

**A VVER-1200 (AES-1200) blokk gőzfejlesztő
konstrukciójának, anyagminőségének és
vízkémiájának elvárható követelményei.
Javaslat az OAH engedélyezési és anyagminőség
ellenőrzési sarokpontokra és a szekunderköri
vízüzem követelményeire.**

Dr. Ósz János

Budapest, 2018. június 5.

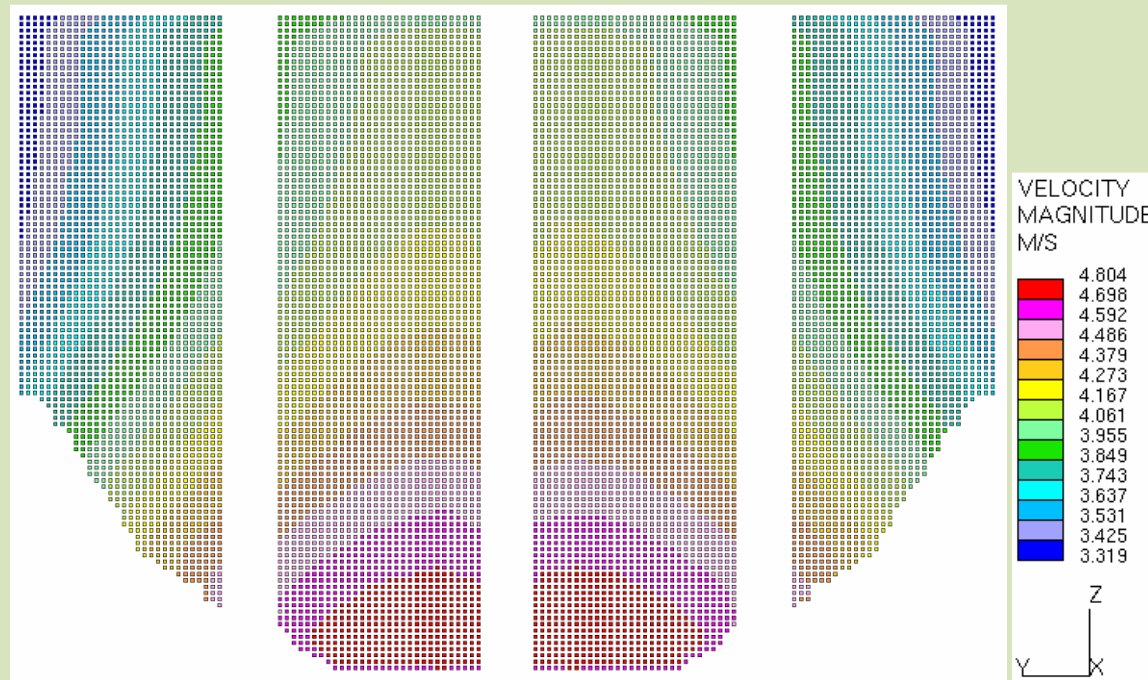


LG Energia Kft.
Zöld energetika és vízüzem

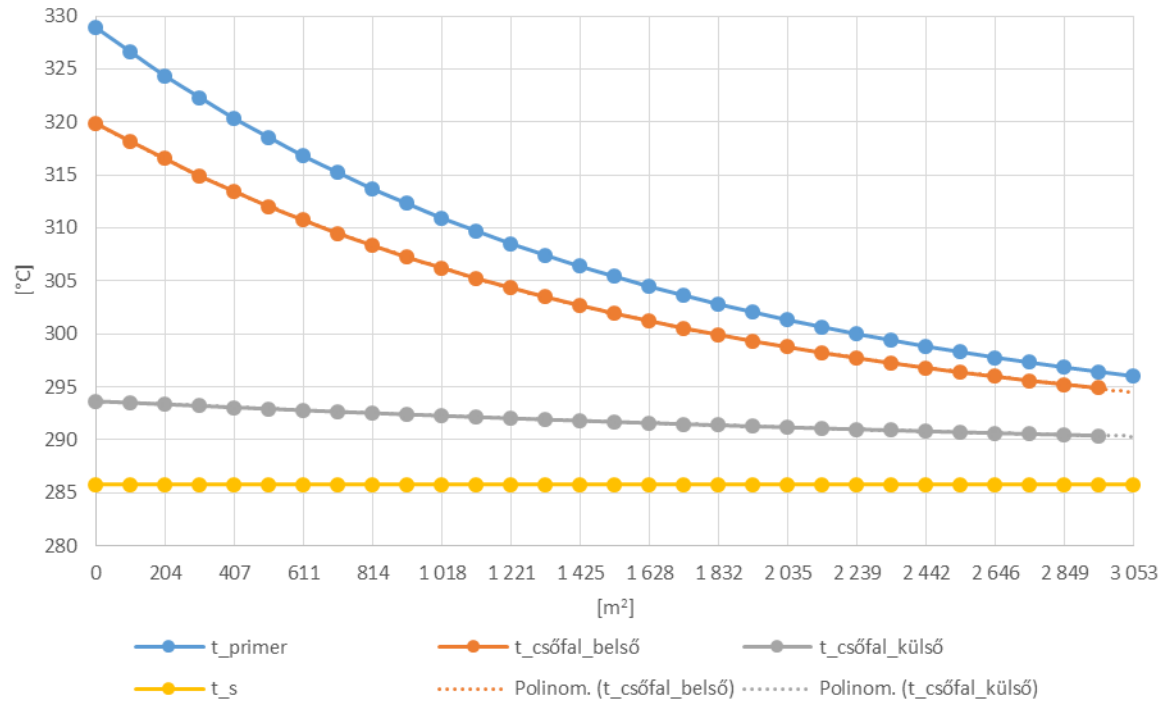
1. VVER-1200 GF konstrukció

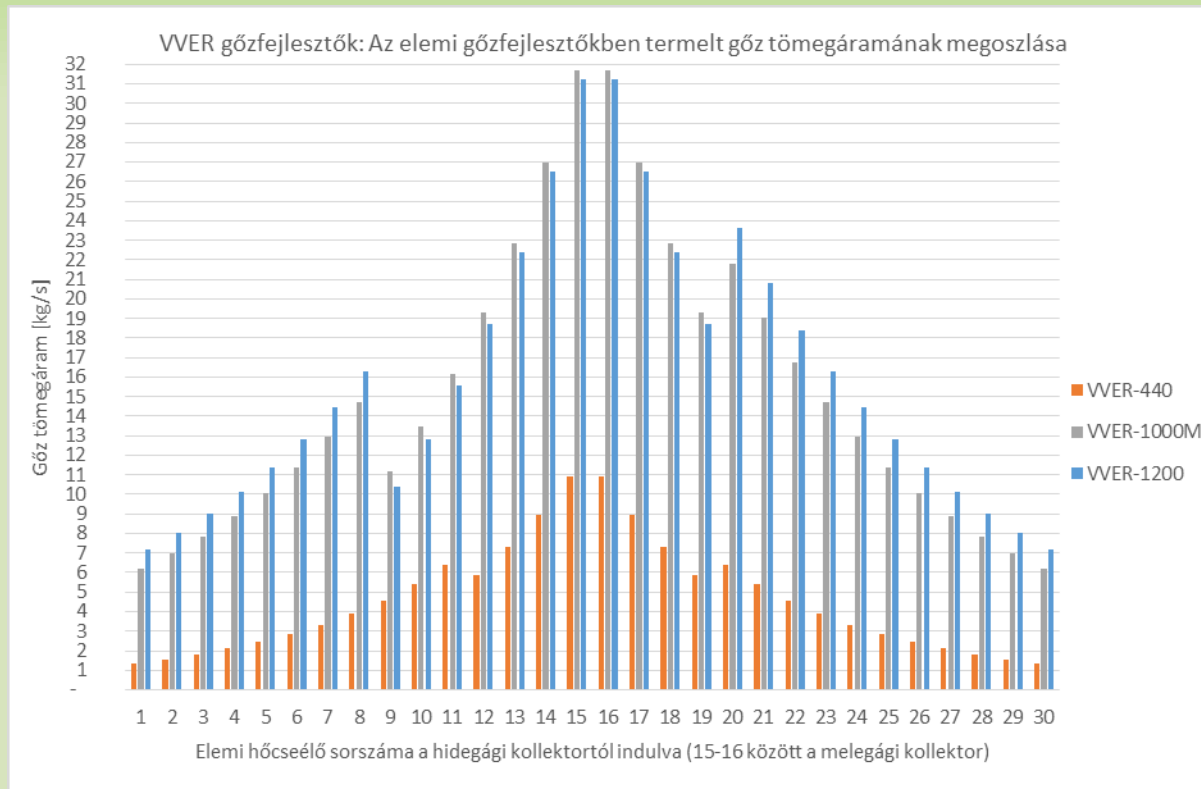
- Hő- és anyagátviteli egyenlőtlenségek:
 - Csőtéri áramlás: max $l=17,092$ m, $w=3,3$ m/s; átlag $l=11,087$ m, $w=3,959$; min $l=8,079$, $w=4,6$ m/s;
 - Köpenytéri áramlás: igen nagy gőztartalmak ($x \rightarrow 1$) a belépő kollektor környezetében \leftrightarrow perforált tálca \rightarrow *jó lenne CFD multimédiás modell!*
 - Csőosztás \rightarrow hőátadó csövek száma, eltérő gátméret;
 - Tápvíz-elosztó helye?
 - Nyitott, átöblítődő csőmegfogások!
 - Az egyenlőtlenségekből származó szilárdsági egyenlőtlenségeket nem ismerem!

PGV-1000MKP GF: a hőhordozó áramlási sebessége a csövekben [Dolganov]

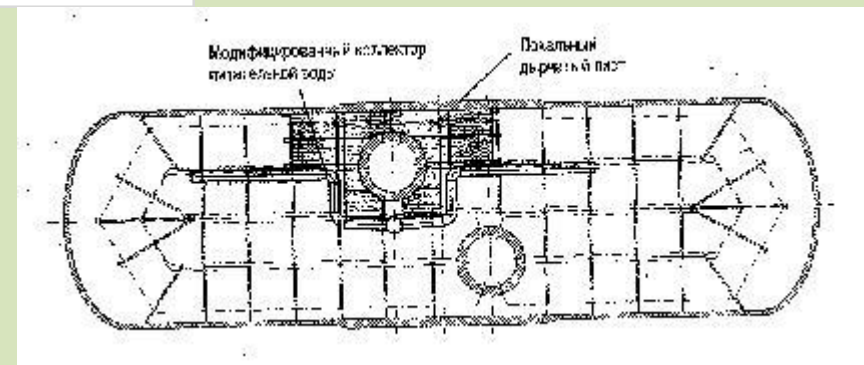
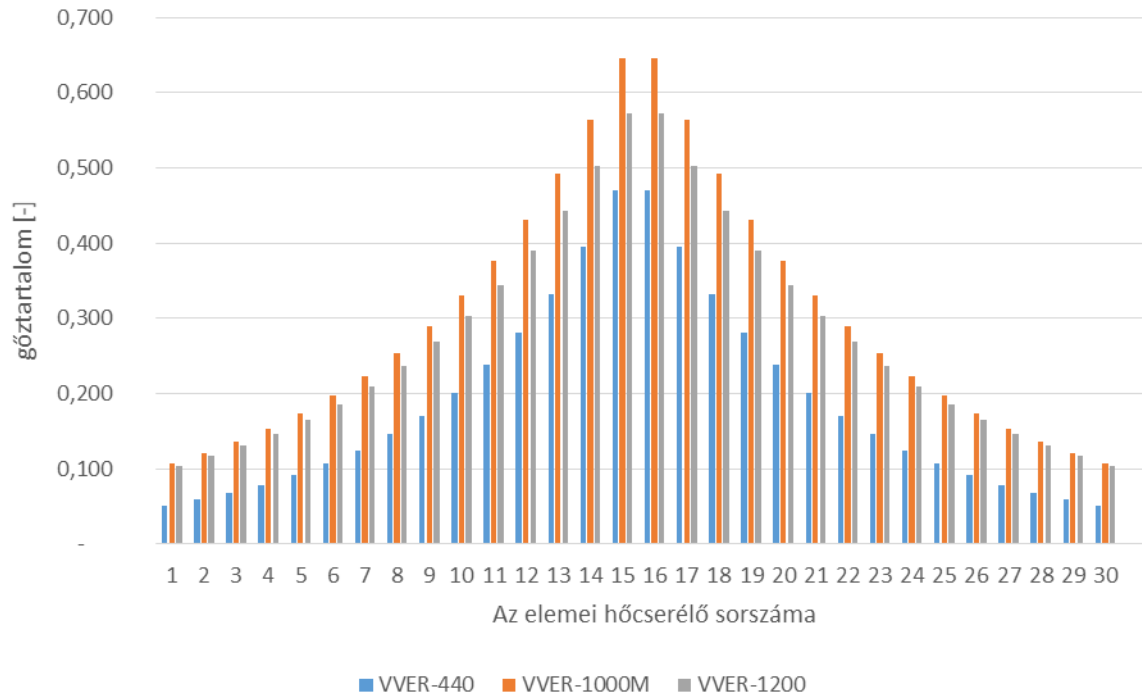


A VVER-1200 gőzfejlesztő fél csőkötege mentén kialakuló hőmérsékletek

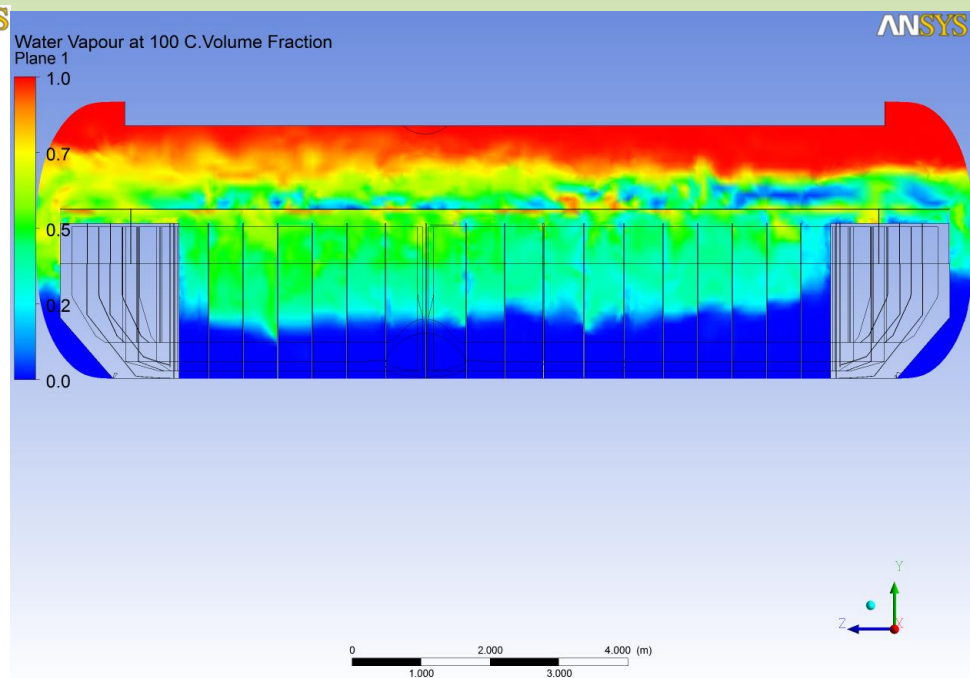
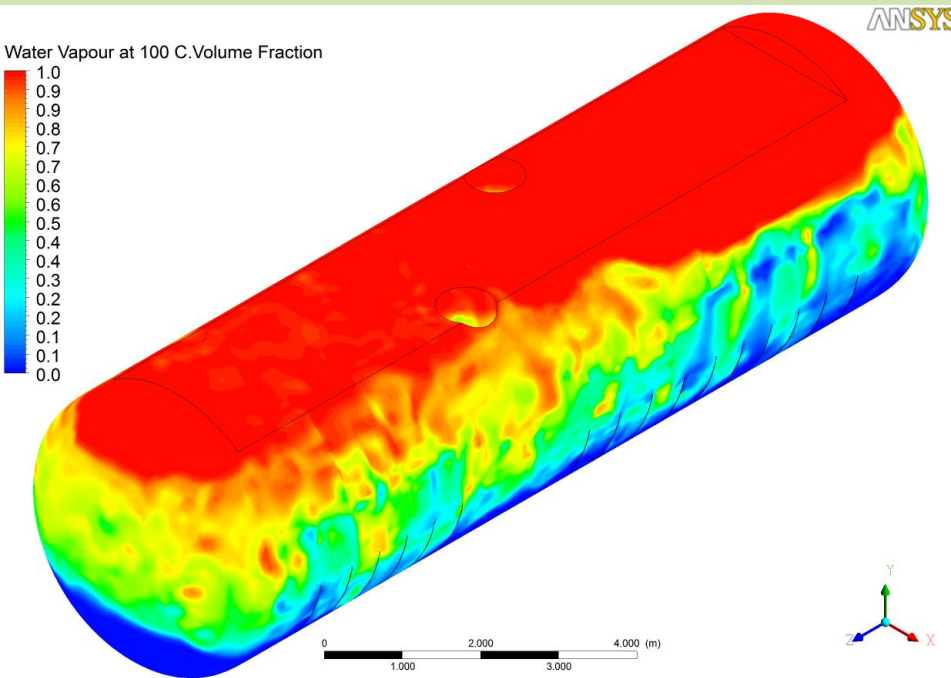




VVER gőzfejlesztők: Az elemi gőzfejlesztők számított átlagos térfogati gőztartalma

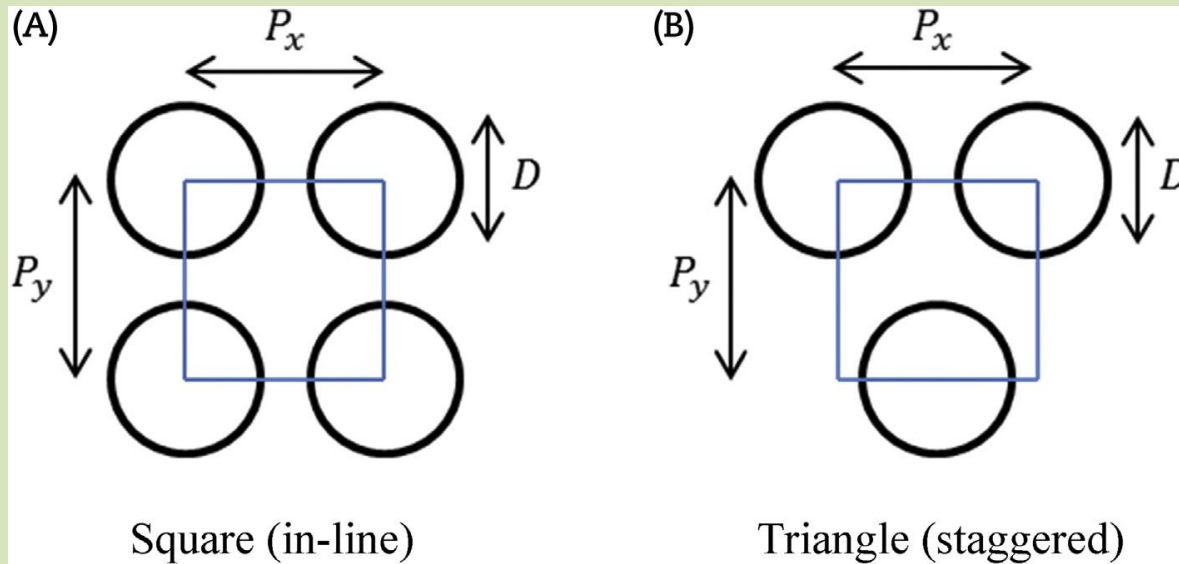


Temelin VVER-1000 GF: Gőztartalom a köpenytérben [Junek]

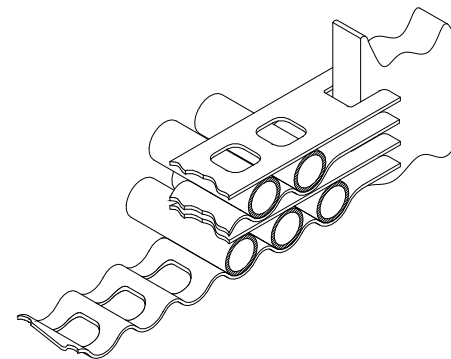
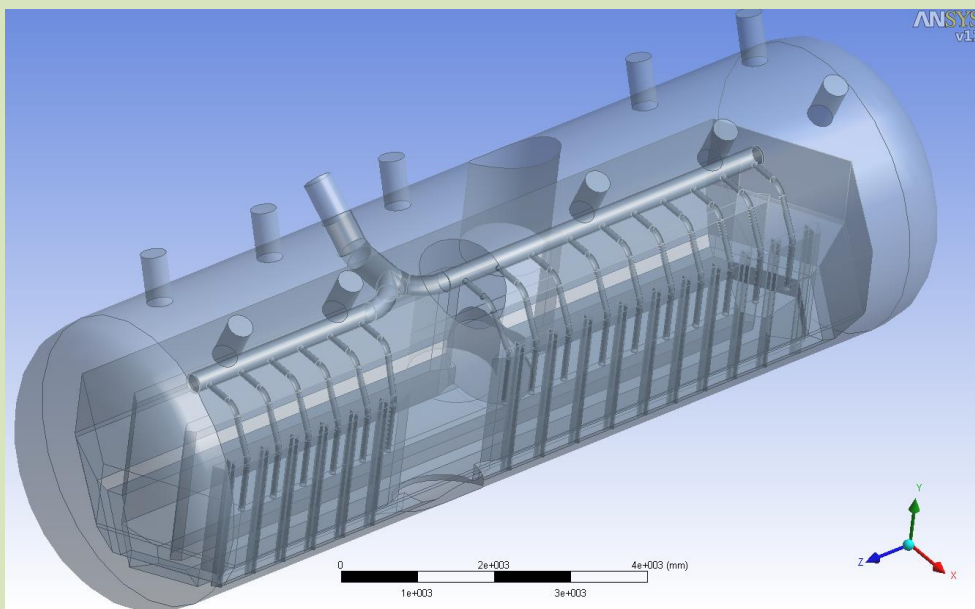


$P_x=23$ mm, $p_y=25$ mm

$p_x=23$ mm, $p_y=19$ mm



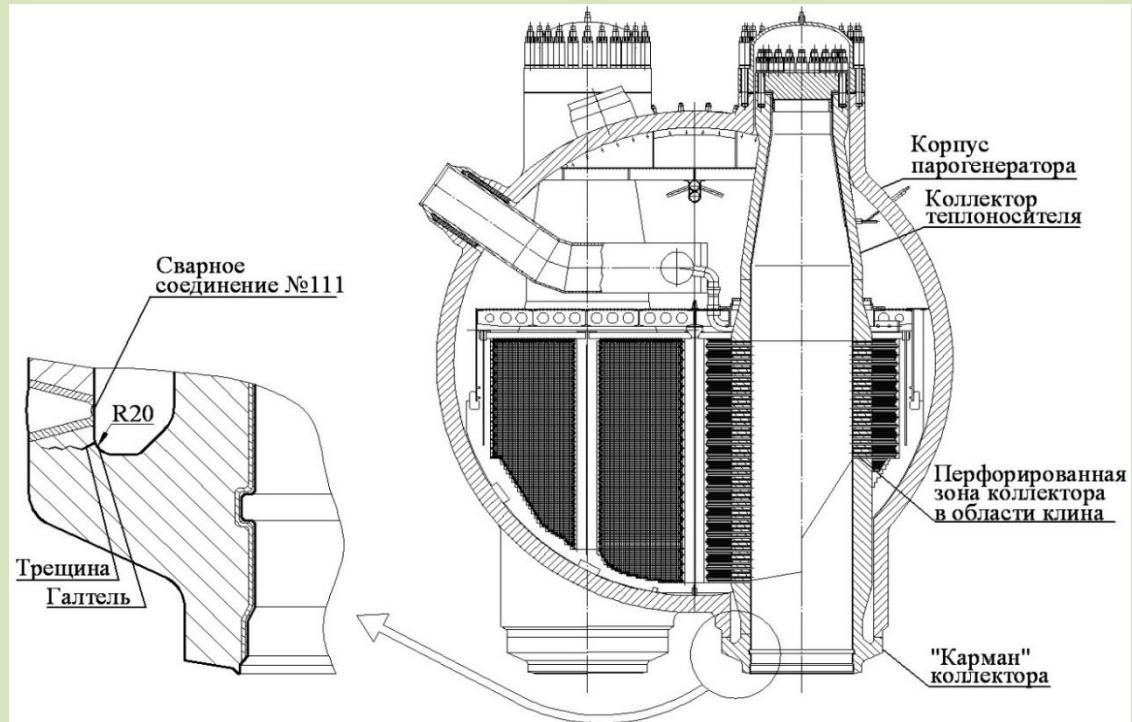
Temelin: „a tápvíz-elosztó helye nem megfelelő” [Junek] Csőmegfogás [Trunov]



VVER-1200 GF konstrukció

- A hőátadó csövek feszültségkorróziós kockázata minimalizálható a Paks I VVER-440 gőzfejlesztők szekunderköri vízüzemének módosításánál 1994-2004 között elsajátított hazai tudással.
- A konstrukció alapvető gyengéje a két kollektor és köpeny kapcsolat, a No111 varrat: 80 db üzemelő VVER-1000 GF-ből 40 db meghibásodott, több 2-3-szor 15-25 üzemév után (1993-ig 23 db GF-t cseréltek [Lukasenko]!)
- Pakshoz hasonló szakmakultúrájú Temelinben 15 év után 2 db GF-t kellett javítani → orosz mellett EPRI technológia is!
- 2007-ig az orosz szakirodalom közölt meghibásodási adatokat, azóta viszont nem, csak egy-egy kollektor meghibásodást publikáltak 2017-ben Novovoronyezs-5-nél.

VVER-1000 GF: a No111 varrat környezetete [Hodakov]



**Сводка сведений о поврежденных парогенераторах ПГВ-1000
по узлу соединения коллектора с патрубком Ду1200**

№ п/п	Год обнаружения	АЭС	№ПГ, изготовитель, год	№№ блока и ПГ на АЭС	ПГ на АЭС: -монтаж -замена -год	Коллектор разнелевен +/-	Сварное соединение			Наработка до разрушения	Вид дефектов, длина, мм
							Разделка	Наплавка на кромках	Вид сварки		
1	1998	НВ В-302	№28 Атоммаш 1988	5ПГ-1	Замена 1989	Горячий(+)	Несимметр. (-15°+45°)	да	Корень вручную, далее автомат	9 лет	Продольная трещина, 330
2	2001	ЮУ В-302	№29 Атоммаш 1988	1ПГ-1	Замена 1989	Горячий(+)	Несимметр. (-15°+45°)	нет	От корня 15мм ручная, далее автомат	12 лет	Продольная трещина, 310
3	2001	ЮУ В-302	№36 Атоммаш 1988	1ПГ-2	Вторая замена 1989	Горячий(+)	Несимметр. (-15°+45°)	да	От корня 15мм ручная, далее автомат	12 лет (69841 час.)	Продольная трещина, 1315
4	2001	НВ В-302	№40 Атоммаш 1989	5ПГ-3	Замена 1990	Горячий(+)	Симметр. (±15°)	да	Корень- РАДС далее- РЭДС	15 лет	Продольная трещина, 375
5	2003	ЮУ В-302	№29 Атоммаш 1988	1ПГ-1	Замена 1989	Горячий(+)	Несимметр. (-15°+45°)	нет	От корня 15мм ручная, далее автомат	14 лет	Поперечные трещины, 1230
6	2003	ЮУ В-302	№36 Атоммаш 1988	1ПГ-2	Вторая замена 1989	Горячий(+)	Несимметр. (-15°+45°)	да	От корня 15мм ручная, далее автомат	14 лет	Поперечные трещины, 650
7	2004	Нв В-302	№28 Атоммаш 1988	5ПГ-1	Замена 1989	Горячий(+)	Несимметр. (-15°+45°)	да	Корень вручную, далее автомат	15 лет	Продольно-поперечная трещина, 70
8	2006	Зап. В-320	Атоммаш	4ПГ-3	Монтаж	Горячий(+)				21 год	Продольно-поперечная трещина, 90
9	2006	Балак. В-320	ЗиО 04.1990	1ПГ-1	Замена 11.1990	Горячий(+) (на заводе)	Симметр. (±15°)	да	Корень- РАДС далее- РЭДС	16 лет	Продольная, поперечная Трещина, 490мм
10	2006	Кал В-302	ЗиО 1981	1ПГ-3	Монтаж 1984	Холодный (на АЭС)	Симметр. (±15°)	да	Корень- РАДС далее- РЭДС	22 года	Продольные трещинообразные (3-4 ряда)
11	2007	НВ В-302	№28 Атоммаш 1988	5ПГ-2 5ПГ-4	Замена 1989	Горячий(+)	Несимметр. (-15°+45°)	да	Корень вручную, далее автобат		

Lerakódás a zsebben; kivágott szakasz; 10 éve vizsgálják a konstrukciós megoldást [Hodakov]



2. VVER-1200 GF anyagminőség

- Hőátadó csövek 08H18N10T – érzékeny a transzkrisztallin feszültségkorrózióra → jobb lenne 08H18N12T (Dukovany, Buser, Tianwan, Kudamkulan?);
- Kollektor (gyengén ötvözött acél) 10GN2MFA: laboratóriumban nem, de üzemben (270-290 oC) érzékeny a transzkrisztallin feszültségkorrózióra: eddig minden meghibásodásnál kimutatták:
 - a kicementálódott réz jelenlétét;
 - a zsebben felhalmozódott, lerakódott, felhalmozódott korrózió- és eróziótermék tömeget.
- VER változás: Ha a „szél, nap villany” rendelkezésre áll a jövőben, az atomerőművet fogják visszaterhelni, mert kü-jük kisebb az atomerőműnél → **teljesítményváltoztatás kényszere további hibaforrás lesz!**

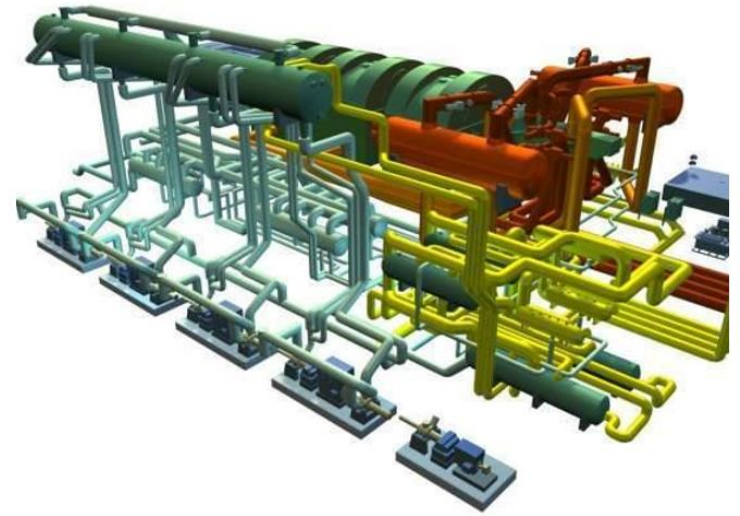
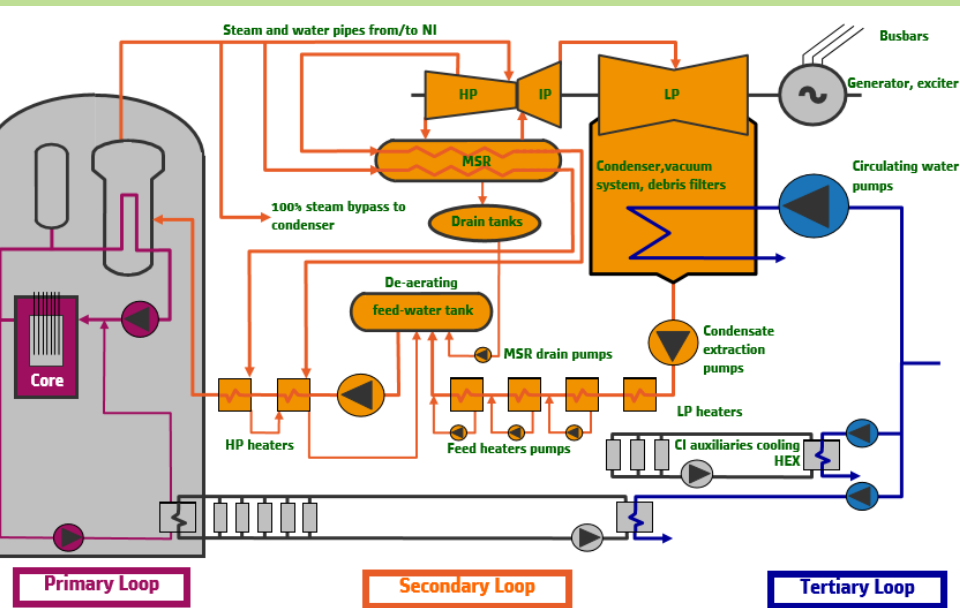
3. Szekunderkörü munkaközeg vízkémiája

- Arabella-TM gőzturbina (800 millió euró, orosz 1100 millió) → a különbség remélhetőleg nem silányabb anyagminőségű szekunderkört jelent?
- Az Arabelle GT + mai legjobb ismeret alapján elvárható vízüzemmel + a VVER-1200 GF-hez való jó illesztéssel **TALÁN a 4-4 db GF kollektora kibírja meghibásodás nélkül a 60 évet!**
- Feszültségkorróziós aktivátorok minimalizálása (PWR és részben Paks I módosított filozófiával):
 - nagy tisztaságú pótvíz, GF-k tisztított leiszapolása;
 - hűtővíz tömör kondenzátor (KT kevertágy csak indulási vízkémiához, hűtővíz betörés viszont blokkleállás);
 - légtömör vákuumos részek;
 - *tömör szekunderkör, minimális pótvíz-felhasználás;*

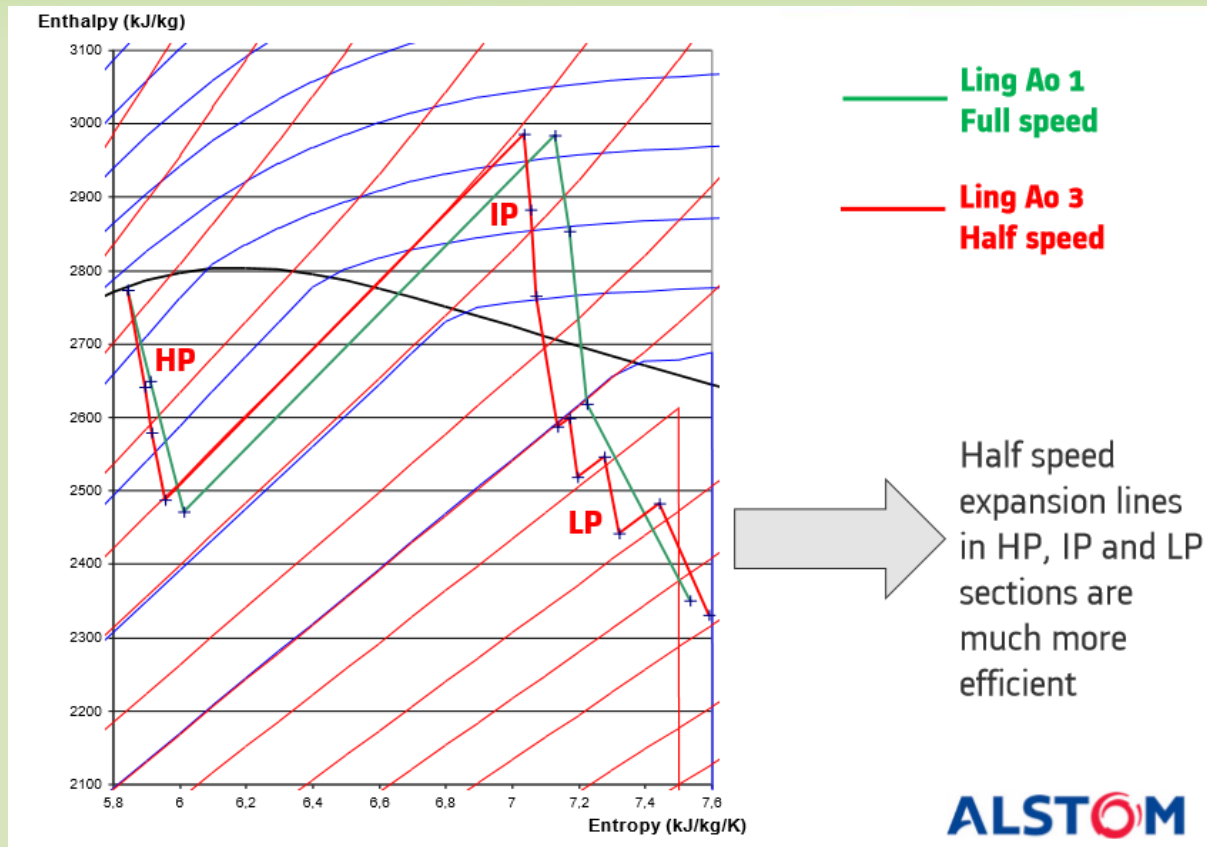
Szekunderkörü munkaközeg vízkémiája

- **Nedvesebb expandáló gőz** → meghatározó a nedvesgőz-oldali, vízcseppek kiváltotta erózió:
 - A GT megfelelő helyeiről a folyadékfázisú víz elszívása;
 - Sorba kötött hűtővízoldali kondenzátor – eltérő nedvességtartalmú kilépő gőz?
 - A tápházi hőcserélőkben ausztenites vagy rozsdamentes acél hőátadó csövek → **az erózió mérséklése anyagminőséggel!**
 - *Az erózió mérséklése multifunkciós (lúgosító, diszpergáló, konzerváló) kondicionáló vegyszerrel* → számos új vegyszer jelent meg;
 - **Minimális korrózió- és eróziótermék behordás a GF-kbe:**
 - A munkaközeg >100.000 m² hőátadó felülettel érintkezik → anyagminőség;
 - **Kizárólag acél szekunderkör!**
 - **Rézmentes szekunderkör és terszierkör** (pótvíz-készítő, 5. víztisztító, fűtési rendszer) → GF kollektor meghibásodás kockázatának minimalizálása;
 - GF-kbe lépő tápvíz diszperz kt koncentráció <5 µg/kg → kt-szűrő a GTT előtt (a fejlett országokban vannak) → a GF kollektor meghibásodás kockázatának minimalizálása, mert **a VVER GF-k leiszapolása nem hatékony!**

Arabelle-TM-1000 gőzturbina kapcsolás és tápházi berendezései



Arabelle-TM-1000 (K-1200-68/1500) GT expanzióvonalala



Köszönöm

a figyelmet!