

# Ipari kazántelemek tápvíz-előkészítésének rendszerelvű vizsgálata

Hilt László

okleveles energetikai szakmérnök

## 1. Bevezetés

Az energiahordozókkal történő takarékoskodás, és hőtermelő rendszereink állóeszközvagyonának egyre fokozottabb mértékű védelme az utóbbi időben más megvilágításba helyezi a kis és közepes teljesítményű ipari kazántelemek vízkezelését.

Ezen célok megvalósítása érdekében az ipari kazántelemek vízkezelésénél is megjelentek olyan új eljárások és berendezések, amelyek telepítésére korábban végzett gazdaságossági számítások alapján nem volt lehetőség.

A környezetvédelmi erőfeszítések ugyancsak a korszerű, vegyszertakarékos vegyi, illetve a környezetkímélő fizikai elvű vízkezelők beruházásának irányába hatnak [1].

Ezek a hatások arra ösztönöznek, hogy az erőművi (ezen belül atomerőművi) vízelőkészítésnél megvalósult új eredményeket az eddigieknél gyorsabban töltsük át az ipari kazántelemek vízkezelési gyakorlatába.

Szükségesnek látszik tehát az ipari kazántelemek vízkezelésének speciális körülményeit összefoglalni azért, hogy adott konkrét esetben a választást elősegítsük.

Ebben a dolgozatban — a teljesség igénye nélkül — ehhez a munkához kívánunk néhány szempontot ismertetni.

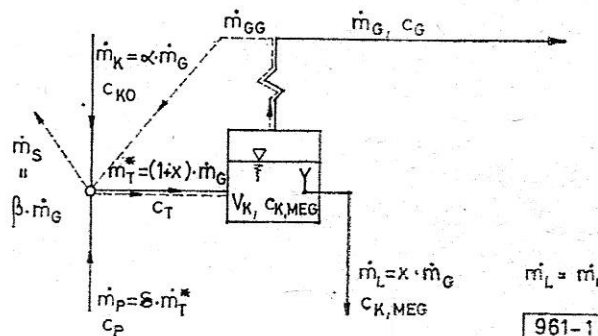
## 2. Ipari kazántelep elvi sémája

Az 1. ábrán ipari kazántelep táprendszerének vízkémiai jellemzőit tüntettük fel.

A korrózió-, lerakódás- és elszódásmentes üzemeltetés érdekében — ipari kazántelepeknél is — egyidőben és egymás mellett telepített, egymással összehangoltan üzemeltetett vízkezelő berendezésekben egy sor vízkémiai feladatot kell megoldani.

Ezek a következők:

- A póttápvíz műszakilag megfelelő és gazdaságos előkészítése
- A visszatérítő kondenzátum megfelelő tisztítása
- A vízben oldott aktív gázok (elsősorban az oxigén és szabad széndioxid) eltávolítása, azaz a tápvíz *termikus gáztalanítása*
- A tápvíz szükség szerinti vegyszeres kondicionálása (*triszó, lúg, ammónia, hidrazin, filmképző amin, poliakrilát*, illetve egyéb kondicionálószerek adagolása)



1. ábra. Ipari kazán szennyezőanyag-áram mérlege állandósult üzemben (korrózió és lerakódás = 0)

$$\dot{m}_T \cdot C_T = \dot{m}_L \cdot C_{K,MEG}$$

$$(1+x) \cdot \dot{m}_G \cdot C_T = x \cdot \dot{m}_G \cdot C_{K,MEG}$$

$$x_{MIN} = \frac{1}{\frac{C_{K,MEG}}{C_T} - 1} = \frac{\delta}{\frac{C_{K,MEG}}{C_P} - \delta}$$

$$\delta = 1 + x + \beta - \alpha = f(x) \quad \text{iteráció!}$$

$$\bar{t}_T = \frac{V_K}{\dot{m}_T} = \frac{V_K}{(1+x) \cdot \dot{m}_G}$$

$$\bar{t}_{SZ} = \frac{1+x}{x} \cdot \bar{t}_T$$

$$\bar{t}_{SZ} = \frac{V_K}{\dot{m}_L} = \frac{V_K}{x \cdot \dot{m}_G}$$

- A kazánvíz-eresztés hőhasznosításának megoldása
  - Nagyobb egységeknél *páragózhossznosítás*
  - Adott esetben a póthűtővíz előkészítése
  - A keringetett hűtővíz-áram részarámos kezelése
  - A keringetett hűtővíz-áram inhibálása a korrózió-, lerakódás- és mikrobiológiai-életmentes üzemeltetés érdekében (*sav, Cl<sub>2</sub>, foszfát* illetve *kovászav* tartalmú szerves és/vagy szervesetlen *inhibitorok*)
- Állandósult üzemben — tápvízbefecskendezés nélkül — a kazánra vonatkozó mérlegegyenletek.

Tömegárammérleg:

$$\dot{m}_T = \dot{m}_G + \dot{m}_I = \dot{m}_P + \dot{m}_K - \dot{m}_S$$

$$\dot{m}_T = (1+x) \cdot \dot{m}_G$$

$\dot{m}_T$  az ún. látszólagos tápvíz-áram, ami nem foglalja magába a gáztalanítási gőzigényt, hiszen az

a telepen belső körforgásban van és a vízkémiára nincs hatással.

*Szennyező anyagárammérleg:*

$$\dot{m}_T \cdot C_T = \dot{m}_I \cdot C_{K,MEG}$$

$$(1 + x) \cdot C_T \cdot \dot{m}_G = x \cdot C_{K,MEG} \cdot \dot{m}_G$$

A kazánvíztér folyamatos leiszapolásának mértéke, (amelyet a leginkább betöményedő káros vízkémiai jellemzőre, — mint pl. lúgosság, kova-sav vagy összes sótartalom — kell meghatározni):

$$x_{MIN} = \frac{1}{\frac{C_{K,MEG}}{C_T} - 1} = \frac{\delta}{\frac{C_{K,MEG}}{C_P} - \delta}$$

Itt  $\delta$  = a póttápvíz aránya a látszólagos tápvízben, amelynek számítása korábbi közlemény alapján [2]:

Névleges gőzteljesítmény	$\dot{m}_G$
Iszapolási áram	$+ \dot{m}_I = x \cdot \dot{m}_G$
Látszólagos tápvízáram	$\dot{m}_T = (1+x) \cdot \dot{m}_G$
Páragóz áram ( $\dot{m}_S = \beta \cdot \dot{m}_T \cong \beta \cdot \dot{m}_G$ )	$+ \dot{m}_S = \beta \cdot \dot{m}_G$
Visszatérő kondenzáram	$- \dot{m}_K = \alpha \cdot \dot{m}_G$
Póttápvízigény	$\dot{m}_P = (1+x + \beta - \alpha) \cdot \dot{m}_G$

A póttápvíz aránya a látszólagos tápvízben:

$$\delta = \frac{\dot{m}_P}{\dot{m}_T} = \frac{1+x+\beta-\alpha}{1+x} = 1 - \frac{\alpha-\beta}{1+x}$$

Mivel  $\delta = f(x)$  és  $x = f(\delta)$ , ezért a valóságos minimális kazánvízeleresztési mérték csak iterálás-sal határozható meg.

### 3. A leiszapolás vízkémiai értékelése

Ipari kazánok üzemvitelénél különbséget kell tenni:

- a folyamatos (állandó) kazánvízeleresztés
- és a szakaszos (időnkénti) kazánvízlefutás között.

A folyamatos leluózás a kazán vízszintje közeléből viszi el a káros alkotókat, hiszen itt van a legnagyobb betöményedés.

A szakaszos kazánlefutás célja a képződött lebegő szennyeződések rövid idő alatti nagy intenzitással történő eltávolítása.

A kérdés az, hogy a folyamatos leiszapolás segítségével mely esetben kerülhetők el a káros vízkémiai folyamatok (korrózió, lerakódás) a hőátadó felületeken.

A kazánba táplált tápvíz átlagos tartózkodási ideje a kazánvíztérben:

$$\bar{t}_T = \frac{V_{KAZ}}{\dot{m}_T} = \frac{V_{KAZ}}{(1+x) \cdot \dot{m}_G}$$

A szennyező anyag átlagos benntartózkodási ideje pedig:

$$\bar{t}_{SZ} = \frac{V_{KAZ}}{\dot{m}_I} = \frac{V_{KAZ}}{x \cdot \dot{m}_G}$$

A két egyenlet egybevetéséből

$$\bar{t}_{SZ} = \frac{1+x}{x} \cdot \bar{t}_T$$

Tápvízbefecskendezés nélküli ipari kazánoknál a gazdaságos leiszapolási mérték  $x \leq 0,1$  t/t, ezért

$$\bar{t}_{SZ} \cong 10 \cdot \bar{t}_T$$

Azaz ipari kazánok nagy többségében a szennyező anyag a tápvíz átlagos tartózkodási idejének tízszereséig tartózkodik (átlagosan) a kazán vízterében.

Tápvízbefecskendezéses (túlhevített gőz visszahűtésű) ipari kazánoknál a tápvíz minőségének a termelt gőz minőségével kell megegyeznie, így a fajlagos kazánvízvesztés (mintavevőn elcsorgó víz, lefúvatások vize) csupán 0,5—1%.

Ebben az esetben a szennyező anyag átlagos benntartózkodási ideje:

$$\bar{t}_{SZ} = (100-200) \cdot \bar{t}_T$$

azaz a szennyező anyag elegendően hosszú ideig fejtheti ki káros vízkémiai hatását. Ebben az esetben a leiszapolás fokozásával nem lehet eredményt elérni, csak a tápvíz-előkészítés megfelelő megválasztásával és a berendezések szakszerű üzemeltetésével.

Jellemző a vízkémiai viszonyokra a *kazánvíztér koncentráció változásának relatív sebessége*:

$$S = \frac{1}{c(t)} \cdot \frac{dc(t)}{dt} = \frac{1}{\bar{t}_{SZ}} = \frac{x \cdot \dot{m}_G}{V_{KAZ}}$$

ami tehát a szennyező anyag átlagos benntartózkodási idejének reciprokával egyezik meg.

( $S \downarrow$ ,  $\bar{t}_{SZ} \uparrow$ , *lomha rendszer*)

Nagy vízterű kazánoknál (és nagy) nagy a szennyező anyag felvevő képesség, de üzemszabari katasztrófa esetén (a kis  $S$  miatt) csak az azonnali ürítéssel kerülhetők el a káros folyamatok.

A szennyező anyagok transzportjának mértéke a folyamatos kazánleiszapolással:

$$TR(i) = \frac{C_K(i)}{C_T(i) \times B_T(Cl^-)} = \frac{C_K(i)}{C_p(i) \times B_p(Cl^-)} = \frac{B(i) \cdot 10^{-3}}{B}$$

$B_T(Cl^-)$ ,  $B_p(Cl^-)$  = A tápvíz ill. pótvíz betömnyedésének ( $Cl^-$ ,  $\mu S/cm$ ) mértéke a kazánvízben.

$i$  = A lerakódásra hajlamos ( $Fe$ ,  $SiO_2$ ,  $ÖK$ ,  $Al$ ... stb.) szennyező komponens.

$C_K(i)$  = Az  $i$  komponens mért koncentrációja a kazánvízben.

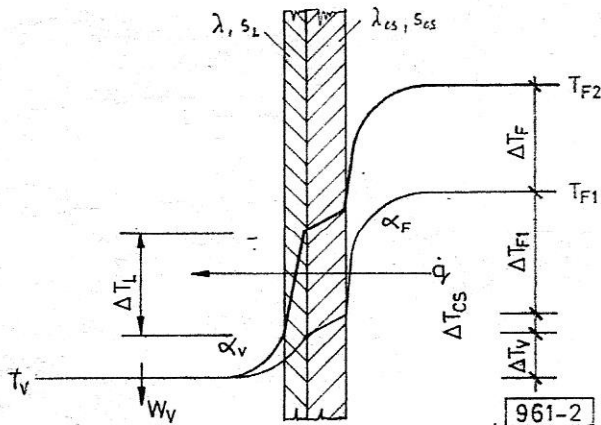
$C_T(i)$  = Az  $i$  komponens mért koncentrációja a tápvízben.

$C_p(i)$  = Az  $i$  komponens mért koncentrációja a pótvízben.

A tapasztalat szerint az ipari kazánok döntő többségénél mért transzpot mértékek:

TR (ÖK)	20—30 %
TR (Fe)	15—25 %
TR ( $SiO_2$ )	40—50 %

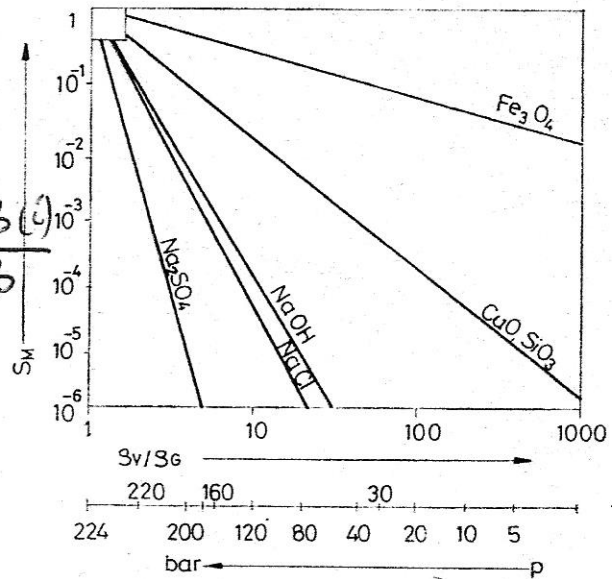
A tápvízzel kazánba került szennyeződéseknek tehát jelentős hányada  $1 - TR(i)$  a kazánok hőtáradó felületén lerakódik. A vasoxidos-kovasavas lerakódásoknak igen rossz a hővezetőképessége ( $\lambda = 0,08 - 0,23 \text{ W/m}^2 \cdot K$ , [5]) és ez a szerkezeti anyagok 2. ábra szerinti hőmérsékletemelkedését



2. ábra. A vízdali lerakódás miatti füstgáz hőmérsékletemelkedés (A hőtermelő névleges teljesítményét és nyomását tartva, nem túlméretezett fűtőfelület esetén)

$$\dot{q} = \frac{\lambda_L}{s_L} \cdot \Delta T_L; \quad \Delta T_L \approx \Delta T_F$$

$$\Delta T_F = \frac{\dot{q}}{\lambda_L} \cdot s_L$$



961-3

3. ábra. Különböző anyagok megoszlási együtthatója a nyomás függvényében

okozza. A lerakódás alatti ún. „Unterschamm”-korrózió és a hőmérsékletemelkedés következtében romlanak a szerkezeti anyagok szilárdsági jellemzői, ami sérüléshez, leálláshoz és termelés kieséshez vezethet.

A szennyező anyagok kazánvíztérből történő transzportjának fokozására korszerű vegyi segédanyagok (pl. Na-poliakrilátok) állnak rendelkezésre.

#### 4. A gőzminőség

A termelt gőz minőségét számos tényező befolyásolja:

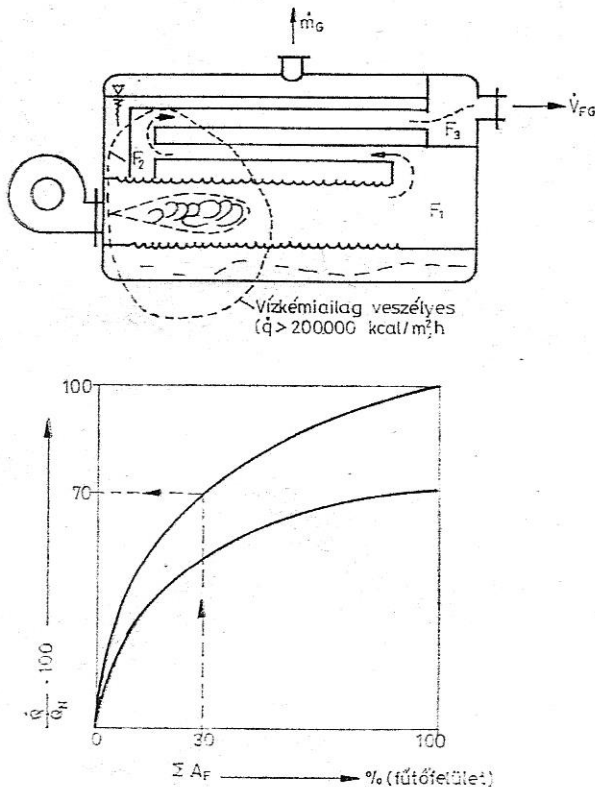
$c_G = f(C_{K,MEG}, \delta_M, \eta_{CSEPP}, \text{konstrukció, terhelés, terhelésingadozás, instacioner indítási és leállási gyakoriság})$ .

A 3. ábrán néhány só megoszlási tényezőjét tüntettük fel. Látható, hogy a megoszlási tényező az üzemi nyomás csökkenésével rohamosan csökken, és az ipari kazánoknál szokásos 6—40 bar üzemi nyomásnál  $\delta_M = 10^{-4} - 10^{-6}$  értékű [4], tehát a termelt gőz minőségére nincs számottevő hatással. (Kovasav és vasoxid pontos számításánál  $\delta_M$  nem elhanyagolható.)

Ipari kazánoknál — a tapasztalat szerint — a termelt gőz minőségét a konstrukció (cseppelválasztás hatékonysága), és az üzemeltetési körülmények szabják meg.

Gyakori eset például, hogy a kazánok a tervezési nyomásnál (12—16 bar) lényegesen kisebb (4—6 bar) nyomáson üzemelnek.

Ez esetben az alacsonyabb nyomáshoz tartozó nagyobb gőzfajtérfogat miatt ( $W_{GÖZ}$  nő!) fokozódik a cseppelragadás és nő a termelt gőz sótartalma.



4. ábra. Szénhidrogén tüzelésű ipari kiskazán hőátadásvizsgálata. Hő- és vízkémiai igénybevétel maximum = mechanikai szilárdságromlás (ridegedés, korrózió, deformáció).

Emiatt problémák lehetnek pl. a kondenzleválasztók, műszerek és szabályozó szerelvények üzeménél, amit nagyobb leiszapolással, vagy a tápvíz-előkészítés módosításával lehet elkerülni.

### 5. A hőterhelés

A hőterhelés nem egyenletesen oszlik el a hőátadó felület mentén (különösen a szénhidrogéntüzelésű kazánoknál).

A 4. ábrán látható, hogy a víz-kémiai veszélyes terület az égők környezetében van, ahol a lokális hőáramsűrűség általában meghaladja a  $\dot{q} = 200\,000 \text{ kcal/m}^2\text{h}$  értéket.

Az összes hő mintegy 70%-a a fűtőfelület (égők környezetében lévő) kb. 30%-án adódik át [3].

A 5. ábrán ábrázoltuk a nagy lokális hőterhelés okozta víz-kémiai viszonyokat. A lokális elgőzölgés miatti betöményedés következtében a hőátadó felület mentén egy vékony filmben (a főtömegi átlagos koncentrációhoz képest) tízszeres — százszoros szennyező anyag koncentráció alakulhat ki.

A szerkezeti anyagok élettartama növelésének hatásos eszköze tehát, ha a kazánvíz koncentrációját a rendelkezésre álló lehetőségek határain belül a legalacsonyabb értéken tartjuk.

### 6. A kondenzvízkezelés

A 6. ábra alapján megállapítható, hogy egy gőzfűtésű boilerben, vagy ellenáramú hőcserélőben ( $p_V > p_G$ ) kb. 10 l/h 15 nK°-os beszívárgó víz 1 t/h kondenzátumot 0,15 nK°-ra befertőz.

Ez az 1%-os beszívárgás régebbi berendezéseknél szokványos mértéknek tekinthető.

A kondenzvíz tisztítására tehát — ipari kazán-telepeknél is — legalább egy (VARION KSM töltetű) ioncserélő oszlop telepítése indokolt.

Az ioncserélő a kondenzvíz keménységmentesítésén kívül kiszűri a különböző korróziós termékeket illetve lebegőanyagokat és megköti az ionos nehézfémionokat.

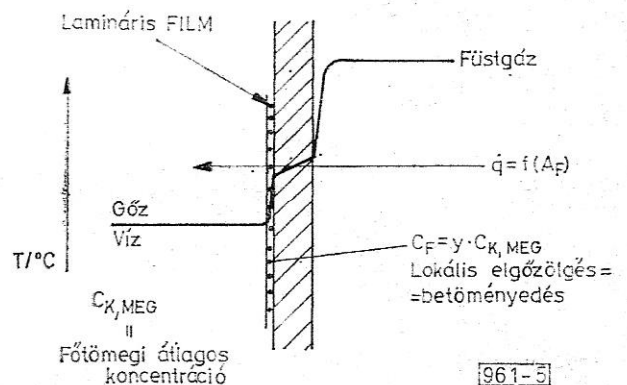
Egyéb (pl. olaj, szervesanyagok) szennyezők esetén lehetőség van az ioncserélő anyagra különböző szűrőanyagokat, mint pl. perlit, cellulóz stb. feliszapolni, és a szennyezett kondenzátumot ezáltal a hőkörfolyamatba visszavezetni.

### 7. Tervezési irányelvek

Ipari kazán-telepek tápvíz-előkészítésének kialakításánál illetve üzemeltetésénél a tapasztalat szerint az általános alapkövetelményeken túlmenően a következőket célszerű figyelembe venni: A) A póttápvíz-előkészítés technológiáját úgy kell megválasztani, hogy az MSZ 15 200 szabvány szerinti tápvíz minőségi követelményeket gazdaságosan ki lehessen elégíteni.

B) A visszatérő kondenzátum tisztítására legalább egy konyhasóoldattal regenerált ioncserélő oszlopot célszerű telepíteni.

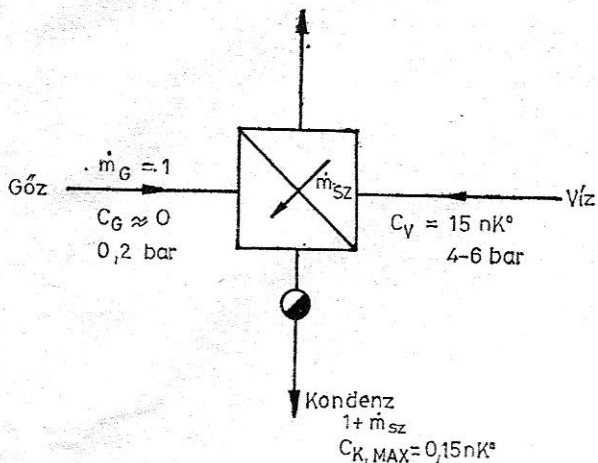
C) A termikus gáztalanítás táptartály vízszintjét mechanikus úszós — folyamatos — szabályozó-



5. ábra. Hőátadási viszonyok.

$$y = f(\dot{q})$$

$< 10^4$	$\dot{q}$	$y \sim 1$
$10^4 - 10^6$		$1 - 100$
$> 10^6$		$> 100$
$\text{kcal/m}^2\text{h}$		
$WLER = k \cdot \dot{q}^2 \cdot C_{K,MEG}$		



961-6

6. ábra: Hőfogyasztó kondenzátumának befertőződése

$$1 \cdot 0 + \dot{m}_{sz} \cdot 15 = (1 + \dot{m}_{sz}) \cdot 0,15$$

$$\dot{m}_{sz} = \frac{0,01}{0,99} = 0,0101$$

1 t/h gőzkondenzátumot tehát 10,1 l/h beszivárgó víz 0,15 nK -ra befertőz.

szeleppel (Hannemann), nyomását gőznyomásszabályozó szeleppel kell az előírt értékhatárok között tartani.

A kézi szabályozás nem kielégítő!

A páragőzelvezetésről (a termelt tápvíz kb. 0,5—1,5 %-a) gondoskodni kell.

A tápvíz kondicionáló szereket a tápvízintenzitásról vezérelt adagoló berendezéssel kell adagolni, hogy koncentrációjuk a terheléstől függetlenül állandó értéken legyen.

D) 80 %-nál magasabb kondenzhányadot még teljesen zárt fűtési rendszereknél sem szabad számításba venni ( $y < 0,8$ ). A kondenzedények idővel ugyanis áteresztenek, a kondenzgyűjtő tartályok kigőzölögnek.

Fel kell tární a direkt és a felületi gőzfogyasztókat. Vizsgálni kell a nyomásviszonyokat

$p_G > p_V$  esetén kondenzvesztésre  
 $p_G < p_V$  esetén befertőződésre  
 kell számítani.

Fel kell tární a beépített szerkezeti anyagok fajtáját (szénacél, rozsdamentes acél, vörös/sárga réz, alumínium, horganyzott acél stb.) és %-os arányát. A kondicionáló szerek megválasztása csak ezek ismeretében lehetséges (pl.  $NH_3-Cu!$ ). E) A kazánvíztér folyamatos leiszapolásának szerelvénye állandóan nyitva legyen, a leiszapolási áramot szinkronba kell hozni a mindenkori terheléssel.

A folyamatos leiszapolásra lehetőség szerint lúghőhasznosító kalorikus berendezéseket (LH, LKG, nagyobb egységeknél pára-kondenzátor) kell tervezni. Ezzel vízkémiailag kedvezőbb és gazdaságosabb üzemvitel biztosítható.

Több kazán esetén a folyamatos leiszapolást külön-külön kell a lúgkigőzölőgtetőhöz elvinni, kazánonként pl. rotaméterrel mérve az egyes kazán terheléséhez igazított leiszapolási áramot. F) A mintavételi helyek (kb. 15 l/h intenzitással) állandóan folyjanak.

A gőz, kazánvíz, tápvíz és kondenzvíz mintavető vezetékek a lecsatlakozástól a mintahűtőig rozsdamentes acélból (esetleg vörösrézből) legyenek.

A mintavételi vezeték olyan átmérőjű legyen, hogy abban az áramlási sebesség minimum 0,4 m/s legyen.

#### Irodalom

- [1] Hilt László: Erőművi vízkezelő berendezések létesítésének néhány kérdése Energiagazdálkodás XXI. évf. 1—2. szám.
- [2] Hilt László: Recherche de l'économie énergétique dans l'alimentation en eau des chaudières industrielles entropie N° 100 1981.
- [3] Dr. Reményi Károly: Korszerű kazánberendezések BP. MK. 1977.
- [4] T. Margulova: A hagyományos hőerőművek és atomerőművek hősémáinak és vízüzemének néhány kérdése Energia és Atomtechnika 1969. 6. szám

#### Közlemény

A Szerkesztőség sajnálatlalt közli, hogy a cikkpályázat eredményének elbírálása és ki-hírdetése — technikai okok miatt — késedelmet szenved. Kérjük szíves elnézésüket és türelmüket.

#### FELHÍVÁS A CIKKEK SZERZŐIHEZ!

Felkérjük a cikkek T. Szerzőit, hogy a lap megjelenése után, lehetőleg egy héten belül szíveskedjenek a cikkek-ről készített különlevonatokat az ETE titkárságán átvenni. (1055 Budapest. Kossuth Lajos tér 6. I. em. Telefon: 1-532-751. Ügyintéző: Demeter Zsuzsa)