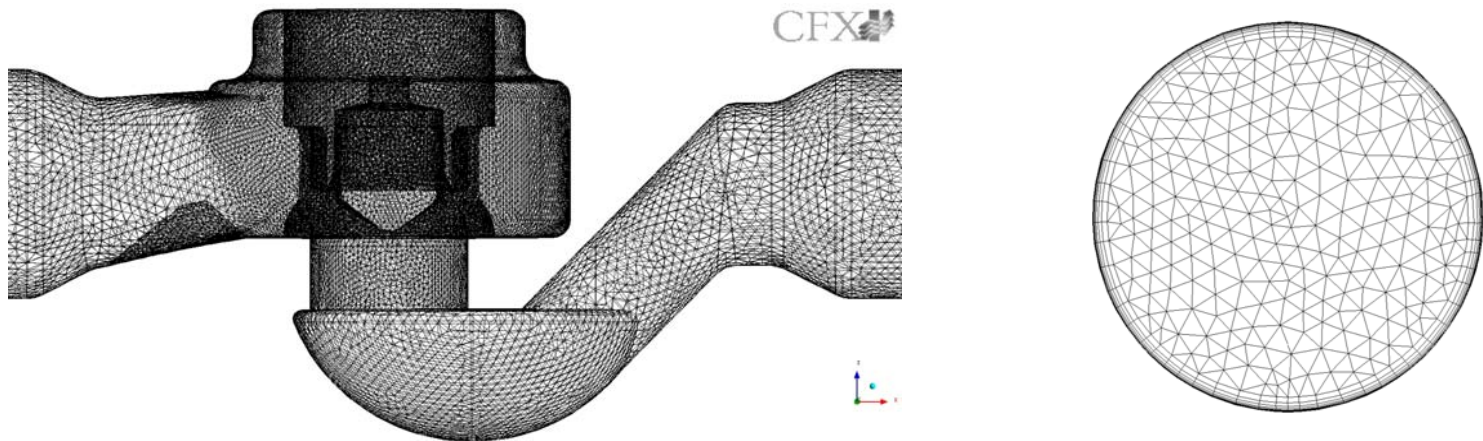
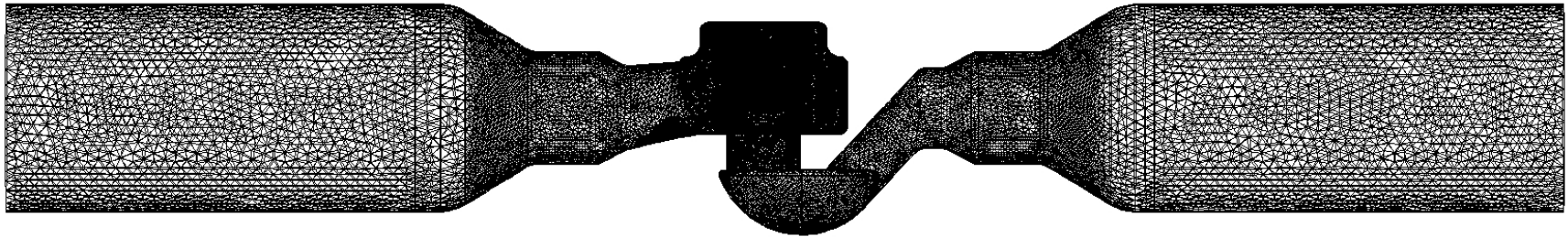
-500 mm hosszúságú toldat

-egyfázisú áramlási modell

-k- $\epsilon$  és k-omega turbulencia modell

-víz anyagjellemzői: 220 °C és 57 bar

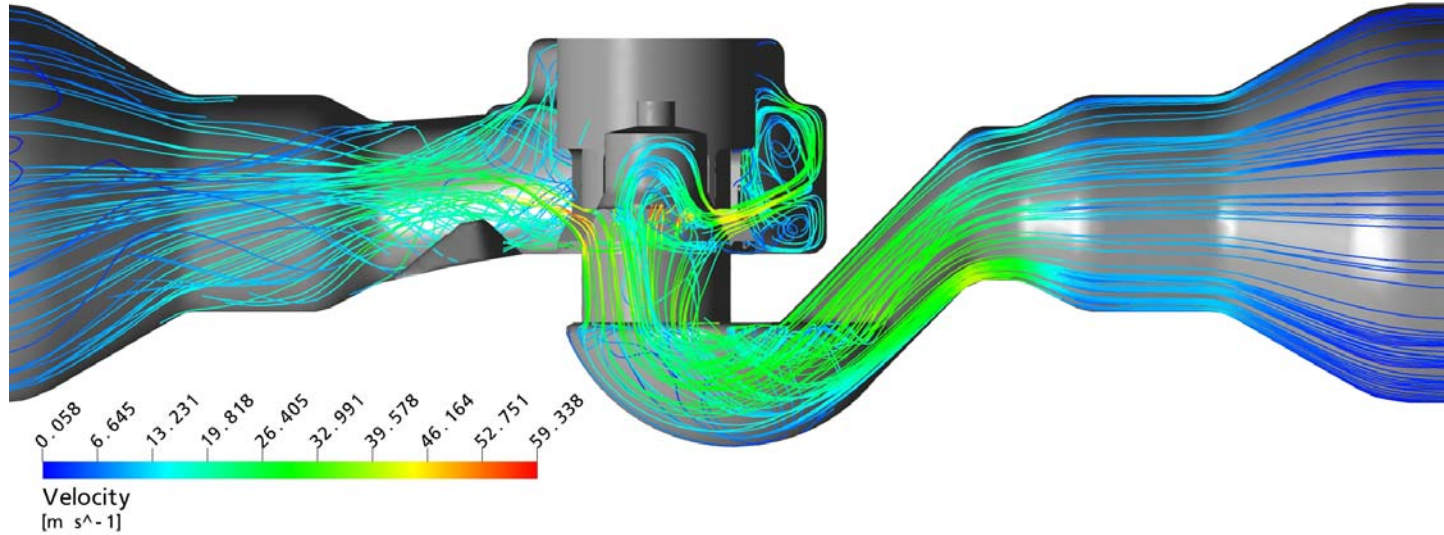
# Gőzfejlesztő tápvízszabályozó szelep 3D numerikus modellezése



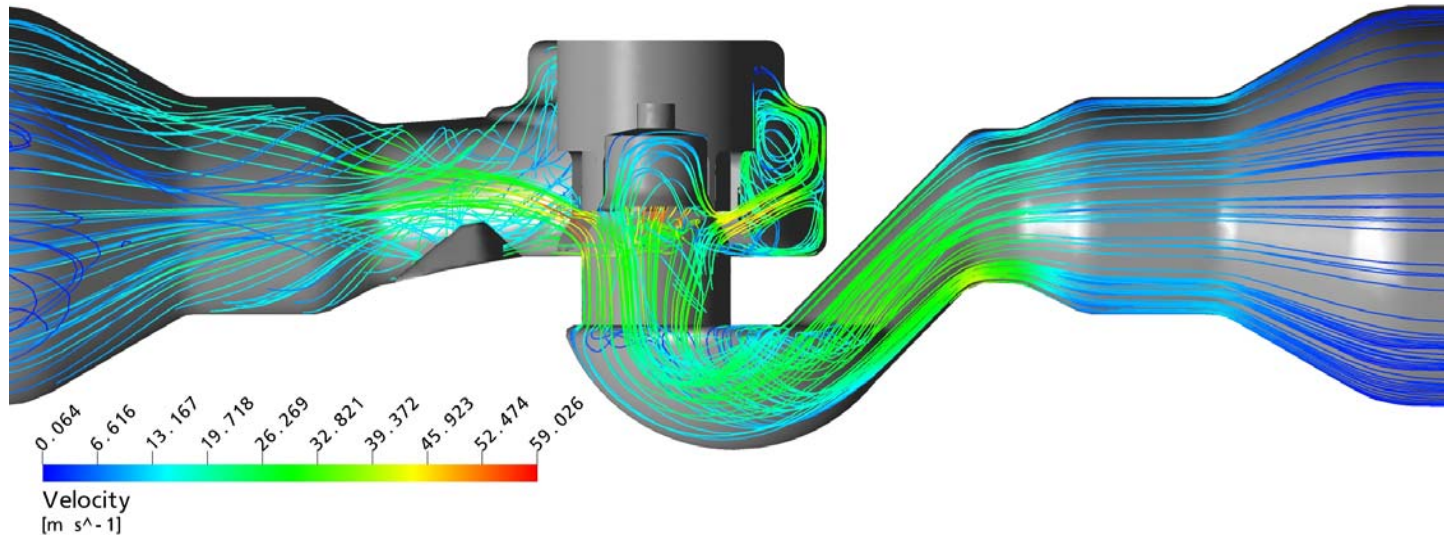
- strukturálatlan tetraéderes háló
- a betételem körül sűrített
- 7 rétegből álló határréteg háló a falakon
- 900142 elem

# Gőzfejlesztő tápvízszabályozó szelep 3D numerikus modellezése

Áramvonalak,  
k- $\epsilon$  modell

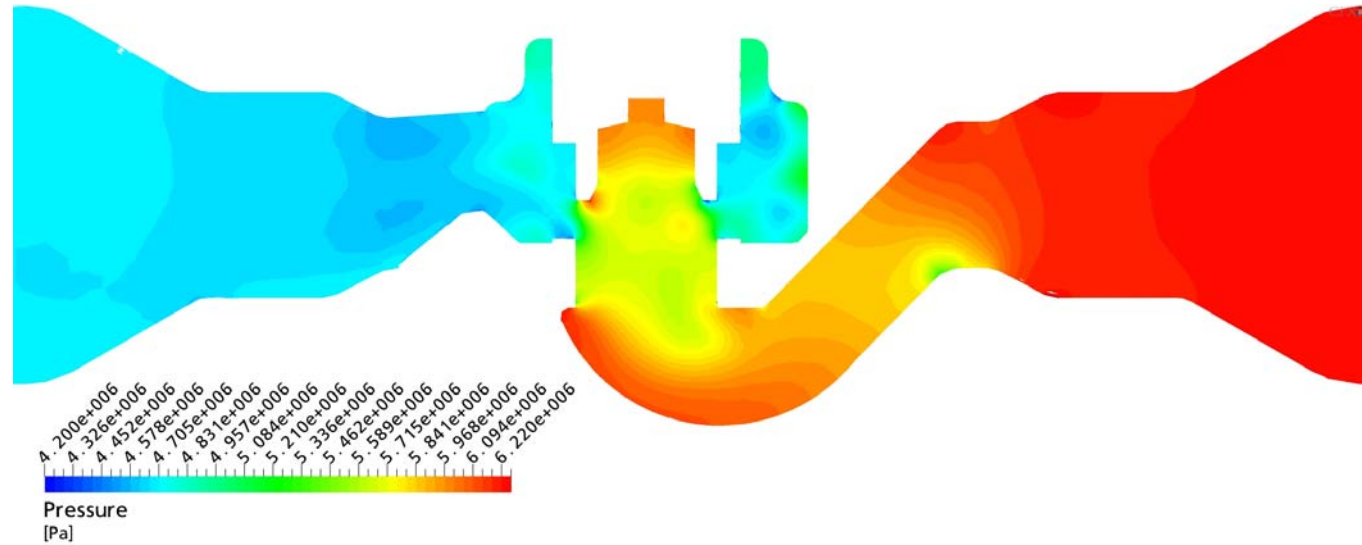


Áramvonalak,  
k-omega modell

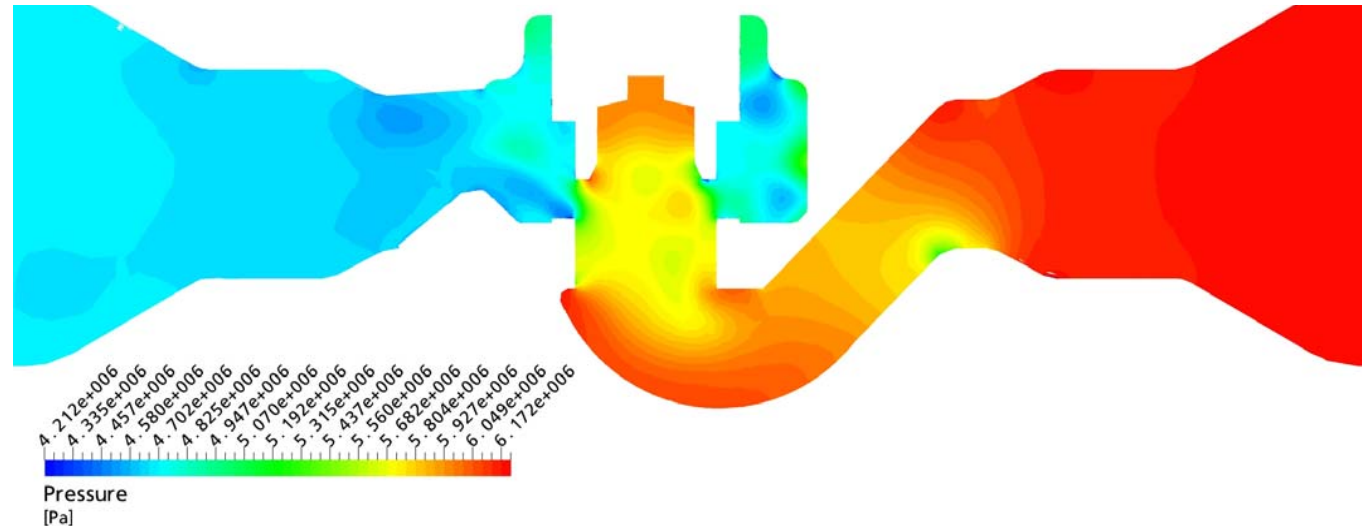


# Gőzfejlesztő tápvízszabályozó szelep 3D numerikus modellezése

Statikus nyomás,  
k-ε modell

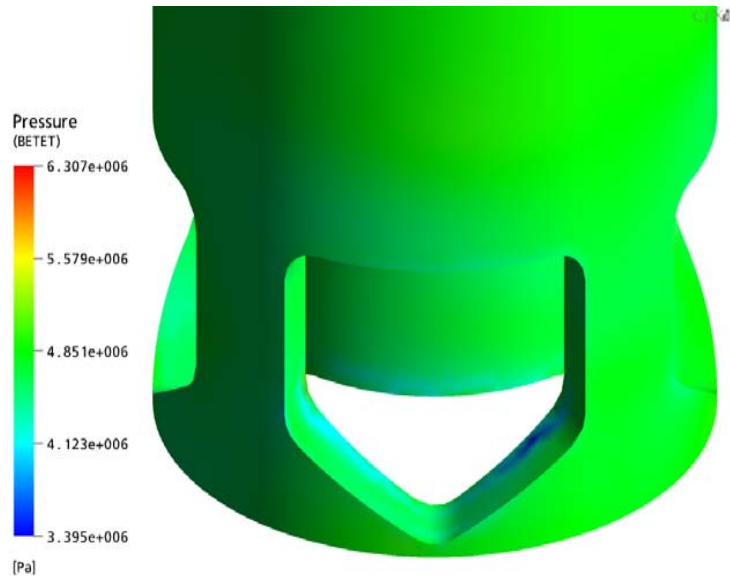


Statikus nyomás,  
k-omega modell



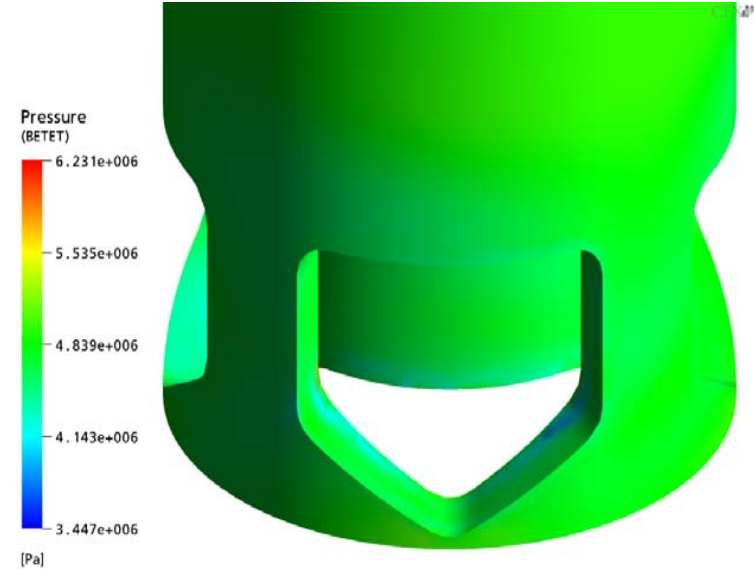
# Gőzfejlesztő tápvízsabályozó szelep

## 3D numerikus modellezése



k- $\varepsilon$  modell

$p_{\min} = 33,945$  bar



k-omega modell

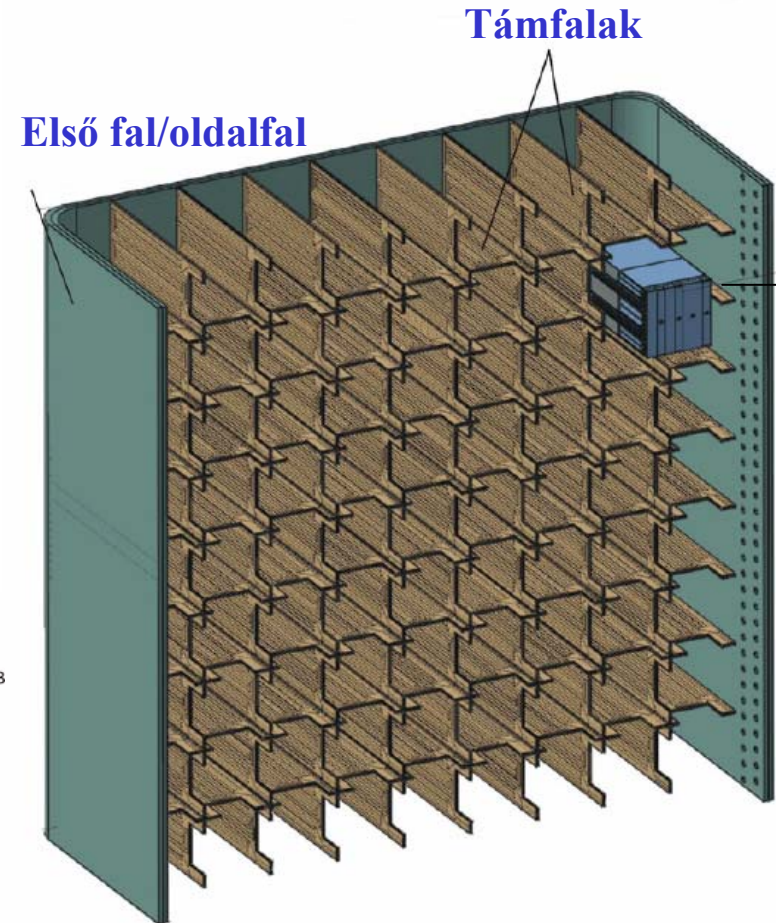
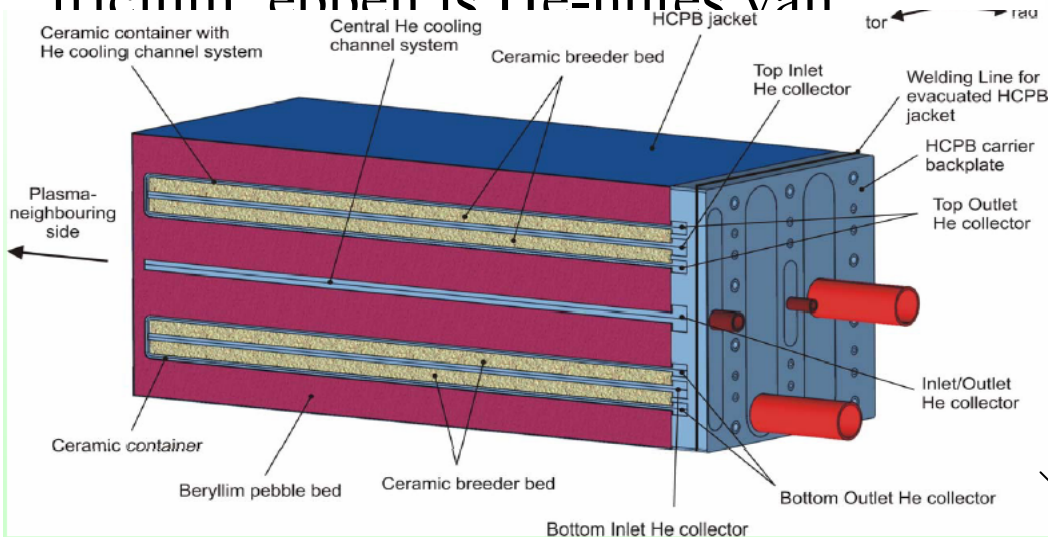
$p_{\min} = 34,471$  bar

$p_{\text{tel}}(220 \text{ }^\circ\text{C}) = 22,196$  bar

- a jelen számítások szerint az eróziót nem kavitáció okozta ( $p_{\min} \gg p_{\text{tel}}$ )
- a blokki mérések ugyanakkor kavitációra utaló jeleket mutatnak
- a kisebb nyomású helyek a betételem ablakának alsó részében vannak

# Kísérleti fúziós reaktor He-hűtésének modellezése

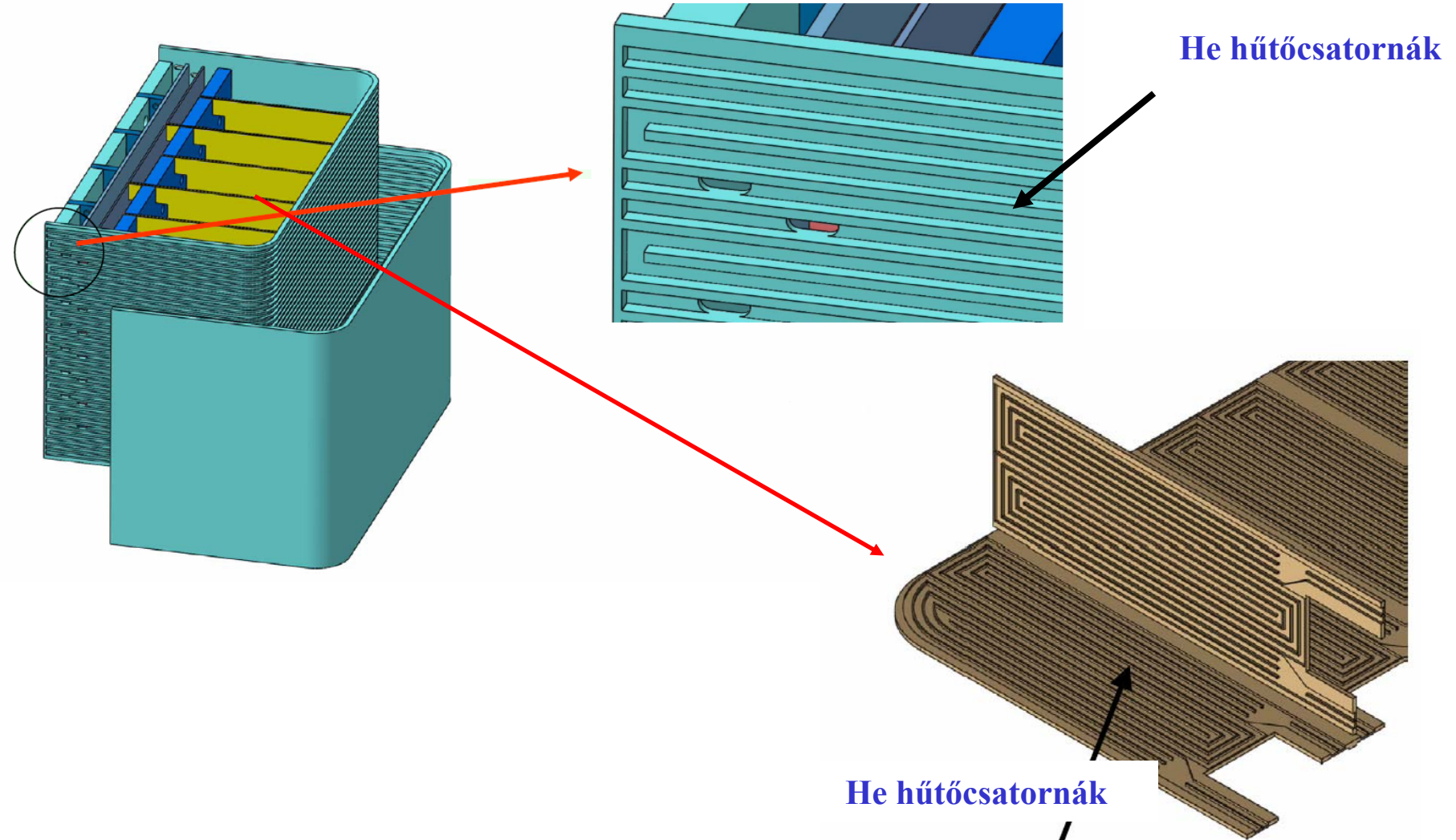
- TBM – Test Blanket Modul: moduláris kialakítású, He-hűtésű egység
- Karlsruheban tesztelik
- HELOKA – Helium Loop Karlsruhe
- Tenyészkazetta: ebben termelődik a trícium ebben is He-hűtés van



Tenyészkazetta

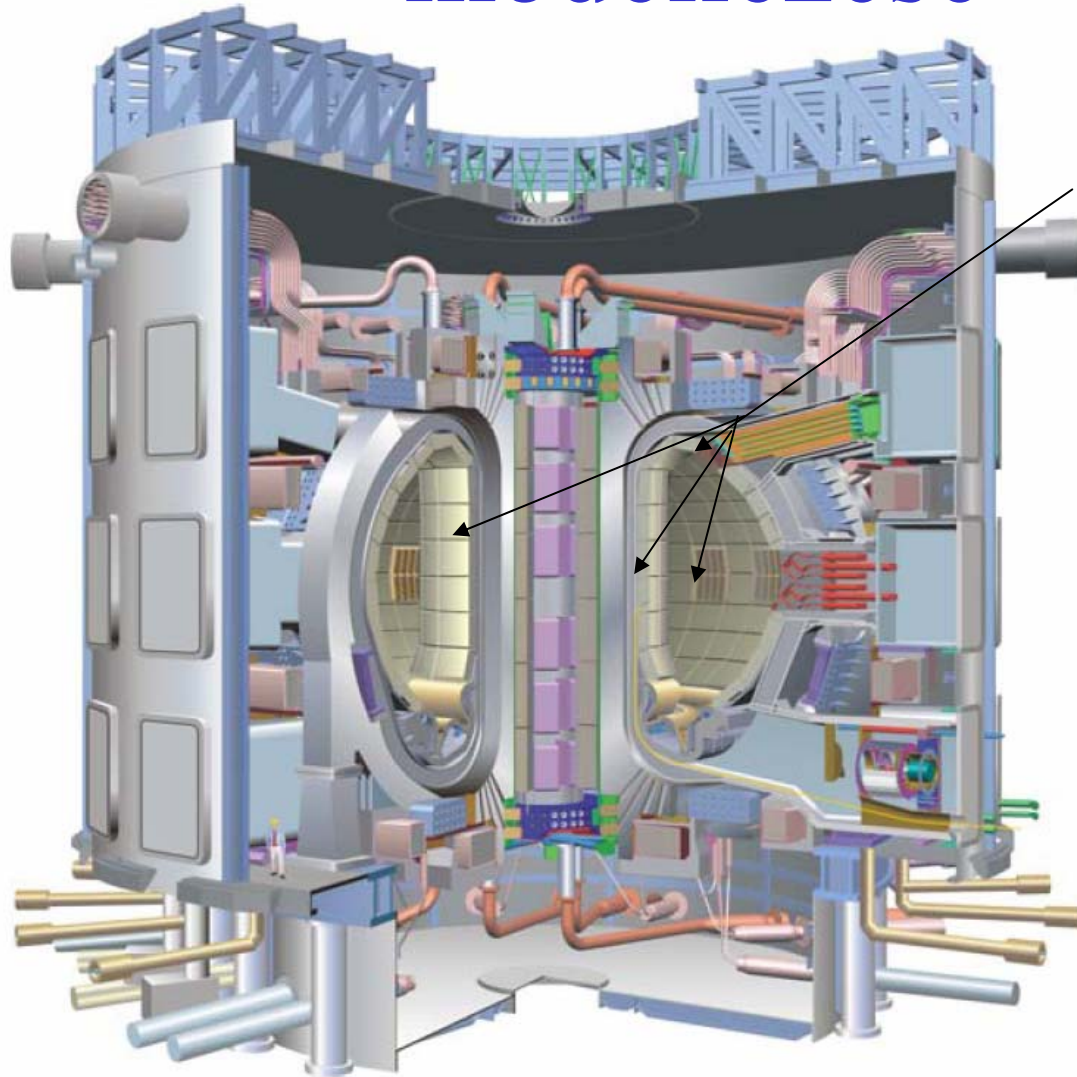


# Kísérleti fúziós reaktor He-hűtésének modellezése



*A TBM He hűtőcsatornáinak elhelyezkedése*

# Kísérleti fúziós reaktor He-hűtésének modellezése



*TBM-ek az ITER-ben*