

24-1000 MW	25-1000 MW	26-1000 MW	27-1000 MW	28-1000 MW

4.1-9. táblázat, 2x1600 MW-os blokk változatok villamos teljesítmény számítása korlátozásnál

MÉLYÉPTERV a frissvíz hűtéses előkészítő vizsgálatokat, önrevízió keretében 2010. januárban átdolgozta, melynek során a 6 db változat közül a tornyos utóhűtést

Ezt követően a költség vizsgálatok is ennek megfelelően korrigálásra kerültek. Az elhagyott változati megoldások helye a költségvizsgálatokban, illetve a kiértékelésben üresen szerepel.

4.1.1 Változatok életciklus költség vizsgálata

4.1.1.1 Költségelemek

Beruházási költségek

A beruházási költségek az egyes változatoknál az alábbi elemekből tevődnek össze:

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

A MÉLYÉPTERV Zrt. adta meg a blokknagyság, illetve a vízkivétel helyének (Öblözeti, illetve Dunal vízkivétel) függvényében a frissvíz ellátás beruházási költségeit.

A kondenzátorok beruházási költségét EGI határozta meg a blokknagyság függvényében. (1. és 2. változatok.)

Nedves kényszerhuzatú utóhűtő esetén (3. és 4. változatok) további beruházási költségek jelentkeznek, úgymint:

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

Az utóhűtő ellátás beruházási költségét a kétféle blokknagysághoz tartozóan Mélyépterv határozta meg, a tornyos cellák beruházási költségét EGI kalkulálta. A költségek a vízbevezetés helyétől függetlenek.

Az 5. és 6. változatoknál elmarad az utóhűtő, viszont megjelennek a VITUKI megoldásra MÉLYÉPTERV által kalkulált, blokknagyságtól független:

- [REDACTED]

Utóbbi költség a blokknagyságtól független.

A fentiek alapján számított beruházási költségeket a 6 változatra és két blokknagyságra a következő táblázatokban foglaltuk össze.

A tornyos változatokkal való összehasonlíthatóság érdekében a szereplő költség tételeket Európában is megadtuk. [REDACTED]

2 x 1200 MW blokk						
	A.) alapeset, dt=11°C, tmax=30°C		B.) távlati eset, dt=8°C, tmax=30°C		C.) jelen eset, dt=11°C, tmax=32°C	
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/1, Öblözeti vízkivétel, korlátozással	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/2, Dunai vízkivétel, korlátozással	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/3, Öblözeti vízkivétel, utóhűtővel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/4, Dunai vízkivétel, utóhűtővel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/5, Öblözeti vízkivétel, VITUKI-val	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/6, Dunai vízkivétel, VITUKI-val	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

2 x 1600 MW blokk						
	A.) alapeset, dt=11°C, tmax=30°C		B.) távlati eset, dt=8°C, tmax=30°C		C.) jelen eset, dt=11°C, tmax=32°C	
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/1, Öblözeti vízkivétel, korlátozással	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/2, Dunai vízkivétel, korlátozással	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/3, Öblözeti vízkivétel, utóhűtővel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/4, Dunai vízkivétel, utóhűtővel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/5, Öblözeti vízkivétel, VITUKI-val	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/6, Dunai vízkivétel, VITUKI-val	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

Üzemeltetési költségek

Az üzemeltetési költségek három fő összetevője

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

Az anyagköltségeknél

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

költségeit vettük figyelembe.

[REDACTED]

A karbantartási költségek meghatározásához az alábbi fajlagosokat használtuk:

A frissvíz ellátás és az utóhűtő ellátás karbantartási költségeit MÉLYÉPTERV adta meg, az adatokat az alábbi táblázatban foglaltuk össze:

Mrd Ft/év

Költségelem	2 x 1200 MW		2 x 1600 MW	
	Öblözeti	Dunai	Öblözeti	Dunai
Alapeset (11 °C-os vízfelmelegedés és 30 °C-os megengedett visszavezetési hőmérséklet)				
Frissvíz ellátás karbantartási költség				
Utóhűtő ellátás karbantartási költség				
Távlati eset (8 °C-os vízfelmelegedés és 30 °C-os megengedett visszavezetési hőmérséklet)				
Frissvíz ellátás karbantartási költség				
Utóhűtő ellátás karbantartási költség				

4.1.1.2 Életciklus költségek meghatározása

Az életciklus költségek a beruházási költségek és az évente jelentkező működési költségek diszkontált összege. A berendezések műszaki élettartamából kiindulva a vizsgált időhorizontot [redacted] határoztuk meg, azaz a működési költségek [redacted] jelentkeznek. A beruházás [redacted] alatt valósul meg, [redacted] egységesen a beruházási költség [redacted] a beruházási költségek [redacted] kerül elköltésre.

A diszkonttényező [redacted] Ezzel a beruházási költségekre értelmezett interkaláris tényező (IK)

Az életciklus költség az alábbi összefüggéssel számítható

$$ÉcK = \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+r)^i} = B \cdot IK + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

Az egyes változatok fentiek alapján meghatározott életciklus költséget az alábbi táblázatokban foglaltuk össze:

2 x 1200 MW blokk						
	A.) alapeset, dt=11°C, tmax=30°C		B.) táviati eset, dt=8°C, tmax=30°C		C.) jelen eset, dt=11°C, tmax=32°C	
	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Frissvíz/1. Öblözeti vízkivétel, korlátozással	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Frissvíz/2. Dunai vízkivétel, korlátozással	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Frissvíz/3. Öblözeti vízkivétel, utóhűtővel	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Frissvíz/4. Dunai vízkivétel, utóhűtővel	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Frissvíz/5. Öblözeti vízkivétel, VITUKI-val	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Frissvíz/6. Dunai vízkivétel, VITUKI-val	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

2 x 1600 MW blokk						
	A.) alapeset, dt=11°C, tmax=30°C		B.) táviati eset, dt=8°C, tmax=30°C		C.) jelen eset, dt=11°C, tmax=32°C	
	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Frissvíz/1. Öblözeti vízkivétel, korlátozással	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Frissvíz/2. Dunai vízkivétel, korlátozással	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Frissvíz/3. Öblözeti vízkivétel, utóhűtővel	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Frissvíz/4. Dunai vízkivétel, utóhűtővel	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Frissvíz/5. Öblözeti vízkivétel, VITUKI-val	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Frissvíz/6. Dunai vízkivétel, VITUKI-val	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

4.1.1.3 Érzékenység vizsgálatok

Kétfajta érzékenységvizsgálatot végeztünk: egyrészt a villamos energia árának, másrészt a vízkészlet használat járulékának változását elemeztük.

A villamos energia árát egyrészt [REDACTED] másrészt [REDACTED] határoztuk meg. Az életciklus költségek alakulását a villamos energia ár függvényében az alapesetre az alábbi táblázatokban foglaltuk össze:

2 x 1200 MW blokk, [REDACTED]						
	A.) alapeset, dt=11°C, tmax=30°C		B.) távlati eset, dt=8°C, tmax=30°C		C.) jelen eset, dt=11°C, tmax=32°C	
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/1, Öblözeti vízkivétel, korlátozással	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/2, Dunai vízkivétel, korlátozással	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/3, Öblözeti vízkivétel, utóhűtővel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
Frissvíz/4, Dunai vízkivétel, utóhűtővel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
Frissvíz/5, Öblözeti vízkivétel, VITUKI-val					[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/6, Dunai vízkivétel, VITUKI-val					[REDACTED]	[REDACTED]

2 x 1600 MW blokk, [REDACTED]						
	A.) alapeset, dt=11°C, tmax=30°C		B.) távlati eset, dt=8°C, tmax=30°C		C.) jelen eset, dt=11°C, tmax=32°C	
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/1, Öblözeti vízkivétel, korlátozással	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/2, Dunai vízkivétel, korlátozással	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/3, Öblözeti vízkivétel, utóhűtővel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
Frissvíz/4, Dunai vízkivétel, utóhűtővel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
Frissvíz/5, Öblözeti vízkivétel, VITUKI-val					[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/6, Dunai vízkivétel, VITUKI-val					[REDACTED]	[REDACTED]

2 x 1200 MW blokk, [REDACTED]						
	A.) alapeset, dt=11°C, tmax=30°C		B.) távlati eset, dt=8°C, tmax=30°C		C.) jelen eset, dt=11°C, tmax=32°C	
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/1, Öblözeti vízkivétel, korlátozással	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/2, Dunai vízkivétel, korlátozással	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/3, Öblözeti vízkivétel, utóhűtővel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
Frissvíz/4, Dunai vízkivétel, utóhűtővel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
Frissvíz/5, Öblözeti vízkivétel, VITUKI-val					[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/6, Dunai vízkivétel, VITUKI-val					[REDACTED]	[REDACTED]

2 x 1600 MW blokk, [REDACTED]						
	A.) alapeset, dt=11°C, tmax=30°C		B.) távlati eset, dt=8°C, tmax=30°C		C.) jelen eset, dt=11°C, tmax=32°C	
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/1, Öblözeti vízkivétel, korlátozással	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/2, Dunai vízkivétel, korlátozással	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/3, Öblözeti vízkivétel, utóhűtővel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
Frissvíz/4, Dunai vízkivétel, utóhűtővel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
Frissvíz/5, Öblözeti vízkivétel, VITUKI-val					[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/6, Dunai vízkivétel, VITUKI-val					[REDACTED]	[REDACTED]

Mindkét blokk nagyság esetén az [REDACTED] a legérzékenyebb a villamos energia árakra, a legkevésbé érzékeny változat [REDACTED]

A vízkészlet használati járulék árát [REDACTED] ár mellett [REDACTED] vizsgáltuk meg. Alapesetben az egyes változatok életciklus költségeinek alakulását a vízkészlet használati járulék függvényében az alábbi táblázatokban mutatjuk be:

2 x 1200 MW blokk, vízkészlet használati járulék [REDACTED]						
	A.) alapeset, dt=11°C, tmax=30°C		B.) távlati eset, dt=8°C, tmax=30°C		C.) jelen eset, dt=11°C, tmax=32°C	
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/1, Öblözeti vízkivétel, korlátozással	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/2, Dunai vízkivétel, korlátozással	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/3, Öblözeti vízkivétel, utóhűtővel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
Frissvíz/4, Dunai vízkivétel, utóhűtővel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
Frissvíz/5, Öblözeti vízkivétel, VITUKI-val					[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/6, Dunai vízkivétel, VITUKI-val					[REDACTED]	[REDACTED]

2 x 1600 MW blokk, vízkészlet használati járulék [REDACTED]						
	A.) alapeset, dt=11°C, tmax=30°C		B.) távlati eset, dt=8°C, tmax=30°C		C.) jelen eset, dt=11°C, tmax=32°C	
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/1, Öblözeti vízkivétel, korlátozással	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/2, Dunai vízkivétel, korlátozással	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/3, Öblözeti vízkivétel, utóhűtővel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
Frissvíz/4, Dunai vízkivétel, utóhűtővel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
Frissvíz/5, Öblözeti vízkivétel, VITUKI-val					[REDACTED]	[REDACTED]
Frissvíz/6, Dunai vízkivétel, VITUKI-val					[REDACTED]	[REDACTED]

4.1.1.4 Az életciklus költségek megoszlása

Az életciklus költségek megoszlását az alábbi táblázatokban foglaltuk össze. A táblázatokban az egyszerű összevethetőség érdekében együtt került bemutatásra az 1-4. változatok alapesetbeli (30°C-os visszavezetéses) életciklus költsége, az 5.-6. változatok jelen esetre (32°C-os visszavezetésre) vonatkozó életciklus költségével, annak ellenére, hogy nem azonos környezeti feltételekhez tartozóak.

2 x 1200 MW	Frissvíz/1, Öblözeti vízklivétel, korláto- zással	Frissvíz/2, Dunal vízklivétel, korláto- zással	Frissvíz/3, Öblözeti vízklivétel, utó- hűtővel	Frissvíz/4, Dunal vízklivétel, utó- hűtővel	Frissvíz/5, Öblözeti vízklivétel, VITUKI-val	Frissvíz/6, Dunal vízklivétel, VITUKI-val
Frissvíz és kondenzátor beruházás						
Utóhűtő beruházás						
VITUKI vízbevezetés beruházás						
Villamos energia költségek						
Vízkezelési költségek						
Karbantartás és bérköltségek						
Összesen						

2 x 1600 MW	Frissvíz/1, Öblözeti vízklivétel, korláto- zással	Frissvíz/2, Dunal vízklivétel, korláto- zással	Frissvíz/3, Öblözeti vízklivétel, utó- hűtővel	Frissvíz/4, Dunal vízklivétel, utó- hűtővel	Frissvíz/5, Öblözeti vízklivétel, VITUKI-val	Frissvíz/6, Dunal vízklivétel, VITUKI-val
Frissvíz és kondenzátor beruházás						
Utóhűtő beruházás						
VITUKI vízbevezetés beruházás						
Villamos energia költségek						
Vízkezelési költségek						
Karbantartás és bérköltségek						
Összesen						

Látható, hogy [REDACTED] esetek, a viszonylag alacsony beruházási költségek mellett jelentkező igen magas, a beruházási költségek többszörösét kitevő mértékű, elmaradó villamos energia termelésből adódó veszteség miatt, a legmagasabb életciklus költségeket adják. Ebből láthatóan, az utóhűtő létesítés helyett [REDACTED] rendkívül gazdaságtalan.

A fejezetben bemutatott életciklus költségek részletes számítási adatlapjait [REDACTED]

4.1.2 Megoldási javaslat a két blokk nagysághoz tartozóan

A megoldási javaslat kialakítása során értékelni szükséges az elvégzett költség vizsgálati eredményeket, illetve a külön vizsgálatokban elemzett eltérő feltételek alkalmazási hatásait, valamint a különböző megoldások kockázati tényezőit.

Az életciklus költség vizsgálat értékelése

A [4.1.1-1.] számú mellékletben szereplő részletes számítási eredményeket áttekintve az látható, hogy az eredményekben megmutatkozó tendenciák a 2x1200 MW-os illetve a 2x1600 MW-os blokk típusra vonatkozóan teljesen azonosak. Ezért a kiértékelés egyszerűbb áttekinthetősége érdekében, ezen fejezetpontbeli értékelés során, mindig csak a 2x1200 MW-os blokk eredményeket fogjuk bemutatni.

A beruházási költségek változatankénti alakulása az alapesetben a 4.1.2-1. ábra szerinti.

4.1.2-1. ábrán, változatok beruházási költsége alapesetben (2x1200 MW)

Az ábrázolt adatokból egyrészt az állapítható meg, hogy beruházási költségteher szempontjából [REDACTED] közötti eltérés állandó, a Duna vízkivétel forrásigénye [REDACTED]. Megállapítható másrészt, hogy érdemi költség eltérés van [REDACTED].

A beruházási költségeket a külön vizsgálati (A. B. és C.) esetekre vonatkozó eltérő elvárások a következő 4.1.2-2. ábra mutatja be. Az ábra kék színű oszlopai, azonosak az előző ábrán látható alapesetre kék színnel bemutatott adatokkal.

Az ábrán látható adatok azt mutatják, hogy a kisebb $\Delta t=8^{\circ}\text{C}$ megengedett vízfelfűtődés esetére vonatkozó megoldások [REDACTED]
[REDACTED] A magasabb $t_{\text{max}}=32^{\circ}\text{C}$ -os víz visszavezetés esetén a speciális visszavezetés beruházási költsége [REDACTED] frissvízes hűtőrendszer beruházási költségét.

4.1.2-2. ábra, változatok beruházási költsége a külön vizsgálati esetekben (2x1200 MW)

A következő lapon szereplő 4.1.2-3. ábrán, a változatok alapesetére meghatározott életciklus költsége látható.

Az eredményeket tekintve tehető megállapításként az mondható, [REDACTED]
[REDACTED] gazdasági végeredményben mutatkozó hatása, minden visszavezetési esetről azonosan elenyésző, azaz a kétféle műszaki megoldás gazdaságossági szempontból egyenértékűnek mondható. Tekintve a kétféle vízkivételi megoldás közötti műszaki és üzemviteli előnyöket [REDACTED]
[REDACTED] megoldás a javasolható.

A 4.1.2-3. ábráról közvetlen eredményként leolvasható továbbá, a változatok között mutatkozó gazdasági értéksorrend. Az ábrán az látható, hogy a beruházási költségek alapján még sokkal kedvezőbbnek látszó [REDACTED]

Megállapítható, hogy [REDACTED]

4.1.2-3. ábra, változatok életciklus költsége alapesetben (2x1200 MW)

A következő lapon szereplő 4.1.2-4. ábrán a fenti alapesetre bemutatott életciklus költségeknek a külön vizsgálatok keretében meghatározott eseteire vonatkozó kihatása látható, melyről további következtetések származtathatók.

Az első további fontos megállapítás, hogy [REDACTED] megoldásnál igen erős peremfeltételektől való függés mutatkozik, azaz ezen megoldásoknak nagyfokú a [REDACTED] feltételeinek megváltozására való érzékenysége, amely egyúttal az előírások szigorodására illetve a klimatikus feltételek esetleges módosulására vonatkozóan jelent igen magas kockázatot.

Elmondható továbbá, hogy a vizsgált (A., B. és C.) visszavezetési esetek együttes összehasonlításában, [REDACTED] Megjegyzendő, hogy a költségvizsgálatokban a VITUKI-s változatok tényleges eredményessége a környezeti előírások teljesítése terén [REDACTED]

4.1.2-4. ábra, változatok életciklus költsége a külön vizsgálati esetekben (201200 MW)

A következő lapon a költség vizsgálatok érzékenységi vizsgálatának eredmény diagramjai szerepelnek.

Elsőként a 4.1.2-5. ábra bemutatja a változatok életciklus költségének alakulását a villamos energia ár változása esetén. A vizsgált villamos energia ár szélsőérték tartomány a tornyos hűtési megoldások költség vizsgálataihoz illeszkedően lett megállapítva [REDACTED] értékben. Az ábra nem mutat sorrendi változást a villamos energia ár változásától függően, azaz minden változat életciklus költsége [REDACTED] alakul.

Másodikként a 4.1.2-6. ábra bemutatja a változatok életciklus költségének alakulását a vízdíj változása esetén. A vizsgált vízkészlet használati díj szélsőérték tartománya szintén a tornyos hűtési megoldások költség vizsgálataihoz illeszkedően lett megállapítva [REDACTED]. Az ábra ugyancsak nem mutat sorrendi változást a vízdíj változásától függően, azaz minden változat életciklus költsége alakul.

M Ft

4.1.2-5. ábra, változatok életciklus költsége eltérő villamos energia áráknál (2x1200 MW)

M Ft

4.1.2-6. ábra, változatok életciklus költsége eltérő vízdíjaknál (2x1200 MW)

Végezetül a 4.1.2-7. ábra a korábban már az 1.-6. változatok alapeseteire bemutatott életciklus költségeket mutatja be azzal a kiegészítéssel, hogy minden változathoz tartozóan megmutatja a vizsgált egyes költség elemek változaton belüli megoszlását is.

4.1.2-7. ábra, változatok életciklus költség összetevőinek megoszlása (2x1200 MW)

A fenti 4.1.2-7. ábra alapján még további megállapítások tehetők. Látható például, hogy a
[REDACTED]
[REDACTED]
villamos energia termelésből adódóan.

Látható továbbá, hogy az intenzív elkeveredést megvalósító, speciális visszavezetést biztosító
(VITUKI-s) beruházások költség hányada [REDACTED]
[REDACTED]

Változatok kockázati tényezői

Az alábbi áttekintésben röviden összefoglaljuk a kidolgozott frissvíz hűtési megoldások illetve változatok főbb műszaki és gazdasági kockázati elemeit, illetve azok megítélés. A kockázati elemek között egyaránt szerepelnek a műszaki kidolgozásban figyelembe vett és elhanyagolt elemek.

- medermélyülés
tovább vizsgálható, szerény költség kihatású = **alacsony kockázat**
- teljesítmény korlátozás
erős költségkihatású és kérdéses a befektetői megítélése = **magas kockázat**
- globális éghajlatváltozás
 - korlátozások változatot jelentősen drágítja, VITUKIS változatot ellehetetleníti, ezek esetén = **magas kockázat**
 - utóhűtős kiegészítést arányosan drágíthatja, ennél = **alacsony kockázat**
- előírások szigorodása
 - korlátozások változatot jelentősen drágítja, VITUKIS változatot ellehetetleníti, ezek esetén = **magas kockázat**
 - utóhűtős kiegészítést arányosan drágíthatja, ennél = **alacsony kockázat**

Az új blokkok tervezett üzembeállításáig, illetve az 60 éves üzemeltetési időszak során bekövetkező lehetséges mederváltozások kihatnak a vízkivételi mű szivattyúinak üzemére. A hűtőrendszer kivételi tervezését megelőző időszakban az esetlegesen várható medermélyülési folyamat részletes vizsgálata elvégezhető, az esetleges teljesítmény korrekciók ennek alapján meghatározhatók. Mindezek szerény módon, de befolyásolhatják a jelen tanulmányban meghatározott vízkivételi költségek alakulását, amely minden változatot azonosan érintő, alacsony kockázatot jelent az eredmények értékelésében.

Ilyen arányú eltérések pedig többféle módon is bekövetkehetnek a tervezett üzemidő során, akár a nyári legmelegebb vízhőmérséklet megváltozásában, akár a visszavezethetőségre vonatkozó előírások több meghatározásának (pl. dt, tmax, mérési távolság) szigorításával is.

Ez az együttesen 2400 MW illetve 3500 MW blokk teljesítmény nagyságok miatt, már a teljes hazai villamosenergia rendszer működtethetőségre is hatással bíró olyan körülmény lehet, melyre való alapozás mindenképpen igen magas kockázat vállalást jelent.

A Mélyépterv által kidolgozott tanulmányrész tartalmaz egy a globális éghajlat változásra vonatkozó PRUDENCE prognózist, melynek alapján arra a megállapításra jut, hogy „a nyári üzemmód kockázatának kezelése mindenesetre szükséges feladat”. Továbbá VITUKI vizsgálati anyagában szerepel egy Szolnoky-Felt szakértői jelentés megállapítva azt, hogy a „vízhőmérsékleti értékeket 10 éves távlatra előrebecsülve, a biztonság érdekében mintegy 0,7°C-kal meg kell emelnünk.”

Ezen megállapítások tanulmánybeli szerepeltetése azt mutatja, hogy a globális felmelegedésből adódó klímaváltozás nem elhanyagolható kérdés. A klímaváltozásból adódó nyári, legmelegebb időszakbeli vízhőmérséklet változására, illetve annak távlati növekedésére nem adható egyértelmű prognózis. A maximális vízhőmérséklet és a meleg időszakok tartósságának növekedése az egyes változatokra nézve eltérő kockázati elemet jelent. Ennek kockázati hatása magas a korlátozásra alapozó 1. és 2. változatok esetén, a VITUKI-s 5. és 6. változati megoldásokat pedig akár teljesen el is lehetetleníteni, így igen magas kockázatot jelent. Az utóhűtős változatokat is megdrágítja, de lényegesen kisebb mértékben, amely ezért alacsony kockázatot jelent.

A hűtővíz visszavezethetőségére vonatkozó környezetvédelmi előírások szigorodása, amely ez esetben mindössze a 1127/2010. Korm. határozatban (Vízgyűjtő gazdálkodási terv) megfogalmazott szükséges törvényi változások életbe lépését jelenti.

A korlátozósos változatok ugyancsak magas kockázatúak ezen szempontból, amelyet már az előzőekben érintettünk. Az utóhűtős megoldások alapesetként már eleve a VGT-ben foglaltak szerint kerültek kidolgozásra, de egy esetleges még későbbi törvényi szigorodás esetén is csak arányosan nagyobb utóhűtő létesítését igényli, amely ugyan költség növekedéssel jár, de ettől még alacsony kockázatot jelent.

Változatok értékelése

A fentiekben bemutatott kockázati tényezőkkel kiegészítve a változatok összefoglaló értékelése az alábbiak szerint adható meg:

- redukált probléma megoldás
- drága életciklus költség
- magas kockázat

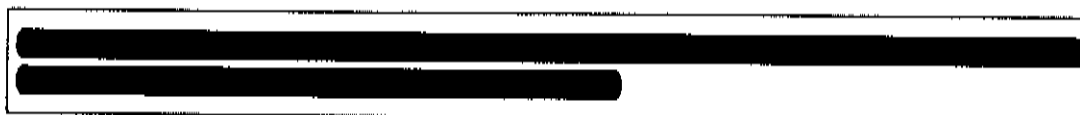
- máshol is alkalmazott kiegészítő megoldás (JEK)
- köztes életciklus költség
- alacsony kockázat

- más célra szolgáló kiegészítő megoldás
- alacsony életciklus költség
- magas kockázat

Fentiek megítélése szempontjából fontos kihangsúlyozni, hogy egyetlen befektetői kör számára sem lehet elfogadható finanszírozási cél a magas kockázatú projekteket támogatása, ezért általános elvárás az új beruházásokkal szemben olyan megoldások alkalmazása, amelyek révén a kockázati tényezők alacsony szinten tarthatók.

Megoldási javaslat frissvíz hűtés alkalmazása esetén

Az előzőekben ismertetett vizsgálati eredmények kiértékelése alapján, EGI és MÉLYÉPTEKV közösen egyeztetett és elfogadott álláspontra jutott, a javasolandó frissvíz hűtési megoldással kapcsolatban. Ezen konszenzus alapján:



A javaslat alátámasztását képezi az, hogy [redacted]
[redacted] közös eleme a lehetséges megoldásoknak, az alábbi megállapítások figyelembe vételével:

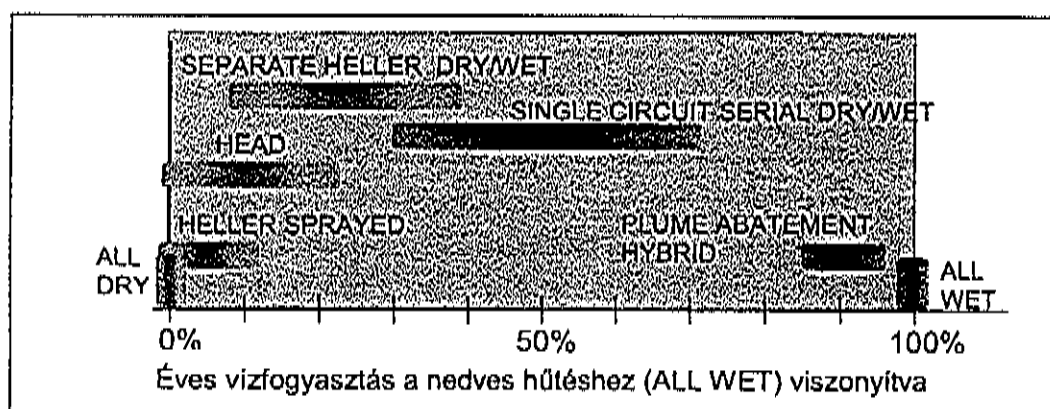
- Beruházási költsége elenyésző [redacted].
- Környezetvédelmi szempontból minden esetben támogatható egy kisebb vízterhelést célzó visszavezetés kialakítása.
- A bevezetett hűtővíz minél gyorsabb elkeveredését javító műszaki intézkedések alkalmazását, mint pl. a sodorvonalí bevezetés, az alsó bevezetés, a terelő műtárgyak alkalmazása, illetve ezek kombinációját, a VGT távlati elvárásként is tartalmazza.
- Teljesen kockázat mentessé tehető, [redacted].

4.2 Tornyos hűtési változatok

Jelen dokumentum fejezet a GEA EGI Zrt. szellemi tulajdonát képezi. A „BIZALMAS” felirattal megjelölt részek harmadik fél számára történő bármínemű közlése vagy nyilvánosságra hozatala csak a GEA EGI Zrt. előzetes írásos engedélye alapján történhet.

4.2.1 A figyelembe vehető és a megvizsgált változatok áttekintése

A 'tornyos' hűtések többféleképpen osztályozhatók. Az alábbiakban a számításba vehető víztakarékos hűtőrendszereket a nedves hűtéshez viszonyított éves vízfogyasztásuk alapján kategorizáljuk:



Az ábrán használt megnevezések azért vannak angolul, mert a szakirodalomban így terjedt el, és többnyire nincs szabatos magyar nyelvű megfelelőjük. Egy hozzávetőleges megfeleltetés az alábbiakban található:

ALL DRY = száraz vagy léghűtés

HELLER SPRAYED = részlegesen (időben és térben) permetezett HELLER-rendszer

HEAD = szárazon és 'locsolva' (vízfilm kialakítsa a bordákon) is üzemeltethető, Forgó-hűtőkkel felszerelt HELLER-rendszer

SEPARATE HELLER DRY/WET = külön HELLER-típusú léghűtő és nedves hűtőes kör felületi hőcserélőn vagy kondenzátor szegmenseken keresztül összekapcsolva

SINGLE CIRCUIT SERIAL DRY/WET = azonos, közös körbe helyezett száraz és nedves hűtés

PLUME ABATEMENT HYBRID = alapvetően nedves hűtőrendszer, amely a beépített száraz hűtőfelület révén az év egy bizonyos részében megszünteti, vagy legalábbis csökkenti a nedves hűtőtorny fölé megjelenő túltelített páracsovét (kb. a kibocsátástól számított 50-80 m magassáig, utána a párafelhő visszaépül)

ALL WET = nedves (vagy más néven 'evaporatív') hűtés

Meg kell jegyezni, hogy az indirekt léghűtés mellett (HELLER-rendszer) direkt léghűtés is létezik. Itt azonban még az indirekt HELLER-rendszert is (illetve ennek száraz/nedves derivatíváját) csak annak felületi kondenzátoros formájában vesszük figyelembe; azaz a hőtechnikai és gazdaságossági szempontból hatékonyabb keverőkondenzátoros megoldást figyelmen kívül hagyjuk az atomerőművi biztonság szempontjai miatt.

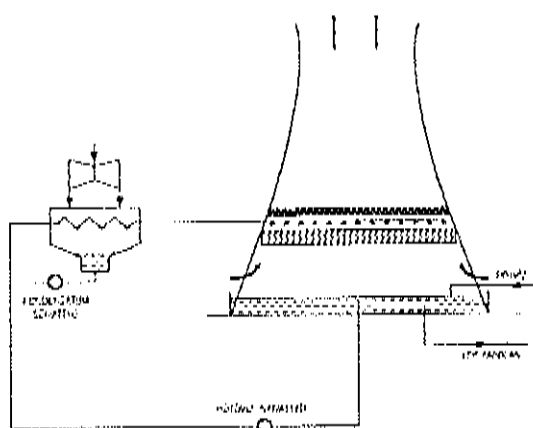
A paksi bővítéshez figyelembe vett nyomott vizes reaktorok turbínaciklusa egy szekunder kört képez, amelynek munkaközege nem jut tovább a felületi kondenzátornál. Keverőkondenzátoros HELLER-rendszer vagy direkt léghűtés esetén a hűtőrendszerek kiterjedt méretei miatt az addiginak többszörösére növekedve az a terület, ahová a szekunder kör munkaközege eljuthat. Bár annak valószínűsége, hogy a szekunder kör jelentős nukleáris szennyezést kapjon igen alacsony, úgy gondoljuk, hogy az atomerőművekkel szemben meglévő fenntartások miatt célszerű csak a felületi kondenzátoros HELLER-rendszereket figyelembe venni. Ezáltal egy teljesen zárt tercier kör jön létre, azaz nemhogy csökkentenénk a biztonsági szintet, hanem azt tovább javítjuk.

Igen nagyszámú 'tornyos' hűtésű változatot lehetne figyelembe venni. A GEA EGI több potenciális atomerőmű beruházó, illetve OEM részére készített a közelmúltban átfogó vizsgálatot a hűtőrendszereknek az atomerőműre gyakorolt hatásával kapcsolatban. Ezek alapján olyan változatokra korlátoztuk vizsgálódásunkat, amelyek a műszaki kivitelezhetőség mellett ígéretesek a gazdaságosság szempontjából is a paksi telephely adottságainak figyelembe vételével.

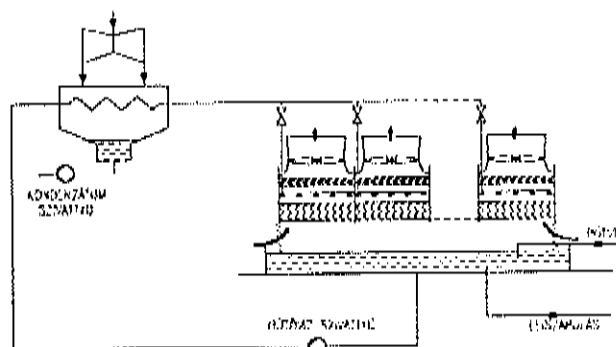
Mind a nedves, mind pedig a száraz és száraz/nedves 'tornyos' hűtésű variációknál általánosságban mondhatjuk, hogy a természetes huzatú változatok jelenérték számítás alapján a gazdaságosságot befolyásoló tényezők reális tartományában jelentősnek mondható előnnyel rendelkeznek a mechanikus (ventillátoros) huzatú változatokkal szemben. A nedves hűtés esetén ugyan a természetes huzat mellett bemutatjuk a mechanikus huzatú változatot is, de a száraz és száraz/nedves hűtésekénél csak a természetes huzatú tornyokat vizsgáljuk.

Az általánosságban gazdaságosság szempontjából fentebb megfogalmazott elvek alapján végül is az alábbi 'tornyos' hűtésű változatok kerülnek bemutatásra mindkét reaktorblokk esetén.

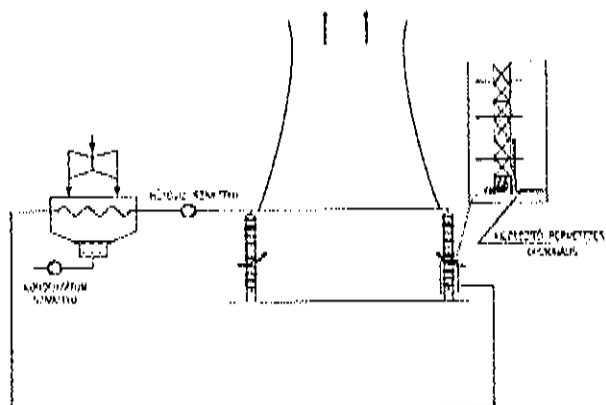
Természetes huzatú nedves hűtés



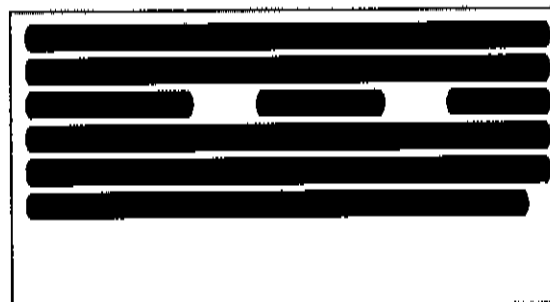
Mechanikus huzatú nedves hűtés



Száras HELLER-rendszer kiegészítő permetezéssel



Szeparált hűtőkörös száraz/nedves HELLER-rendszer

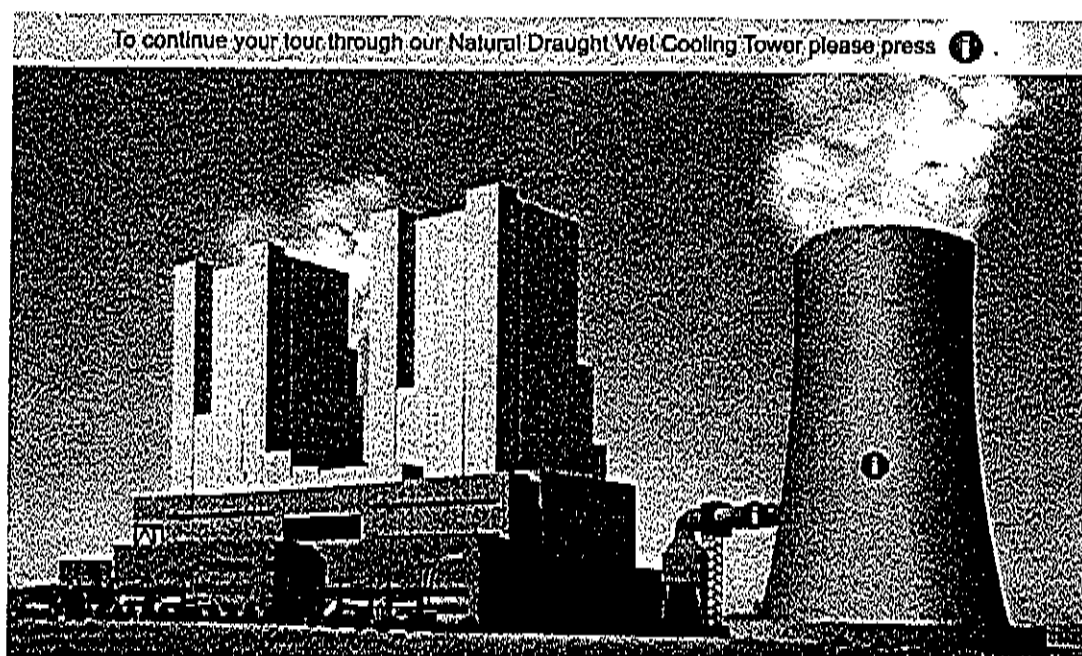


BIZALMAS

4.2.2 Nedves hűtési változatok

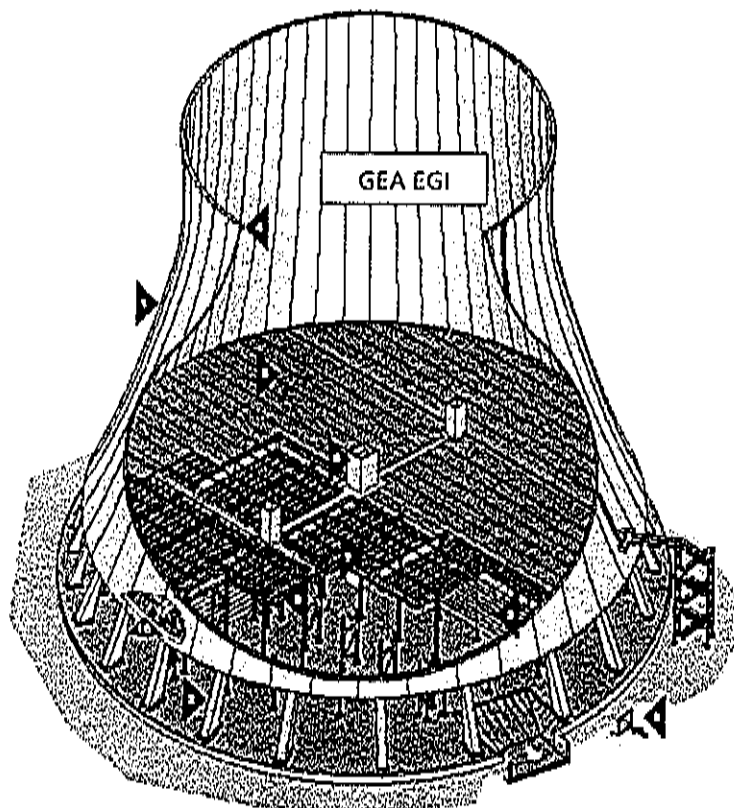
4.2.2.1 A nedves hűtés általános ismertetése

Natural Draught Wet Cooling Tower



A felületi kondenzátorban felmelegedett hűtővizet visszavezetik a hűtőtoronyhoz és fúvókák segítségével osztják el egyenletesen a nedves betét belépő élén. A gravitáció hatására a betéten kialakított vízfilm nagyobbbrózt anyagátadással (párolgás), kisebb részt konvekció útján visszahűl a betéten ellenáramban (esetleg keresztáramban) áramló környezeti levegő hatására. A lehűtött hűtővíz a betétről a gravitáció hatására kerül vissza a hűtővízgyűjtő-medencébe. Innen keringtető szivattyúk szállítják vissza ismét a turbinaciklus kondenzátorához. A hűtési folyamatban a keringtetett víz mennyiségének 1,5 – 2 %-a párolog el. Ennek pótlására, valamint a keringtetett hűtővízben oldott, ill. oldatlan anyagok besűrűsödésének megakadályozása miatt leiszapolásra kerülő vízmennyiség pótlására pótvízet kell bevezetni. A hűtővíz körben a Langelier, ill. Rizhnar indexek vegyszeres beállításával kerülhető el egyik oldalról a korrózió, másik oldalról a fokozott só elrakódás, továbbá biocidok adagolásával csökkenthető az organikus szennyezők lerakódása.

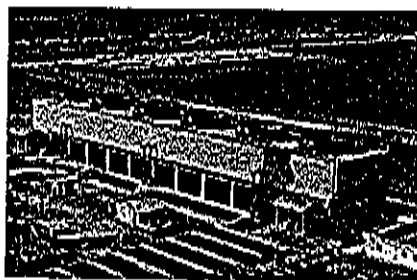
A hűtőlevegő áramoltatása akár természetes, akár mechanikus huzattal történhet. A nedves betéten való átáramlás során fellépő cseppelragadás drasztikus csökkentéséhez a korszerű nedves hűtőrendszerek mindegyikében a betétek, ill. fúvókák fölött elhelyezkedő cseppelválasztót alkalmaznak.



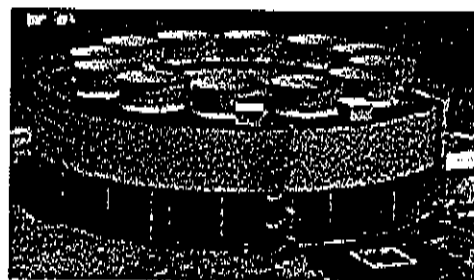
1. betontorony
2. levegő belépés
3. szélvédő falak
4. járda
5. meleg víz belépés
6. fő vízelosztó
7. mellékelosztók
8. hűtőbetét
9. cseppeválasztó
10. téli levegő előmelegítő

A GEA-csoport lényegesen nagyobb, mint 100.000 MW_e erőművi kapacitás számára szállított nedves hűtőtornyokat. A továbbiakban ezek közül mutatunk be néhányat:

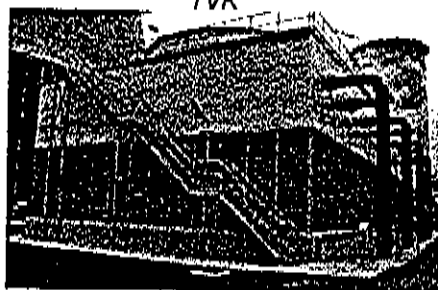
Mechanikus huzatú nedves cellák: szögletes vagy kerek elrendezéssel és ellen- vagy keresztárral



Betonszerkezetű nedves hűtőcellák
TVK



Anclote PS, Holiday, Florida (2x500 MW_e)



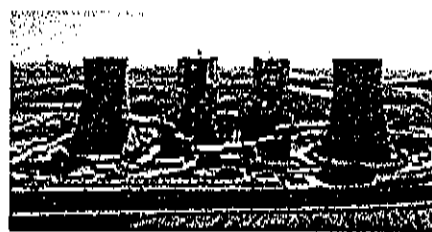
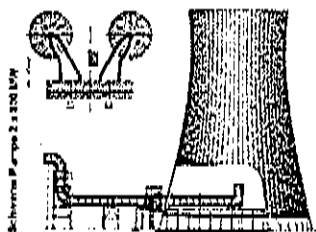
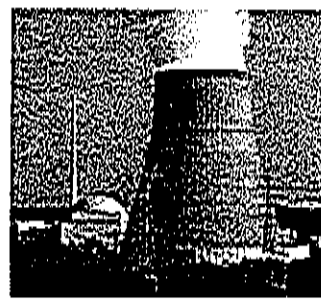
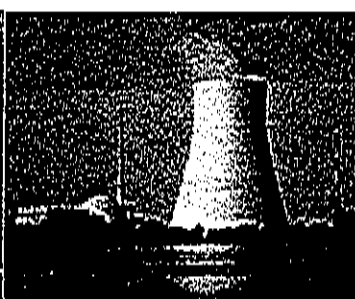
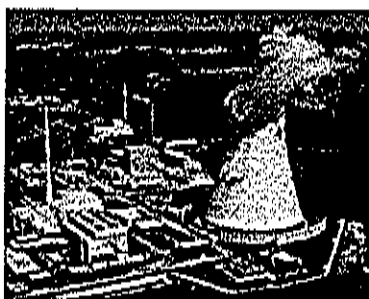
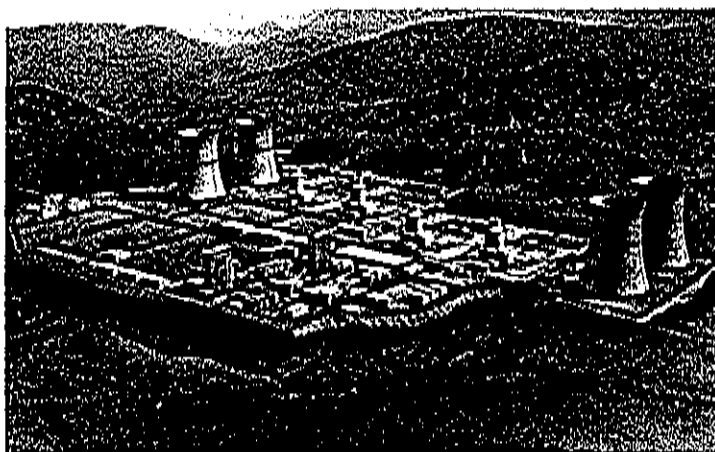
Rozsdamentos acélszerkezetű nedves hűtőcellák a
Mátrai Erőmű teljesítményfokozásához



Rozsdamentos acélszerkezetű nedves hűtőcellák
Linde Gas, Kazincbarcika

Természetes huzatú nedves hűtőtornyok széntüzelésű erőművek számára:

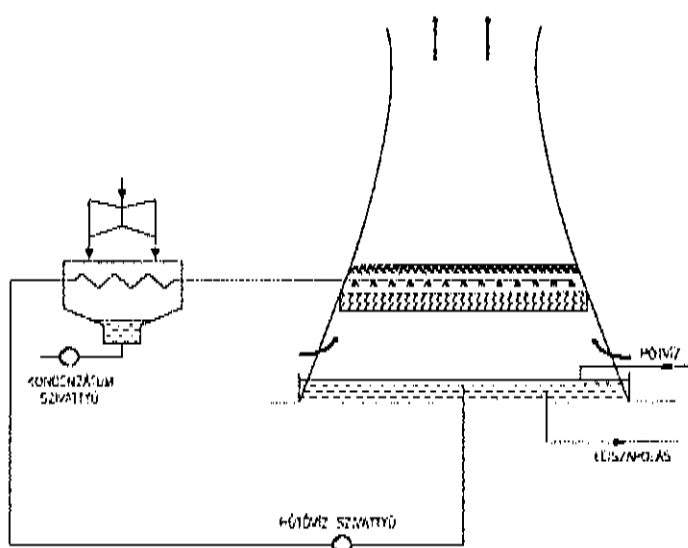
a füstgázkivezetés a tornyon keresztül

2x800 MW_e szuperkritikus Schwarze Pumpe PS,
Németország2 x 1,100 MW_e szupercritikus
Neurath PS, Németország**Nagy kapacitású természetes huzatú nedves hűtőtornyok atomerőművek számára:**1350 MW_e Nuclear Power Plant ISAR II - Németország1300 MW_e Nuclear Power Plant
Emsland - Németország**Kína első, a szárazföld belsejében lévő atomerőművének számítógépes
látványterve – a legújabb atomerőművi nedves hűtéses GEA-rendelés**Toronymagasság: 200 m
Alap átmérő: 160 mHűtővízáram:
46.7 m³/s per torony
Hűtőbetét felület:
45 millió m² per torony2 x 1200 MW_e Taohuajiang NPP - Kína
AP 1000-os Westinghouse reaktorokkal (és annak 100%-os jövőbeli bővítőse)

4.2.2.2 Természetes huzatú nedves hűtés

❖ A hűtőrendszer kapcsolása és konfigurációja

Természetes húzatú nedves hűtés konfigurációja és hűtőrendszere	2x1200 MW	2x1600 MW
Kondenzátor		
▪ típus		
▪ felület (m ²)		
▪ tisztasági faktor		
▪ hűtővíz áram (m ³ /h)		
▪ Hűtővíz szivattyú db x %		
Hűtőtorny		
▪ típus & db	/ blokk, vasbeton	/ blokk, vasbeton
▪ dimenziók (m × m × m)		
▪ helyfoglalás		
Nedves betét		

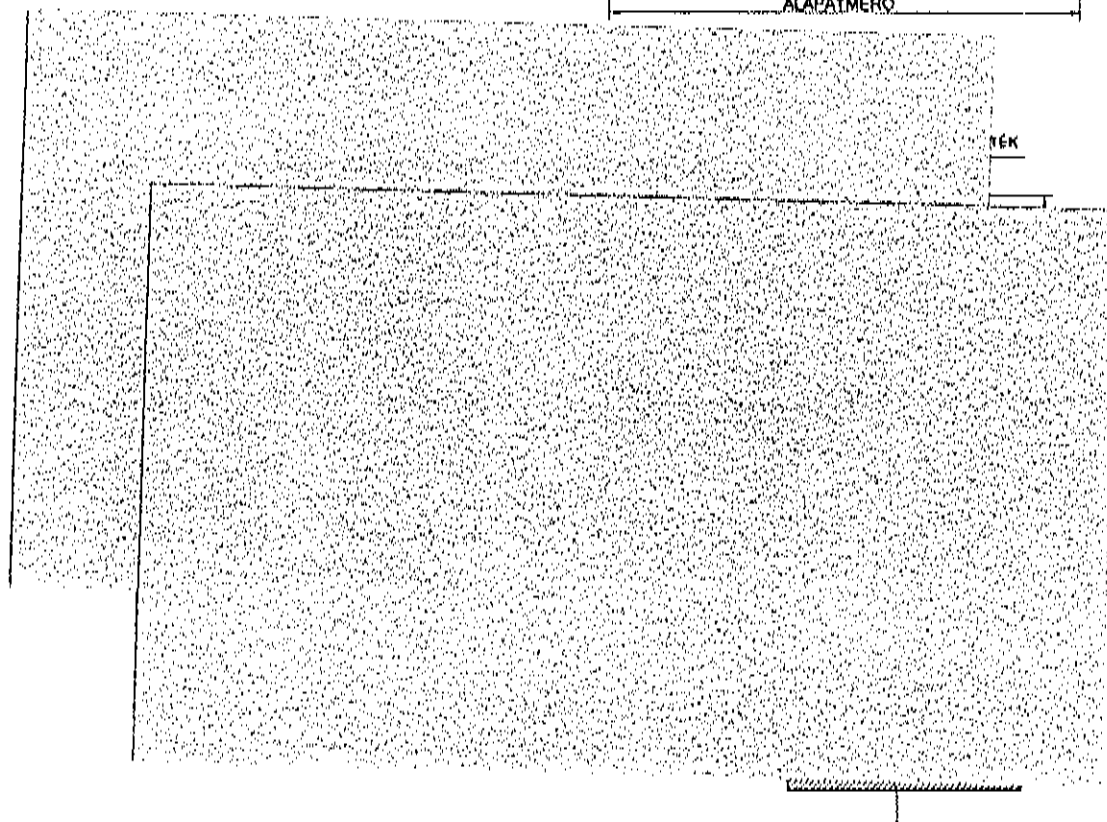
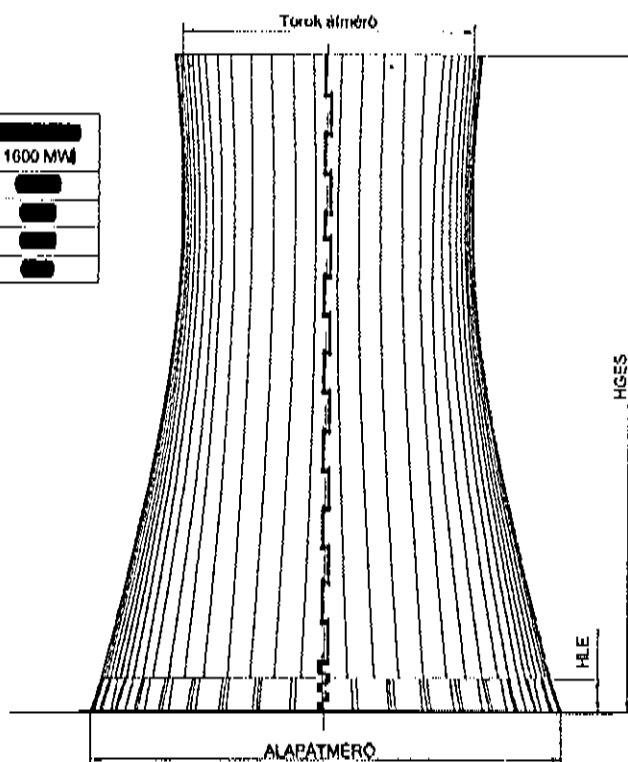


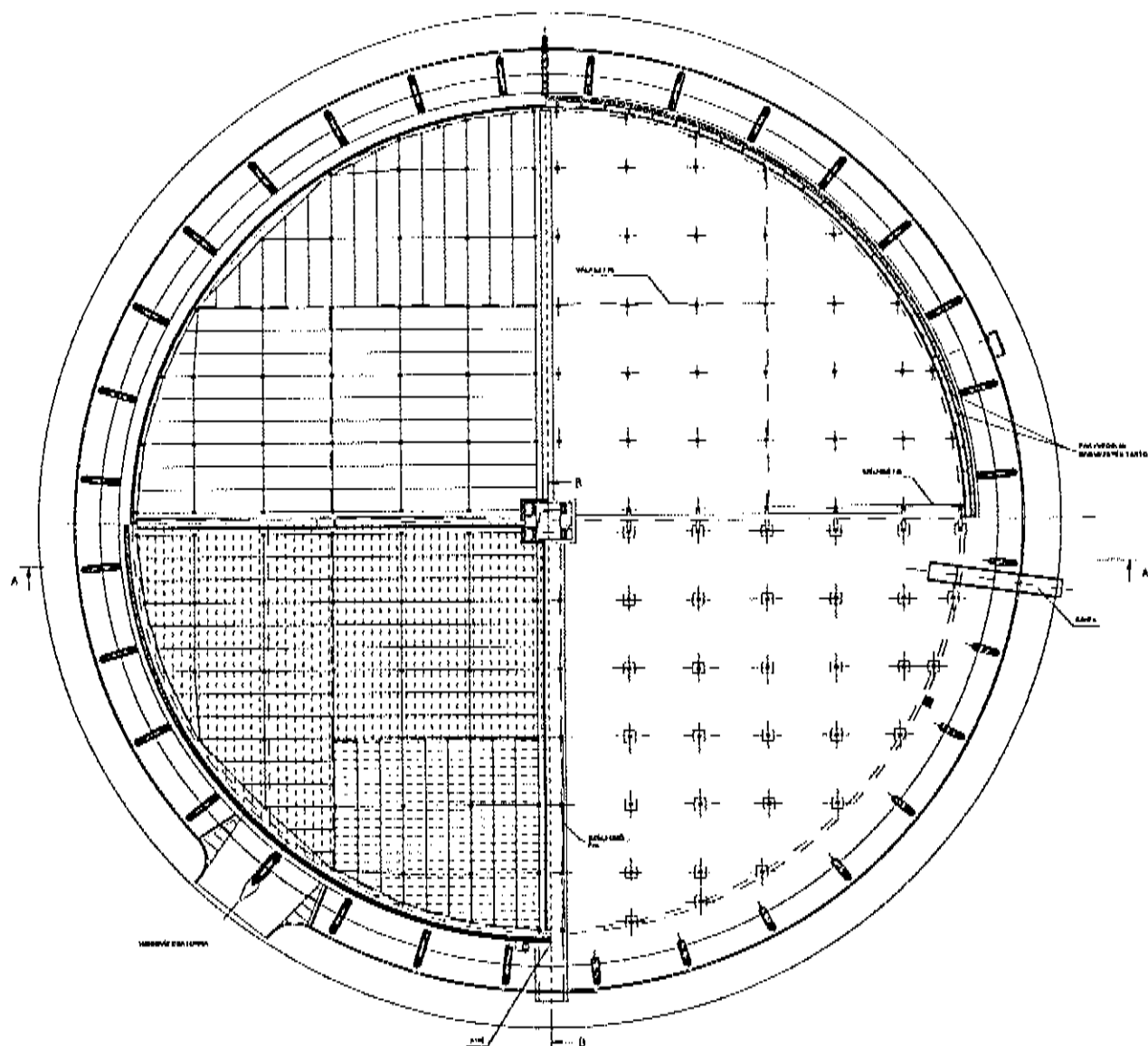
Mindkét blokk típushoz (1200 és 1600 MW_e) hasonló konfigurációjú hűtőtorny tartozik; blokkonként egy - ezek csak méretükben különböznek. A hűtőrendszer többi eleme is hasonló. A három dupla kiömlésű kisnyomású turbinához három sorba kapcsolt kondenzátortest tartozik. Mindkét blokk típusnál blokkonként [REDACTED] hűtővíz keringtető szivattyú van.

❖ A hűtőrendszer és az erőmű vázlatos telepítési rajza 2x1200 MW blokk típusra a 6335-CT-911 számú rajzon, a 2x1600 MW blokk típusra a 6335-CT-912 számú rajzon látható.

- ❖ A hűtőrendszer főbb berendezései, meghatározó dimenziói, körvonalrajza

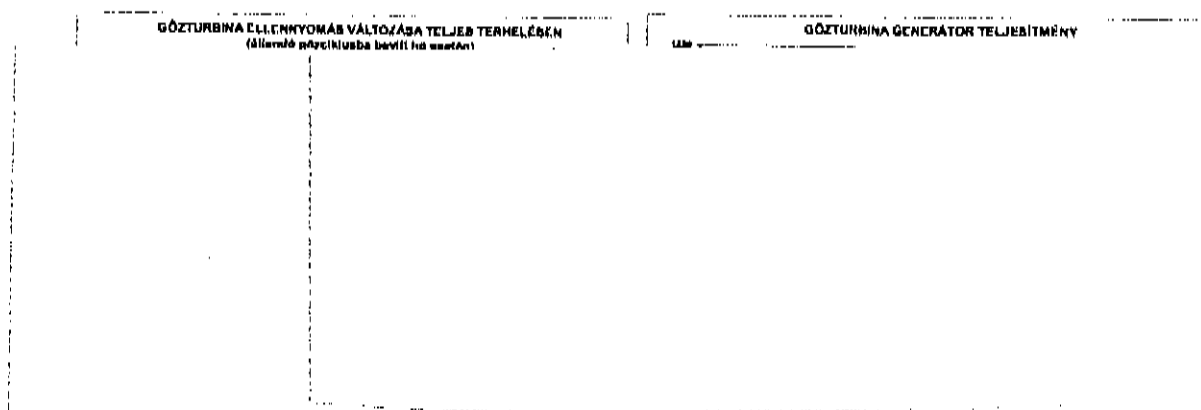
	1200 MW	1600 MW
ALAPÁTMÉRŐ m		
TOROKÁTMÉRŐ m		
BELEPŐNYÍLÁS (HLC) m		
TORONY MAGASSÁG (HGES) m		



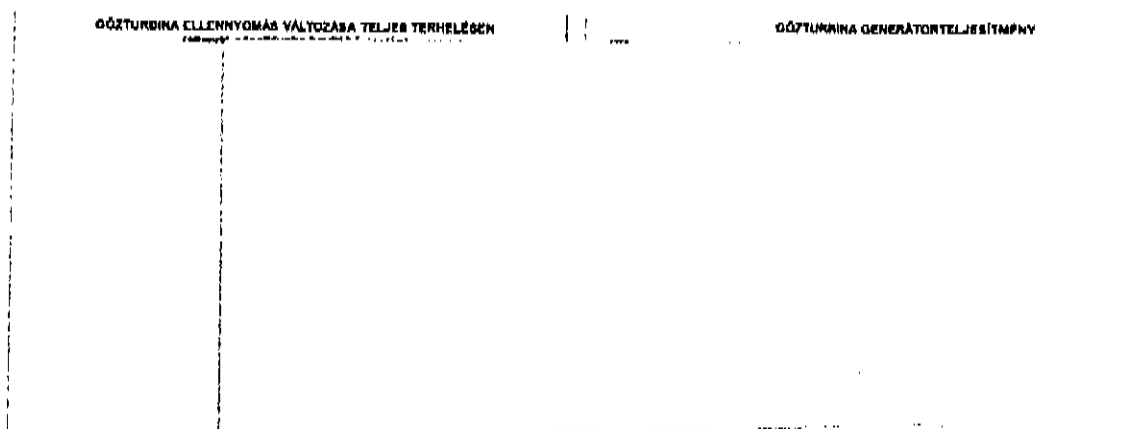


❖ A hűtőrendszer karakterisztikája és hatása az erőmű teljesítményére

2 x 1200 MW, [REDACTED]



2 x 1600 MW, [REDACTED]



Megjegyzés: Az egyes tornyos hűtőrendszerek esetében fentiekben bemutatott generátor teljesítmény változása, a száraz léghűtő rendszer tulajdonságainak azonos ábrázolhatósága végett, ugyan a száraz léghőmérséklet függvényében történt, de a valós relatív páratartalmak figyelembe vétele mellett.

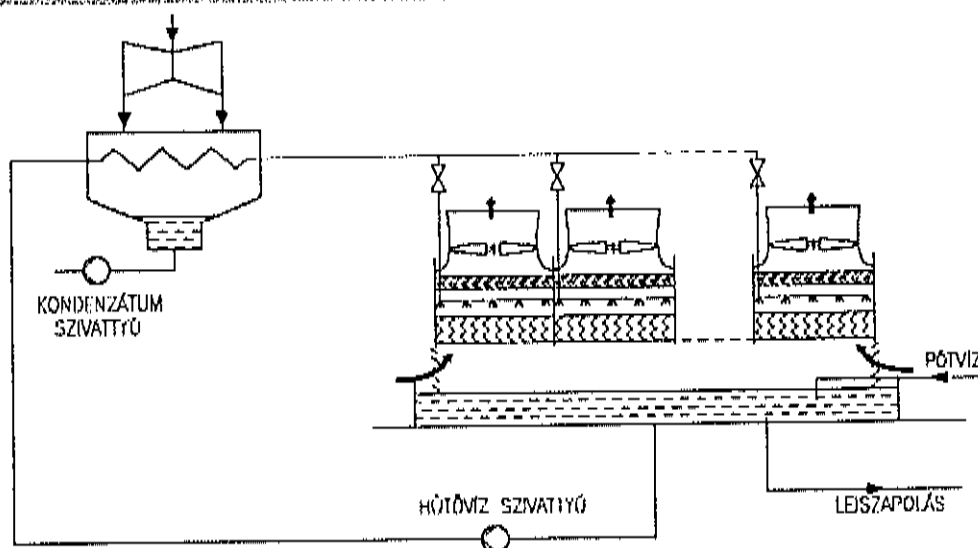
A működést ábrázoló diagramok elkészítésekor figyelembe vett hőmérsékleti szélsőértékek minimum -20°C-nál 80% relatív páratartalom (-20.3°C nedves léghőfok) és maximum 38.6°C-nál 50% relatív páratartalom (+29°C nedves léghőfok). A hűtőrendszeri és blokki teljesítmény adatok két jellemző pontban 26.3°C léghőmérsékletnél 59%-os relatív páratartalomnál és 14°C-nál 70%-os relatív páratartalomnál, táblázatosan is bemutatásra kerülnek az anyag későbbi, termelési adatok meghatározási részében.

BIZALMAS

4.2.2.3 Mechanikus huzatú nedves hűtés

❖ A hűtőrendszer kapcsolása és konfigurációja

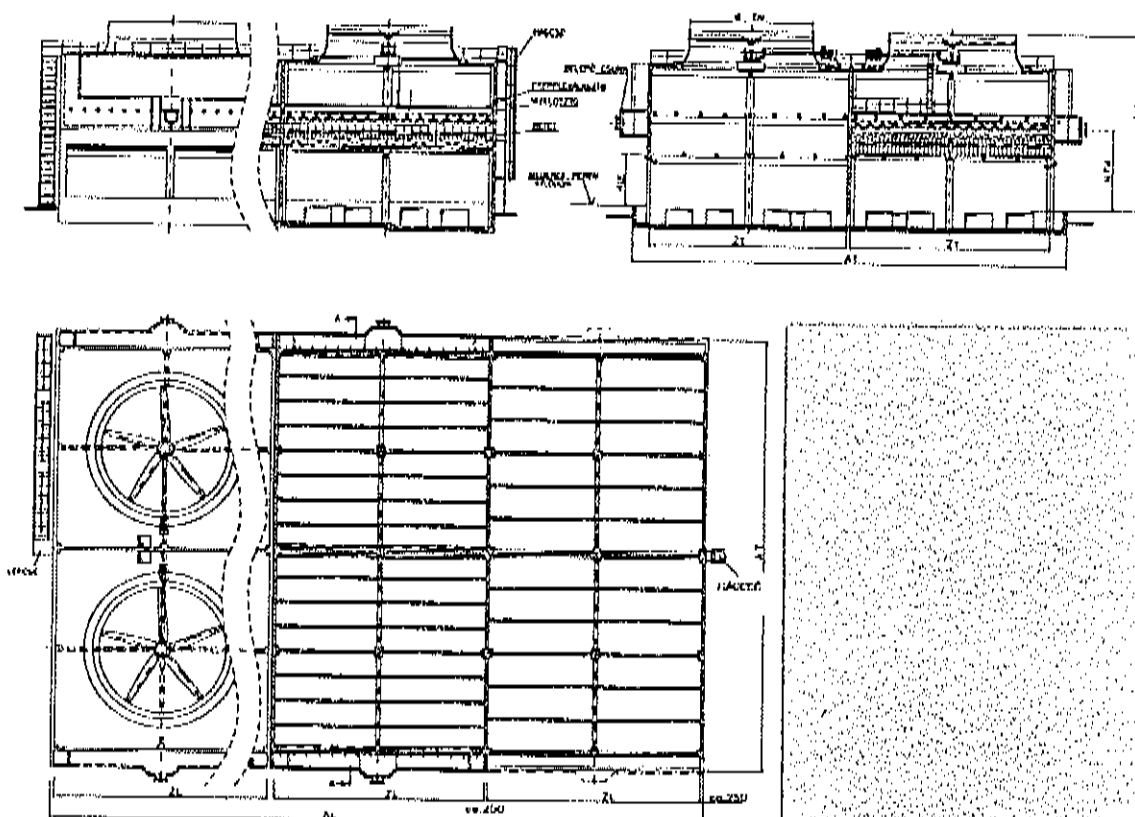
Működési huzatú nedves hűtés konfigurációja és berendezései	2x1200 MW	2x1600 MW
Kondenzátor		
▪ típus		
▪ felület (m ²)		
▪ tisztasági faktor		
▪ hűtővízáram (m ³ /h)		
▪ Hűtővíz szivattyú db x %		
Hűtőtorny		
▪ típus & db	vasbeton szerkezet	vasbeton szerkezet
▪ cella dimenziók (m x m x m)		
▪ helyfoglalás		
▪ ventilátorok		
▪ nedves betét		



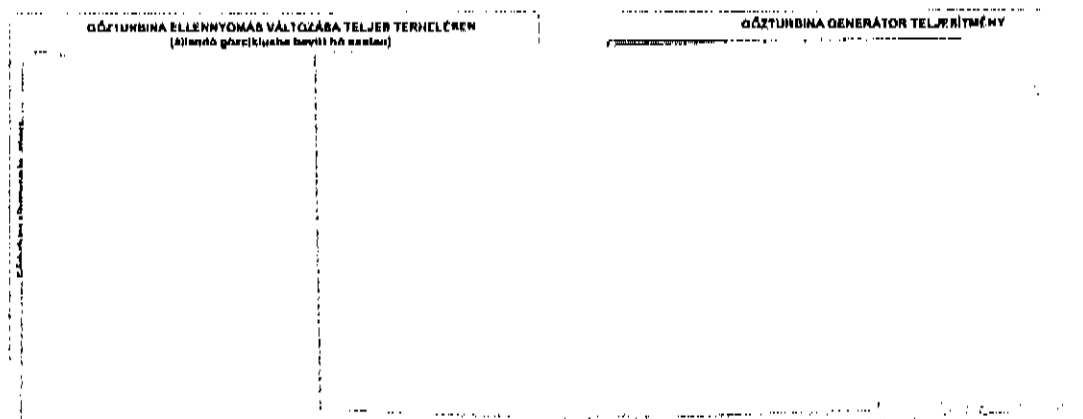
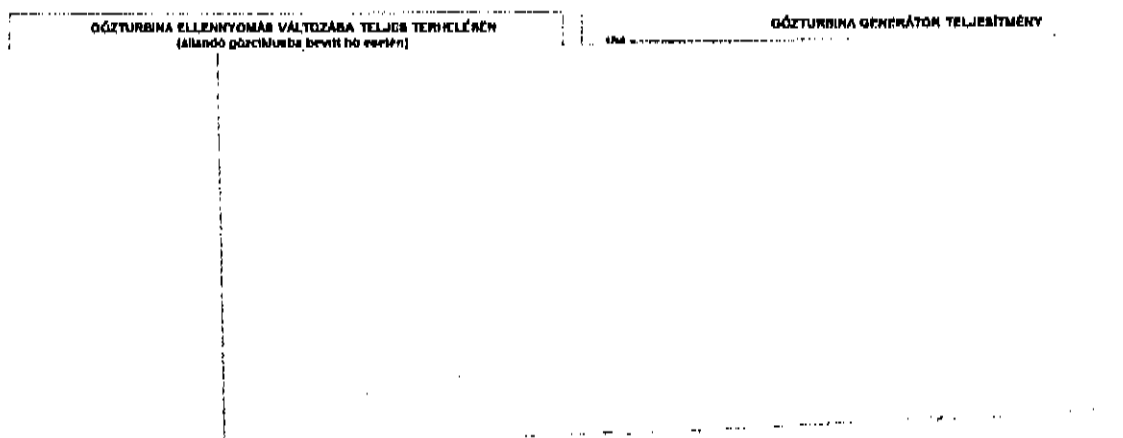
Mindkét blokk típushoz azonos ventilátoros ikercellákat alkalmazunk – ezek csak az ikercellák számában különböznek. A hűtőrendszer többi eleme a természetes huzatú nedves hűtésnél alkalmazott berendezésekkel azonos. A három dupla kiömlésű kisnyomású turbinaházhoz három sorba kapcsolt kondenzátortest tartozik (a két blokk kondenzátorai csak méretükben különböznek). Itt is mindkét blokk típusnál blokkonként hűtővíz keringtető szivattyú van.

❖ A hűtőrendszer és az erőmű vázlatos telepítési rajza 2x1200 MW blokk típusra a 6335-CT-913 számú rajzon, a 2x1600MW blokk típusra a 6335-CT-914 számú rajzon látható.

- ❖ A hűtőrendszer főbb berendezései, meghatározó dimenziói, körvonalrajza



- ❖ A hűtőrendszer karakterisztikája és hatása az erőmű teljesítményére

2 x 1200 MW_e [REDACTED]2 x 1600 MW_e [REDACTED]

Megjegyzés: Az egyes tornyos hűtőrendszerek esetében fentiekben bemutatott generátor teljesítmény változása, a száraz léghűtő rendszer tulajdonságainak azonos ábrázolhatósága végett, ugyan a száraz léghőmérséklet függvényében történt, de a valós relatív páratartalmak figyelembe vétele mellett.

A működést ábrázoló diagramok elkészítésekor figyelembe vett hőmérsékleti szélsőértékek minimum -20°C-nál 80% relatív páratartalom (-20.3°C nedves léghőfok) és maximum 38.6°C-nál 50% relatív páratartalom (+29°C nedves léghőfok). A hűtőrendszeri és blokki teljesítmény adatok két jellemző pontban 26.3°C léghőmérsékletnél 59%-os relatív páratartalomnál és 14°C-nál 70%-os relatív páratartalomnál, táblázatosan is bemutatásra kerülnek az anyag későbbi, termelési adatok meghatározási részében.

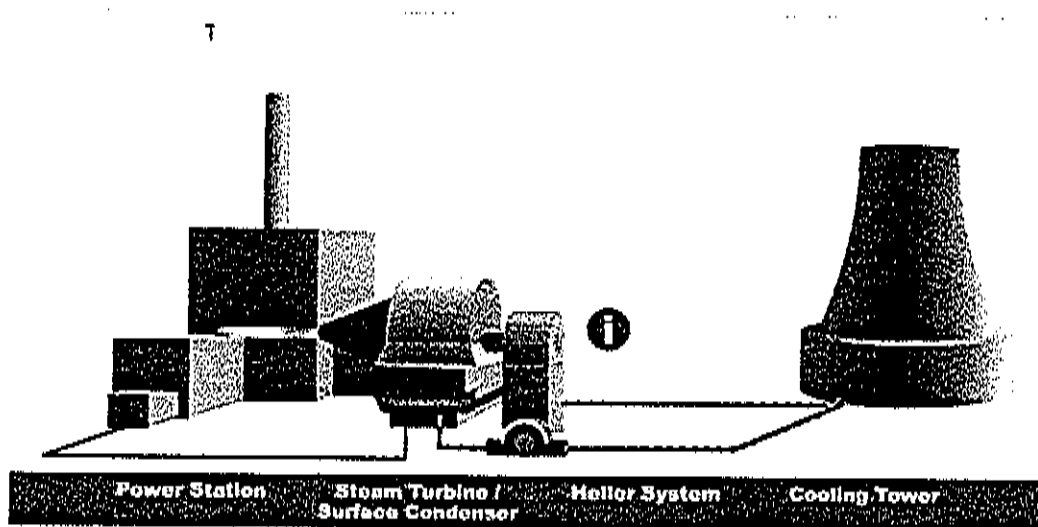
BIZALMAS

4.2.3 Vízta­karékos környezetbarát hűtésű változatok

4.2.3.1 A vízta­karékos (száraz és száraz/nedves) hűtések általános ismertetése

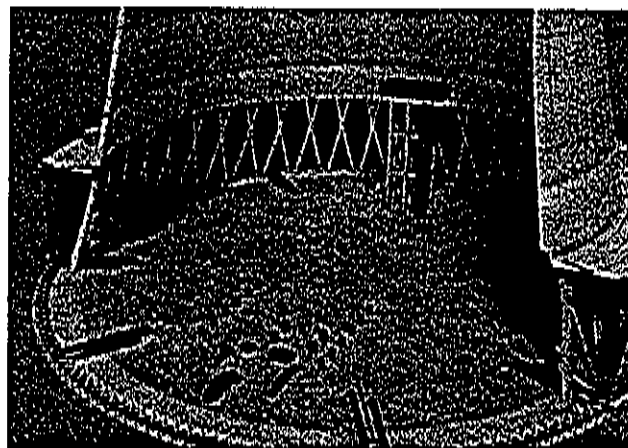
Heller-System

GEA



© GEA Energy Technology GmbH

A HELLER-rendszer egy indirekt léghűtő rendszer, amelynél a turbina­klus hulladék hője elsődlegesen egy keverőkondenzátorban vagy egy felületi kondenzátorban kerül elvonásra egy teljesen zárt hűtővízkör által. Nukleáris erőművek esetén azt feltételezzük, hogy a biztonság további fokozása érdekében ez a kondenzátor felületi kondenzátor lesz. Az így felmelegedett és szivattyúk által keringtetett hűtővíz a hűtőtoronyban (ill. collákban) elhelyezett bordáscsöves léghűtők (víz-levegő hőcserélők) révén lesz továbbítva a környezeti levegőbe. A hűtőlevegő áramlását akár természetes, akár mechanikus huzattal lehet létrehozni. A teljesen zárt hűtővízkör révén a hűtőrendszer vízfogyasztása gyakorlatilag nulla.



❖ A felületi kondenzátorral ellátott HELLER-rendszer lényeges sajátosságai:

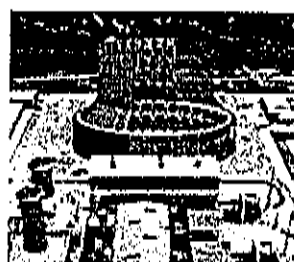
- A hűtőrendszer egy teljesen zárt nyomás alatti kör, amelynél a vákuum (és így a turbína körfolyamat, azaz a szekunder kör) a felületi kondenzátor terére van korlátozva – ami a biztonság szintjének erősítése mellett növeli a rendszer megbízhatóságát és karbantarthatóságát.
- Mivel a zárt körben nagy tisztaságú víz van keringtetve, nem fordulhat elő semmilyen lerakódás vagy eltömődés a léghűtők és a felületi kondenzátor csöveiben. Ez növeli az erőművi körfolyamat hatásfokát (illetve csökkenti a kondenzátor beruházási és karbantartási költségét); a kondenzátor esetleges tömítetlenségénél a turbinakörbe szivárgó víz minimális szennyezést okoz, akár a frissvíz hűtéssel, akár a nedves hűtéssel összehasonlítva.
- A szektorokra bontott léghűtő elrendezés megkönnyíti az esetleges javítást, ezzel is fokozva a rendelkezésre állást és könnyítve a karbantartást. A léghűtők légoldali tisztítása üzemközben végezhető.
- Az alumíniumból készült Forgó-típusú léghűtők élettartama meghaladja a 60 évet és a csövekből és lemezbordákból álló léghűtő mátrixok képesek fenntartani a teljes élettartam idejére az eredeti hőátviteli képességüket.
- A levegő áramoltatás akár ventilátorral, akár tornyos megoldással biztosítható – az utóbbi nemcsak jobb hatásfokot, hanem 100%-os rendelkezésre állást és karbantartásmentes üzemet biztosít.
- A hűtőkörbe zárt víz nagy hő tehetetlensége részlegesen kiegyenlíti a szellőkések hatását és ezáltal csökkenti a maximális megengedhető ellennyomás alarm és leállási értéke közötti különbséget.

❖ **Huzat lehetőségek a hűtőlevegő mozgatásához****Mesterséges huzat**

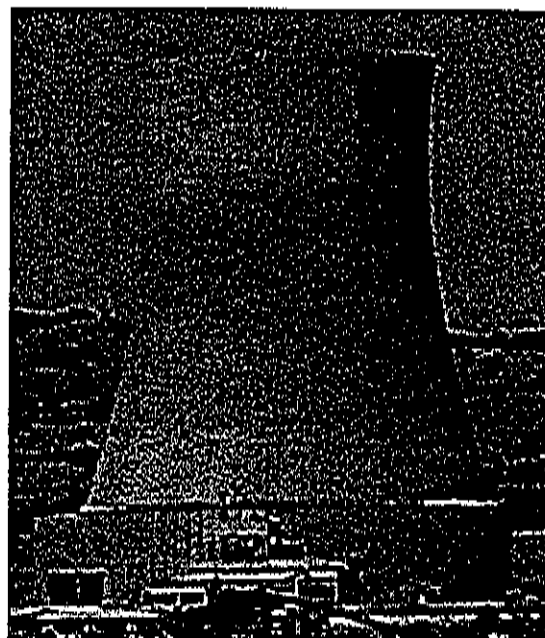
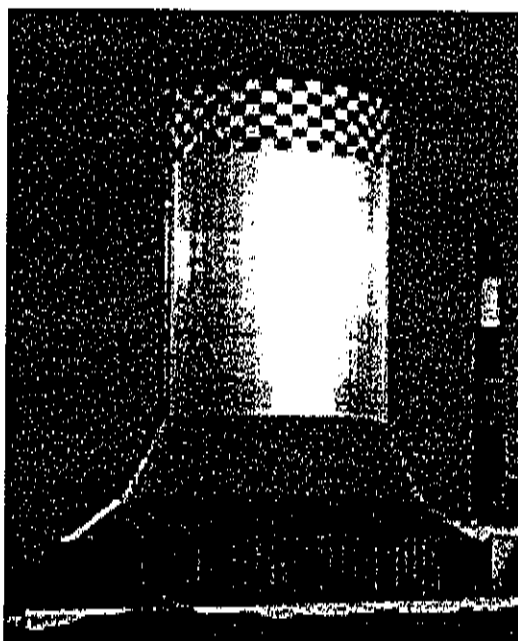
- ✓ viszonylag alacsonyabb beruházási költség
- ✓ viszonylag magas segédenergia fogyasztás és zajszint
- ✓ a szívóventillátoros megoldások kedvezőbbek, mint a nyomóventillátorosok a szélhatás, illetve meleg levegő recirkulációja szempontjából.

**Ventillátorral segített természetes huzat**

- ✓ ott célszerű alkalmazni, ahol kb. 60-80 m magasságban korlátozott a toronymagasság.

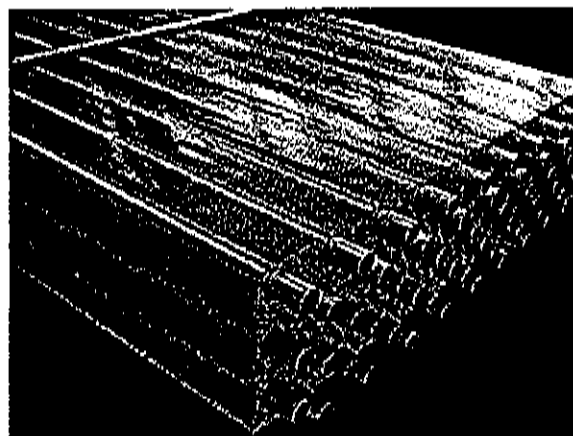
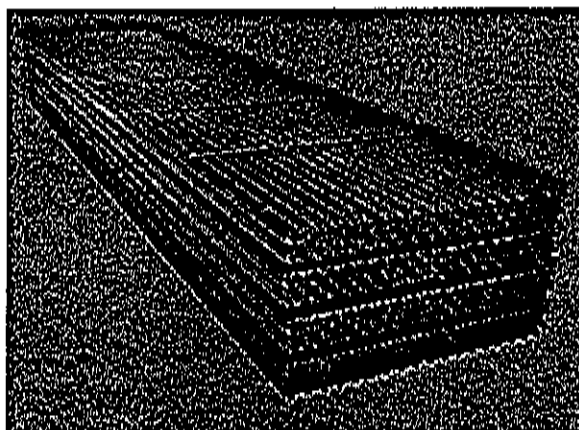
**Természetes huzat**

- ✓ Jelenérték alapon a legkedvezőbb huzatmegoldás – a mesterséges huzathoz képest 1-2%-os hatásfokjavulás érhető el; légűtésnél gyakorlatilag nulla zajklóbsátás
- ✓ A természetes huzatú torony rendelkezésre állása gyakorlatilag 100%-os; száraz hűtés esetén a teljes élettartam alatt sem igényel karbantartást.
- ✓ Fenti tulajdonságokat számításba véve a legkörnyezetbarátabb megoldás, kivéve a vizuális hatást.
- ✓ Száraz hűtésnél akár konvencionális beton, akár acélszerkezetű alumíniumborítású torony alkalmazható.



❖ **Légűtők****Hőcserélő típus / anyag**

- ✓ Forgó-típusú víz-levegő hőcserélő mátrixok külső felületkezeléssel vannak ellátva. Az EGI jelenleg az 5. generációs 6 csősoros Forgó-hőcserélőket, illetve a 6. generációs (nagyobb csőátmérők) 4 vagy 6 csősoros hőcserélőket alkalmazza.
- ✓ A tiszta alumínium hőcserélők mellett bizonyos speciális alkalmazásokhoz szénacél vagy rozsdamentes acélcsőves hőcserélők is rendelkezésre állnak.

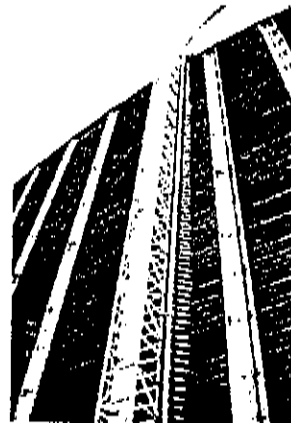
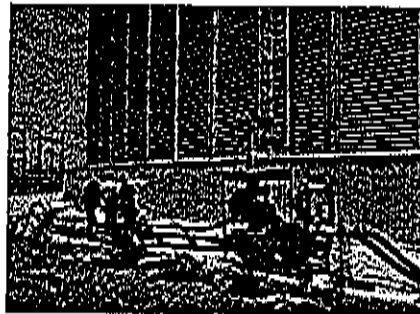
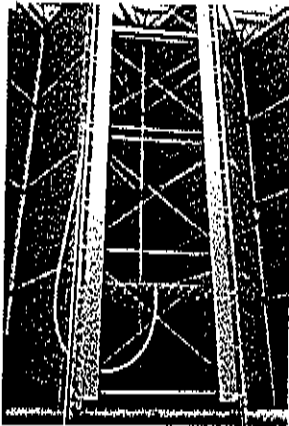
**Hűtődelták – a légűtők szerkezeti egységei és elrendezésük**

- ✓ A légűtő kötegek V alakú acélszerkezetbe vannak behelyezve, amelynek harmadik oldalát a levegő belépést szabályozó zsálmező képezi. Az így kialakított hűtődelták mind a légűtők szerelési egységei tetszőleges hosszúságúak lehetnek. A nagyobb hűtőtornyok esetén általában 24 m hosszúak.
- ✓ Természetes huzat esetén a légűtők (hűtődelták) a torony kerülete mentén vertikálisan vannak elhelyezve párhuzamos szektorokba csoportosítva.



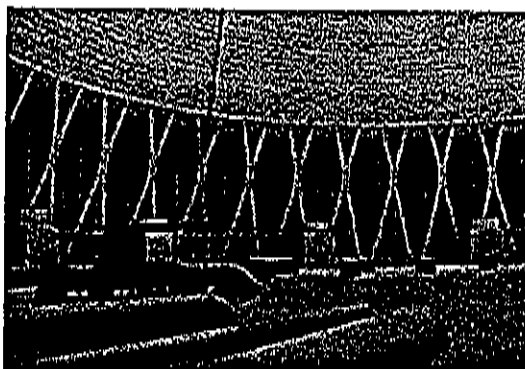
A léghűtők tisztítása

- ✓ A víz-levegő hőcserélők tisztítása évente 1, maximum 2 alkalommal, az ún. hűtődelta-mosó berendezéssel történik. Kézi működtetésű mosók mellett ma már automatikus üzemeltetésű mosók is rendelkezésre állnak.

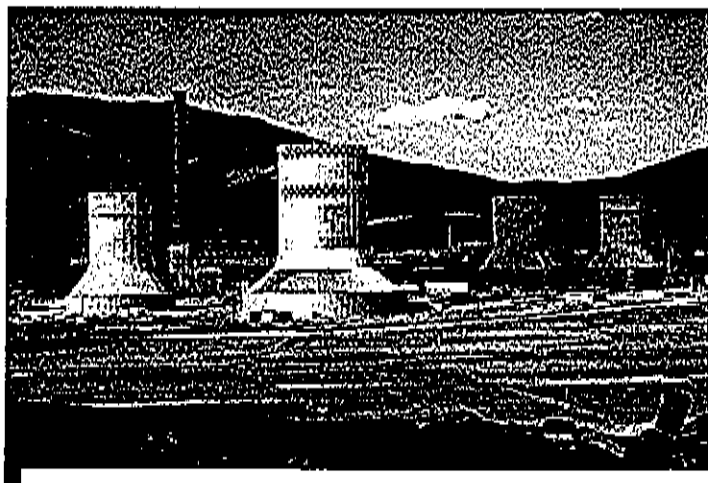


❖ Száraz/nedves HELLER-rendszer megoldások

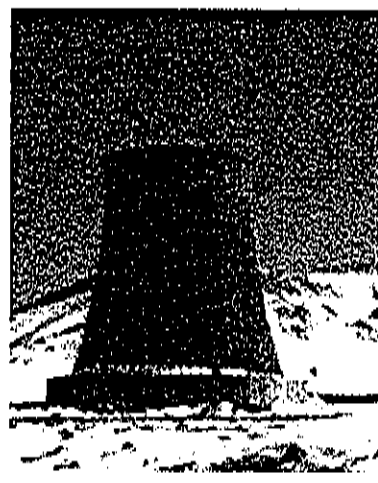
- ❖ Mint a 4.2 fejezet 1. pontjában bemutatottuk, száraz HELLER-rendszerből kiindulva több száraz/nedves derivatív lett kifejlesztve, amelyek lényeges víz megtakarítást biztosítanak, ugyanakkor a magasabb külső hőmérsékletoknál lehetővé teszik a turbina ellennyomás csökkentését és ezáltal a turbina teljesítmény növelését.
- ❖ A száraz/nedves hűtőrendszerek az év jelentős részében tiszta száraz hűtőrendszerként működnek, és amikor a nedves besegítésre szükség van, akkor a száraz ill. nedves hőelvonás aránya - bizonyos határok között – könnyen változtatható mind napi, mind órás viszonylatban igazodva a villamos energia igényhez, valamint a víz rendelkezésre állásához.



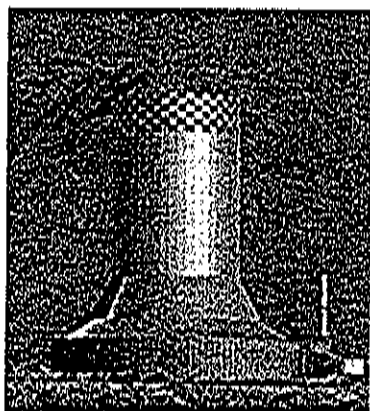
- ❖ Referenciák – a GEA EGI léghűtésű és száraz / nedves hűtőrendszerrel világszerte
- ✓ A GEA EGI több mint 50 éves tapasztalattal rendelkezik az indirekt hűtésű száraz illetve száraz / nedves HELLER rendszerek tervezésében és megvalósításában.
- ✓ Ez idáig 20 országban mintegy 30 ezer MW_e erőművi kapacitást látott el víztakarékos hűtőrendszerekkel.
- ✓ A referencia hűtőrendszerek a legkülönbözőbb klimatikus-és terepviszonyok viszonyok között működnek.
 - + 50 °C, illetve - 62 °C léghőmérséklet
 - a tengerszint közeli magasságtól felfele egészen 2000 m magasságig
 - telephelyek a Sarkkörön túl, sivatagokban vagy éppen tengerparton
- ✓ A GEA EGI referenciája a világ egyetlen léghűtésű atomerőműve.
- ✓ A világ legnagyobb léghűtéses kombinált ciklusú erőműve.
- ✓ Természetes huzatú hűtőtornyok, amelyeken keresztül van kibocsátva a füstgáz-
- ✓ HELLER rendszerek keverő-és felületi kondenzátorral.
- ✓ Költséghatékony, környezetbarát száraz / nedves HELLER rendszer derivatívák (770 MW_e erőművi kapacitás kiegészítő permetező hűtéssel felszerelve és 4300 MW_e teljesítményt szolgáló léghűtő kapacitás rendelkezik nedves, illetve locsolt hűtőcellákkal).



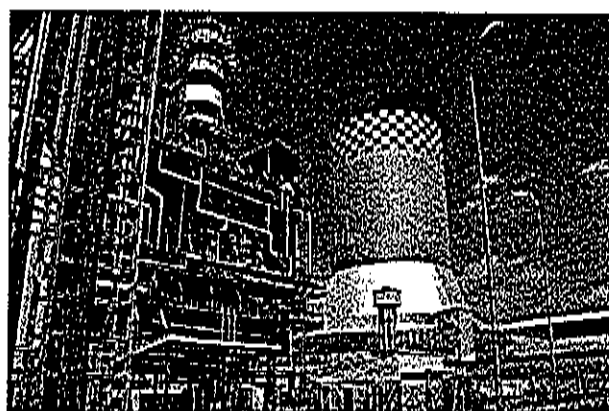
*2 x 310 & 4 x 200 MW_e Razdan Erőmű, Örményország
földrengés veszélyes telephely 1800 m magasan*



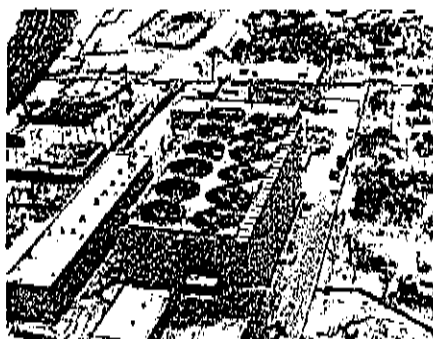
*4 x 350 MW_e Arak Erőmű, Irán
telephely 200 m magasan*



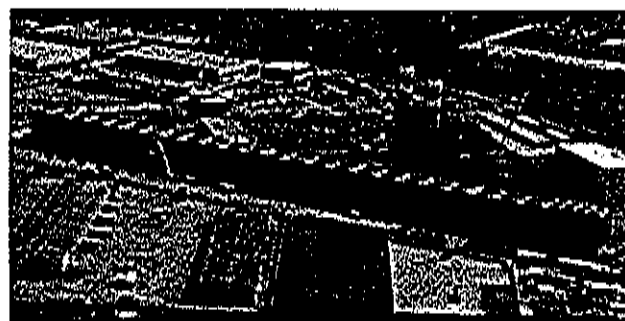
540 MW, Nasserieh Kombinált Ciklusú Erőmű,
Szíria – perzselő sivatagban



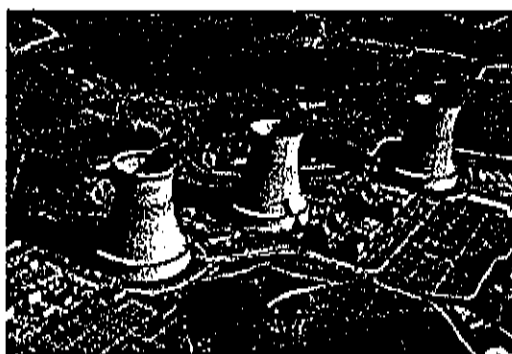
750 MW, Deir Ali Erőmű, Szíria – perzselő
sivatagban



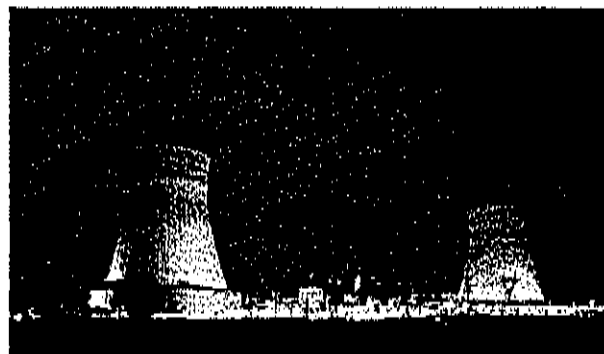
540 MW, Tereshkova Erőmű,
Oroszország – ventilátoros légűtők – dermesztő
hideg: -41°C



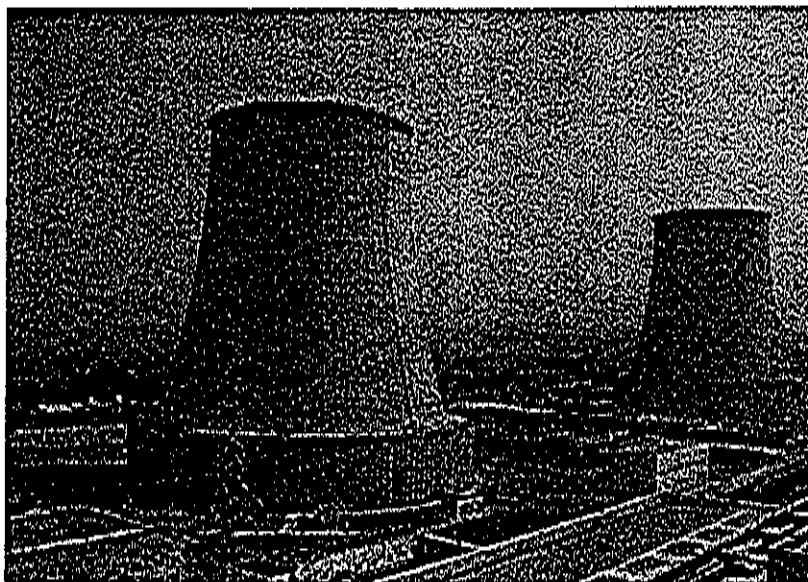
800 MW, Modugno Kombinált Ciklusú Erőmű,
Olaszország – ventilátoros légűtők –
tengerpartközeli telephely



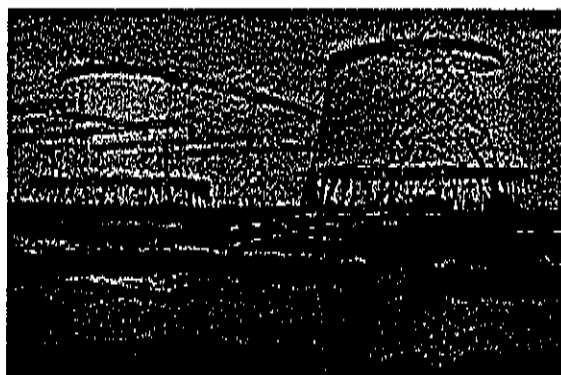
3x800 MW, Gebze & Adapazari Kombinált Ciklusú
Erőmű, Törökország –
a világ legnagyobb légűtésű kombinált ciklusa



1400 MW, Bursa Kombinált Ciklusú Erőmű,
Törökország –
locsolt csűshűtők a tornyon belül



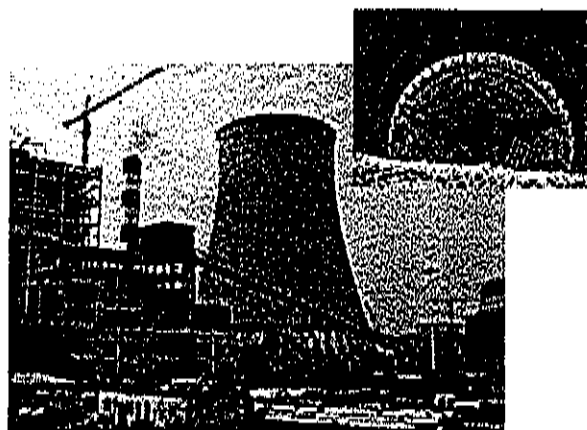
2x600 MW, Yangcheng Széntüzelésű Erőmű, Kína
HELLER-rendszer felületi kondenzátorral



2 x 660 MW, Shuidonggou Erőmű, Kína
HELLER-rendszer felületi kondenzátorral



2 x 300 MW, (1 toronyban) Shan Yin Erőmű,
Kína

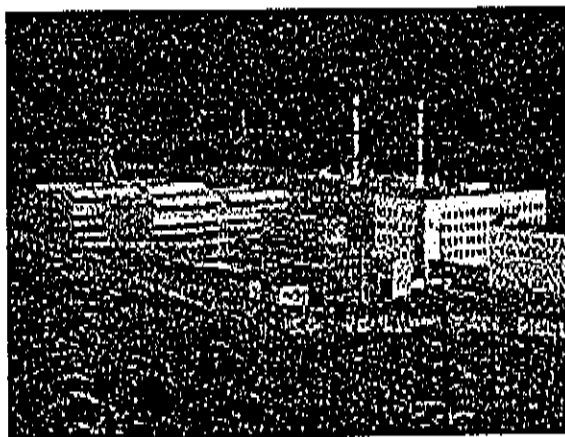


FGD - a toronyban, 2x 700 MW, Baoji
Szuporkritikus Erőmű, Kína



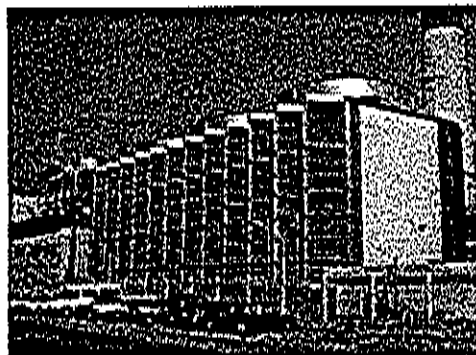
320 MW, Can CFB-kazános Erőmű
Törökország – füstgázkibocsátás a
torony keresztül

A világ egyetlen léghűtésű atomerőműve: BILIBINO ATOMERŐMŰ 4x12 MW_e Oroszország – a hűtőrendszert az EGI tervezte és szállította

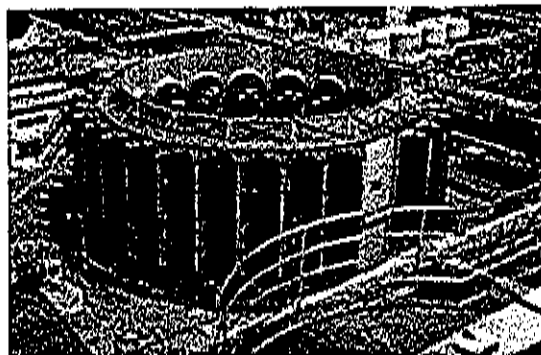


- ✓ Az erőmű telephelye a Sarkkörön túl Szibériában van (minimum tervezési környezeti hőmérséklet: -62°C)
- ✓ Az erőmű a 70-es évek közepén készült, azóta sikeresen üzemel.
- ✓ HELLER-típusú száraz hűtőrendszer körben rozsdamentes acél kondenzátor van; a léghűtők Forgó-típusú alumínium hűtődelták
- ✓ A fagyvédelmi okokból a ventilátoros hűtők meleg levegő recirkuláció lehetőségét is biztosítják.

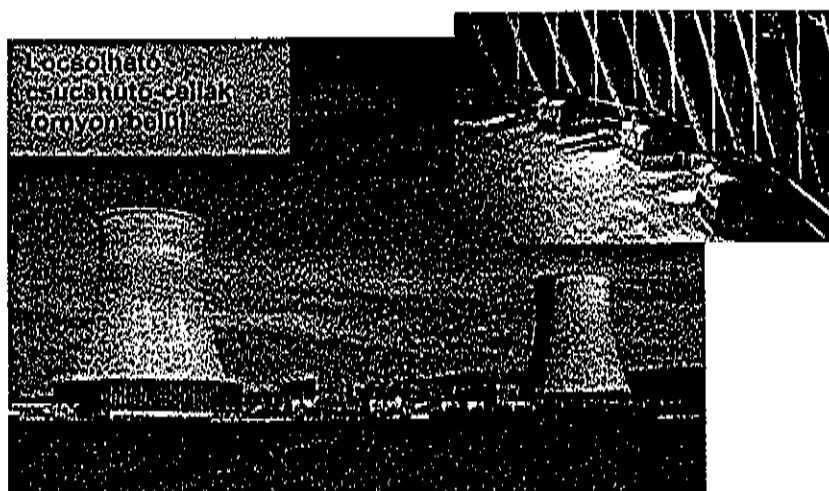
Néhány HELLER-rendszerből származtatott száraz/nedves léghűtő rendszer



80 MW, Sochi Erőmű, Oroszország;
hűtőrendszer kiegészítő permatózással



60 MW, Kaneka Erőmű, Japán
hűtőrendszer kiegészítő permatózással



1400 MW, Bursa Kombinált Ciklusú Erőmű, Törökország



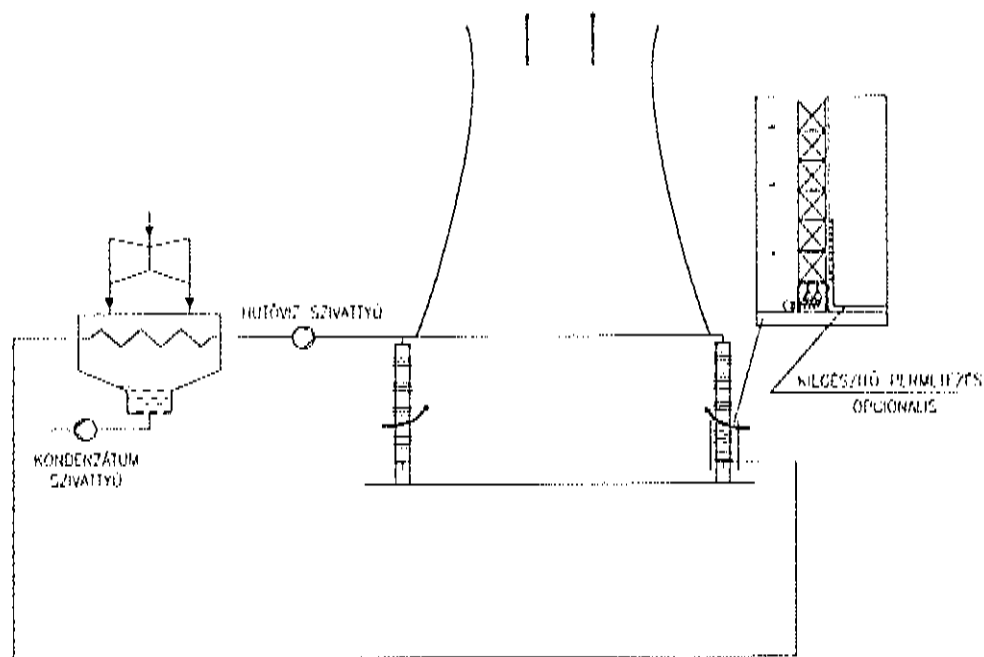
800 MW, Mátrai Erőmű, Visonta

4.2.3.2 Száraz HELLER-rendszer kiegészítő permetezéssel

❖ A hűtőrendszer kapcsolása és konfigurációja

Természetes hűtési száraz HELLER-rendszer (konfiguráció) (1. berendezés)	1. blokk	2. blokk
Kondenzátor		
▪ típus		
▪ felület (m ²)		
▪ tisztasági faktor		
▪ hűtővízáram (m ³ /h)		
▪ Hűtővíz szivattyú db x %		
Hűtőtorny		
▪ típus & db	vasbeton vagy acél Al-borítású	vasbeton vagy acél Al-borítású
▪ dimenziók (m x m x m)		
▪ helyfoglalás	hűtőtorok külső élénél	hűtőtorok külső élénél
Hűtőcső		
▪ típus		
▪ delta magasság (m)		
▪ deltaszám		
▪ szektorok száma		
Permetező berendezés		
▪ fokozatok száma		
▪ elrendezés		
▪ permetezett vízmennyiség, m ³ /h		

BIZALMAS



száraz HELLER-torony (kiegészítő permetezéssel) látja el egy atomerőművi blokk hűtését, mind az 2 x 1200 MW_e, mind az 2 x 1600 MW_e teljesítmény esetén (természetesen a tornyok méretében, illetve a léghűtő felület tekintetében a két blokk nagysághoz igazodóan eltérőek). Ugyancsak mindkét esetben három-három sorba kapcsolt kondenzátortest van. Mindkét hűtővíz-keringtető szivattyút alkalmazunk.

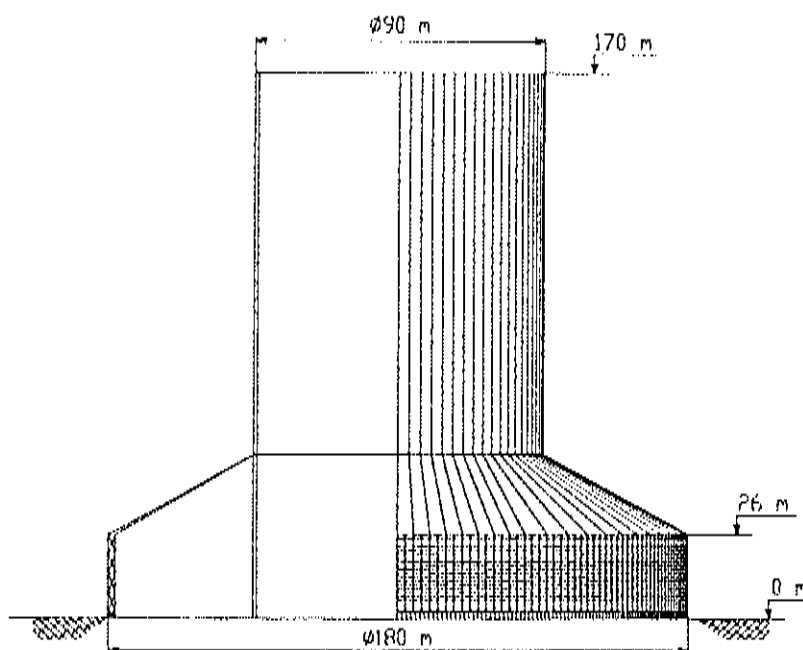
A kondenzátortól a keringtető szivattyúk visszajuttatják a felmelegedett hűtővizet a természetes huzatú tornyokhoz. A tornyok alapkőre mentén vertikálisan elhelyezett hosszú hűtődelták biztosítják a hőelvonást. Csak míg az 2 x 1200 MW_e teljesítményű erőművi körné típusú Forgó-hőcserélőket alkalmazunk, az 2 x 1600 MW_e teljesítményű egységeknél nagyobb csőátmérőjű hőcserélők vannak beépítve.

Alacsonyabb külső hőmérsékletek esetén a rendelkezésre álló szivattyúból csak szivattyú működik. A külső hőmérséklet emelkedésével is üzembe lép. A legmelegebb hőmérsékleti tartományban az addig tisztán száraz üzemi hűtés teljesítményének fokozására üzembe helyezhető a kiegészítő permetezés első fokozata; a második fokozat (a permetezett vízmennyiség megduplázását jelenti) egy alkalmasan választott magasabb hőmérsékleten lép működésbe.

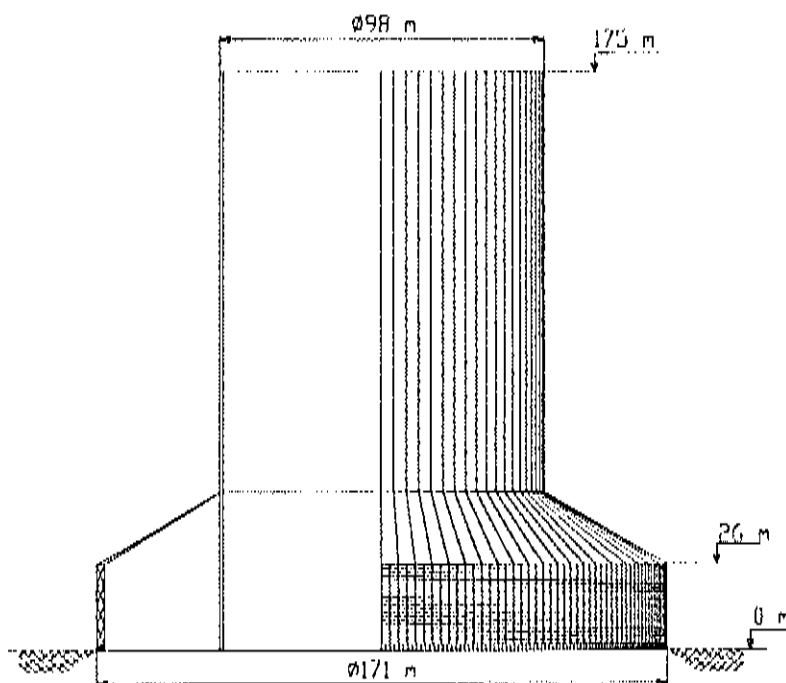
BIZALMAS

- ❖ A hűtőrendszer és az erőmű vázlatos telepítési rajza 2x1200 MW blokk típusra a 6335-CT-915 számú rajzon, a 2x1600MW blokk típusra a 6335-CT-916 számú rajzon látható.
- ❖ A hűtőrendszer főbb berendezései, meghatározó dimenziói, körvonalrajza

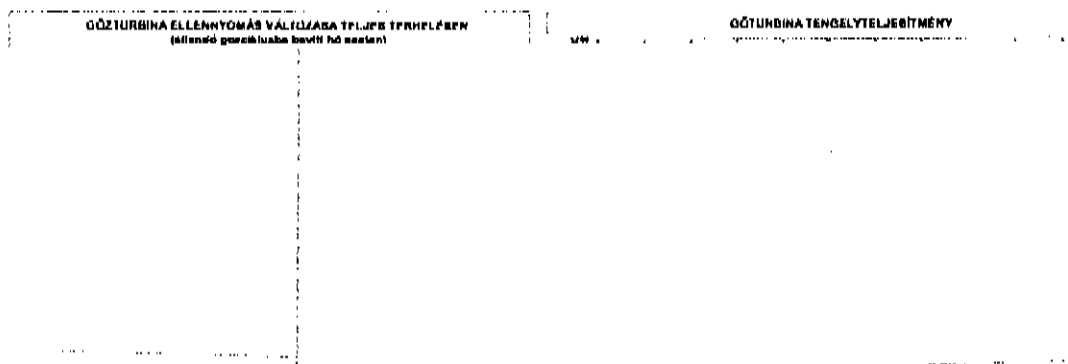
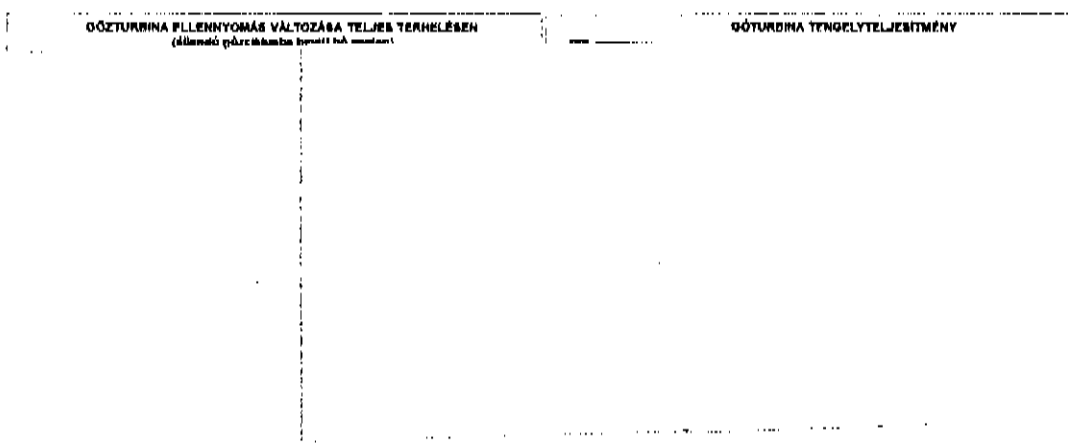
2 x 1200 MW.



2 x 1600 MW.



❖ A hűtőrendszer karakterisztikája és hatása az erőmű teljesítményére

2 x 1200 MW_e [REDACTED]2 x 1600 MW_e [REDACTED]

Megjegyzés: Az egyes tornyos hűtőrendszerek esetében fentiekben bemutatott generátor teljesítmény változása, a száraz léghűtő rendszer tulajdonságainak azonos ábrázolhatósága végett, ugyan a száraz léghőmérséklet függvényében történt, de a valós relatív páratartalmak figyelembe vétele mellett.

A működést ábrázoló diagramok elkészítésekor figyelembe vett hőmérsékleti szélsőértékek minimum -20°C-nál 80% relatív páratartalom (-20.3°C nedves léghőfok) és maximum 38.6°C-nál 50% relatív páratartalom (+29°C nedves léghőfok). A hűtőrendszeri és blokki teljesítmény adatok két jellemző pontban 26.3°C léghőmérsékletnél 59%-os relatív páratartalomnál és 14°C-nál 70%-os relatív páratartalomnál, táblázatosan is bemutatásra kerülnek az anyag későbbi, termelési adatok meghatározási részében.

BIZALMAS

4.2.3.3 Szeparált hűtőkörös száraz/nedves HELLER-rendszer

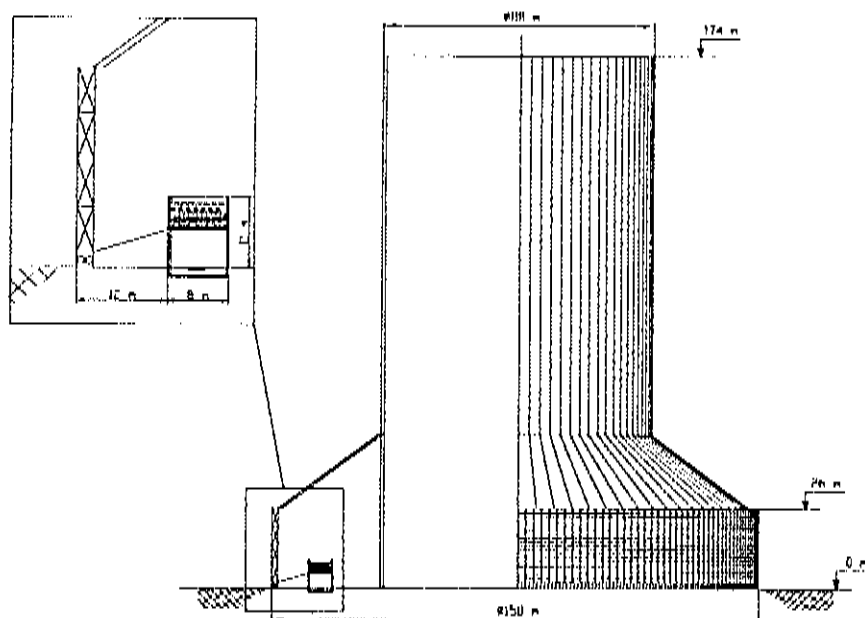
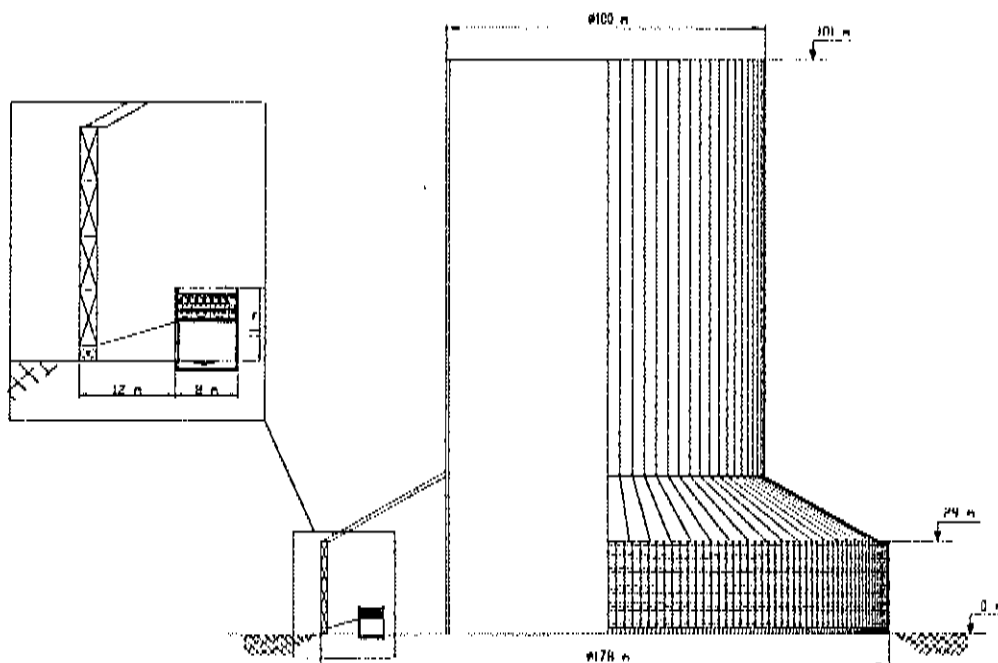
- ❖ A hűtőrendszer kapcsolása és konfigurációja

Szeparált hűtőkörös száraz/nedves HELLER-rendszer	2 x 1200 MW	2 x 1600 MW
Kondenzátor		
típus	2 x 3-fokozatú soros felületi kondenzátor, minden fokozat száraz & nedves szegmensre osztva	
felület (m ²)		
tisztasági faktor (száraz/nedves)		
hűtővízáram (száraz/nedves) m ³ /h		
Vízgépek		
száraz kör szivattyúk (db/vízáram%)		
nedves/száraz szivattyúk (db/vízáram %)		
Száraz hűtőtorny		
típus & darab	vasbeton vagy acél Al borítással	
dimenziók tornyonként (m x m x m)		
helyfoglalás	hőcserélő külső élénél	hőcserélő külső élénél
huzat	természetes huzat	
Légűtő hőcserélők		
típus		
deltamagasság (m) / deltaszám	per torony	per torony
szektorok száma	torony	/ torony
Nedves hűtőcellák		
típus	rozsdamentes acélszerkezet, műanyag borítás, ventilátor nélkül	
nedves betét	vastag film típusú ellenáramú	
cellaszám	kercella – egy cella léghűtő szektorhoz	kercella – egy cella léghűtő szektorhoz
dimenziók (m x m x m)	per cella	
helyfoglalás	per kercella a száraz tornyon belül	
huzat	a száraz torony által indukált természetes huzat	
nedves kör hűtővíz áram (m ³ /h)	max. 12 200	
Víz-víz hőcserélők		
típus & anyag	lemezes hőcserélő, rozsdamentes acél	
kapcsolódás a száraz körhöz		
kapcsolódás a nedves körhöz	nedves kör vízáramához soros kapcsolat	
vízáramok (m ³ /h)		
párhuzamos PHE száraz/nedves oldal		
soros PHE száraz/nedves oldal		
Felület (m ²)		
párhuzamos száraz/nedves oldal		
soros száraz/nedves oldal		

BIZALMAS

Ez az oldal egy újszerű Szeparált hűtőkörös száraz/nedves HELLER típusú hűtőrendszer leírását és kapcsolási vázlatát tartalmazza ami a GEA EGI jelenleg is folyó fejlesztési iránya. Ez a rendszer bemutatásra került a PA Zrt. felé 2010. november 16-án.

- ❖ A hűtőrendszer és az erőmű vázlatos telepítési rajza 2x1200 MW blokk típusra a 6335-CT-917 számú rajzon, a 2x1600MW blokk típusra a 6335-CT-918 számú rajzon látható.
- ❖ A hűtőrendszer főbb berendezései, meghatározó dimenziói, körvonalrajza

2 x 1200 MW.**2 x 1600 MW.**

❖ A hűtőrendszer karakterisztikája és hatása az erőmű teljesítményére

2 x 1200 MW, [REDACTED]

GŐTURBINA ELLENNYOMÁS VÁLTOZÁSA TELJES TERHELESEN
(állandó gőzteljesítménybe bevitt hő esetén)

GŐTURBINA GENERÁTORTELJESÍTMÉNY

2 x 1600 MW, [REDACTED]

GŐTURBINA ELLENNYOMÁS VÁLTOZÁSA TELJES TERHELESEN
(állandó gőzteljesítménybe bevitt hő esetén)

GŐTURBINA GENERÁTORTELJESÍTMÉNY

Megjegyzés: Az egyes tornyos hűtőrendszerek esetében fentiekben bemutatott generátor teljesítmény változása, a száraz léghűtő rendszer tulajdonságainak azonos ábrázolhatósága végett, ugyan a száraz léghőmérséklet függvényében történt, de a valós relatív páratartalmak figyelembe vétele mellett.

A működést ábrázoló diagramok elkészítésekor figyelembe vett hőmérsékleti szélsőértékek minimum -20°C-nál 80% relatív páratartalom (-20.3°C nedves léghőfok) és maximum 38.6°C-nál 50% relatív páratartalom (+29°C nedves léghőfok). A hűtőrendszeri és blokk teljesítmény adatok két jellemző pontban 26.3°C léghőmérsékletnél 59%-os relatív páratartalomnál és 14°C-nál 70%-os relatív páratartalomnál, táblázatosan is bemutatásra kerülnek az anyag későbbi, termelési adatok meghatározási részében.

BIZALMAS

4.2.4 A 'tornyos' hűtési változatok összehasonlítható hatása az erőmű teljesítményére, energiatermelésre, vízfogyasztásra, a környezetre és a biztonságra

4.2.4.1 A teljesítmény, energiatermelési és vízfogyasztási adatok adott pontban és éves viszonylatban

2 x1200 MW_e

Paraméterek 26.3°C hőmérséklet és 59% páratartalom mellett	Vizsgált hűtőrendszer variációk			
	Természetes huzatú nedves rendszer	Mesterséges huzatú nedves rendszer	Száraz HELLER rendszer (permetezéssel)	Szeperált hűtőkörös száraz/nedves rendszer
	██████████	██████████	██████████	██████████
Turbina ellennyomás (kPa)	████	████	████	████
Torony ITD (°K)	████	████	████	████
Teljes ITD (°K)	████	████	████	████
Elvont hő (MW _{th})	██████████	██████████	██████████	██████████
Generátor teljesítmény (MW _e)	██████████	██████████	██████████	██████████
Hűtőrendszer önfogyasztás (MW _e)	████	████	████	████
„Nettó” turbina teljesítmény (MW _e)	██████████	██████████	██████████	██████████
Pótvízfogyasztás (m ³ /h)	██████████	██████████	██████████	██████████