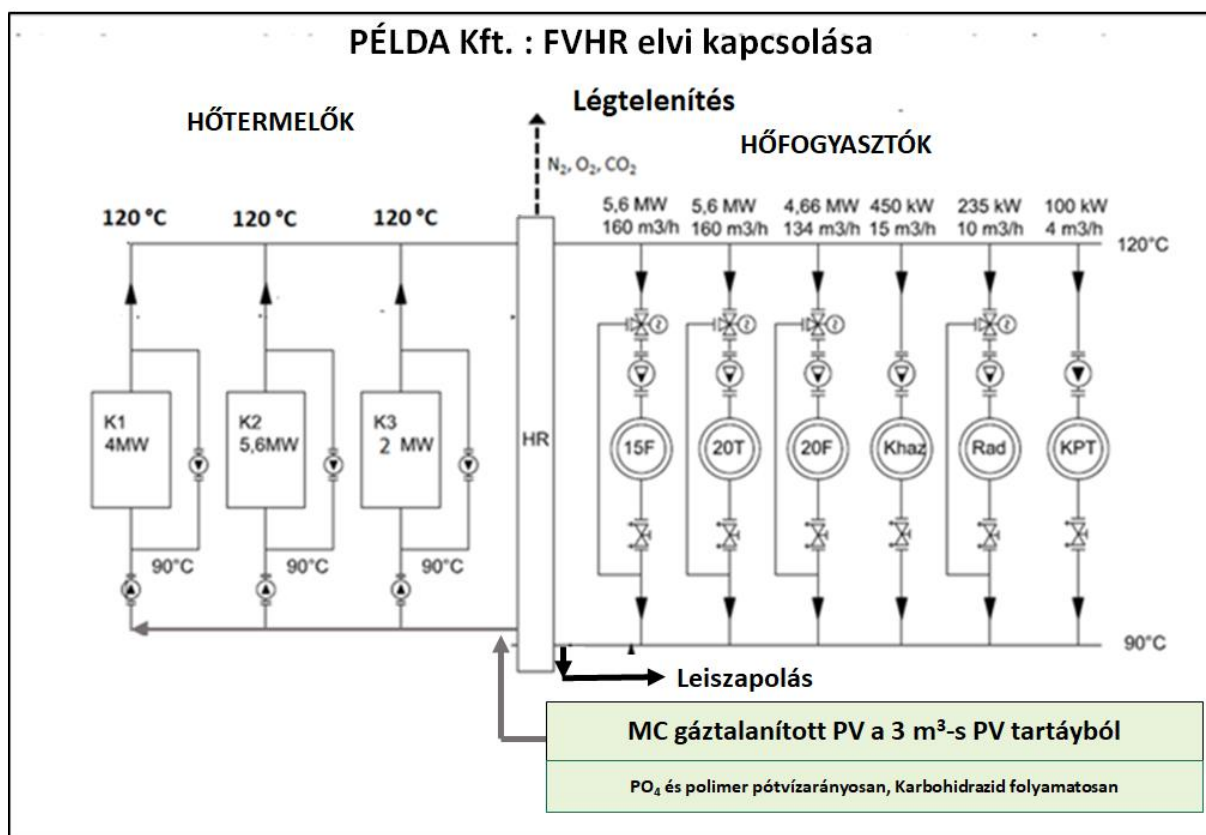


# PÉLDA Kft. - Forróvizes Hőszolgáltatási Rendszer (FVHR) optimális vízkémiai állapotának fenntartása

## 1) A PÉLDA Kft. - FVHR hidrotermikus jellemzői:



### A) Metallurgia:

A hőtermelők, az előremenő és visszatérő távvezeték vonatkozásában mindenhol a szénacél szerkezeti anyag dominál. Réz (bronz), vagy alumínium szerkezeti anyag jelentős mennyiségben nem fordul elő.

A hőfogyasztóknál is a szénacél szerkezeti anyag a jellemző, de néhány ezüsttel forrasztott lemezes hőcserélő is előfordul.

## B) A tervezett FVHR legfontosabb üzemviteli adatai:

PÉLDA Kft. - Forróvizés Hőszolgáltató Rendszer (FVHR): alapadatok				1. Lap
MEGNEVEZÉS	ÉRTELMEZÉS	JEL	EGYSÉG	ADAT
A hőszolgáltató rendszer térfogata, a töltet tömege	A hőtermelő és hőfogyasztó rendszer együttes térfogata plusz $\approx 5\%$ térfogat tágulásra	$V_R$	$m^3$	240,0
Tervezett hőfokok: Előremenő/visszatérő		$T_1/T_2$	$^{\circ}C$	120/90
Átlagos üzemeltetési hőfokok: Előremenő/visszatérő		$T_{1\bar{U}}/T_{2\bar{U}}$	$^{\circ}C$	105/90
A hőhordozó közeg átlagos sűrűsége	$Q_{\text{ÁTL}} = (Q_{1\bar{U}} + Q_{2\bar{U}})/2$	$Q_{\text{ÁTL}}$	$kg/m^3$	960
Tervezett nyomások: Előremenő/visszatérő		$p_1/p_2$	bar	4,5/3,3
Pót- (lágýtott) víz a veszteségek fedezésére	2020/2021 (fél év!)	$V_{PV}$	$m^3/\text{év}$	76/113
Kazán-1: 4 MW	(gáztüzelésű, nagy vízterű, három-huzamú, láng és füstcsöves), $p=10/12$ bar, $T=105^{\circ}C$	$K_1$	db	1
Kazán-2: 5,6 MW		$K_2$	db	1
Kazán-3: 2 MW		$K_3$	db	1
Egy kazán összes fűtőfelülete (Túlhevítő nincs)	Kazán-1: 4 MW	$A_{K1}$	$m^2$	103
	Kazán-2: 5,6 MW	$A_{K2}$	$m^2$	195
	Kazán-3: 2 MW	$A_{K3}$	$m^2$	66,48
Egy kazán átlagos fajlagos hőterhelése	$q_{K1} = Q_{K1}/A_{K1}; 1 \text{ kW} = 860 \text{ kcal/h}$	$q_{K1}$	$kW/m^2$	38,8
			$kcal/m^2, h$	33398
		$q_{K2}$	$kW/m^2$	29
			$kcal/m^2, h$	24697
		$q_{K2,3}$	$kW/m^2$	30
			$kcal/m^2, h$	25872
Egy kazán összes víztérfogata (gőztér nincs)	Kazán-1: 4 MW	$V_{K1}$	$m^3$	6,64
	Kazán-2: 5,6 MW	$V_{K2}$	$m^3$	17,295
	Kazán-3: 2 MW	$V_{K3}$	$m^3$	5,1
Keringtetett (recirkulált) vízmennyiség		$R_{MIN}$	t/h	120,0
		$R_{MAX}$	t/h	260,0
A tágulási tartály(ok) szükséges térfogata ( $15^{\circ}C$ -ról $105^{\circ}C$ -ra fűtésnél)	$V_{TT} = V_{TT1} + V_{TT2}$	$V_{TT}$	$m^3$	12,0

PÉLDA Kft.-FVHR: FONTOS IDŐ TARTAMOK				
A hőszolgáltató rendszer víztömege	A 3 kazán összes víztömege, az előremenő és visszatérő gerincvezetékek, a hőfogyasztók és összekötő vezeték víztömege és + 5% tágulási tömeg (TT1 és TT2-ben)	$V_R$	$m^3$	240,0
Keringtetett tömegáram (átlagos)	Előremenő (és visszatérő) FV	R	$m^3/h$	120-260
Ciklus idő (egy körülfordulás átlagos ideje)	$t_c = V_R/R, R_{\bar{U}} = 90 \text{ m}^3/h$	$t_c$	óra	2,67
			perc	160,0
Fajlagos vízvesztés 2020-ban	Zárt a rendszer ha $p_V < a V_R 5\%$ -ánál/ÉV	$p_V$	t/ÉV	76,000
			t/HÓ	6,333
A szennyezőanyag rendszerben tartózkodási ideje a 2020-as pótvízfelhasználás esetén	$t_{sz} = V_R/p_V$	$t_{sz}$	ÉV	3,2
			HÓ	37,89
A szennyező anyag konc. felezési ideje (HTI)	$HTI = 0,693 * V_R/p_V$	HTI	h	75,60
			nap	3,15
Befertőződés esetén	<b>Csak az azonnali ürítés és újratöltés segít!</b>		$\ddot{O}K < 0,02 \text{ mmol/L}$ lágývízzel	
Lágý-vizes lehígítás (Az RO és UL maximális teljesítményével üzemelve)	A lágývíz maximális folyamatos teljesítménye szennyezőanyag bejutását kell mindenképpen megakadályozni	$Q_{LV}$	t/h	2,2
		HTI	h	75,6
A lágývíztároló (LVT) tartály térfogata		$V_{LVT}$	$m^3$	3
A KPT (üzemi vízszinthez tartozó) térfoga	NEM ÜZEMEL	$V_{KPT}$	$m^3$	10
A lágývíz tartózkodási ideje a LVT és KPT-ben		$t_{LV}$	h	1,4

A hő termelők és hő fogyasztók vízforgalma között előálló aktuális különbségek kiegyenlítésére szolgál a köztük lévő Hidro - Váltó (HV) oszlop.

2

C) A metallurgia és a javasolt vízkémia összehangolása

**A pótvíz-előkészítés**

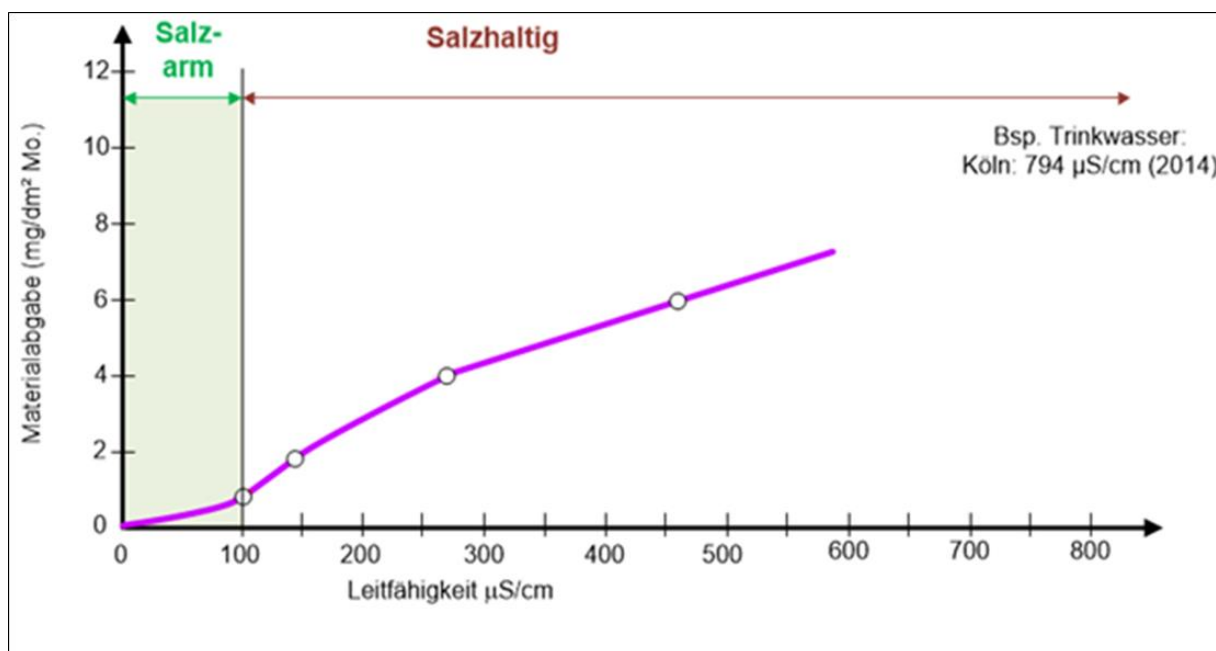
A pótvíz-előkészítés technológiai folyamata: kútvíz klórozás, vasmentesítés, egy lépcsős RO elősótalanítás, Na ioncserélős utólagytítás (UL), membrán kontaktoros (MC) gáztalanítás.

Pótvízminőség: FEV <30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ÖK = 0,0 °nk, oldott oxigén < 100  $\mu\text{g}/\text{l}$ .

A vízzel nedvesített felületek szinte 100 %-ban szénacél szerkezeti anyagára való tekintettel, az alábbi vízkémiai célértékek javasolhatók:

**A rendszer víz fajlagos elektromos vezetőképessége (FEV)**

A legjobb lenne, ha a keringtetett rendszer vízben a FEV értéke a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  érték alatt lenne. Ezt az RO elősótalanító és az UL szakszerű üzemeltetésével tulajdonképpen meg is meg is lehetne valósítani. A kis FEV-gel történő üzemelés javuló korróziós állapotot eredményez (VDI-2035/2. lap).



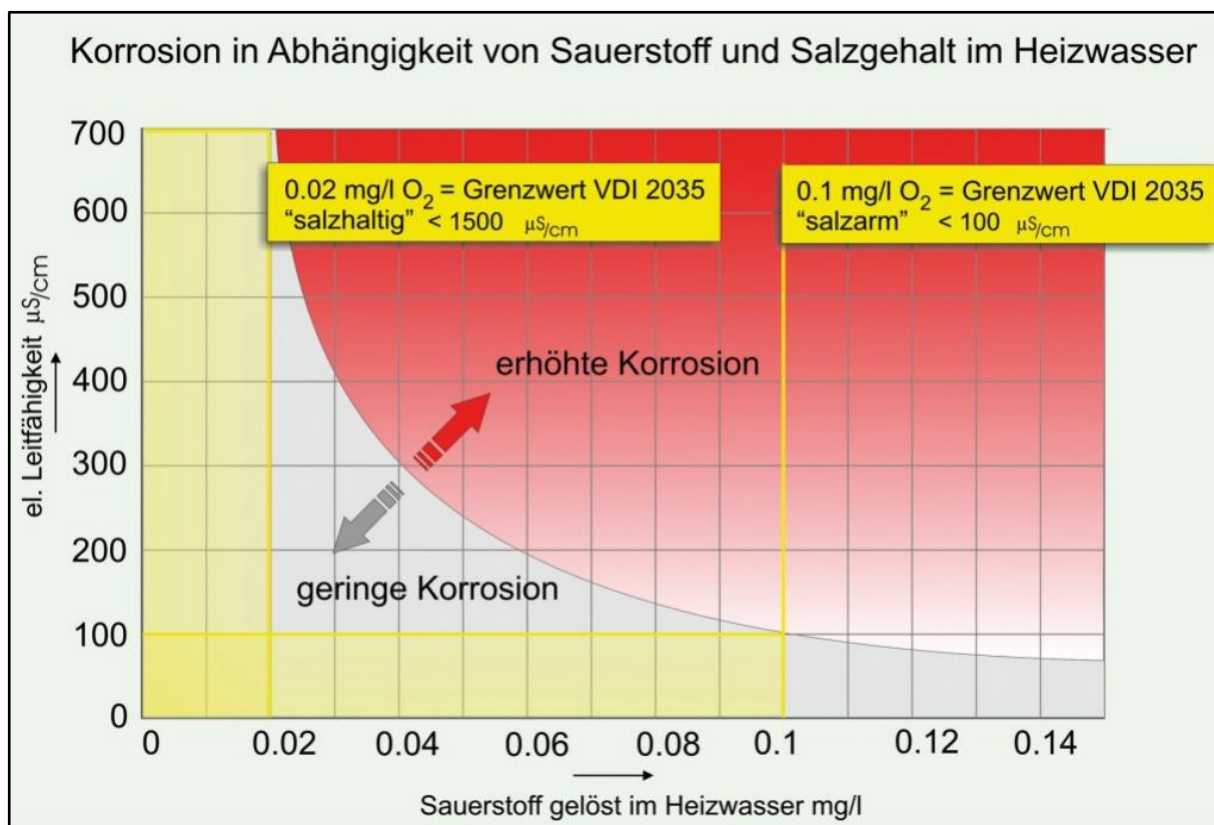
A sószegény működés (alacsony vezetőképesség, FEV < 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) előnye jól látható az ábrán. A vezetőképesség nagymértékben meghatározza a korrózió sebességét. A 470  $\mu\text{S}/\text{cm}$ -es víz például 6-szor nagyobb korróziós sebességet eredményez, mint a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ -es víz.

*Házi célértékként a FŐTÁV hazai lágyvízes FVHR-ire vonatkozó FEV<500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  értéket állítottuk be.*

*Törekedni kell arra, hogy a FVHR rendszervízének FEV-e lehetőleg a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  érték alatt legyen.*

### Az Oldott oxigén: $\text{O}_2$

Ennek a vízüzemnek másik nagy előnye az, hogy a rendszer víz javasolt oldott oxigén koncentrációja relatív nagy lehetne:  $\text{O}_2 < 100 \mu\text{g}/\text{l}$ , amint ezt az ábra mutatja (VDI -2035/2. Lap).



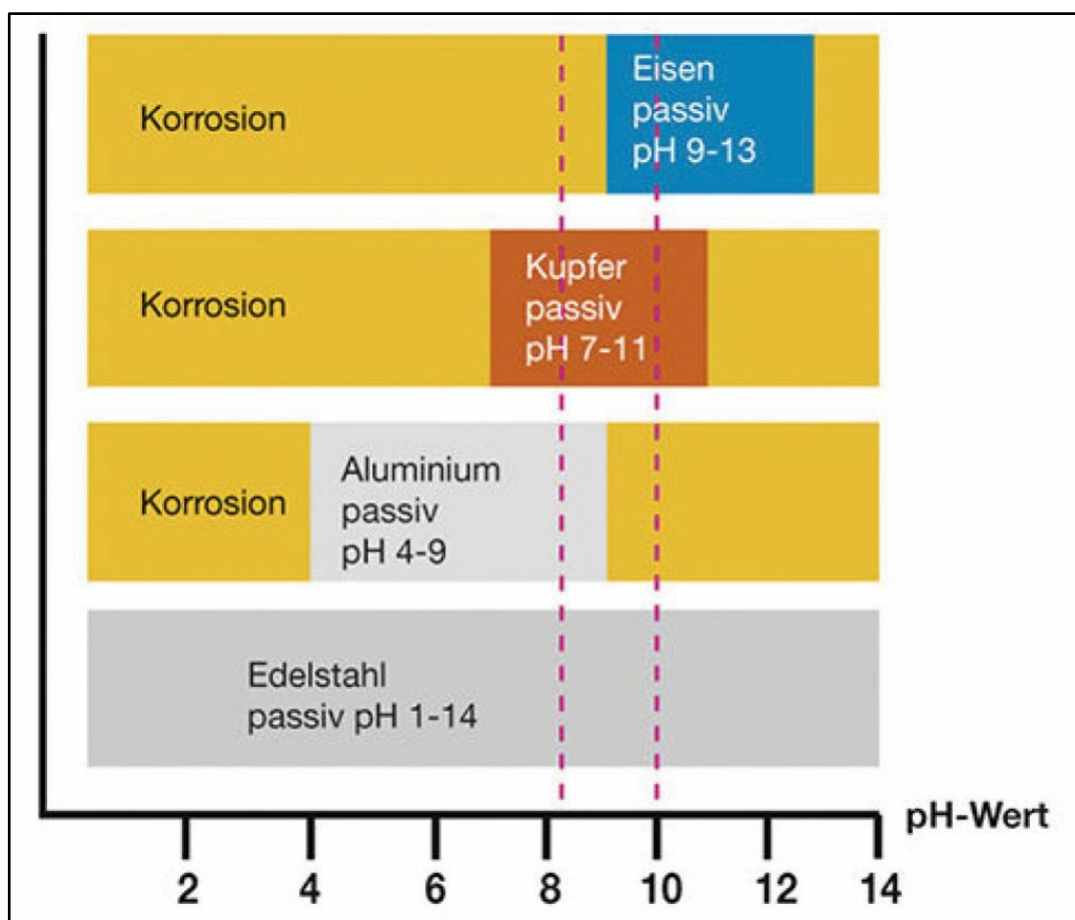
A FVHR-ben a keringtetett sótartalmú vízre a VdTÜV által javasolt igen kis oldott  $\text{O}_2 < 20 \mu\text{g}/\text{l}$ -es célérték nyitott tágulási tartállyal és részáramos termikus gáztalanító nélküli üzemeltetés esetén általában nem teljesíthető.

*Ezért a házi előírásban az  $\text{O}_2 < 100 \mu\text{g}/\text{l}$ -es célértéket javasoltuk.*

*Törekedni kell arra, hogy a rendszer víz oldott oxigéntartalma a lehető legalacsonyabb legyen, ha a FEV > 100 µS/cm, és az oldott oxigéntartalom legfeljebb 100 µg/l legyen, ha a FEV ≤ 100 µS/cm.*

### A pH

Tekintettel arra, hogy a példa szerinti FVHR szinte 100 %-ban szénacél szerkezeti elemeket tartalmaz, javasolható, hogy a rendszervíz lúgossága az  $\text{OH}^- = 2\text{p-m} = 0,5 - 1$  mekv/l értékre legyen beállítva. Ebben az esetben a pH értéke a pH ≈ 10 érték körül fog mozogni, ami a szénacél korróziójának passzív pH tartományába esik (VDI-2035/2. Lap)



*Az előzőekben ismertetett helyi körülmények figyelembevételével házi célértékként pH = 9 – 10,5 értéket állítottunk be.*

*D) A termo-hidraulikai feladatok:*

A HV tetejéből heti rendszerességgel manuális légtelenítést hajtanak végre a nem kondenzálódó gázok (pl. az oldott oxigén, nitrogén, széndioxid és/vagy ammónia) eltávolítása céljából.

Szükség esetén rendszervíz iszapolása történhet a visszatérő osztóból még a HV ba belépés előttről.

A visszatérő gerincbe egy 10 m<sup>3</sup>/h teljesítményű részáramos vasiszap szűrőt építettek be, a szuszpendált vas (magnetit és hematit részecskék) folyamatos kiszűrésére. Ezzel a teljesítménnyel a FVHR teljes víztömegét egy nap alatt szűrik át. Egy év alatt tehát a FVHR víztömege 365-ször szűrődik át a szűrőn keresztül. A mágnesezhető magnetit részecskéket főleg az első lépcsőben alkalmazott permanens mágnes rúd gyűjti össze, míg a további részecskék kiszűrésére az 5 µm résméretű polietilén szűrőzsák szolgál. A szűrőket negyedévenként megbontják és felülvizsgálják állapotát valamint a szűrési hatékonyságát.

Az RO- val elősótlanított, utólagyított (UL) és membrán kontaktorral (MC) gáztalanított pótvizet jelenleg a 85 °C-ra fűtött TT1 és TT2 tágulási tartályokon keresztül a visszatérő osztóba adagolják már a HV után, de még a hőtermelők előtt.

***Javaslat történt az MC gáztalanított hideg pótvíz (oldott O<sub>2</sub> <100 µg/l), valamint a vegyszerek önálló és töményen történő direkt beadagolására a visszatérő gerincvezetékbe.***

***Vízkémiai szempontból ez adná a legtökéletesebb megoldást, mert így minden molekula frissen beadagolt vegyszer áthaladna az üzemelő kazánokon, mint a legértékesebb (és a legnagyobb mértékben védeni kívánt) berendezéseken. A hideg pótvíz pedig nem a tágulási tartályokban kialakuló 2 – 2,5 mg/l oldott oxigéntartalommal lépne a FVHR-be, hanem az MC gáztalanító utáni O<sub>2</sub> < 150 µg/l értékkel.***

*E) A vízkémiai feladatok: lerakódásgátlás és korrózióvédelem*

A kulcsparaméterek célértékei a FVHR keringtetett vízében:

Forró és melegvizes hőszolgáltató rendszerre vonatkozó érvényes vízminőségi szabvány előírás hazánkban jelenleg nincs. Az MSZ EN 12953-10 tartalmaz ugyan néhány ajánlást a keringtetett víz (külön a tápvíz és a kazánvíz) kulcsparamétereire, de az előírás nem komplett, nem praktikus és nincsenek meg hozzá a fontos taktikai megjegyzések. Az MSZ

EN 12952 12. rész és az MSZ EN 12953 10. rész európai szabványok néha alacsonyabb követelményeket támasztanak a FVHR vízminőséggel kapcsolatban. Ez azonban nem mentesíti a kezelőt a korrózió és lerakódásmentes üzemeltetés biztosítása (mint nemzeti követelmény) alól.

A meglévő hazai távfűtési hálózatok is eltérő módon közelítik meg a vízkezelést és a kondicionálást. A hazai nagy távfűtő művek (FŐTÁV Zrt. vagy Csepeli Hőszolgáltató Kft.) saját vízkémiai előírásrendszerük szerint üzemeltetik a forró és/vagy melegvízes hőszolgáltató rendszerüket.

Ezért a FVHR vízminősége vonatkozásában a német VdTÜV-2014 legújabb szabványelőírását vettük alapul.

A VdTÜV-2014 megjegyzése: A vas értékére nincs kötelező előírás. A vas különböző formáinak értékei segédparaméterek a korróziós folyamatok értékeléséhez. Ugyanakkor táblázatában a FVHR keringtetett vizére vonatkozóan,  $\text{ÖFe} < 0,1$  mg célértéket javasol. Megjegyeznénk, hogy ilyen alacsony vastartalmat ipari létesítmények forró- illetve melegvízes cirkuláltatott rendszereiben (nyitott tágulási tartály(ok) és részáramos termikus gáztalanító nélküli üzemelés esetén) sótartalmú rendszervízben nem lehet tartani.

Angolszász irodalmazás után a CHEMTEX Ltd. USA (Water Analytics, Process & Strategies) alábbi javaslata: *Elviselhető vasszintek a zárt melegvízes hőszolgáltató rendszerekben: Ideális esetben a vasszintnek alacsonynak kell lennie: kevesebb, mint 2-3 ppm összes vasnak.*

***Fentiek figyelembevételével a házi célértéket az összes  $\text{Fe} < 1$  ppm értékben állapítottuk meg.***

Az összes vasat a minta szuszpendált vasoxid részecskéinek oldatba vitelével, a minta  $\text{pH} = 2$  savazása után félórás forralás után lehet mérni.

Az  $\text{Fe}^{+2}$  iónt a szűrt mintából közvetlenül lehet mérni. Ez az érték a friss korrózió indikátora, amit a lehető legalacsonyabb szinten célszerű tartani.

Az  $\text{Fe}^{+3}$  = az összes vasból az  $\text{Fe}^{+2}$  kivonása után kapott érték.

A három érték egybevetéséből és azok időbeli változásából lehet következtetni a FVHR korróziós állapotára/stabilitására.

Ha a FVHR rendszer vize sótartalmú lágyvíz: FEV >100 – 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$

A FVHR visszatérő melegvizére vonatkozó vízkémiai kulcsparaméterek előírásai a kazánba lépés előtt			
Paraméter	Egység	VdTÜV előírásai	
		Régi < 1996	Új - 2014
Kinézet	-	Tiszta, átlátszó, LAM.	
pH (25 °C)	-	9,5-11,5	9,0 - 10,5
FEV (25 °C)	$\mu\text{S}/\text{cm}$	< 2000	$\geq 100 - 1500$
p-érték	mekv/l	0,5 - 6	0,7 - 2
ÖK (Ca + Mg)	mmol/l	< 0,02	< 0,02
	°nk	< 0,112	< 0,112
ÖFe (Fe)	mg/l	< 0,02	< 0,1
ÖCu (Cu)	mg/l	< 0,01	< 0,01
Sulfid ( $\text{S}^{2-}$ )	mg/l	-	< 0,03
$\text{Na}_2\text{SO}_3$	mg/l	10 - 30	-
Szulfid ( $\text{SO}_3^{2-}$ )	mg/l	(6,5 - 20)	< 5
Hidrazin ( $\text{N}_2\text{H}_4$ )	mg/l	0,5 - 5	Mérgező
Phosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ )	mg/l	< 20	< 10
Oldott $\text{O}_2$	mg/l	< 0,02	< 0,02

PÉLDA Kft.-FVHR: A rendszer víz (kazánba lépés előtti) házi célértékei a VdTÜV-2014 javaslatai alapján. FEV $\geq 100 - 1500 \mu\text{S}/\text{cm}$													
Paraméter	pH	*FEV	CH	p-lúgosság	m-lúgosság	OH <sup>-</sup>	2p-m	**ÖFe	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	**Oldott O <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	ÖK
Előírás (Célérték)	9,0-10,5	< 500	4,0 - 7,0	0,5 - 6	m $\geq$ p	0,75-1,25		< 1*	< ÖFe	ÖFe-Fe <sup>2+</sup>	< 50	< 10	< 0,112

\*A FEV-re és az oldott oxigénre elfogadtuk a legnagyobb hazai távfűtőművek (FÓTÁV Zrt., CSEPELI HŐSZOLGÁLTATÓ Kft.) lágyvízes házi előírásaiban szereplő < 50  $\mu\text{g}/\text{l}$  értéket.  
\*\*A vastartalomra nincs kötelező érvényű irányelv. A három fajta vas értékei segédparaméterek a korróziós folyamatok értékeléséhez.

Lerakódás és vízkőképződés megakadályozására szerves polifoszfát és szerves polimer keveréket adagolnak automatikusan, **pótvíz mennyiség arányosan**, 3,5/1 mekv/mekv Na/PO<sub>4</sub> aránnyal a pótvízbe még a MC előtt. Az adagolást úgy kell irányítani, hogy a FVHR





rendszer víz  $\text{PO}_4$  tartalma max. 10 mg/l legyen. A foszfát-polimer adagolási pontját célszerű lenne áthelyezni és a vegyszert töményen és direktben, folyamatosan, pótvíz mennyiség arányosan a visszatérő osztóba adagolni.

Oxigénkötésre, de főleg a vízzel nedvesített szénacél felületek passziválására karbohidrazidot (CH) adagolnak. A tömény vegyszert direktben adják be a visszatérő gerincvezetékbe a HV után, de még a hőtermelőbe belépés előtt. A folyamatos adagolást úgy irányítják, hogy a visszatérő rendszer víz CH koncentrációja (2 – 5 mg/l hidrazinnal egyenértékű) 3 – 7 mg/l legyen, természetesen a beadagolási pont előtti mintából.

A pH tartására és kíméletes, kismértékű emelésére lehetőség van az egy komponensű CH helyett egy többkomponensű, multifunkcionális, CH-t és szerves, illó semlegesítő aminokat is tartalmazó vegyszer keverék tömény adagolására is.

Szilárd lúgosításra lehetőség van foszfát és/vagy NaOH-t tartalmazó vegyszer (keverék) adagolására is, de csak akkor, ha a keringtetett víz pH-ja a multifunkcionális (CH + illó semlegesítő aminok) adagolása és a  $\text{PO}_4 > 10$  mg/l koncentrációja ellenére a pH  $< 9$  alá csökkenne ( $\text{OH}^- = 2p - m < 0$  eset).

## 2) A 2023 októberi pótvízfogyasztás

2023 március 1-től bevezetésre került a FVHR kismértékű, de heti rendszerességgel történő iszapolása a visszatérő osztóból. Célértékként az 1 m<sup>3</sup>/hét (4 m<sup>3</sup>/hó) lett előírva. A féléves pótvízfogyasztás 18 m<sup>3</sup> volt, ennek átlaga pedig 3 m<sup>3</sup>/hó. Ugyanakkor a májusi és júniusi pótvízfogyasztást már sikerült a célértékként megjelölt 4 m<sup>3</sup>/hó értékre beállítani.

Az ideális helyzet az lenne, ha a FVHR vízvesztése az 1 m<sup>3</sup>/hó = 12 m<sup>3</sup>/év érték alatt maradna (A rendszer térfogat 5%-a évente). Ez még az év elején rendben is volt, januárban és februárban gyakorlatilag 0 m<sup>3</sup>/hó volt a pótvízfogyasztás.

Ekkor, március elsején elhatároztuk, hogy egy 4 m<sup>3</sup>/hó átlagos iszapolással csökkentjük a következetesen magas FEV és  $\text{PO}_4$  értékeket. Így a márciusi pótvízfogyasztás 3 m<sup>3</sup>/hó, az áprilisi 7 m<sup>3</sup>/hó, a májusi és júniusi 4 – 4 m<sup>3</sup>/hó volt. Ez az első félévben átlagosan 3 m<sup>3</sup>/hó iszapolást jelentett, ami nagyon jónak mondható.

Júliusban (szabadságos időszak) rendszervíz elszivárgás jelentkezett, mert 9 m<sup>3</sup>/júl, 14 m<sup>3</sup>/aug, 19 m<sup>3</sup>/szept, és 50 m<sup>3</sup>/okt 26-ig, tehát folyamatosan nőtt a pótvízvesztés.

A göngyölt veszteség szept. 26-ig: 110 m<sup>3</sup> = 12,2 m<sup>3</sup>/hó átlagos értékre növekedett, de október hónapban (26-ára) már elérte az 50 m<sup>3</sup>/hó veszteséget.

**2023. október 26-ára sikerült lokalizálni a szivárgás helyét, megállapítani a hiba okát és a hibát elhárítani, azaz a távhőrendszeren fellépő szivárgás megszüntetésre került.**

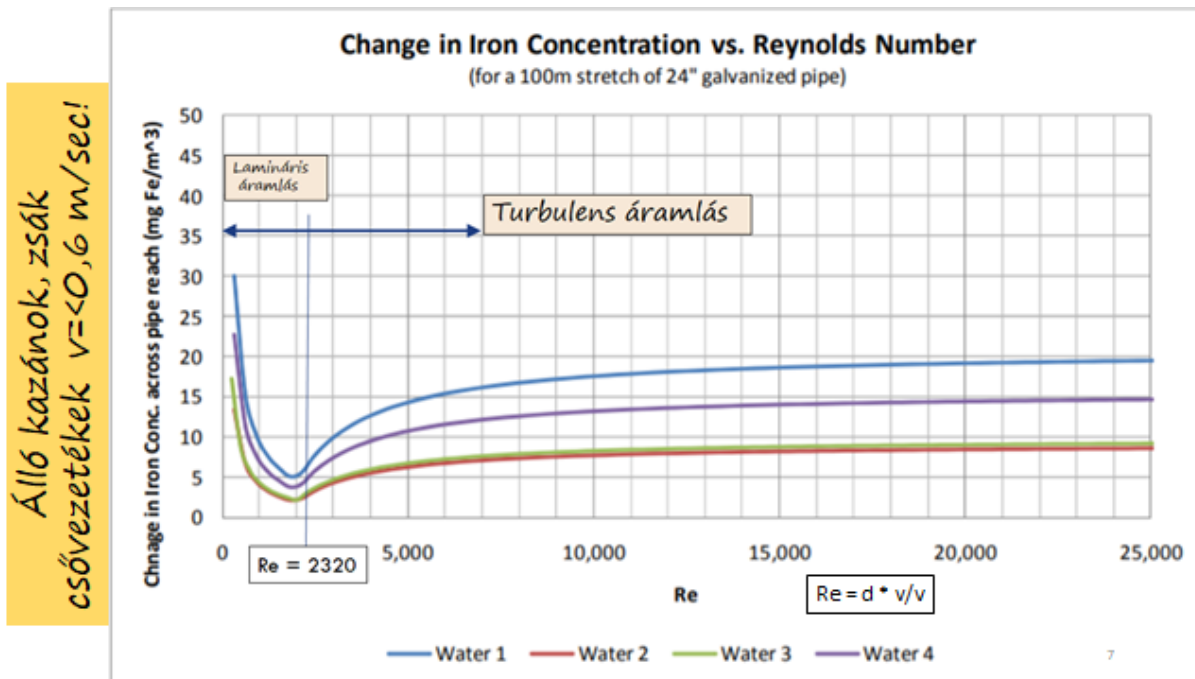
Az alábbi megállapításokat tették:

*„A következő képeken látható a javítás során kivágott csőszakasz. Megfigyelhető a cső külső felületén megjelent korrózió. Színe rozsdabarna, porózus szerkezetű. Belső oldalon egyenletes fekete magnetit bevonat, mely tömör és az alapfémeket megvédi a további oxidációtól. A külső oldalról indult korrózió következtében a cső falvastagsága lecsökkent. Ezt jól szemlélteti a deformáció mértéke, amely a csőszakaszon lévő reve letisztítása során egy kalapács ütéstől keletkezett. A korábbi tapasztalatokat a mostani eset is igazolta. Az aknák kialakításánál figyelembe kell venni, hogy az aknába leszivárgó víz korróziós hatást okoz. Különösen az aknafedél, vagy a betonfedelek között lejutó nedvesség, vagy az utak sózásából eredő sós lé okoz problémát. Kiküszöbölhető, ha az aknába való belépés szakaszán fokozottan ügyelünk a szigetelés kialakítására”*

**Javaslatok a korrózió csökkentése érdekében:**

- 1) A CH adagolást vissza kell állítani a 3 – 7 mg/l (átlag 5 mg/l) értékre.
- 2) A foszfát-polimer vegyszer keveréket még nem szükséges adagolni.
- 3) A HV tetejéből az inert gázokat rendszeresen (minden hétfőn) kézi úton alaposan légteleníteni szükséges.
- 4) Nem üzemelő vezetékszakaszokban lehetőleg tartsanak csökkentett áramlást, mert pangó vezeték szakaszokban nagymértékű korróziós károk keletkezhetnek, ahogy az ábra mutatja. Meggondolás tárgya lehet egy keringtető szivattyú üzembe helyezése.

A vas (szénacél) korróziója a sótartalmú víz áramlási sebességének függvényében:



### 3) A FVHR vízkémiai kulcsparamétereinek 2023 évi mérési eredményei

**Móttó:** Megfelelő rendszerességgel és szakszerűen végrehajtott mintavételezés és vízkémiai felülvizsgálat nélkül szinte vakon történik a hőtermelő berendezések vízdali üzemeltetése és ez mindenképpen pénzvesztéssel (üzemeltetési, valamint karbantartási költség növekedéssel) jár, ami növeli a termelt forró/meleg víz- és így a hőszolgáltatás árát, ez pedig csökkenti a vállalat nyereségét, illetve rontja a piaci versenyképességét.

Az elmúlt háromnegyed évben a FVHR keringtetett vizének kulcsparamétereinek nagyon szépen javultak, amint azt a 43 mérési sorozat statisztikai feldolgozása is mutatja.

PÉLDA-Kft.-FVHR Vízkémiai állapot vizsgálata - 2023													
BPW-FVHR	Paraméter	pH	FEV	CH	p-lúgosság	m-lúgosság	OH <sup>-</sup> 2p-m	ÖFe	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Oldott O <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	ÖK
	Előírás (célérték)	10,0-10,5	< 500	4,0 - 7,0	0,5 - 6	m ≥ p	0,75-1,25	< 1	< ÖFe	ÖFe-Fe <sup>2+</sup>	< 50	< 10	< 0,112
	Egység	-	μS/cm	mg/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mg/l	mg/l	mg/l	μg/l	mg/l	°nk
Január	2023.01.05	10,36	385,2	3,3	3,9	7,1	0,7	0,33	0,243	0,087	71	49,3	0
	2023.01.12	10,31	306,7	2,8	4,1	6,8	1,4	0,278	0,216	0,062	57	50,6	0
	2023.01.19	10,35	322,6	10,7	3,9	7	0,8	0,26	0,201	0,059	63	47,8	0
	2023.01.26	10,27	464	10,9	3,9	6,8	1	0,257	0,192	0,065	80	50,8	0
Február	2023.02.02	10,31	444,2	7,6	4,1	7,2	1	0,22	0,157	0,063	94	47,6	0
	2023.02.09	10,27	465	6,0	3,9	6,9	0,9	0,26	0,154	0,106	80	48,4	0
	2023.02.16	10,29	461,3	5,0	4	7,1	0,9	0,25	0,15	0,1	78	47,2	0
	2023.02.23	10,23	452	4,9	3,7	6,2	1,2	0,238	0,229	0,009	90	47	0
Március	2023.03.02	10,24	450,7	4,06	3,9	6,6	1,2	0,23	0,218	0,012	92	46,7	0
	2023.03.09	10,20	450,8	5,2	3,7	6,5	0,9	0,354	0,239	0,115	82	43,9	0
	2023.03.16	10,26	447,8	4,6	3,9	7	0,8	0,235	0,226	0,009	86	42,8	0
	2023.03.23	10,22	446,5	4,9	4	6,8	1,2	0,295	0,201	0,094	80	46,2	0
	2023.03.30	10,25	445,8	4,9	3,8	6,7	0,9	0,31	0,215	0,095	83	44,2	0
Április	2023.04.06	10,23	444,9	5,7	3,7	6,7	0,7	0,324	0,127	0,197	74	44,6	0
	2023.04.13	10,23	438	5,02	3,7	6,3	1,1	0,236	0,227	0,009	95	43,4	0
	2023.04.20	10,18	432,5	4,8	3,6	6,3	0,9	0,365	0,32	0,045	61	44,5	0
	2023.04.27	10,21	434,6	4,96	3,9	6,8	1	0,324	0,307	0,017	78	43,9	0
Május	2023.05.04	10,18	427	5,16	3,5	6,1	0,9	0,245	0,24	0,005	75	41,7	0
	2023.05.11	10,19	425,7	5,03	3,8	6,7	0,9	0,238	0,23	0,008	80	40,8	0
	2023.05.18	10,18	414,4	5,13	3,3	6,1	0,5	0,344	0,255	0,089	70	39,1	0
	2023.05.25	10,17	417	5,29	3,3	6,2	0,4	0,278	0,144	0,134	89	41	0
Június	2023.06.01	10,21	417,6	5,5	3,4	6,3	0,5	0,249	0,163	0,086	74	41,8	0
	2023.06.08	10,23	418,2	5,67	3,6	6,5	0,7	0,251	0,156	0,095	78	41,5	0
	2023.06.15	10,17	413,4	5,55	3,4	6,1	0,7	0,287	0,272	0,015	55	41,2	0
	2023.06.22	10,13	406,1	7,2	3,2	6,1	0,3	0,227	0,246	0,081	64	40,6	0
	2023.06.29	10,12	408,4	5,66	3,3	6,3	0,3	0,321	0,229	0,092	70	38,2	0
Július	2023.07.06	10,14	410,6	5,57	3,5	6,4	0,6	0,284	0,253	0,031	72	37,6	0
	2023.07.13	10,05	404,6	5,719	3,1	6	0,2	0,219	0,16	0,089	79	37,8	0
	2023.07.20	10,07	403,8	5,75	3,2	6,1	0,3	0,243	0,225	0,018	75	37,4	0
	2023.07.27	10,09	405,4	5,72	3,3	6,2	0,4	0,264	0,231	0,033	73	37,1	0
Augusztus	2023.08.04	10,00	388,2	5,66	2,9	5,6	0,2	0,244	0,15	0,094	72	32,9	0
	2023.08.10	10,00	386,7	5,32	2,9	5,6	0,2	0,247	0,134	0,113	67	33,6	0
	2023.08.17	10,02	388,4	5,47	3	5,7	0,3	0,25	0,147	0,103	71	32,8	0
	2023.08.24	9,98	366,5	5,29	2,7	5,2	0,2	0,289	0,276	0,013	78	32,6	0
	2023.08.31	9,97	372	5,32	2,7	5,3	0,1	0,306	0,234	0,072	85	33,1	0
Szept.	2023.09.07	9,95	367,2	4,81	2,6	5,1	0,1	0,459	0,415	0,044	82	32,8	0
	2023.09.14	9,99	369,3	5,21	2,8	5,3	0,3	0,427	0,403	0,024	84	32,5	0
	2023.09.21	9,95	354,5	4,635	2,5	4,8	0,2	0,245	0,18	0,065	94	30,3	0
	2023.09.28	9,95	345,4	3,32	2,7	5,1	0,3	0,183	0,115	0,068	90	26,9	0
	2023.10.05	9,88	327,8	2,28	2,2	4,2	0,2	0,16	0,07	0,09	98	26,69	0
Október	2023.10.09	9,78	338,2	4,57	A GWC-2100 adagoló szivattyú cseréje 6-án pénteken. Az adagolás megemelve 100 ml/h értékre.								
	2023.10.10	9,82	335,7	6,5	A szeptemberi vízvesztésig 19 m <sup>3</sup> /Hó. A CH célérték a nagy vízvesztésig miatt: 3 - 5 (átlag 4) mg/l.								
	2023.10.12	9,83	327,2	7,43	2,4	4,5	0,3	0,25	0,148	0,102	98	26,3	0
	2023.10.19	9,88	330,5		2,3	4,5	0,1	0,23	0,13	0,1	72	26,5	0
	2023.10.26	9,75	268,3	9,1	1,8	3,5	0,1	0,273	0,182	0,091	76	20,1	0
<b>MÉRÉSEK SZÁMA</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>44</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>43</b>
<b>ÁTLAG</b>	<b>10,11</b>	<b>398,46</b>	<b>5,53</b>	<b>3,33</b>	<b>6,05</b>	<b>0,60</b>	<b>0,27</b>	<b>0,21</b>	<b>0,07</b>	<b>78,26</b>	<b>39,34</b>	<b>0,00</b>	
<b>MEDIÁN</b>	<b>10,17</b>	<b>408,40</b>	<b>5,29</b>	<b>3,40</b>	<b>6,20</b>	<b>0,60</b>	<b>0,26</b>	<b>0,22</b>	<b>0,07</b>	<b>78,00</b>	<b>41,00</b>	<b>0,00</b>	
<b>MIN.</b>	<b>9,75</b>	<b>268,30</b>	<b>2,28</b>	<b>1,80</b>	<b>3,50</b>	<b>0,10</b>	<b>0,16</b>	<b>0,07</b>	<b>0,01</b>	<b>55,00</b>	<b>20,10</b>	<b>0,00</b>	
<b>MAX.</b>	<b>10,36</b>	<b>465,00</b>	<b>10,90</b>	<b>4,10</b>	<b>7,20</b>	<b>1,40</b>	<b>0,46</b>	<b>0,42</b>	<b>0,20</b>	<b>98,00</b>	<b>50,80</b>	<b>0,00</b>	
<b>MODUSZ</b>	<b>10,23</b>	<b>#HIÁNYZIK</b>	<b>5,29</b>	<b>3,90</b>	<b>6,10</b>	<b>0,30</b>	<b>0,25</b>	<b>0,20</b>	<b>0,07</b>	<b>80,00</b>	<b>43,90</b>	<b>0,00</b>	

A FEV értéke a nagymértékű vízvesztésig következtében (a megnövekedett pótvíz beadás hatására) jelentősen csökkent, FEV <270 μS/cm-re.

A lúgosság értéke is csökkent (a jelenlegi 0 mekv/l-re), miközben az összes vas értéke alacsony szinten (az ajánlott maximális érték 26 %-a körül) maradt.

A  $\text{Fe}^{+2}$  (ami a friss korrózió indikátora) is alacsony értéken stabilizálódott (kb. 0,22 mg/l-re).

A részáramos vasoxid szűrő hatékony munkája következtében a FVHR víz szuszpendált vasoxid tartalma dinamikusan csökkent, és alacsony értéken stabilizálódott (<0,1 mg/l).

Az oldott  $\text{O}_2$  értéke még a jelenlegi nagy pótvíz felhasználás mellett is 100  $\mu\text{g/l}$  érték alatt van.

A rendszeres leiszapolás bevezetése óta a FVHR víz  $\text{PO}_4$  tartalma is több mint 50 %-al csökkent (jelenleg kb. 20 mg/l).

#### **4) A FVHR vízkémiai állapotának jellemzése**

A FVHR stabil és jó vízkémiai állapotban üzemel.

Az utóbbi időben hozott termo-hidraulikai és vízkémiai intézkedések hatására a FVHR keringtetett vize stabil vízkémiai állapotba került, és a telepítési viszonyok figyelembevételével a vízkémiai csúcsparaméterek célértékeit az oldott oxigén és foszfáttartalom kivételével teljesen kielégíti.

A FEV értéke október hóban már  $\text{FEV} < 270 \mu\text{S/cm}$  értékre csökkent. Ez a távvezeték szakaszon lokalizált csölyukadás következtében kialakult extra nagymértékű pótvíz beadás hígító hatásának a következménye.

A CH optimális és átlagosan 5 mg/l értékének tartásában gondok mutatkoztak. A következőkben meg kell találni az adagoló szivattyú optimális adagolását a CH kb. 5 mg/l-es értékének tartásához.

A FVHR-ben az  $\text{OH}^-$  ion felesleg csökkenő tendenciát mutat, (jelenleg már csak 0 mekv/l), és a már csak mintegy 9,75-ös pH-t eredményezi.

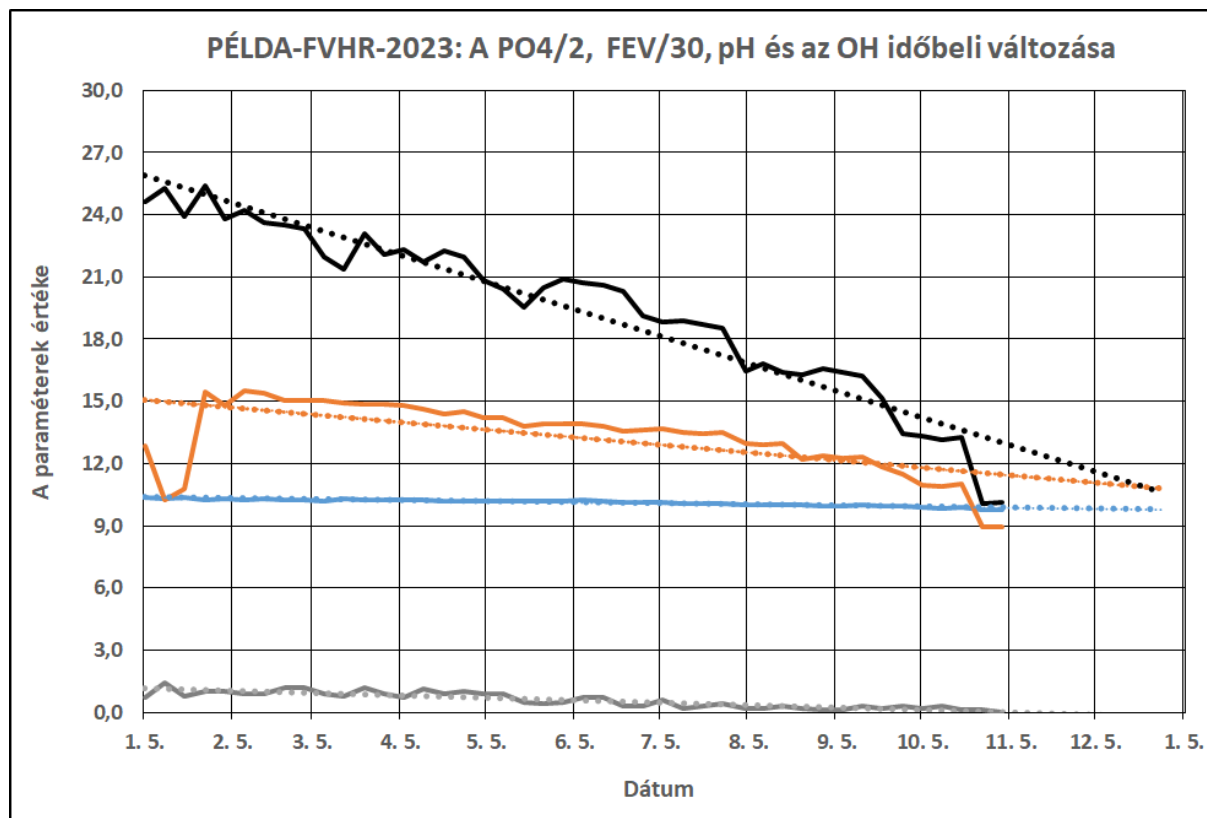
Az összes vas ( $\approx 0,26 \text{ mg/l}$ ) alacsony értéken stabilizálódott, és jóval kisebb, mint a maximális célérték (CÉ <1 mg/l). Ez azért van, mert egyrészt az  $\text{Fe}^{2+}$  értéke – a vegyszeradagolások javítása és menedzselése következtében – kis koncentrációra csökkent, másrészt a FVHR a végrehajtott termo-hidraulikai (üzemviteli) intézkedések hatására nagymértékben kitisztult a vasoxidos szuszpendált szennyeződésektől.

A vasoxid iszap szűrő is jól gyűjti össze a főleg magnetit (mágnesezhető) vasoxid szemcséket.

Az oldott oxigén mintegy 50%-al % -al több mint a célérték, de még így is mindenképpen 100  $\mu\text{g/l}$  érték alatt van. További csökkenést csak a HV rendszeres és teljes manuális légtelenítésének következtetés végrehajtása és a pótvíz valamint a vegyszerek beadási pontjának megváltoztatása eredményeként várhatunk.

A foszfáttartalom még mindig magasabb, mint az év közepén bevezetett új célérték (<10 mg/l), ami azt jelenti, hogy a foszfáttartalmú inhibitort egyelőre nem kell adagolni.

*A PO<sub>4</sub>/2, FEV/30, pH és az OH, időbeli változása*

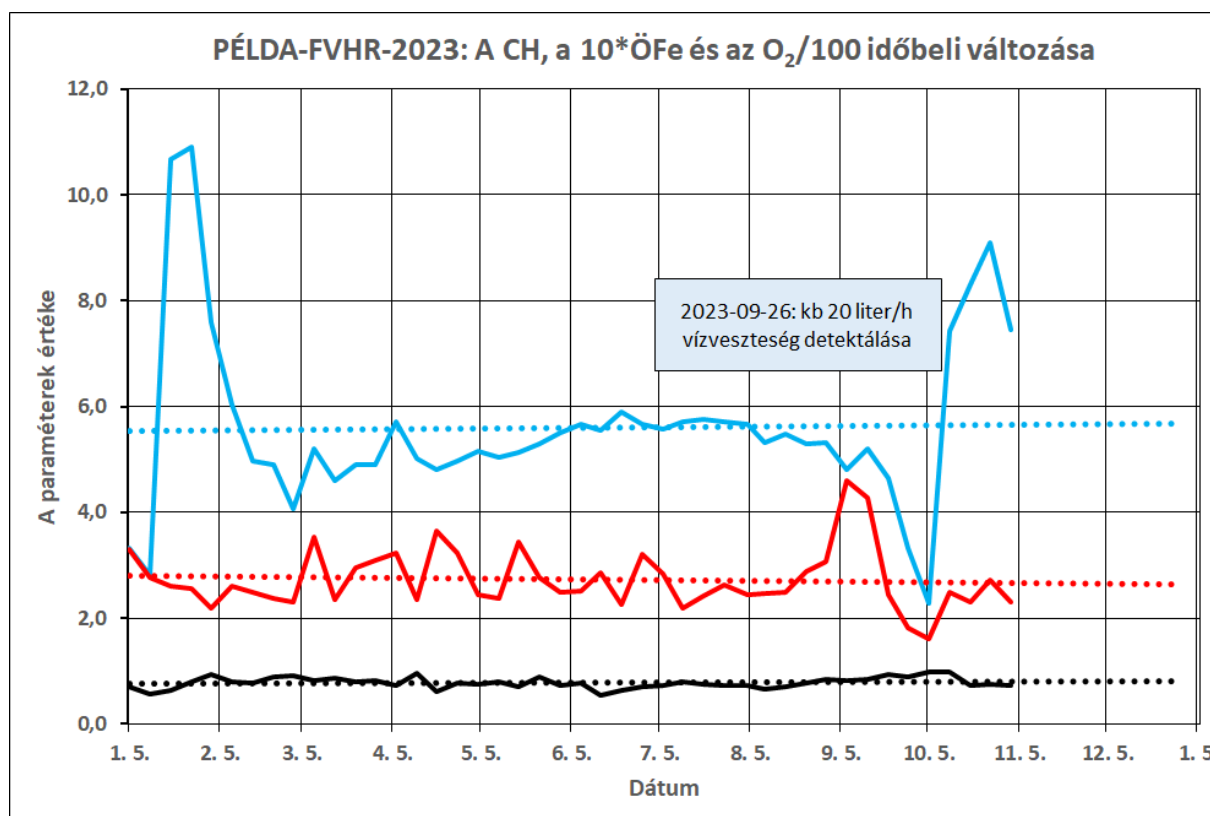


Jól látszik a visszatérő osztóból heti rendszerességgel történő leiszapolások (kb. 1 m<sup>3</sup>/ hét, ≈ 4 m<sup>3</sup>/hó) hígító hatása. Mind a PO<sub>4</sub> tartalom, mind a FEV (és a pH is) lassú csökkenő tendenciát mutat. A rendszeres leiszapolások bevezetése egy jó üzemviteli eredményt hozott.

A FEV és a PO<sub>4</sub> csökkenésének mértéke a távvezetéken kialakult lyukadás következtében szeptember 26 után jelentősen felgyorsult, hiszen a fokozódó vízvesztés nem kívánt iszapolásnak felel meg.

A lyukadás helyét október 26-ára sikerült lokalizálni, és a hibát elhárítani.

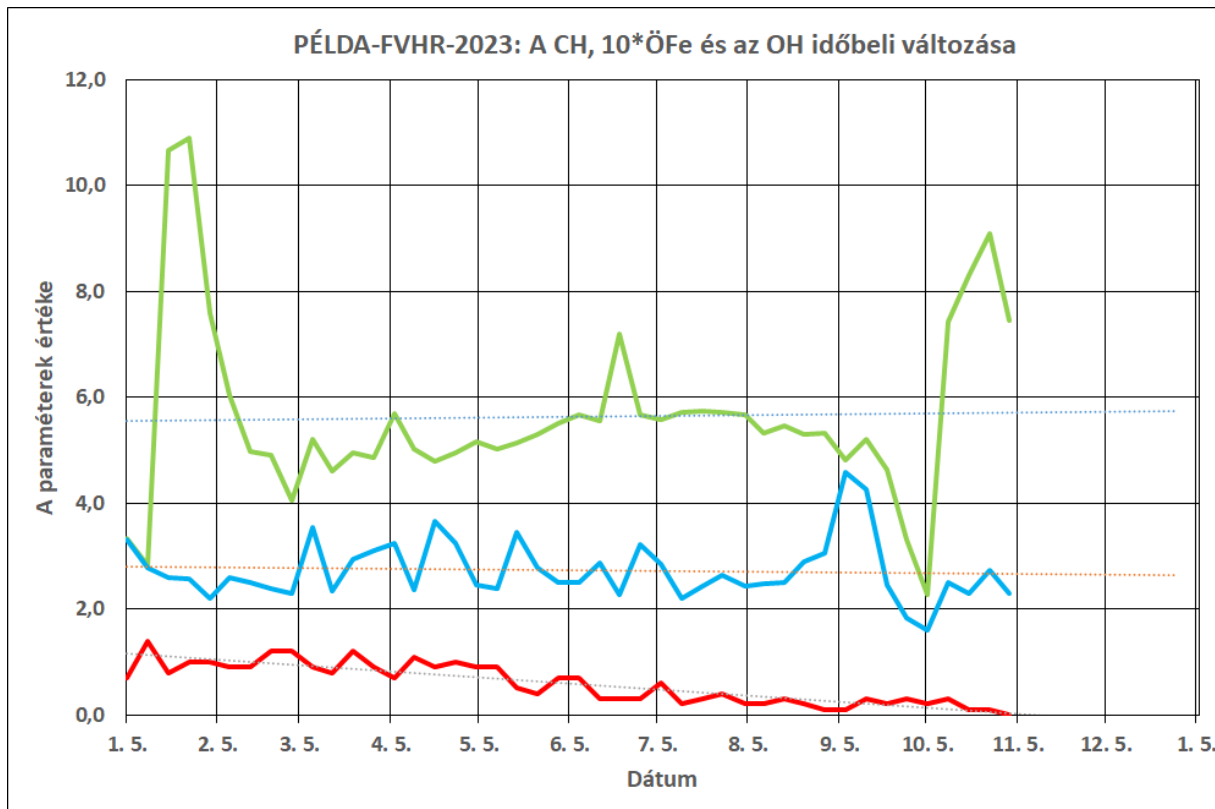
Az oldott  $O_2/100$  és a karbohidrazid (CH) időbeli változása



Az oxigéntartalom csökkentéséhez szükséges beavatkozások:

- A HV felső manuális légtelenítésének heti rendszerességgel történő végrehajtása.
- A pótvíz beadagolási helyének megváltoztatása direktben a visszatérő osztóba.
- A CH beadagolási helyének a visszatérő osztóba történő megváltoztatása.
- A GWC-2242 beadagolási helyének a visszatérő osztóba történő megváltoztatása.  
(Jelenleg nem szükséges üzemeltetni).

A CH, a 10\*ÖFe és az OH időbeli változása



Az összes vas értéke stagnáló tendenciát mutat, amit azonban a távvezetéken előálló lukadás következtében bekövetkező drasztikus vízvesztés (leiszapolás) megzavart.

A csökkenő OH koncentráció ellenére az összes vas értéke csak 26% -a a javasolt célértéknek ( $CE < 1 \text{ mg/l}$ )

### 5) A Részáramos vasiszap szűrő ellenőrzése

2022 elején egy 10 m<sup>3</sup>/h teljesítményű részáramos vasiszap szűrő berendezést építettek be és elkezdték a FVHR víztömegének folyamatos átszűrését.

A részáramos szűrő kémiai technológiai adatai a következők:

FVHR jellemzők				Részáramos szűrő jellemzők			
Térfogat	Keringtetés (jelenlegi üzem)	A víz egy körülfordulási ideje	Ciklusok száma	Szűrési telj.	V <sub>SZ</sub>		m <sup>3</sup> /nap
V <sub>R</sub>	Q <sub>R</sub>	t <sub>Ciklus</sub>	n <sub>C</sub>	Q <sub>SZ</sub>	Szűrt térf./cikl.	Egy ciklus % szűrt/összes	
m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /h	h/ciklus	Ciklus/nap	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /ciklus		
240	90	2,67	9,00	10	26,67	11,11	240



A részáramos szűrő minden ciklusban (a rendszervíz egy körülfordulása alatt) átszűr  $10 \text{ m}^3/\text{h} * 2,67 \text{ h}/\text{ciklus} = 26,67 \text{ m}^3/\text{ciklus}$  vizet. Ez a víz a következő ciklust már kisebb koncentrációval kezdi, és így tovább. Statisztikailag a részáramos szűrőn egy nap alatt átmegy a  $9 * 26,67 =$  a teljes  $240 \text{ m}^3$  rendszervíz térfogatnak megfelelő víz.

Ezen az sem változtat, ha a keringtetés más lesz, ez csak a rendszer teljes víztömegének és a részáramos szűrő szűrési teljesítményének a függvénye. Ezek aránya ebben a példában szerencsésen  $240/10 = 24 \text{ h}$ , azaz a szűrő egy nap alatt dolgozza fel a teljes víztömeget, de azt 9 ciklusban teszi meg naponta. Ha nem érkezik újabb beszennyeződés, akkor a szűrő egyre csökkenő koncentrációjú szűrletet produkál.

Ha teljes áramú szűrő lenne, azaz  $90 \text{ m}^3/\text{h}$ -s, akkor annak a rendszer ciklusidejéig (2,67 órán keresztül) kellene ahhoz üzemelni, hogy a teljes  $240 \text{ m}^3$  víztömeg átmenjen rajta. Ha előbb leállítanánk, akkor maradna még a rendszerben nem átszűrt, szűrletlen víz.

Ez az ipari rendszer egy kombinált rendszer, nem ideális csőreaktor, de nem is egy ideális kevert tartalmú tank. A szűrő által megtisztított első ciklus víz mögött már mégsem az eredeti kezdeti koncentráció van, mert az első ciklus tisztított szűrlete belekeveredett a három kazán összesen  $30 \text{ m}^3$  (kevert tartalmú tank) vízterébe, (ha mind a három kazánon van átáramlás!).

A második ciklus vize az elsőhöz képest innen egy relatív nagy kezdeti exponenciális koncentráció csökkenéssel kerül tovább, és az lesz a második ciklus állandó koncentrációja a csőreaktorban (csővezetékekben állandó koncentrációjú dugószerű áramlás van) a szűrő előtt.

Azért ez jó, mert a nap végére a kazánokban tárolt víztömegben is valamekkora koncentráció csökkenés áll elő. És ez csak egy nap a 365-ből. Minden új napon egyre kisebb (exponenciálisan csökkenő) koncentráció különbséget lehet a kazánok vízterében realizálni.

Ez azért is fontos, mert a rendszer vízzel borított felületei közül a három kazán (Fűtőfelületek összessége:  $365 \text{ m}^2$ ) üzemel a legnagyobb hőátadási-hidraulikai és vízkémiai sokk alatt, hiszen csak ezek a felületek vannak direktben fűtve és egy részüknek ráadásul a legagresszívebb ún. sugárzó hőátadást kell, hogy üzemszerűen elviseljék. és ezek a legértékesebb berendezések, amit a vízkémiának meg kell védenie.

A hőtermelő és hőfogyasztó oldal felületeinek jellemzőire és a korrózió szempontjából fennálló különbözőségekre utal az alábbi táblázat:

Példa Kft. - A FVHR hőtermelő és hőfogyasztó oldali szénacél felületek jellemzői (becslés)										
A FVHR térfogata	A kazánok adatai		A távvezetékek adatai: $Q_{MIN} = 90 \text{ m}^3/\text{h}; Q_{MAX}=260 \text{ m}^3/\text{h}$				A távvezetékek jellemzői			Felület arány
	A 3db kazán fűtő felülete	A 3 db. kazán víztérfogata	A távvezeték összes víz térfogata	A távvezeték átlagos átmérője	A cső kereszt metszete	Áramlási sebesség	A távvezeték hossza	A távvezeték kerülete	A távvezeték felülete	
$V_R$	$F_K$	$V_K$	$V_{CSŐ}$	$d_{CSŐ}$	$A_{CSŐ}$	$v_{MIN}/v_{MAX}$	L	$K_{CSŐ}$	$F_{CSŐ}$	$F_{CSŐ}/F_K$
$\text{m}^3$	$\text{m}^2$	$\text{m}^3$	$\text{m}^3$	m	$\text{m}^2$	m/sec	m	m	$\text{m}^2$	$\text{m}^2/\text{m}^2$
240	365	30	210	0,2	0,0314	0,8/2,3	6687,9	0,628	4200	11,51
240	365	30	210	0,25	0,049063	0,51/1,47	4280,3	0,785	3360	9,21
A kazánok fűtőfelületei direkt fűtésűek, sőt a gázégők környezetében az igen agresszív sugárzó hőátadás uralkodik. Ezért ezeknek a felületeknek korróziós megfelelőségét kiemelten kell kezelni.			Az előremenő forróvíz és visszatérő melegvíz vezeték felületeinek termikus terhelése a kazánok fűtőfelületeinek terheléséhez képest jóval kisebb, azokban (direkt fűtés nincs), csak a kisebb stresszt adó és kiméletebb konvekciós és kondukciós hőátadás fordul elő. A távvezeték rendszer felülete viszont az uralkodó csőátmérő függvényében akár 10 - 12 szeresen is meghaladhatja a kazánok összes fűtőfelületét. Ez a nagy és vízzel nedvesített szénacél felület nem megfelelő vízkémiai állapot esetén jelentős mennyiségű korróziós termékét produkálhat, ami viszont a visszatérő melegvízzel a kazánokba hordódhat.							

Az előremenő és visszatérő távvezetékek sokkal szolidabb hőátadási és hidraulikai körülmények között üzemelnek, és így a megfelelő korróziós állapot fenntartása ezekben egy könnyebb feladat.

A megfelelő korróziós/vízkémiai állapot fenntartása nem egyszerű a nem üzemelő kazánoknál, amiben álló-stagnáló víz van, Ezért azokat rendszeresen át kell mosatni, és ilyenkor megint lehetőség van a szuszpendált vas részleges eltávolítására, amivel csökkentjük a vasoxidok kazán fűtőfelületre való lerakódási tendenciáját a kazánok üzemi ideje alatt.

A részáramos vasiszap szűrőt rendszeresen ki kell nyitni és felül kell vizsgálni, különösen a PE szűrőzsák mechanikai állapotát szükséges ellenőrizni és azt szükség szerint ki kell cserélni.

A részáramos vasiszap-szűrő újabb negyedéves üzemeltetés után 2023 szeptember 13-án ismételt felülvizsgálatra került. Az alábbiakat rögzítették:

*A mágnesen kis mennyiségű fekete iszapszerű lerakódás volt, melyet könnyen el lehetett távolítani. (mágnesezhető magnetit -  $Fe_3O_4$  iszap)*

*A szűrőzsák állapota kifogástalan, kopásnyomot nem lehetett látni, csak enyhe mértékben volt eltömődve.*

*Tekintettel, hogy a szűrőben csak ilyen kevés szennyeződés volt, a tisztítási ciklust felemelték 13 hétről 23 hétre. Közben ellenőriztetni fogják, nehogy a szűrőzsák mechanikai sérülést szenvedjen. (negyedéves helyett féléves felülvizsgálati idő bevezetése!).*

*A mágnesrúdról és szűrőzsákról készült fényképek az alábbiak:*



A vasizap szűrő részáramban,  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  teljesítménnyel folyamatosan üzemel, ami azt jelenti, hogy a FVHR  $240 \text{ m}^3$  teljes víztérfogatát, naponta egyszer szűri át. Egy év alatt tehát 365-ször szűri át a FVHR teljes víztömegét.

A szűrő üzembe helyezése után viszonylag hamar mutatkozott meg a dokumentált és jónak mondható eredmény.

## 6) Költségsökkentés

A rendszeres vízkémiai méréseknek, valamint az időben és szakszerűen megtett létesítmény fenntartási (termo-hidraulikai) intézkedéseknek legfontosabb hozadéka az üzemeltetési és karbantartása költségeiben mutatkozó megtakarítások.

Budapest, 2023 október hó

Hilt László

okl. gépészmérnök

Gadóczy Gábor

okl. gépészmérnök