

A PAKSI ATOMERŐMŰ GŐZFEJLESZTŐINEK KORRÓZÓTERMÉK VIZSGÁLATA SZEKUNDER KÖRI VIZEKBŐL

**Sóvágó Dávid¹, Árpád István³, Braun Mihály¹, Rozmanitz Péter², Veres Mihály¹,
Janovics Róbert¹**

¹Isotoptech Zrt.
4026 Debrecen, Bem tér 18/c
E-mail: sovagodavid@isotoptech.hu

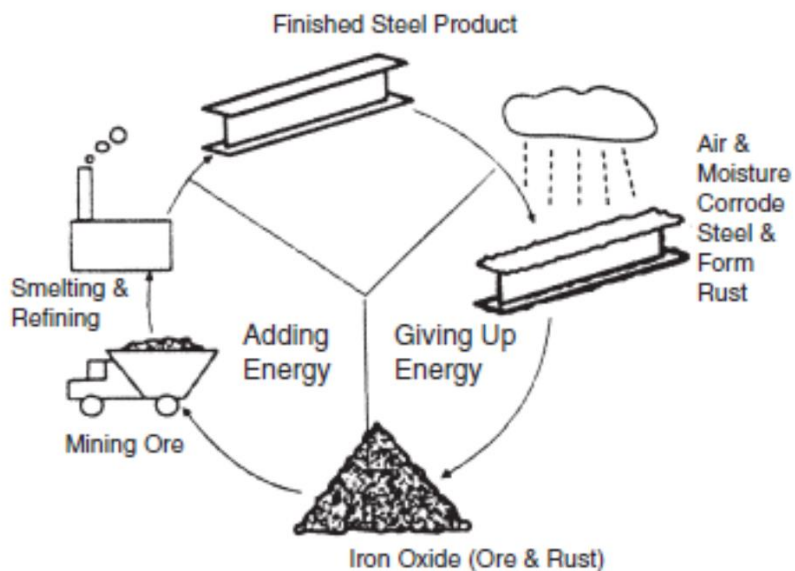
²MVM Paksi Atomerőmű Zrt.
7031 Paks, Pf. 71.

³Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék
4028 Debrecen, Ótemető utca 2-4.

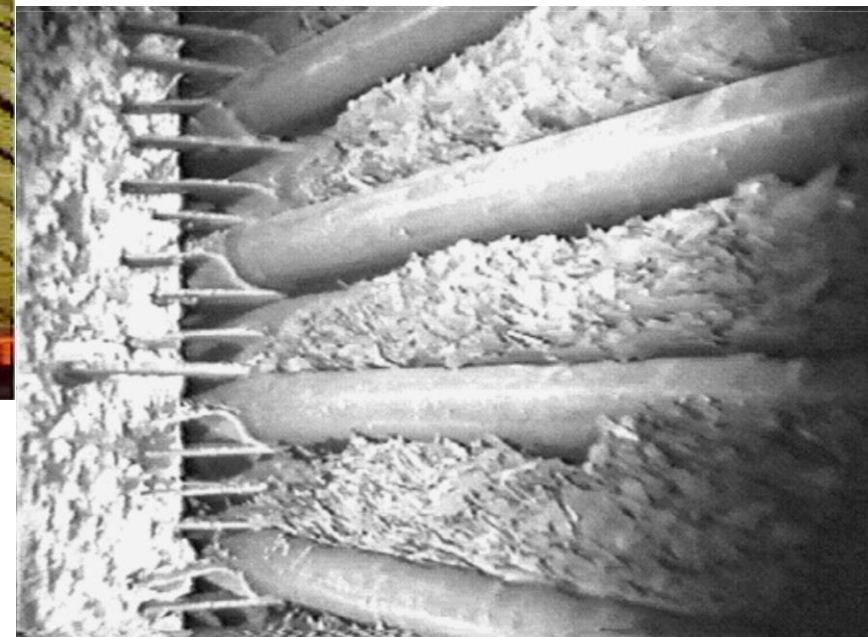
XLIX. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam

Bevezetés

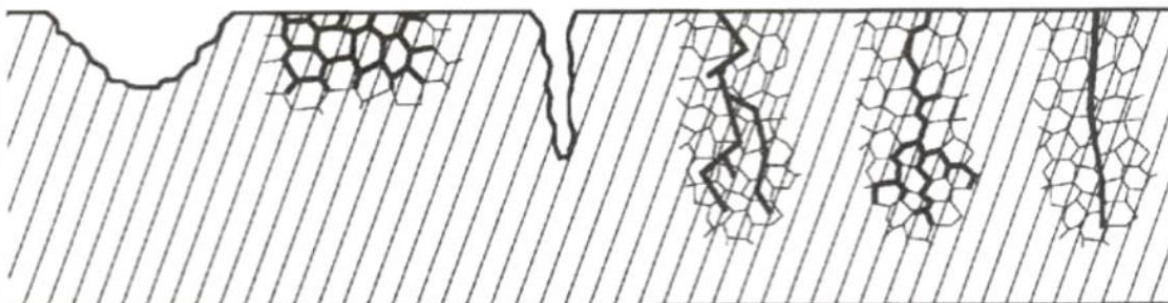
~2 mm vastag lerakódás egy VVER-400 gőzfejlesztőjében.



Suat Odar, Francis Nordmann (2010): PWR and VVER secondary system water chemistry report, Advanced Nuclear Technology International, Krongjutarvägen, Sweden

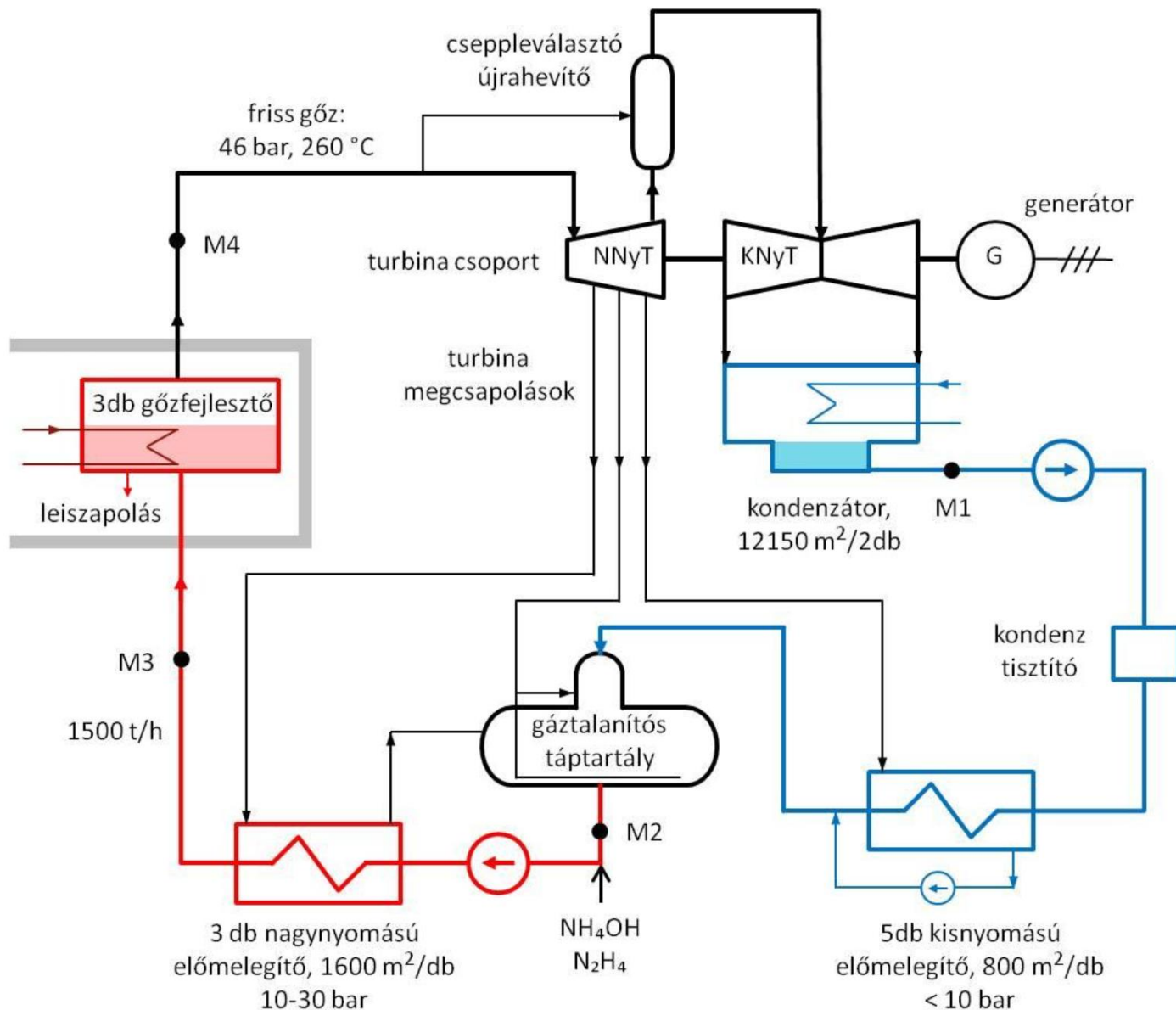


kráteres korrozio kristályközi korrozio pitting feszültség korrozio transz-granuláris inter-granuláris fáradásos korrozio



Lerakódás VVER gőzfejlesztő alsó csövein nem megfelelő pH-jú tápvíz miatt.

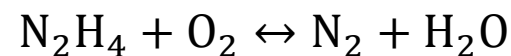
Kémiai korrózió - sokkal könnyebb a megelőzés



Azaz helyes AVT(R) vízüzem alkalmazása
Reducing All-Volatile Treatment
 $O_2 < 10$ ppb és $pH = 9,2-9,5$

Hidrazin (kettős szerep)

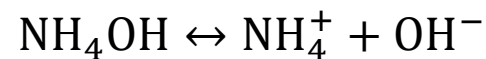
Maradék oxigén megkötő:



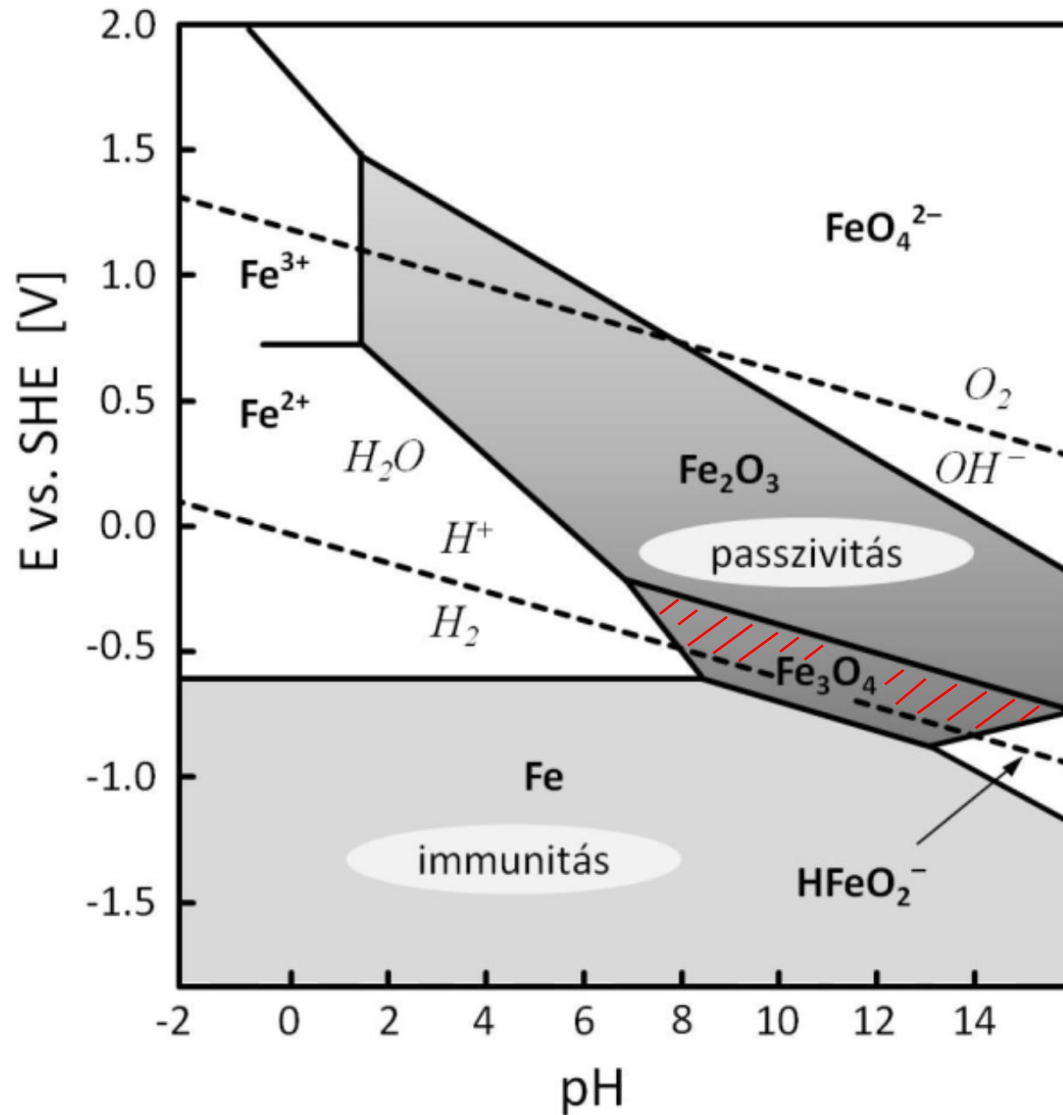
Gyenge bázisként lúgosító:



Ammónium-hidroxid:



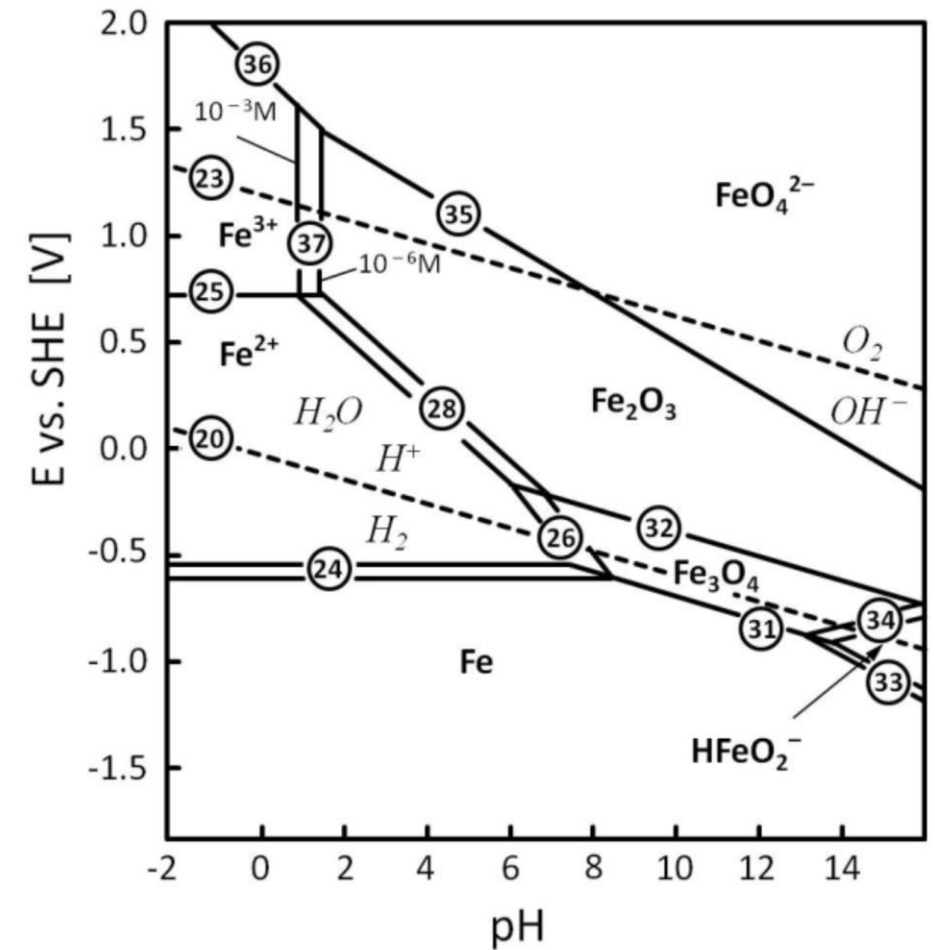
Vas-víz Pourbaix diagramja és jelentősége



Van korrózió

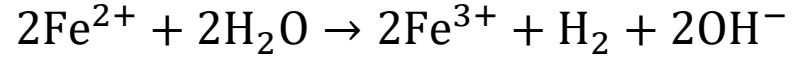
Optimális tartomány?

Nincs korrózió

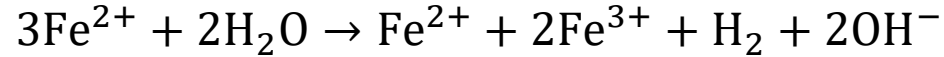


31. bruttó egyenlet (Schikorr-reakció):
 $3\text{Fe}_{\text{szilárd}} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{szilárd}) + 4\text{H}_2$

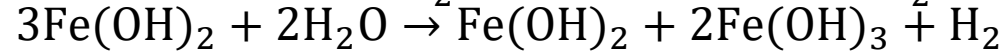
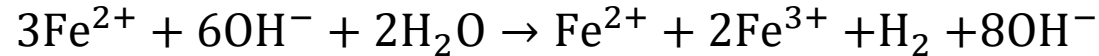
Schikorr-reakció – kizárólag a 31. folyamatban lejátszódó reakciók



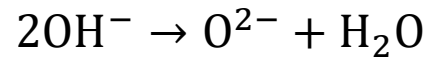
Ha a 2 db intakt Fe^{2+} ionhoz egy harmadikat adunk:



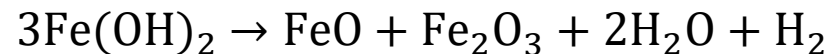
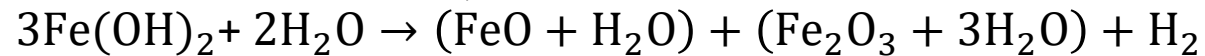
A vasionokat 6 db OH^- -ion fogja ellensúlyozni:



A hidroxil ionok autoprotolízise:



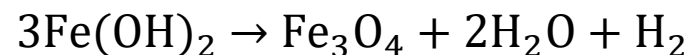
Ezután leírhatóak a teljes reakciók:



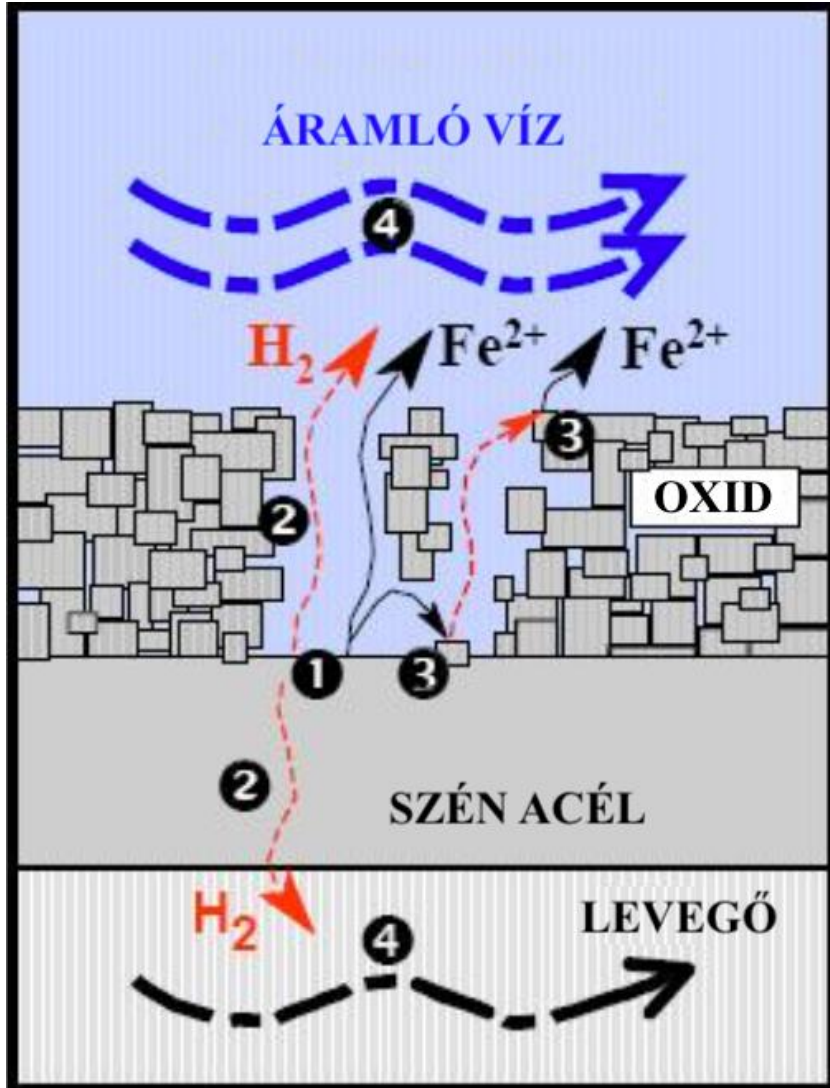
A vas(II,III)-oxid képződés:



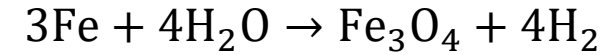
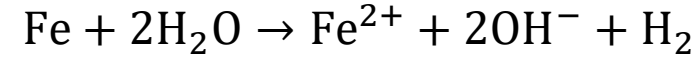
Schikorr-reakció:



Eróziós korrózió (Flow Accelerated Corrosion - FAC)

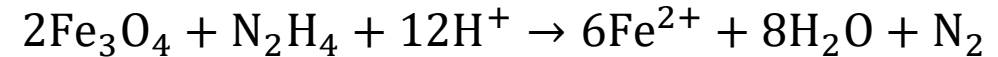


- 1 A vas oxidációja oldható vasionokká és magnetitté az acél és az oxidok közötti belső határfelületen:



- 2 Az oldható részecskék diffúziója a porózus oxidrétegen keresztül, valamint a H₂ diffúziója a szénacélon keresztül.

- 3 Magnetit oldódása és redukciója az oxid és a víz közötti külső határfelületen:



- 4 Anyagtranszport

A nyomottvizes reaktorokkal szerelt atomerőművekben a keletkező korróziós termékek több, mint 90%-a erre vezethető vissza!

Mikko Vepsäläinen (2010): Deposit formation in PWR steam generators, SAFIR2010, Research Report, Finland

Megoldás: Ötvözetek használata

Kritikus áramlási tényező (v_{kr})
változása

	v_{kr} [m/s]
Ötvözetlen acél (Cr + Mo < 0,25%)	1,5-1,7
Ötvözött acél (Cr + Mo = 1-12%)	2,0-4,0
Ausztenites acél (Cr = 18%, Ni = 8%)	4,0-7,0

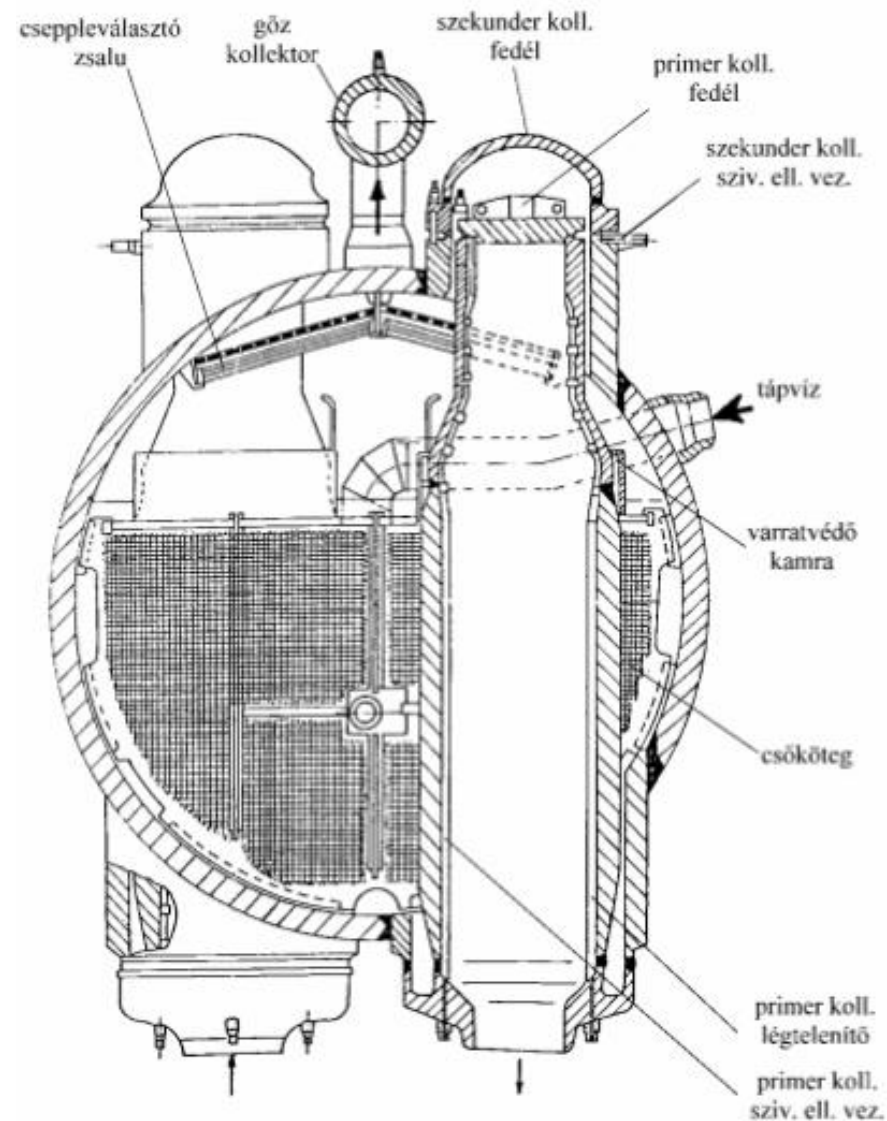
Berendezés	Ötvözet típusa	Összetétel
Gőzfejlesztő csövek	Ausztenites acél	~Cr 18%, ~Ni 8%, ~Fe 73%
Gőzfejlesztő köpeny	Szt20 acél	~Fe 99%
NNy turbina	krómacél	~Cr 15%, ~Fe 84%
könyökszeparátor	Ausztenites acél	~Cr 18%, ~Ni 8%, ~Fe 73%
cseppfogó	Szt20 acél	~Fe 99%
túlhevítő	Szt20 acél	~Fe 99%
KNy turbina	krómacél	~Cr 15%, ~Fe 84%
Kondenzátor csövek	ASTM316L	~Cr 18%, ~Ni 12%, ~Fe 66%
Kondenzátor köpeny	ASTM316L	~Cr 18%, ~Ni 12%, ~Fe 66%
Mágnesszűrő	acél	~Fe 99%
KNy előmelegítő csövek	08H18N10T	~Cr 18%, ~Ni 10%, ~Fe 71%
KNy előmelegítő köpeny	acél	~Fe 99%
Gáztalanító táptartály	Szt20 acél	~Fe 99%
NNy előmelegítő csövek	08Cr14MF	~Cr 14%, ~Mn 1%, ~Fe 84%
NNy előmelegítő köpeny	08Cr14MF	~Cr 14%, ~Mn 1%, ~Fe 84%

Minták

Laborkód	Mintatípus	Mintázási dátum	Hely
115/3933/15-20	gőzfejlesztő	2023.07.10.	1. blokk
115/3933/21-26	gőzfejlesztő	2023.07.17.	1. blokk
115/3933/8-13	gőzfejlesztő	2023.07.24.	1. blokk



Agilent 8800 QQQ ICP-MS



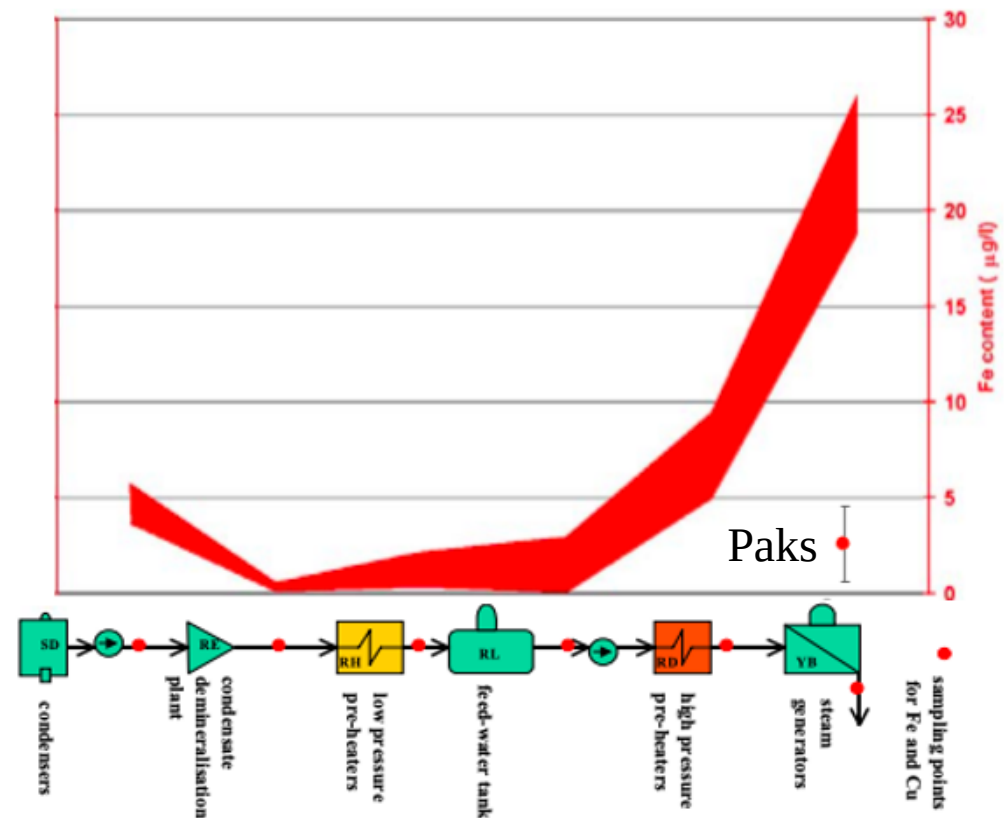
Kiss A. (2000): Berendezés ismeret (Fővízköri készülék karbantartó jegyzet), Paksi Atomerőmű Rt., Paks

Mérési eredmények

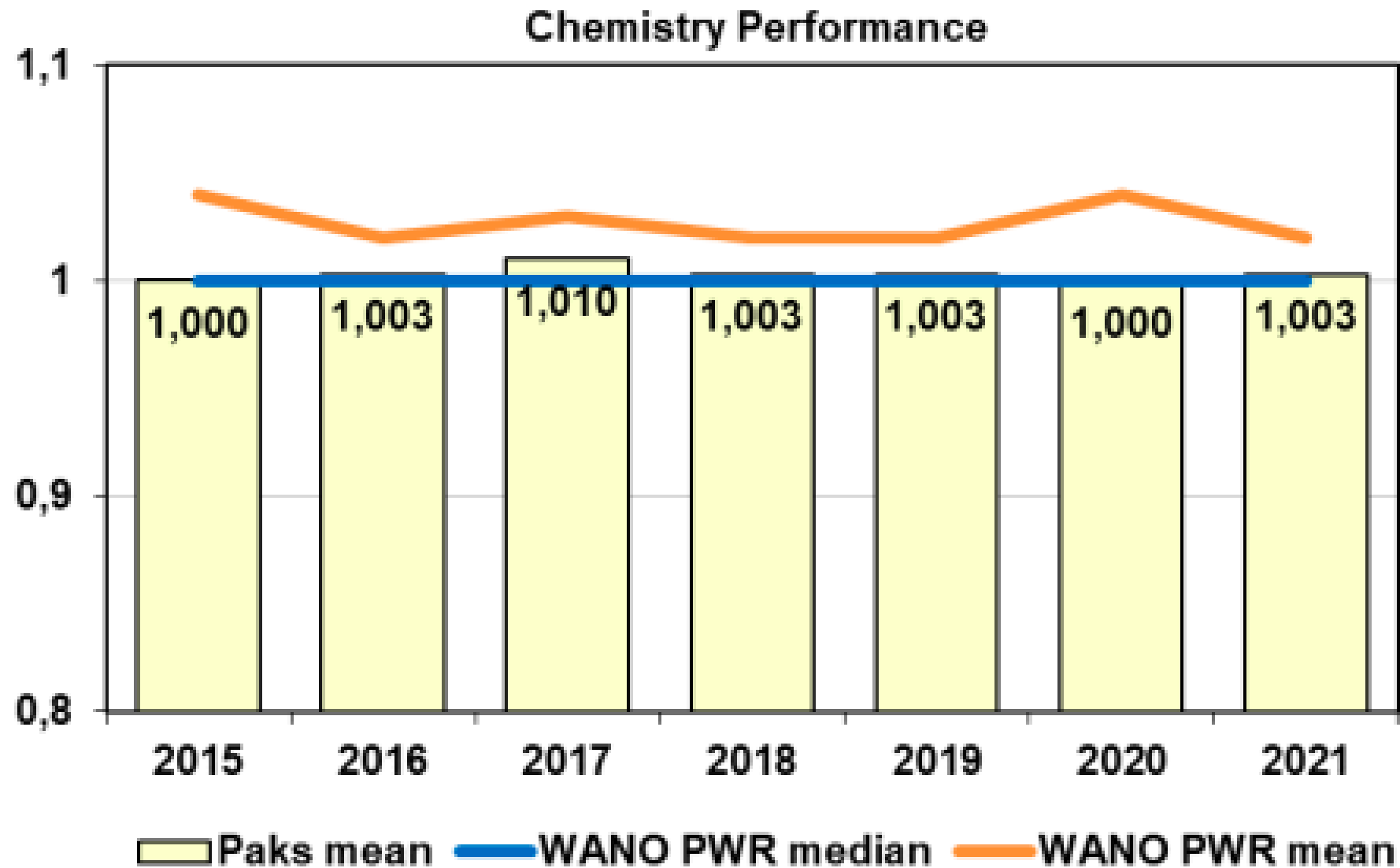
Mért elem	c (µg/L)	±SD
Mn	3,32	2,12
Fe	3,01	1,83
Cu	1,80	2,06
K	<0,8	-
Mg	<0,6	-
Ni	0,05	0,03
Na	<0,4	-
Cr	0,04	0,01
Zn	0,39	0,31
Al	<0,2	-
Mo	0,20	0,18
Sn	0,12	0,04
Zr	<0,03	-
V	<0,007	-
Sr	<0,002	-
Co	<0,001	-
Sr	<0,002	-

Alfanumerika	Mintavétel	c (µg/L)
10TV45	2023.07.10.	7,91
10TV45	2023.07.17.	2,04
10TV45	2023.07.24.	0,79

Loviisa 1 (VVER-440/213), Finnország



IAEA (2006): Data processing technologies and diagnostics for water chemistry and corrosion control in nuclear power plants (DAWAC), Report of a coordinated research project 2001-2005



Köszönöm a figyelmet!
Thank you for your attention!
Спасибо за внимание!