

2 x1200 MW_e

Paraméterek 14°C hőmérséklet és 70% 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 (m³/h)	—	—	•	•

2 x1200 MW_e

Éves teljesítmények és fogyasztások 90%-os kihasználtság mellett	Vizsgált hűtőrendszer variációk			
	Természetes huzatú nedves rendszer	Mesterséges huzatú nedves rendszer	Száraz HELLER rendszer (permetezéssel)	Szevárált hűtőkörös száraz/nedves rendszer
Éves bruttó áramtermelés (GW _e h / év)				
Hűtőrendszer önfogyasztás (GW _e h / év)				
Éves „Nettó” áramtermelés (GW _e h / év)				
Átlagos „Nettó”* termelés (MW _e)				
Éves pót-víz fogyasztás m ³ / év				
Pót-vízfogyasztás relatív értéke a természetes huzatú nedves toronyhoz képest, %				

2 x1200 MW_e**ÉVES "NETTÓ" VILLAMOS ENERGIA TERMEELÉS**
(Vetítési alap: Nedves Természetes huzatú változat [REDACTED])**ÉVES VÍZFOGYASZTÁS**
(Vetítési alap: természetes huzatú nedves torony = 100%)

2 x 1600 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)	██████████	██████████	██████████	██████████

2 x 1600 MW_e

Paraméterek 14°C hőmérséklet és 70% 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)				

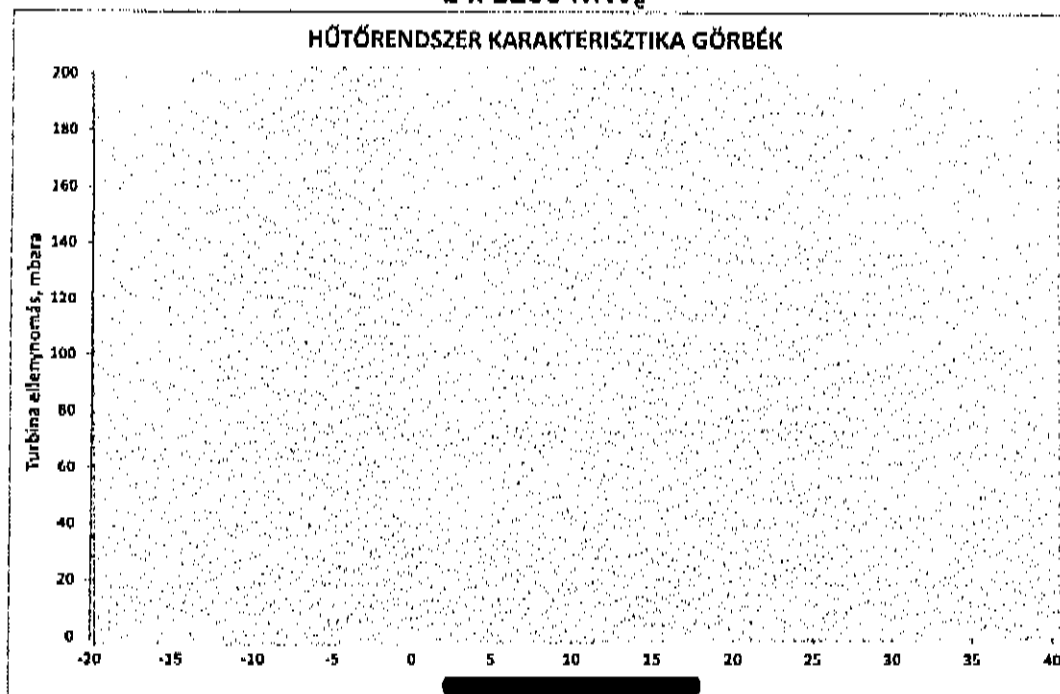
2 x 1600 MW_e

Éves teljesítmények és fogyasztások 90%-os kihasználtság mellett	Vizsgált hűtőrendszer variációk			
	Természetes huzatú nedves rendszer	Mesterséges huzatú nedves rendszer	Száraz HELLER rendszer (permetezéssel)	Szeparált hűtőkörös száraz/nedves rendszer
Éves bruttó áramtermelés (GW _e h / év)				
Hűtőrendszer önfogyasztás (GW _e h / év)				
Éves „Nettó” áramtermelés (GW _e h / év)				
Átlagos „Nettó”* termelés (MW _e)				
Éves pót-víz fogyasztás m ³ / év				
Pót-vízfogyasztás relatív értéke a természetes huzatú nedves toronyhoz képest, %				

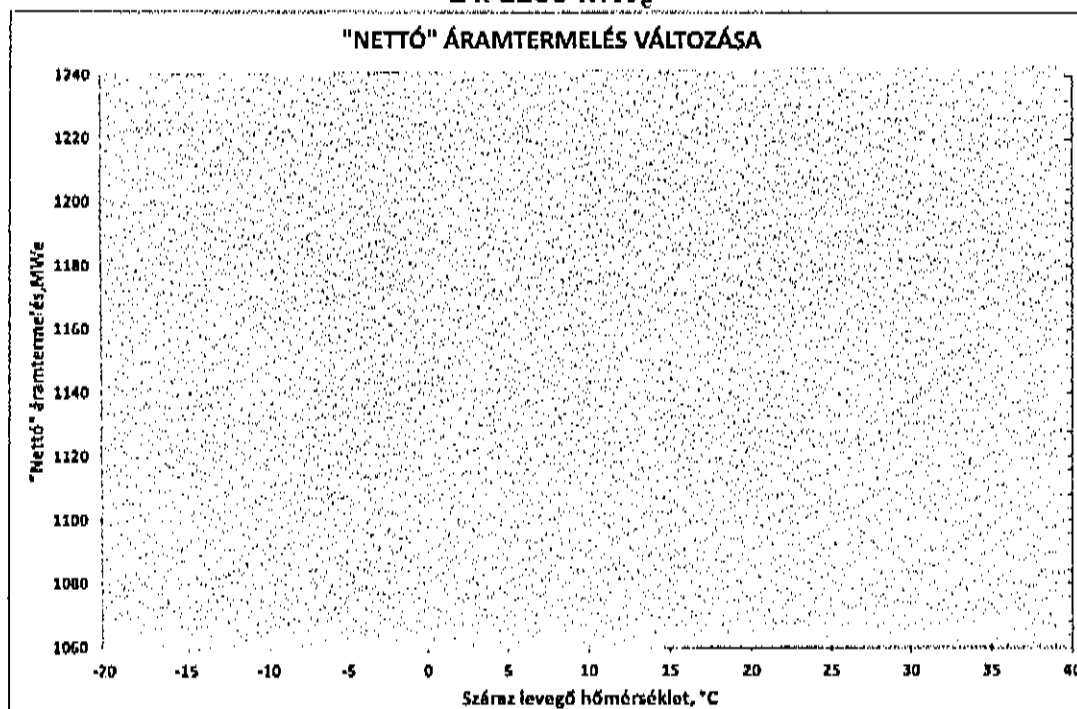
2 x 1600 MW_e**ÉVES "NETTÓ" VILLAMOS ENERGIA TERMELÉS**
(Vetítési alap: Nedves Természetes huzatú változat, Var 16-WN = 100%)**2 x 1600 MW_e****ÉVES VÍZFOGYASZTÁS**
(Vetítési alap: természetes huzatú nedves torony = 100%)

4.2.4.2 A különböző variánsok karakterisztikájának, teljesítményének és fogyasztási adatainak összehasonlítása

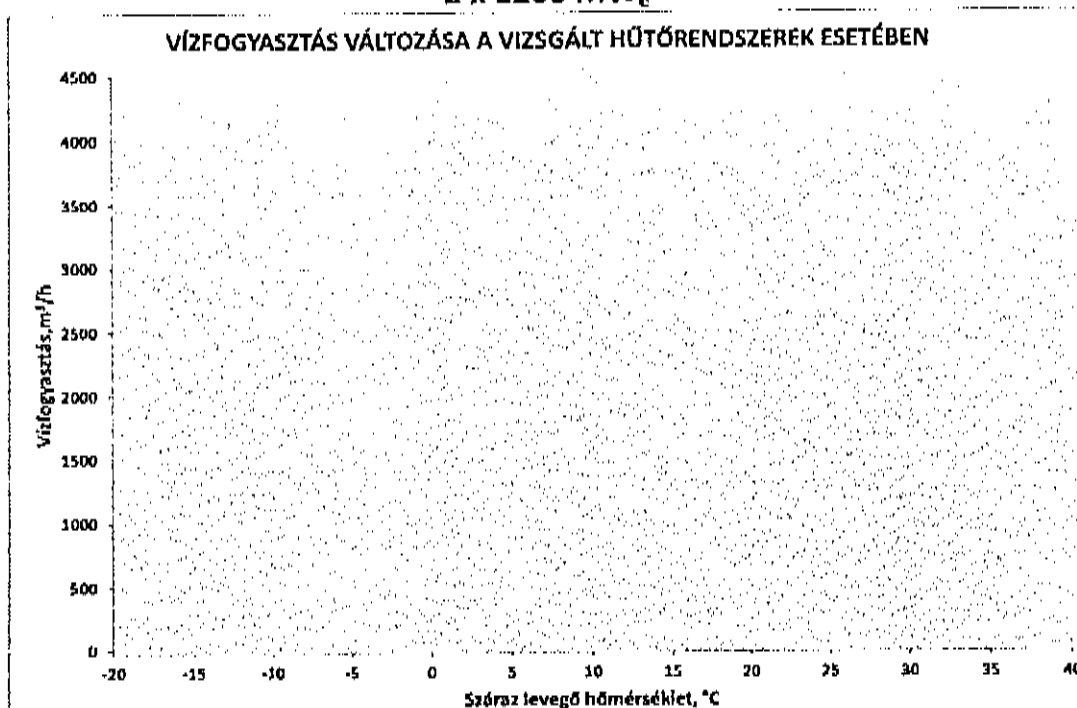
2 x 1200 MW_e

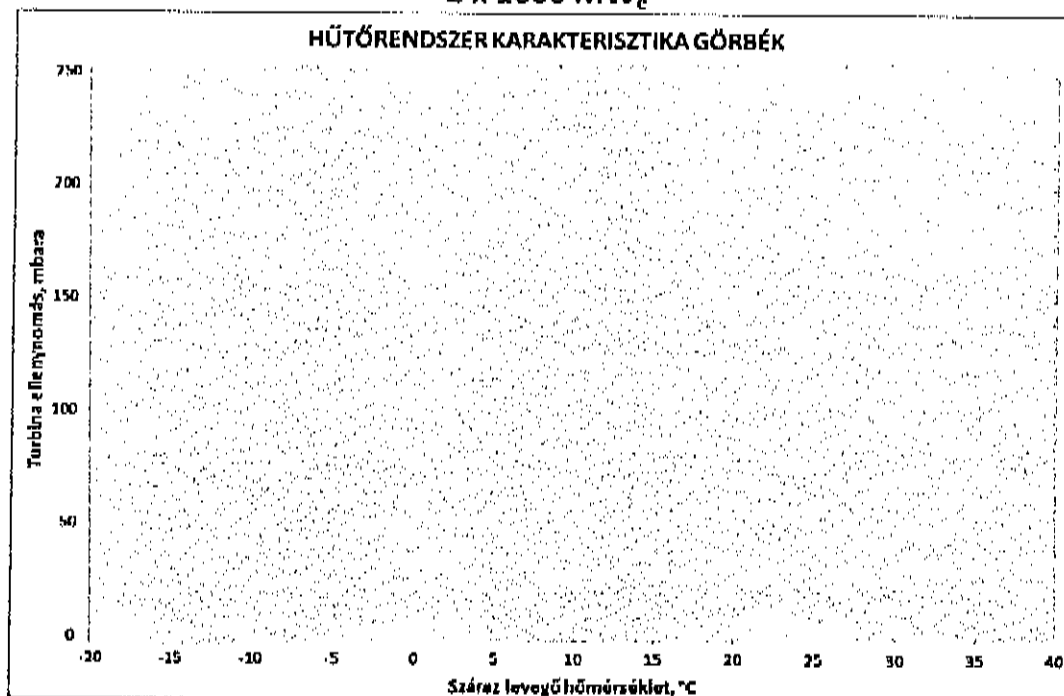
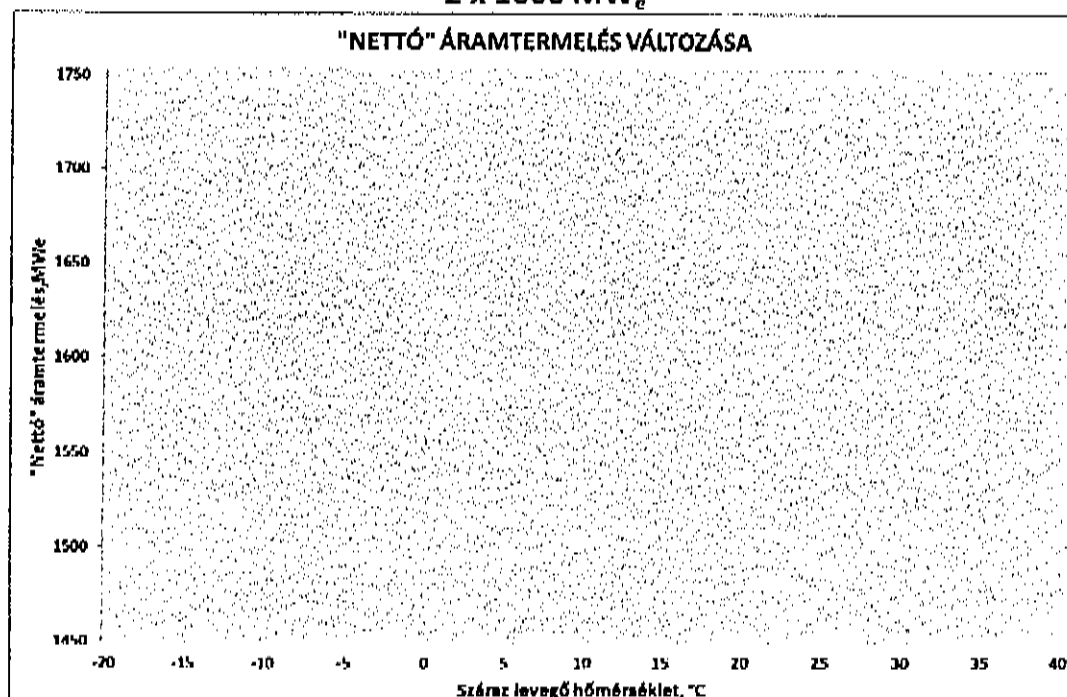


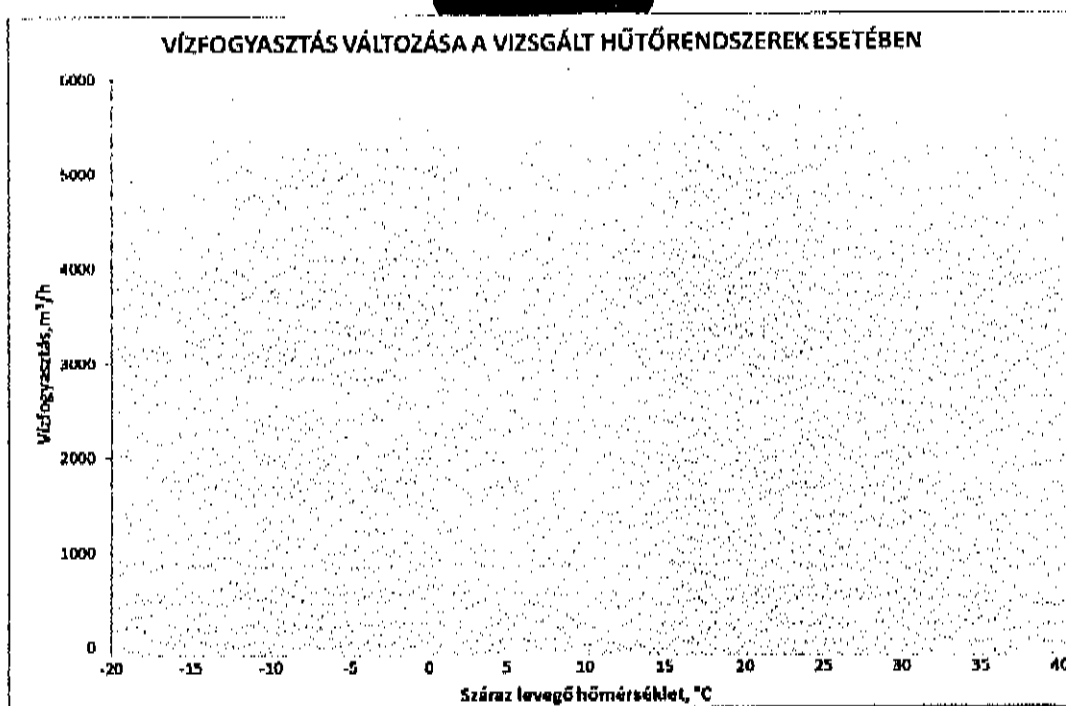
2 x 1200 MW_e



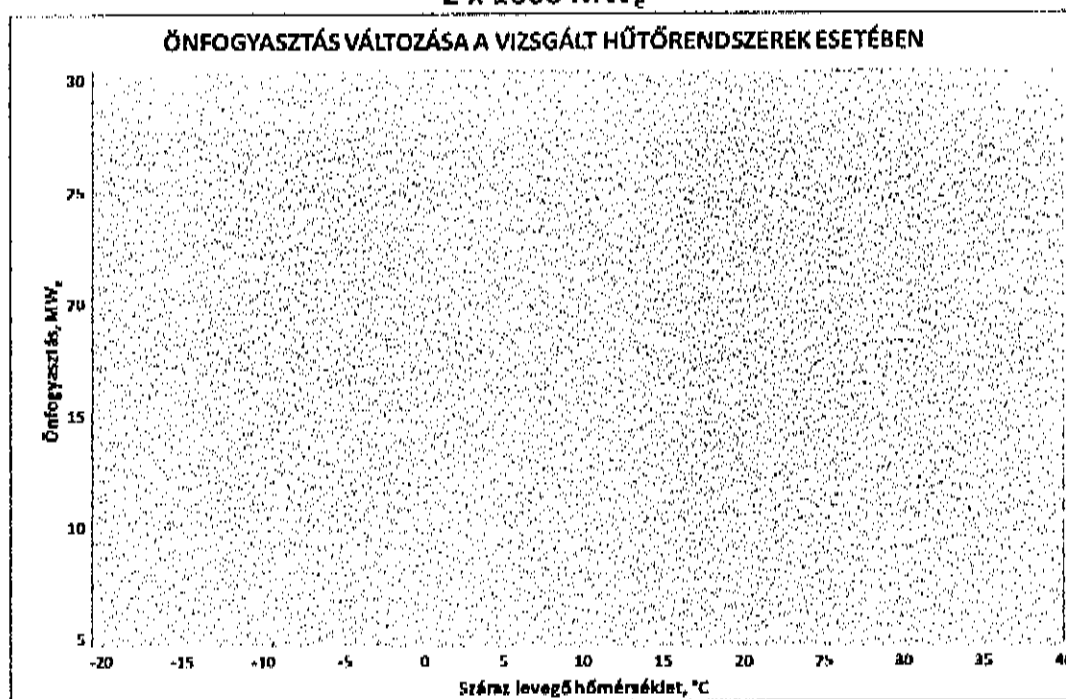
BIZALMAS

2 x 1200 MW_e**2 x 1200 MW_e****BIZALMAS**

2 x 1600 MW_e2 x 1600 MW_e**BIZALMAS**



2 x 1600 MW_e



BIZALMAS

4.2.4.3 Környezeti és biztonsági hatások

❖ A „tornyos” hűtőrendszerek környezeti hatásai

Hűtőrendszer vonatkozású környezeti hatások				
Vízki vétel/vízfelhasználás a hűtőrendszer számára (m ³ /év) 2 x 1200 MW-os változatok				
Változatok	nedves term. huzat	nedves mech. huzat	száraz permetezett	szeparált száraz/nedves
Felhasznált nyersvíz (m ³ /év)				
▪ vízkezelés vesztesége	1 484 000	1 484 000	66 000	92 800
▪ pótvíz	49 483 664	49 384 688	330 000	3 223 590
- párolgási veszteség	37 113 664	37 034 688	330 000	2 417 692
- leiszapolás	11 940 000	11 920 000	-	777 980
- cseppelragadás	430 000	430 000	-	27 898
Vízki vétel/vízfelhasználás a hűtőrendszer számára (m ³ /év) 2 x 1600 MW-os változatok				
Változatok	nedves term. huzat	nedves mech. huzat	száraz permetezett	szeparált száraz/nedves
Felhasznált nyersvíz (m ³ /év)				
▪ vízkezelés vesztesége	1 950 000	195 000	347 218	127 200
▪ pótvíz	64 958 404	65 051 954	1 736 090	4 327 038
- párolgási veszteség	48 718 404	48 791 954	1 736 090	3 245 280
- leiszapolás	15 684 000	15 704 000	-	1 040 910
- cseppelragadás	556 000	556 000	-	40 848
Kibocsátások, hatások 2 x 1200 MW-os és 2 x 1600 MW-os változatok				
Változatok	nedves term. huzat	nedves mech. huzat	száraz permetezett	szeparált száraz/nedves
Látható kődfaklya	mérsékelt	jelentős	nincs	nincs
Cseppkibocsátás	csekély	cseppelra- gadásnak megfelelő	nincs	nincs
Téli jegesedés a környezetben	nem valószínű	lehetőséges	nincs	nincs
Zajkibocsátás	közepes (vízfűgőny)	jelentősebb (vízfűgőny + ventilátorok)	közel nulla (kivéve szivattyúk)	közel nulla (kivéve szivattyúk)

- ❖ Megfontolások az hűtőrendszereknek az atomerőmű biztonságára gyakorolt hatásával kapcsolatban

Az atomerőművek biztonsági szempontjait a frissvízhűtés kielégíti, ezért először az ezzel kapcsolatos sajátosságokat vesszük számba, majd ehhez hasonlítjuk a „tornyos” hűtőrendszerek biztonsági vonatkozásait.

Frissvízhűtés

- A szekunder kör a felületi kondenzátorral zárul, amely a turbinaterem alsó szintjén a turbina alatt helyezkedik el egy jó kontrollálható kubatúrán belül.
- A hűtőkör nyitott, így a keringtetett hűtővíz áram teljes egészében visszajut a természetet képviselő víztestbe, jelen esetben a Dunába, ahol egy csekély része az egyensúly beálltáig elpárolog.
- Fentiek alapján egy esetleges (kis valószínűségű) meghibásodáskor a szekunder körben (ugyancsak esetlegesen) jelenlevő szennyeződés a hűtőkörön keresztül – annak leállításáig teljes egészében kijut a környezetbe.

Nedves hűtés

- A szekunder kör a frissvízhűtéssel azonos helyen a felületi kondenzátorral zárul.
- A hűtőkör félig zárt, ami azt jelenti, hogy a keringtetett víz áram döntő része a nedves hűtőrendszeri körben kering, míg kb. 1.7%-a a levegőbe párolgás útján, 0.02%-a pedig cseppvesztés révén bekerülve jut ki a környezetbe.
- Fentiek alapján az említett kis valószínűségű meghibásodáskor a szekunder kör szennyeződés a hűtőkörön keresztül a frissvízhűtéshez képest csökkentett mértékben juthat ki a környezetbe.
- Tehát a nedves hűtés a frissvízhűtéshez képest nem rontja, hanem inkább javítja a biztonsági feltételeket.

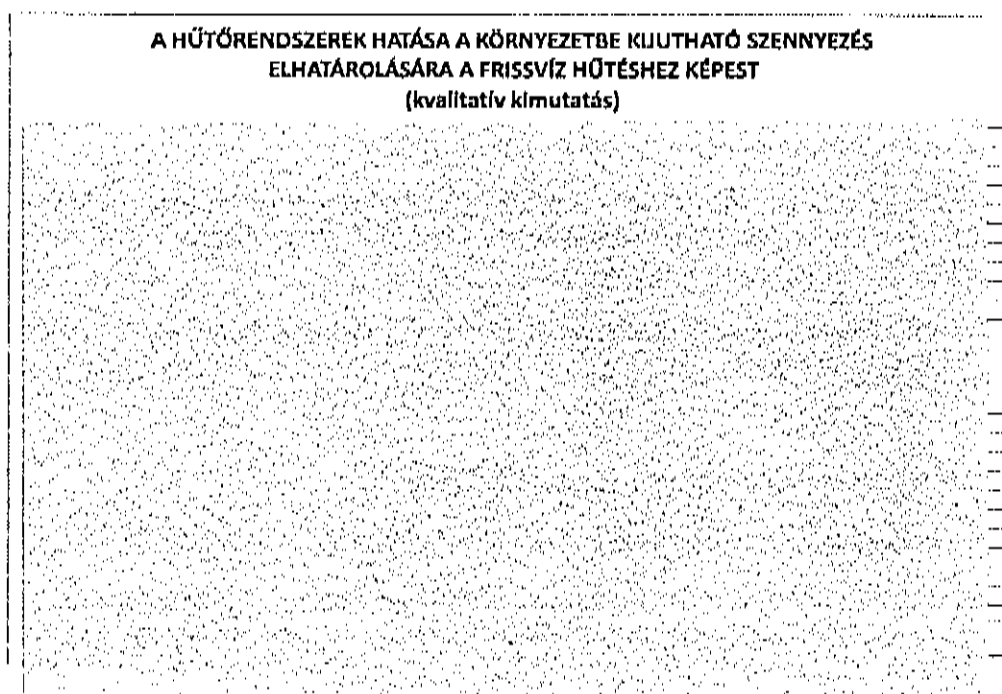
Száraz HELLER-rendszer kiegészítő permetezéssel

- A szekunder kör a frissvízhűtéssel azonos helyen a felületi kondenzátorral zárul.
- A száraz hűtés hűtőköre zárt, azaz mivel a hűtővíz egy teljesen zárt körben kering, az addigi zárt primer és szekunder körökhöz egy újabb, immáron tercier zárt kör jön létre.
- Az említett kis valószínűségű meghibásodáskor így a szekunder kör szennyeződés semmilyen mértékben nem juthat ki a környezetbe, hanem csak egy újabb zárt körbe kerül.

- Tehát a száraz HELLER-rendszer a tercier kör létrehozásával tovább javítja a környezetbe jutható szennyezés megakadályozásával kapcsolatos biztonsági helyzetet.

Szeperált hűtőkörös száraz/nedves HELLER-rendszer

- A szekunder kör a frissvízhűtéssel azonos helyen a felületi kondenzátorral zárul.
- A felületi kondenzátornak két szegmense van. [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
- A fentieknek megfelelően egy esetleges meghibásodáskor a szekunder kör szennyeződésnek a hűtőkörön keresztül a környezetbe való kijutási valószínűsége lényegesen kisebb, mint a nedves hűtésnél, azonban valamivel nagyobb, mint a teljesen száraz hűtés esetében.
- Tehát a szeperált hűtőkörös száraz/nedves HELLER-rendszer a száraz HELLER-rendszert megközelítő mértékben javítja a hűtőkörön keresztül a környezetbe jutható szennyezés megakadályozásával kapcsolatos biztonsági helyzetet.



4.2.5 A 'tornyos' hűtőrendszerek hatása az atomerőmű gazdaságosságára**4.2.5.1 A gazdaságossági értékelés főbb paraméterei**

A gazdaságossági értékelés főbb paraméterei	
Az erőmű és hűtőrendszer teljes élettartama	60 év
Az erőműnek és a hűtőrendszernek a gazdaságossági vizsgálat szempontjából figyelembe vett élettartama (economic life-span)	
Kamatláb	
Annuitás (a kamatlábból és az economic life span-ből meghatározva)	
Forint / EURO átváltás	
Villamos energia eladási ár	
- referencia érték	
- plusz parametrikusan vizsgált értéktartomány	
Fajlagos vízköltség a kivett és visszaadott Duna-vízre (valamint vizsgálandó teljes értéken)	
Fajlagos vízköltség a nedves hűtés pótvízére	
- referencia érték	
- plusz parametrikusan vizsgált tartomány	
Fajlagos vízköltség a száraz hűtőrendszer kiegészítő permetezéséhez alkalmas vízre	
- referencia érték	a nedves hűtés pótvízé árának

4.2.5.2 A főbb költségadatok, s ezek meghatározásánál tett feltevések

A következő főbb költségadatokat vesszük figyelembe:

- tétel: a hűtőrendszer beruházási költsége
- tétel: relatív költség vagy többlet bevétel a villamos energia termelésre gyakorolt hatásból
- tétel: vízfogyasztás / igénybevétel költségei
- tétel: karbantartási költségek
- tétel: hűtőrendszer hatása az erőmű egyenértékű rendelkezésre állásának csökkenésére

✓ **Beruházási költségek – 1. tétel**

- Funkcionálisan egyenértékű komplett hűtőrendszer költségek szerepelnek függetlenül attól, hogy azok a szokásos hűtőrendszer szállítási terjedelembe tartoznak, vagy sem
- Bár a felületi kondenzátorok is a hűtőrendszer részét képezik, az ezekre vonatkozó költségbecslés külön jelenik meg. [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
- A száraz és száraz/nedves hűtőrendszerek természetes huzatú tornyai elkészíthetők akár vasbetonból, akár alumíniumborítású acélszerkezetből. Az itteni vizsgálatunkban a költségek meghatározásánál az utóbbi megoldást feltételeztük [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

1. Beruházási költségek	2 x 1200 MW-os változatok			
Beruházási költségek (millió €)	nedves term. huzat	nedves mech. huzat	száraz permetezett	szeparált száraz/nedves
1.1 Berendezés & anyag				
1.2 Szerelés & üzembe helyezés				
1.3 Építészeti				
1.4 Hűtőrendszer összesen (kivéve kondenzátor) Σ1.1+1.2+1.3				
1.5 Felületi kondenzátor összköltsége				
1.6 Az 2x 1200 MW-os blokkok összes hűtőrendszer vonatkozású beruházási költsége Σ1.4+1.5				

1. Beruházási ktg-ek	2 x 1600 MW-os változatok			
Beruházási költségek (millió €)	nedves term. huzat	nedves mech. huzat	száraz permetezett	szeparált száraz/nedves
1.1 Berendezés & anyag				
1.2 Szerelés & üzembe helyezés				
1.3 Építészeti				
1.4 Hűtőrendszer összesen (kivéve kondenzátor) Σ1.1+1.2+1.3				
1.5 Felületi kondenzátor összköltsége				
1.6 Az 2x 1600 MW-os blokkok összes hűtőrendszer vonatkozású beruházási költsége Σ1.4+1.5				

BIZALMAS

✓ **Többletköltség vagy nyereség a villamos energiatermelés különbségéből – 2. tétel**

- Az értékelés az egyes változatok éves „nettó” villamos-energia termelésén alapul (nettó villamos-energia termelés = a generátorteljesítményből a hűtőrendszer éves segédenergia-fogyasztásának levonásával kapott érték – mivel az egyéb önfogyasztás azonosra van feltételezve). A különböző hűtőrendszerek éves villamosenergia-termelési adatait lásd a 4.1 fejezetben.
- Vizsgálatunkban csak a természetes huzatú nedves hűtéssel [REDACTED] felszerelt változathoz képesti villamos-energia termelési különbségeket értékeljük. A költségértékelés az 5.1 fejezetben megadott fajlagos villamos-energia előadási ár [REDACTED] alapján készült – az ettől való eltérés hatását az érzékenységi vizsgálatok mutatják.

✓ **Vízfogyasztási illetve igénybevételi költségek – 3. tétel**

- Az egyes változatokra meghatározott éves vízfogyasztási adatok a referencia-értékként számba vett fajlagos vízköltségekkel vannak értékelve, valamint a referencia-érőkhöz képesti változás megítélésére parametrikusan is.
- A fajlagos vízköltségnek valamennyi, az adott hűtési módra jellemző vízfogyasztási illetve víz-igénybevételi költségre fedezetet kell biztosítani (kivéve, ha a vonatkozó költségek egyéb helyütt, például beruházási költségben vagy üzemeltetési költségben már számításba lettek véve). A különböző hűtési módoknál feltételezett vízköltségeket [REDACTED]

✓ **Karbantartási költségek – 4. tétel**

- Az itt megállapított karbantartási költségek fedezetet nyújtanak a tervezett és nem tervezett folyamatos karbantartási tevékenységre, valamint az élettartam során előre látható alkatrész és berendezés cserékre.
- A karbantartási költségek meghatározásához karbantartási tényezőket használunk a bontott beruházási költség megfelelő hányadára, amelyekből egy, a hűtőrendszer beruházási költségének egészére (a kondenzátort kivéve) vetített átlagos tényező határozható meg.
- A kondenzátorokra (illetve kondenzátor-szegmensekre) külön tényezőket használunk a hűtőkör típusa szerint (száraz; nedves; frissvíz).

Változat		Karbantartási tényező
Természetes huzatú nedves hűtőtorony		
Mesterséges huzatú nedves hűtőtorony		
Természetes huzatú száraz HELLER rendszer kiegészítő permetezéssel		
Szoparált hűtőkörös természetes huzatú száraz/nedves HELLER rendszer		
Felületi kondenzátorok	Frissvíz-hűtés	
	Nedves hűtőkör	
	Száraz hűtőkör	

✓ **Költségek az egyenértékű rendelkezésre állásban a hűtőrendszer hatására bekövetkező különbségekből**

- Az egyenértékű rendelkezésre állás csökkenésének főbb forrásai azok a hatások, amelyek csökkentik az erőmű hatásfokát, teljesítményét vagy kényszerleállást / kiesést okoznak, illetve a karbantartási időszak meghosszabbításához vezetnek. Itt nem csupán hűtőrendszer rendelkezésre állásának csökkenéséről van szó, hanem a hűtőrendszernek az erőmű egészére gyakorolt, másutt figyelembe nem vett hatásáról is. A százalékos egyenértékű rendelkezésre állás csökkenésének különbségét úgy tekinthetjük, mint a nettó villamosenergia-termelésben okozott ezzel arányos csökkenést.
- Bizonyos hűtőrendszeri sajátosságok és üzemeltetési körülmények jelentős hatással lehetnek az erőmű rendelkezésre állására és megbízható üzemére. [REDACTED]

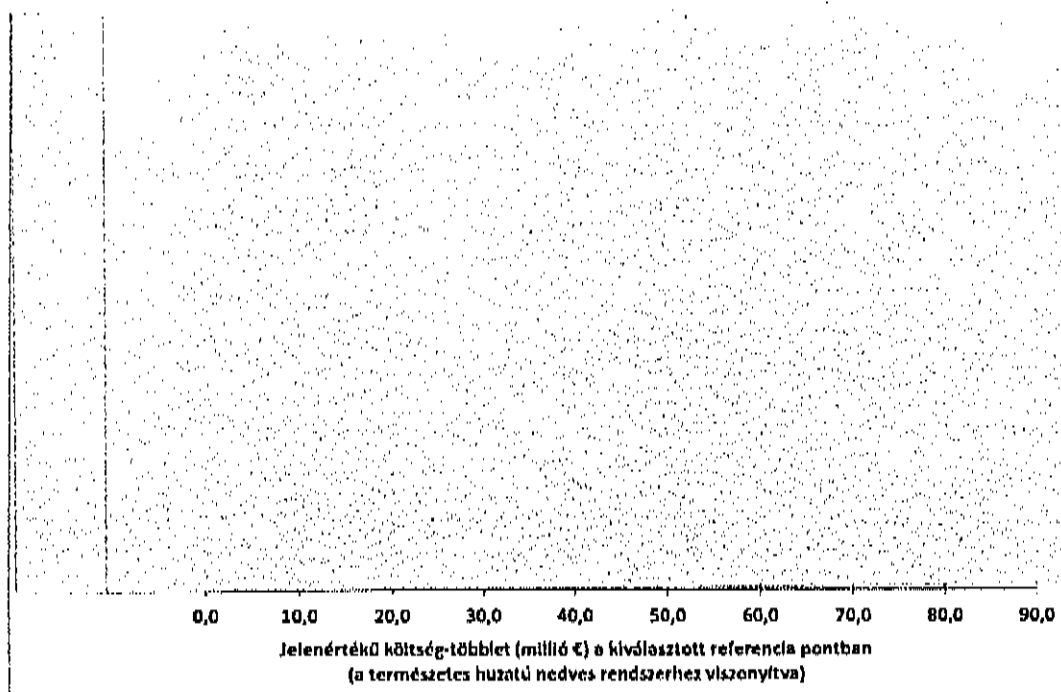
Körülmények és sajátosságok, amelyek befolyásolják a rendelkezésre állást és megbízhatóságot:	nedves term. huzat	nedves mech. huzat	száraz permetezett	szeparált száraz/nedves
Szekcionált léghűtők vagy nedves betét	IGEN	IGEN	IGEN	IGEN
Nagy tisztaságú hűtővíz	NEM	NEM	IGEN	IGEN
Természetes huzat	IGEN	NEM	IGEN	IGEN
Száraz levegő tornyon belül	NEM	NEM	IGEN	IGEN
Kizárható a meleg levegő recirkulációja	IGEN	NEM	IGEN	IGEN
Extra hőelvonó lehetőség rendelkezésre állása	NEM	NEM	Igen	IGEN

Változatok	nedves term. huzat	nedves mech. huzat	száraz permetezett	szeparált száraz/nedves
Az egyenértékű rendelkezésre állási tényező feltételezett csökkenése	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

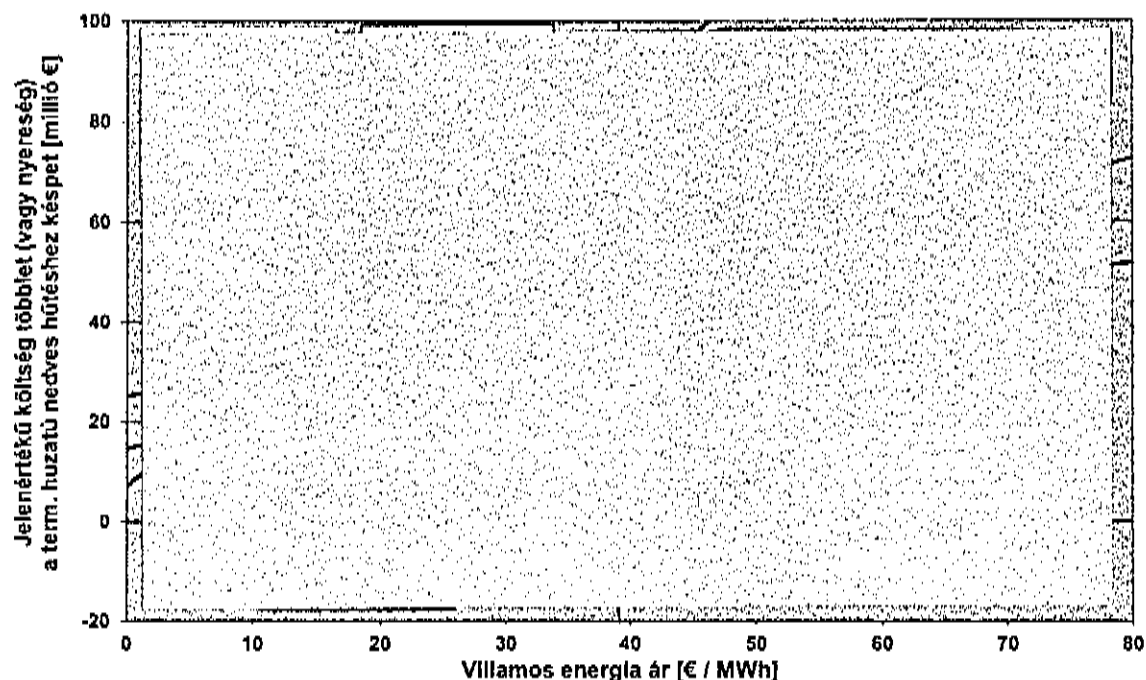
4.2.5.3 A hűtőrendszerek jelenértéken alapuló összehasonlító értékelése

- ❖ A 2 x 1200 MW_e-os blokkok hűtőrendszerének gazdaságossági értékelése

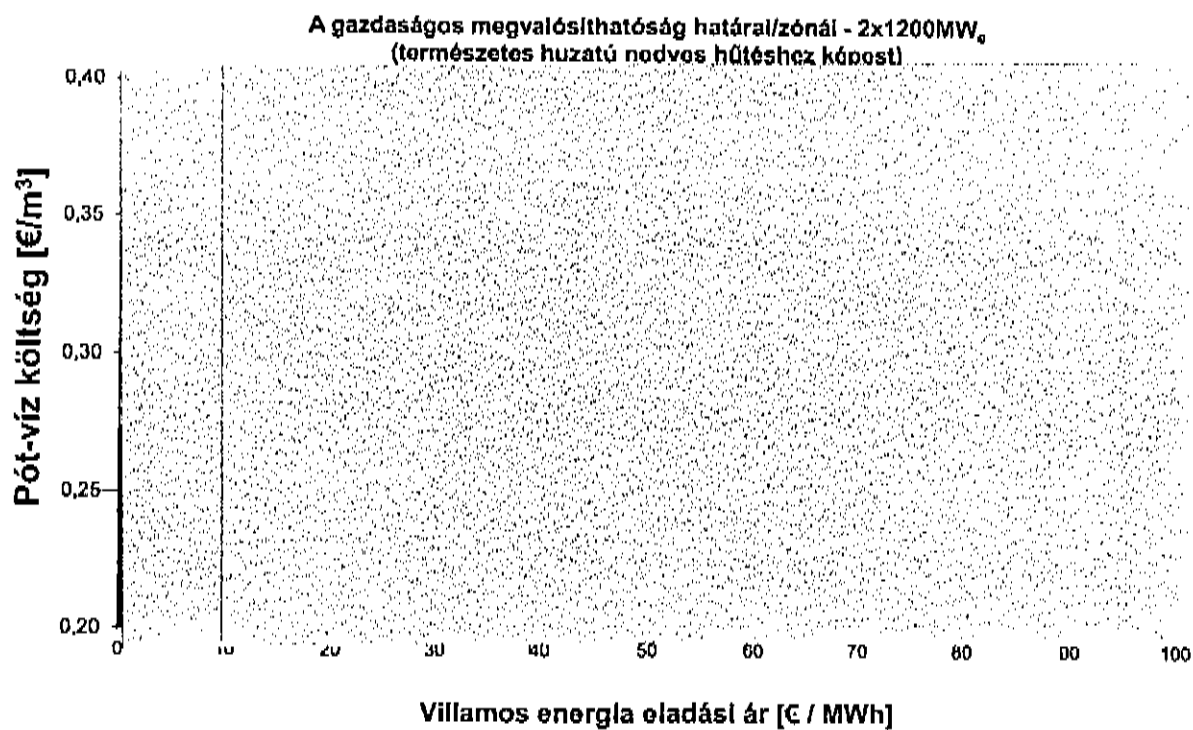
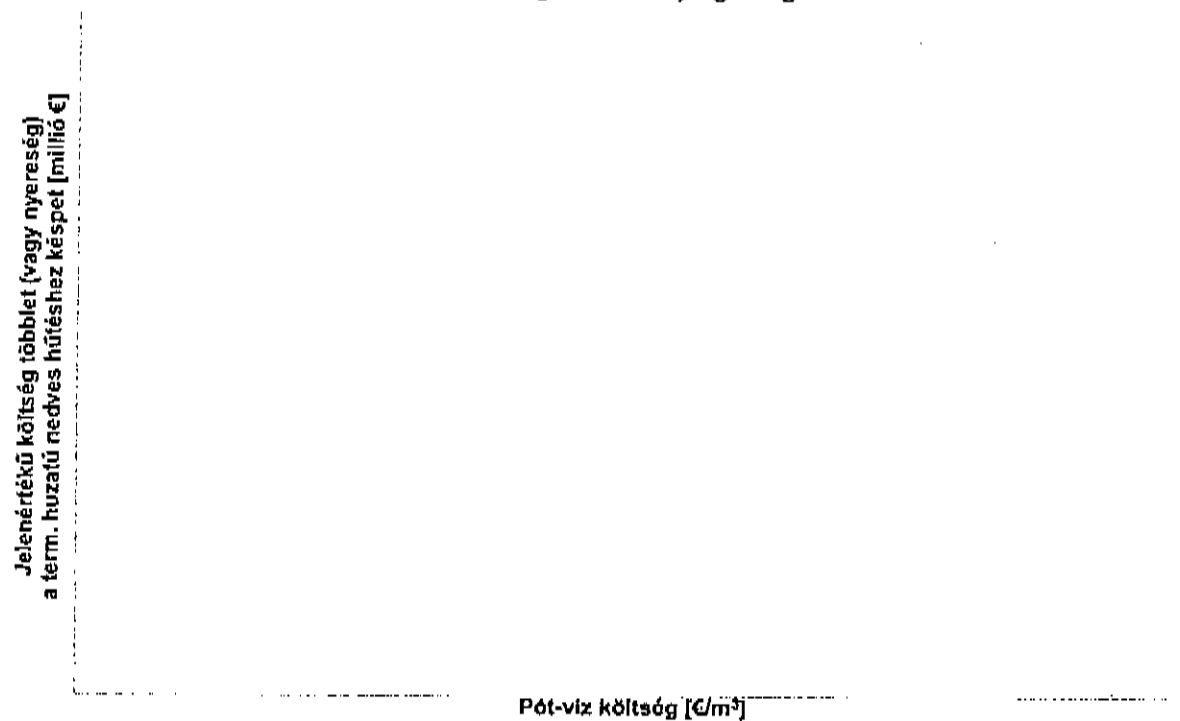
Relatív jelenértékű költségek a kiválasztott referencia értékek esetén



Jelenértékű költségek érzékenységi vizsgálata
a villamos energia eladási ár függvényében

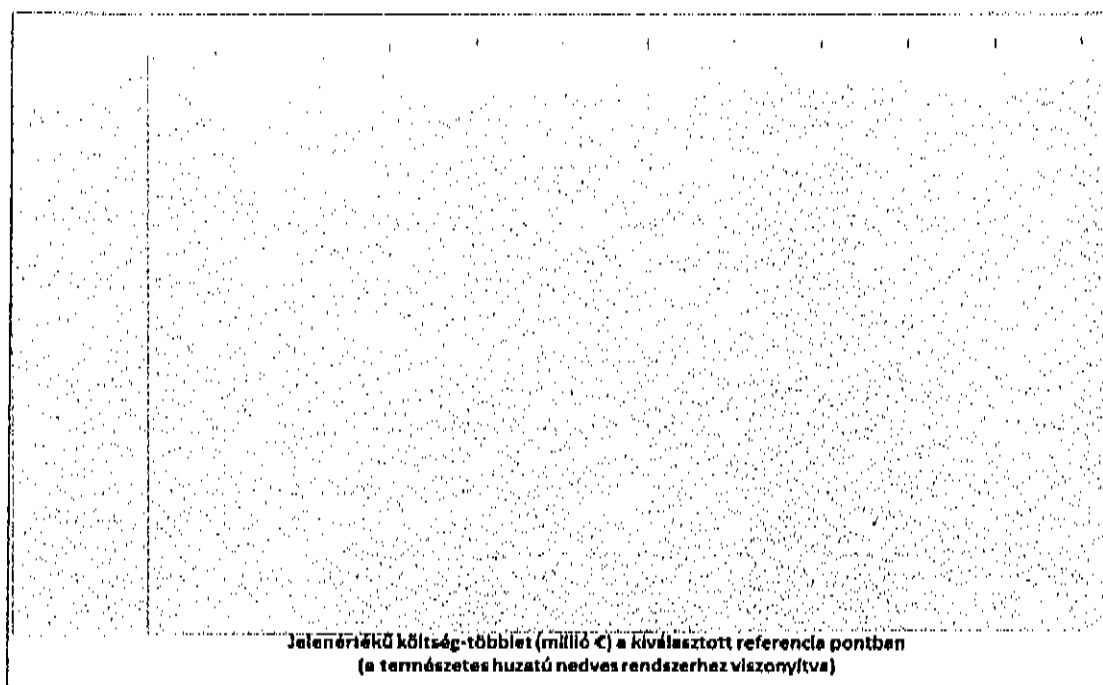
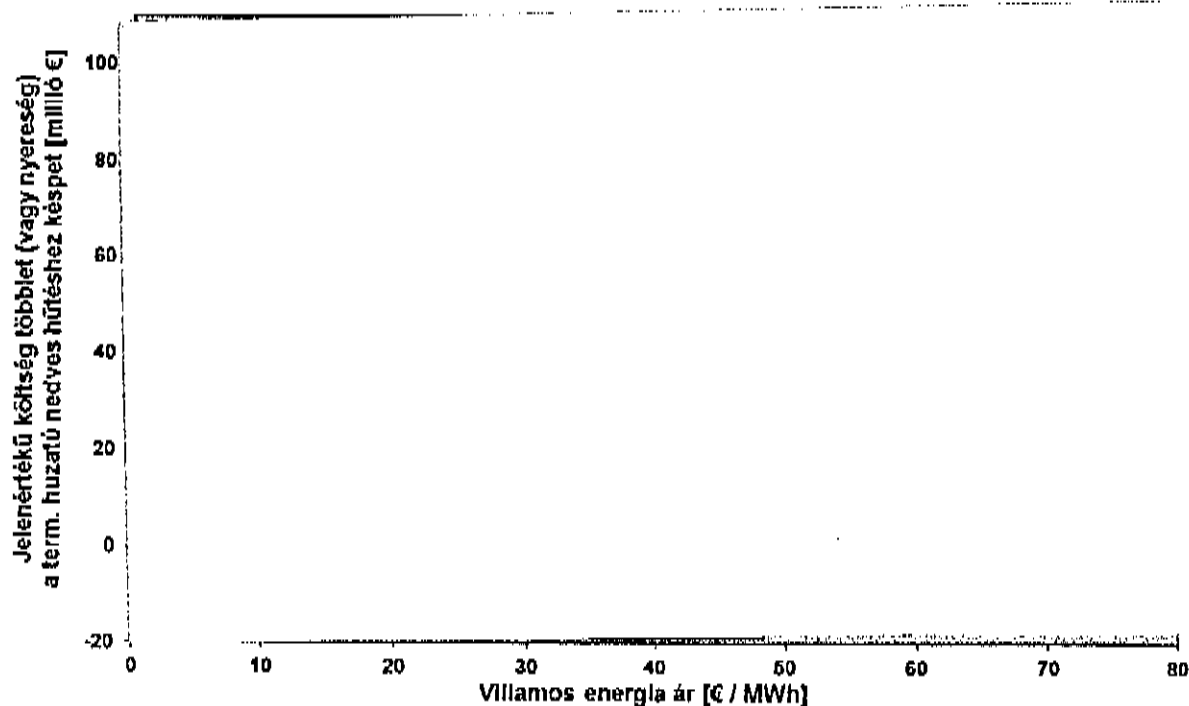


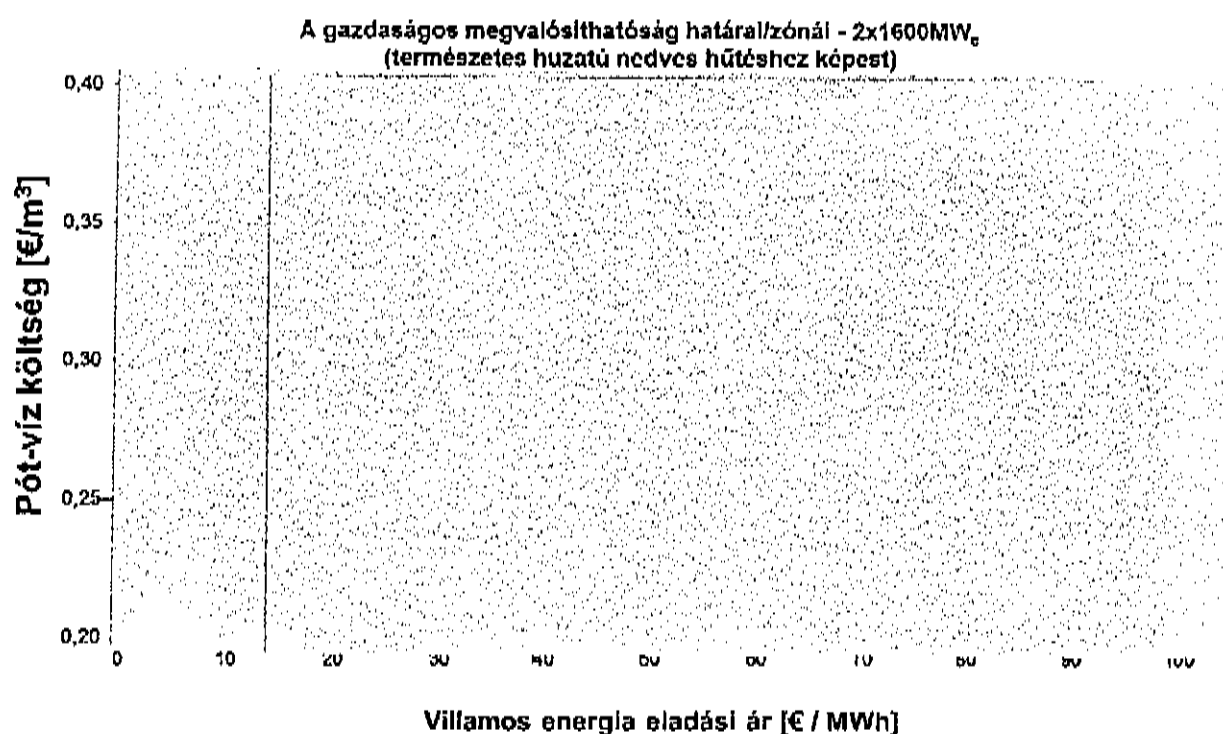
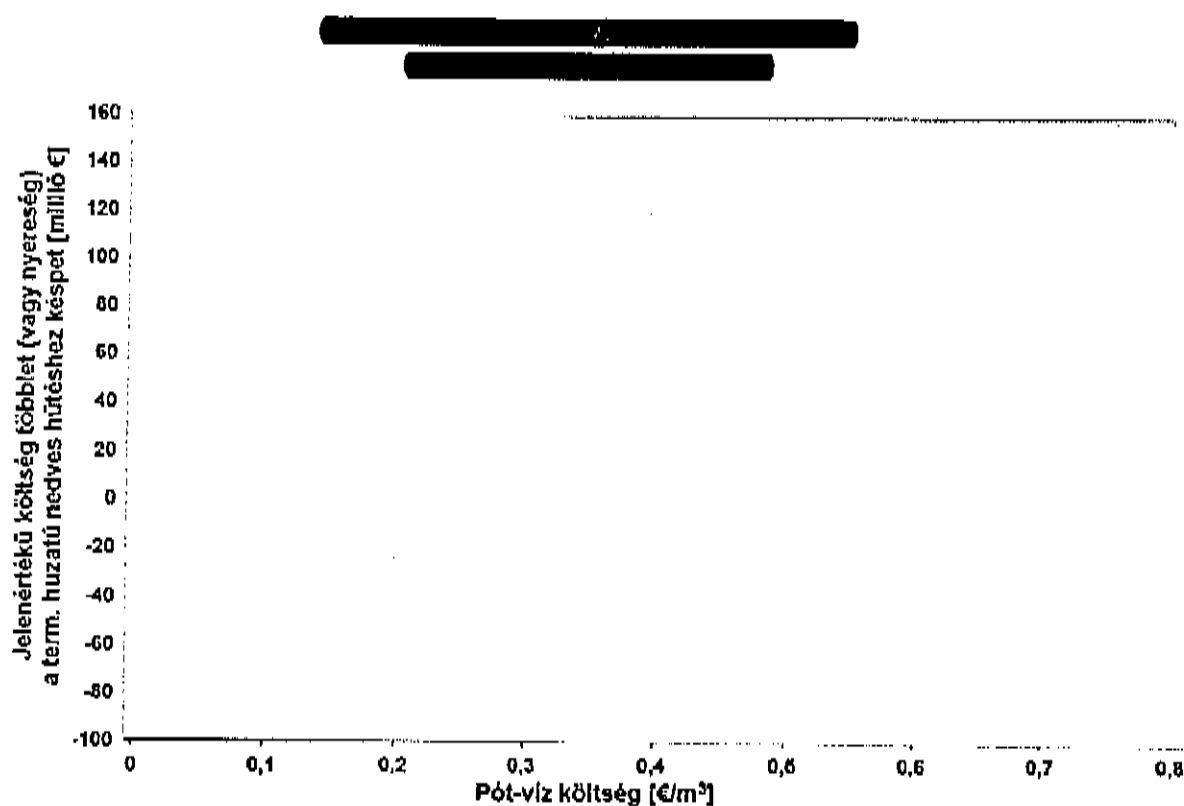
Jelenértékű költségek érzékenységi vizsgálata



❖ A 2 x 1600 MW_e-os blokkok hűtőrendszereinek gazdaságossági értékelése

Relatív jelenértékű költségek a kiválasztott referencia értékek esetén

Jelenértékű költségek érzékenységi vizsgálata
a villamos energia eladási ár függvényében



4.2.6 Megállapítások, következtetések

- ❖ A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a „tornyos” hűtések közül a gazdaságos időtartamra vonatkozó jelenértékű költségek alapján – az adott feltevések, illetve a referenciaértékként felvett villamos energia eladási ár és pótvíz-költség esetén – a legkedvezőbb megoldás. Ez a megállapítás érvényes teljesítményű blokkok esetén.
 - ❖ Az érzékenységi vizsgálatok azt mutatják, hogy a gazdaságosságot befolyásoló leglényegesebb tényezők reális változási tartományában marad a leggazdaságosabb „tornyos” hűtésű megoldás. A villamos energia eladási ár változása kevésbé érzékenyen, míg a pótvíz-költség változása érzékenyebben befolyásolja a relatív gazdaságosságot. A Duna közelsége és jó minőségű nyersvízforrás volta miatt – legalábbis középtávon – nem várható, hogy olyan pótvíz-költség alakuljon ki, (Ugyanakkor megjegyzendő, amint azt a gazdaságos megvalósíthatóság zónáit és határvonalait tartalmazó diagramok mutatják, hogy a víztakarékos megoldások a jelenértéken alapuló számítások alapján a természetes huzatú nedves hűtés gazdaságosságától.)
 - ❖ A beruházási költségeket tekintve a mesterséges huzatú nedves hűtés a természetes huzatú nedves hűtés, a jelenértékű költségszámítás alapján azonban döntően nagyobb költséget eredményoz (a jelenérték-vizsgálat alapján a víztakarékos megoldások is kedvezőbbek, mint a mesterséges huzatú nedves hűtés). A mesterséges huzatú nedves hűtés viszonylag jelentős mértékben annak tudható be, hogy az adott feladathoz szükséges rendkívüli nagy cellaszám esetén már számottevő felmelegedett nedves levegő recirkulációjával kell számolni.
 - ❖ A környezeti hatások vonatkozásában a víztakarékos hűtőrendszerek rendelkeznek a legkedvezőbb tulajdonságokkal. Ugyanakkor a természetes huzatú nedves hűtés sem jár lényeges környezeti terheléssel, mindenesetre jelentősen kisebb környezeti terhelést okoz, mint a frissvízhűtés, ahogy ezt az Irányadó értékelések, előírások világszerte mutatják.
- Az atomerőmű primer körének a környezetet képviselő médiumtól (víz, ill. levegő) való elhatárolása szempontjából hűtőrendszerek mindegyike kedvezőbb helyzetet eredményez, mint a biztonsági szempontból elfogadható A víztakarékos hűtőrendszereknél ez egy teljesen zárt tercier kör megjelenését is jelentheti.
- ❖

4.3 Vízelőkészítés és pótvíz ellátás

4.3.1 Pótvíz ellátás, hulladékvíz elvezetés

Míg a létesítendő új blokkok kondenzátorainak hűtése, a frissvíz hűtéses megoldások esetén átfolyó rendszerben, nagy mennyiségű Dunából kivett és visszaadott vízzel történik, a tornyos hűtési megoldásoknál a hűtés recirkulációs, zárt rendszerű. A zárt rendszerben keringtetett víz minőségi követelményei ebben az esetekben magasabbak, mint az átfolyó hűtésnél megoldható egyszerű szűrésnél.

A tornyos hűtések keringtetett vízminőségének biztosítására önálló vízelőkészítő üzem szolgál. A vízelőkészítő üzem nyersvíz ellátása Duna vízből történik, a hidegvíz csatornában kialakítandó (öblözeti) vízkivételi mű révén. A felhasznált nyersvíz mennyisége csak töredéke az átfolyó hűtés által igényeltnek.

A pótvíz ellátó rendszert a MÉLYÉPTERV tervezi, részletes bemutatása a tanulmány II. kötet 4. fejezetében szerepel. A tornyok leiszapolása során keletkező hulladékvíz minősítése alapján közcsontra vagy felszíni vízbe engedhető.

4.3.2 Vízminőségi jellemzők

A rendelkezésre álló nyers Duna víz kémiai jellemzői:

PAE adatszolgáltatása szerint, a 2009. évi mérések alapján adódó, Dunából a meglévő pótvíz előkészítő üzem számára kivett nyersvíz mértékadó vízkémiai jellemzői:

2009.				
		MIN	MAX	ÁTLAG
CaK	mol/m ³	1,9100	3,6000	2,7113
Cl	mg/dm ³	7,3895	38,2855	18,5283
F	mg/dm ³	0,0704	0,1306	0,1014
KMnO ₄	mg/dm ³	6,0300	22,3200	14,0433
levegőanyag	mg/dm ³	2,4000	67,2000	22,2673
MgK	mol/m ³	0,8000	1,9000	1,1689
m-szám	mol/m ³	2,4000	3,9000	3,1466
NO ₂	mg/dm ³	0,0095	0,2097	0,0887
NO ₃	mg/dm ³	4,4636	59,4817	9,1429
olaj	mg/dm ³	0,0500	0,1900	0,0625
össz. Fe	mg/dm ³	0,0020	0,1010	0,0133
össz. kem.	mekv/dm ³	2,2700	5,0000	3,8587
pH		7,4	8,5	8,07
p-szám	mol/m ³	0,0200	0,1000	0,0583
SiO ₂	mg/dm ³	0,3800	7,7800	4,9467
SO ₄	mg/dm ³	14,8075	50,4458	31,4777

A léghűtő rendszerek számára szükséges pótvíz vízkémiai jellemzői

- 1.) A párologtatós léghűtési rendszerű, önálló nedves hűtővízkör természetes és mesterséges huzatú hűtőtornyának, valamint a különálló száraz-nedves rendszerű hűtőköri nedves szakaszának a hűtőkörben keringtetett vízminőségi követelménye az alábbi táblázat PT19/MA19 oszlopa szerinti:

	Type Fill material	PT12 / X12	PT19 / MA19
Chloride content Cl^-	AISI304	< 200 ppm	Idem
	AISI316L	< 1000 ppm	Idem
	AISI316Ti	< 1000 ppm	Idem
Free Chlorine content Cl_2		< 3 ppm	Idem
Discontin Cl_2 (< 5 % time-based)		< 100 ppm	Idem
Sulphate content SO_4^{2-}		< 600 ppm	Idem
Suspended solids		< 10 ppm	< 70 ppm
Surface tension	mN/m	72 – 73	Idem
Conductivity	$\mu\text{S}/\text{cm}$	< 3000	< 3000
pH	AISI304	6 – 8,5	Idem
	AISI316L	5 – 9	5 – 9
Temperature $^{\circ}\text{C}$	PVC	< 55 $^{\circ}\text{C}$	< 55 $^{\circ}\text{C}$
	PP	< 70 $^{\circ}\text{C}$	< 70 $^{\circ}\text{C}$
Hardness in $^{\circ}\text{d}(\text{H})$	Indicative	< 15	< 30
Biological Colony Forming Units	CFU/l	< 10 ⁶	Idem
Legionella Colony Forming Units	CFU/l	< 1000	Idem
COD Chemical Oxygen Demand	mg/l	< 50	< 100
Water load R	$\text{M}^3/\text{m}^2\text{h}$	8 - 30	6 – 30

- 2.) A száraz léghűtési rendszerű hűtőtorny kiegészítő permetező hűtéséhez felhasználható víz további szükséges paraméterei:

- Fordított ozmózissal (RO) előállított víz
- Vezetőképessége < 20 mS/cm
- klórtartalom < 50 ppm

4.3.3 Vízelőkészítés

4.3.3.1 Nedves hűtővíz kör pótvíz előkészítése

Feladatmeghatározás

Párolgató rendszerű nedves légűtő rendszerben keringtetett hűtővíz előlagyított pótvizét kell előállítani. A két azonos vízminőséget előállító, eltérő kapacitás vízelőkészítőt közösen ismertetjük.

A.) A póthűtővíz szükséges mennyisége a természetes és kényszer huzatú, önálló nedves hűtővíz kör esetén (1. és 2. tornyos változat):

2x 1200 MW teljesítmény esetén:	2x 3900 m ³ /h
2x 1600 MW teljesítmény esetén:	2x 5090 m ³ /h

B.) A póthűtővíz szükséges mennyisége a különálló száraz-nedves rendszerű hűtő kör nedves szakasza esetén (3. tornyos változat):

2x 1200 MW teljesítmény esetén:	2x 1100 m ³ /h
2x 1600 MW teljesítmény esetén:	2x 1450 m ³ /h

A póthűtővíz kezelése azt a célt szolgálja, hogy megengedhető legyen az ötszörös besűrűsödés a keringtetett hűtővíz vegyszeres kondicionálása mellett. A cél érdekében a víz karbonát keménységét reprezentáló m-lúgosságot a vízkezelés során 1 mval/l értékre csökkentjük. Feladatunk csak a póthűtővíz kezelése szorítkozik, a keringtetett hűtővíz vegyszeres kezelésével, esetleges részarámú szűrésével nem foglalkoztunk.

Tervezési alapadatok

Rendelkezőrc álló nyersvíz: Dunavíz. A nyersvíz vízkémiai jellemzőit PAE adatszolgáltatása szerint a megelőző 4.3.2. fejezet tartalmazza.

Technológia

A víz kezelést meszes lágyítással valósítjuk meg. A meszes előlagyítás során csapadék formájában leválnak a karbonát keménységet okozó sók. A rendszerhez vas-szulfátot is adagolunk. A keletkező vashidroxid csapadék segíti a nagy méretű jól ülepedő csapadék pelyhek kialakulását, a reaktorokban keletkező csapadék minél tökéletesebb ülepedését.

A vízkezelés lépései:

- Nyersvíz hőfokának a beállítása
- Előlagyítás meszes reaktorokban
- m-lúgosság korrekciója kénsav adagolással (csak, ha szükséges)

Segédanyagok:

- Mésztej készítése és adagolása
- Vasszulfát oldat készítése és adagolása
- Technológiai szennyvíz eltávolítása
- Sűrített levegő felhasználás a szükséges helyeken

Két egyforma teljesítményű reaktor telepítését tervezzük blokkonként, tekintettel a terheléslengadozásra (15-100%). A nyersvizet a két reaktor között egyenlő arányban osztjuk meg, 50%-nál kisebb vízigény esetén csak egy reaktor üzemel. A reaktorban történik a víz meszes lágyítása. A beérkező nyersvíz mennyiségét a hűtőtorony medencéjének szintjéről szabályozzuk.

A vegyszer adagolások a reaktorba vezetett nyersvíz mennyiségével arányosan történnek. Az adagolt vegyszerek méshidrárt, vasszulfát és polielektrolit. A reaktor iszap a kúpos derítő térben összegyűlik, ahonnan az iszap egy részét naponta leengedjük, másrészt mamutszivattyú segítségével visszakeringtetjük a derítő keverő csővébe.

A víz lágyításához méshidrártból készített mésztejet használunk. A méshidrártot silóban tároljuk. Innen frekvenciaváltóval ellátott cellás adagoló továbbítja a mészport a mésztejekverőbe. A szükséges oldó víz szabályozottan érkezik a mésztejekverőbe. A mésztejekverőből adagoló szivattyú szállítja a mésztejet a reaktorba. Az adagolás a vízmennyiség függvényében történik a löketség szám változásával.

A vasszulfát ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) oldása és tárolása medencében történik. A vasszulfát oldat szivattyúval kerül a bemérő tartályba. Innen adagoló szivattyú szállítja a nyersvíz mennyiség függvényében a reaktorba.

A reaktorból távozó víz pH-ja ~9. A víz m-lúgosságának beállítása kénsav adagolásával korrigálható. A cél érdekében kénsav tároló tartályt és adagoló szivattyút telepítünk. A lágyvíz vezetékébe keverőelemet építünk be a víz és kénsav jó keveredése érdekében.

A vízkezelőnek 0,9-1 bar nyomású technológiai levegőre van szüksége a következő helyeken:

- reaktorok üzemeléséhez.
- szennyvíz medence, és vasszulfát medence keveréséhez.

A levegőigények kielégítésére blokkonként 2 db közös légtartályra dolgozó kompresszort telepítünk, melyek közül 1 db üzemel nyomáskapcsolóról vezérelve, 1 tartalék.

Helyigény

A.) Önálló nedves hűtővízkör vízelőkészítője számára	2x1200 MW esetén	2x1600 MW blokk esetén
- épület		
- iszapszivattyú pince		
- szabad tér		
- tároló kapacitás		

B.) Különálló száraz-nedves hűtőkör	2x1200 MW esetén	2x1600 MW blokk esetén
- épület		
- iszapszivattyú pinco		
- szabad tér		
- tároló kapacitás		

Berendezés ára

A berendezés vállalási ára, mely magába foglalja a következőket:

- tervezés
- építéset
- gépészeti berendezések
- villamos erőátvitel
- irányítóstechnika
- szerelés

Beruházási költség	2x1200 MW esetén	2x1600 MW blokk esetén
A.) Önálló nedves hűtővízkör vízelőkészítője számára		
B.) Különálló száraz-nedves hűtőkör		

Élettartam

A berendezés árának teszik ki a szivattyúk, egyéb forgógépek és a műszerezés, melyet cserélni kell. A berendezés többi részének élettartama 30 év.

Üzemeltetési költségek

Az üzemeltetéshez szükséges vegyszer mennyiségeket és villamos energiaigényt az alábbi táblázat tartalmazza, 1m³ termelt vízre vonatkoztatva.

Fajlagos vegyszorfolhasználás		Egységár	Vegyszer ár
Vegyszer	kg/m ³ termelt víz	Ft/kg	Ft/m ³ termelt víz
mészhidrát	0.27	28	7.56
vasszulfát	0.05	47	2.35
kénsav	0.005	96	0.48
polielektrolit	0.0002	864	0.17
Összesen Ft/m ³			10.56

Fogyasztó	db	Termelt előlágyított víz/blokk			
		1100 m3/h	1450 m3/h	3900 m3/h	5090 m3/h
adagoló csiga	2	1.1	1.1	1.1	1.1
mésztej keverő	2	4.4	4.4	4.4	4.4
mósztoj adagoló szivattyú	2	3	3	4.4	6
vasszulfát adagoló szivattyú	2	0.74	0.74	0.74	0.74
polielektrolit adagoló szivattyú	2	0.74	0.74	0.74	0.74
kompresszor	1	37	49	65	90
iszap szivattyú	0.3	0.39	0.39	0.66	0.9
nagynyomású iszap szivattyú	0.3	1.65	1.65	2.25	3.3
szűrőprés tisztító szivattyú	0.3	0.45	0.45	0.66	0.9
derített víz szivattyú	2	180	264	264	320
műszerlevegő kompresszor	1	5.5	5.5	5.5	5.5
Összesen kW		234.97	330.97	349.45	433.58
kWh/m3 termelt víz		0.2136	0.2283	0.0896	0.0852

Üzemeltetéshez szükséges személyzet

Mindegyik vízkezelő üzemeltetéséhez műszakonként [REDACTED] szükséges, ezen kívül a nappali műszakban [REDACTED] vegyészi irányító (minimium vegyész technikai végzettséggel) alkalmazása szükséges.

4.3.3.2 Permetező víz előkészítés

Feladat meghatározás

C.) Száraz léghűtő rendszer nyári permetezési csúcshűtésére szolgáló sótalanított vizet kell előállítani (4. tornyos változat). A permetezéshez szükséges sótalan víz legnagyobb szükséges mennyisége:

2x 1200 MW teljesítmény esetén:

2x 1600 MW teljesítmény esetén:

A permetezést mindkét esetben [REDACTED] nyomású szivattyú végzi.

Víz minőségi követelmények:

- vezetőképesség < [REDACTED]
- klórtartalom < [REDACTED]

A nyári rövid időszakban jelentkező csúcsligények ellátására egy hetes tároló kapacitást létesül, amellyel a vízelőkészítő számára szükséges folyamatos üzemű vízelőkészítő kapacitás a csúcsteljesítménynek csak mintegy harmada:

2x 1200 MW teljesítmény esetén:
tároló kapacitás

2x 1600 MW teljesítmény esetén:
tároló kapacitás

A vízelőkészítő berendezések teljesítménye és a tényleges vízigény közti különbséget ellátása a tárolókból történik.

Tervezési alapadatok

Rendelkezésre álló nyersvíz: Dunavíz. A nyersvíz vízkémiai jellemzőit PAE adatszolgáltatása szerint a 4.3.2. fejezet tartalmazza.

Technológia

Ultraszűrés és RO-val történő sótalanítás.

A vízkezelés lépései:



Nyersvíz szűrése

A nyersvíz először az ultraszűrőkre jut. A szűrés feladatra beépítésre kerülő ultraszűrő egységek kapacitása:

2x 1200 MW esetén

2x 1600 MW esetén

A vízben diszpergált, illetve kolloidálisan oldott alkotók eltávolítása a molekuláris tartományban ultraszűrési eljárással lehetséges. Az ultraszűrő membránok kapillárcsöves kialakításban, ún. Cross-flow eljárással dolgoznak. A művelet során a szűrendő anyag a membrán felületével párhuzamosan halad, a nagyobb molekulákat a membrán visszatartja, a kisebb molekulák (sók, víz) képesek a membránon való áthaladásra. A visszatartott molekulákat / részecskéket a membrán felületén kialakuló gyors, turbulens áramlás folyamatosan eltávolítja, megakadályozza ezzel a membrán eltömődését. A membrán által visszatartott oldat retentátként, a membránon átjutó folyadék pedig szűrletként kerül elvezetésre. A membrán felületére tapadt szennyeződések eltávolítása, illetve a felület újra aktiválása a technológiai igény szerint csírátlanító oldatú visszamosó víz ellenáramú áramoltatásával valósul meg.

A szűréssel párhuzamosan a szűrt vízhez folyamatosan adagolunk csírátlanító vegyszert. A szűrő vízes öblítését szűrt vízzel végezzük. Az ultraszűrők tisztítására CIP tisztító egység kerül telepítésre, melynek részei a következők:

- CIP tartály és adagoló szivattyúk
- NaOCl adagoló tartály szivattyúkkal
- NaOH adagoló tartály szivattyúval
- Sav tartály adagoló szivattyúval

A lúgos jellegű tisztítás gyakorisága heti egy alkalom, a savas tisztításé havi egy. A tisztítás a szűrés irányával megegyezően történik. A szűrt vizet blokkonként egy 300m³-s tartályban fogadjuk, és innen szivattyúzzuk a fordított ozmózis berendezésre.

Előszórtalanítás RO berendezésen

A kívánt vezetőképességű víz előállítására beépítésre kerülő fordított ozmózis (RO) egységek szükséges teljesítménye:

2x 1200 MW esetén
2x 1600 MW esetén



A berendezés előtt 5 µm pórusméretű mechanikai előszűrőt alkalmazunk a membránok védelme érdekében. A kezelendő víz tárolása során, valamint az üzemszüneti állapotokban a pangó csőszakaszokban és az RO membrán felületén, a nyersvízben élő mikrobiológiai szervezetek - algák, baktériumok, gombák, és társult telepei - elszaporodhatnak. A jelenség rontja a membrán szűrőképességét, ezért megfelelő csírátlanító vegyszert (biocidot) kell adagolni. Az RO membrán érzékeny a szabad klórra, ezért deklórozó vegyszer adagolására is telepítünk berendezést.

A membránon bekonzentrálódó só kiválása szintén nem kívánatos, ezért lerakódás gátló vegyszert is adagolni kell. Az RO berendezésre menő szűrt víz pH értékének csökkentése céljából pH csökkentő vegyszer adagolását terveztük. A vegyszerek adagolási pontja az RO feladó szivattyúk nyomóága. A vegyszeradagolók adagoló tartályból és szinkronmotoros meghajtású membránszivattyúból állnak.

Az RO működési elvét tekintve egy félig áteresztő hártýából (RO membrán) álló szűrő, amelyre nyomást gyakorolunk, és ennek eredményeként a hártýán főleg a vízmolekulák jutnak át nagyon kevés sótartalommal. A víz visszatartott sótartalma a koncentráttal folyamatosan elvezethető. Az RO berendezések általában 70-75%-os vízkliozatallal és 98-99%-s sóvisszatartással üzemeltethetők.

Előszótalanvíz tárolása

Az RO permeátum számára szükséges gyűjtő tartályok térfogata

2x 1200 MW esetén
2x 1600 MW esetén

■■■■■■■■■■
■■■■■■■■■■

Innen történik a permetező víz kiadása blokkonként 5 db szivattyúval. A tartály szintjéről szabályozzuk az RO-ra menő víz mennyiségét. A tartály folyadék szintjétől függ, hogy egy vagy két RO sor üzemeljen. A tartályokat CO₂ csapdával, valamint a szükséges irányítástechnikai elemekkel (szintjelző, szintkapcsolók) látjuk el.

Szennyvíz kibocsátás

A technológiai szennyvizeket a Dunába vissza lehet vezetni, tekintettel arra, hogy a megengedett max. sótartalom az érintett Duna szakaszra 2000 mg/l, a keletkező szennyvizek összes sótartalma pedig nem haladja meg az 1300 mg/l értéket.

Helyigény

C.) száraz hűtőkör permetező víz előkészítője (RO)	2x1200 MW esetén	2x1600 MW blokk esetén
- épület	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■
- szabad tér	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■
- tároló kapacitás	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■

Berendezés ára

A berendezés vállalkozási ára, mely magába foglalja a következőket:

- tervezés
- építészeti
- gépészeti berendezések
- villamos erőátvitel
- irányítástechnika
- szerelés

Beruházási költség	2x1200 MW esetén	2x1600 MW blokk esetén
C.) száraz hűtőkör permetező víz előkészítője (RO)	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■

Élettartam

A berendezés árának ■■■■■■ teszik ki a szivattyúk, egyéb forgógépek és a műszerezés, melyet ■■■■■■ cserélni kell. A berendezés többi részének élettartama 25 év. Ezen kívül rendszeres karbantartási költségként jelentkezik az UF és RO membráncsere, melyet ■■■■■■ kell elvégezni. Ez a berendezés árának ■■■■■■

Üzemeltetési költségek

Az üzemeltetéshez szükséges vegyszer mennyiségeket és villamos energiaigényt az alábbi táblázat tartalmazza, 1m³ termelt vízre vonatkoztatva.

Fallagos vegyszerfelhasználás UF-RO-hoz		Egységár	Vegyszer ár
Vegyszer	kg/m ³ termelt víz	Ft/kg	Ft/m ³ termelt víz
Hidrocid-100	0.0009	2150	1.935
Nátrium biszulfít	0.0010	210	0.21
Hidrotreat-4	0.0021	2360	4.956
Sósav	0.0043	32	0.1376
NaOCl	0.0096	95	0.912
Hidroclean AC-UF	0.0010	1460	1.46
Hidroclean BS-UF	0.0004	1565	0.626
Hidroclean C-35	0.0003	1380	0.414
Hidroclean BS-50	0.000034	1565	0.05321
Összesen	0.019634		10.70381

		Termelt permeátum/blokk	
Fogyasztó	db	300 m ³ /h	390 m ³ /h
UF visszamosó szivattyú	1	22	30
UF CIP szivattyú	1	11	15
UF vegyszer adagoló szivattyúk	4	4.4	4.4
RO betáp. szivattyú	3	135	165
RO vegyszeradagoló szivattyúk	3	3.6	3.6
Kiadó szivattyúk	5	300	340
műszerlevegő kompresszor	1	5.5	5.5
Összesen kW		481.5	563.5
kWh/m³ termelt víz		1.61	1.44

Üzemeltetéshez szükséges személyzet

Mindenyik vízkezelő üzemeltetéséhez műszakonként szükséges, ezen kívül a nappali műszakban vegyszereti irányító (minimum vegyész technikus végzettséggel) alkalmazása.

4.3.4 Kiegészítő értékelés a vízkezelési technológiához

A frissvíz és tornyos hűtési változatok előkészítő vizsgálatát követően, EGI elkészítette a megbízó MVM/PAE 2010. dec. 6.-i levelében tett észrevételeit és kért kiegészítéseit figyelembe vevő szükséges módosításokat, és mint 1. fázisú tanulmány részt végző ellenőrzésre 2011. február 21.-én megküldte PAE részére. Az átadott 1. fázisú dokumentáció a javasolt frissvíz és tornyos hűtési megoldási alváltozat kiválasztásán túl, tartalmazta az előző 4.3.3 fejezet pontban bemutatott, tornyos változatok pótvíz előkészítési technológiájának kidolgozott megvalósítási lehetőségeit is.

PAE 2011. márc. 3.-i válaszában erre vonatkozóan az alábbi észrevételeket tette:

- A nedves léghűtő rendszerben keringtetett hűtővíz előlágylított pótvizének előállítására a tanulmányban jelzett meszes lágyítási technológia helyett kérjük a korszerűbb gyorsülepítő és membrántechnológia (ultraszűrés=UF, fordított ozmózis=RO) figyelembe vételét.
- A tornyos hűtésnél javasolt külön vízelőkészítő rendszer helyett célszerűbbnek és gazdaságosabbnak tartjuk, ha az új blokk(ok)hoz építésre kerülő pótvízelőkészítő tervezése olyan lesz, hogy képes legyen a hűtőtornyok pótvízigényének mennyiségi és minőségi kielégítésére is.

A tanulmány 2. fázisú anyagrészének 2011. márc. 16.-i ütemterv szerinti komplett munkaközi anyagának átadási határidejének közelségére való tekintettel, EGI ezen észrevételek részletes kidolgozására és javítására csak ezt követően lát reális esélyt visszatérni. Ennek elérékéig is EGI a vízelőkészítési technológiával kapcsolatosan felvetett Megbízói kérésekkel kapcsolatosan egy összegző áttekintést készített, amelyeket az alábbiakban ismertetünk.

a.) A meszes lágyvíz előállítás és a gyorsülepítő+membrántechnológia összevetése

- A membránok kihozatali tényezője miatt (UF:0,9 , RO: 0,7-0,8) minimálisan 30%-al nagyobb a nyersvíz felhasználás a meszes lágyításénál.
- A fajlagos villamos energia felhasználás 15-20-szor nagyobb, az RO membránok működéséhez szükséges nyomás miatt.
- A vegyszerköltség 1,8-2-szerese a hagyományos vízkezelés vegyszerköltségének, mert a vegyszerek (főleg a lerakódás gátló vegyszer) lényegesen drágábbak.
- Az üzemeltetése lényegesen igényesebb, ilyen nagy rendszernél a biológiai fertőződés veszélye fokozottan fennáll, a folyamatos vegyszeradagolások és a rendszeres CIP-elések fegyelmezett végrehajtása fokozott figyelmet igényel, mivel a rendszer nagyon sok szállítható méretű (konténer) berendezésből tevődik össze.
- A berendezés túlnyomó részét épületben kell elhelyezni, kivéve a tároló tartályokat, az ehhez szükséges épület kb. [REDAKTORVA] nagyobb a meszes lágyításhoz szükséges épületnél, az egész berendezés összes helyigénye (beleértve a szabadba telepített tartályokat [REDAKTORVA] a meszes lágyítás helyigényének.

- A szállítható méretű egységek mindegyikét önálló műszerezéssel kell ellátni, melyek jelelt a központi irányító rendszernek fogadnia kell, hogy az alrendszerek állapotáról folyamatosan információja legyen az üzemeltetőnek. Ez olyan mennyiségű műszert és jelet jelent a blokkonként összesen két vonalból álló meszes lágyítóval szemben, hogy költségvonzatát jelen fázisban nem lehet megbecsülni.
- A műszer és irányítástechnika költségeit kizárva a berendezés beruházási költsége a meszesének 1,5-2 –szerese.
- Végezetül, míg a meszes rendszer a forgógépek [REDACTED] cseréjét igényli [REDACTED] cikluson belül, addig az UF egységek és az RO membránok maximális élettartama 5 év, ezután a teljes mennyiséget cserélni kell.

A fentiek szerinti elvi megfontolások alapján került a nedves tornyos hűtőrendszerek pótvíz igényének ellátása meszes előlágyító technológiával kidolgozásra, illeszkedve a szükséges nagy volumenű, de enyhe vízminőségi követelményű pótvíz felhasználás gazdaságos biztosítására.

b.) Hűtőrendszeri pótvíznek a blokkok gőzrendszeri vízelőkészítőjével közös ellátása

Természetes gondolat az új blokkok által felmerülő minden fajta vízigénynek egyetlen közös vízüzemből történő ellátása. Azonban, minthogy jelen tanulmány az új blokkoknak csak a hűtőrendszeri vizsgálatával foglalkozik, az összehasonlító költség vizsgálatokra is tekintettel elkerülhetetlennek tartjuk az ehhez szükséges vízkezelő vízüzem részletes kidolgozását és bemutatását, a közös vízüzemmél kialakuló kereszt finanszírozás zavaró hatásának elkerülése érdekében.

Emellett, a teljes új blokkokra vonatkozó beruházási csoportok összeállításakor, célszerűen lehetséges gazdasági megfontolások alapján dönteni arról, hogy mely egységek kerüljenek más részegységekkel közös megvalósításra. Ehhez a jelen tanulmányban elvégzett vizsgálatok megfelelő előkészítésül szolgálnak. Esetünkben azonban, a közös vízelőkészítő technológia alkalmazása ellen alapvető érvek szólnak, az alábbi megfontolások figyelembe vétele esetén.

- A blokk gőz-víz rendszerének pótvíz minőségére lényegesen szigorúbb követelmények vonatkoznak (teljesen sótalanított víz), amelyek nagyságrendileg magasabb előállítási költséggel járnak, melynek alkalmazása a tornyok számára szükségtelen.
- Lényegesen eltérő a szükséges pótvíz mennyiség a gőz-víz rendszer illetve a tornyok számára szükséges pótvíz vonatkozásában. Durva becslés alapján 1:100 arányról van szó, azaz a tornyok által igényelt, olcsó technológiával is előállítható pótvíz mennyisége mintegy százszorosa a gőz-víz rendszer számára szükséges szigorú vízminőségi követelményű és emiatt lényegesen magasabb előállítási költségű pótvíz mennyiségnek.

A szükségesnél százszor nagyobb vízmennyiség, jelentősen drágább technológiával történő, közös vízkezelőből való előállítása EGI által nem ítéltető célszerűnek és gazdaságosnak. A kérdés természetesen összefügg az előző a.) pontban tett megállapításokkal is. Ugyanis, amennyiben PAE a tornyok pótvíz ellátásához a helyigényes és drága volta ellenére mégis a membrán technológiát alkalmazná, akkor a tornyok számára létesítendő vízelőkészítő tényleg alkalmasan elláthatja egyúttal a blokk gőz-víz rendszeri pótvíz igényeket is.

4.4 Megbízó által a további vizsgálatokhoz kiválasztott megoldások

A frissvíz és a tornyos hűtési megoldások lehetséges változataira kidolgozott előkészítő vizsgálatainak az előzőekben ismertetett eredménye és kiértékelése 2010. nov. 16-án a Paksi Atomerőmű Zrt. helységében bemutatásra kerültek a Megbízó (MVM/PAE) döntéshozóit képviselő szakemberek számára.

Ezt követően Megbízó 2010. dec. 6-i írásos válaszában adta meg a továbbiakban vizsgálandó megoldásra vonatkozó elhatározását az alábbiak szerint:

Az EGI, Mélyépterv és VITUKI által 2010. november 16-én bemutatott tanulmányok alapján az általuk felvázolt hűtési megoldások közül további részletes tanulmányozást

- természetes huzatú, nedves hűtőtoronyra és
- kétlépcsős frissvízhűtésre (utóhűtővel, elkeverő műtárgyakkal, többpontos bevezetéssel) kérünk, leszögezve azt, hogy MVM Zrt. kérésére, 2010. 01. 15.-i határidővel a fővállalkozó készítse el az objektív gazdasági összehasonlítás lehetőségét biztosító mátrixot.

4.4.1 Az összehasonlító mátrix

A tárgyi projekt I. fázisát lezáró 2010. nov. 24.-i PAE-nél megtartott projekt értekezlet feladat meghatározása szerint, MVM Zrt. kérésére a fővállalkozóval el kell készíttetni egy mátrixot, amely összehasonlítási alapul szolgál a frissvízhűtőses és a hűtőtornyos hűtési lehetőségekhez. Épüljön azonos bemenő paraméterekre és tartalmazza a megoldások

- beruházási és üzemeltetési költségeit
- a gépek teljesítőképességére kifejtett hatást (önfogyasztás, hatások)
- gazdaságossági hatásokat

EGI ezt követően meghatározta a fentiek szerinti mátrix tartalmát és formáját és 2010. dec. 14-én átadta a hűtési megoldásokat kidolgozó szervezetek részére aktualizálás illetve PAE részére észrevételezés céljából.

4.4.2 A mátrix sorainak tartalma

1. Összes beruházási költség MFt

A hűtési megoldás változat létesítésének, az összehasonlító életciklus költség vizsgálatban alapul vett egyszeri, teljes beruházási költsége, mai áron, a létesítési időszak alatti kamat terhek nélkül.

Frissvíz hűtés		Tornyos hűtés	
1. Összes beruházási költség	MFt	1. Összes beruházási költség	MFt
1.1 Hűtőrendszeri berendezés	MFt	1.1 Hűtőrendszeri berendezés	MFt
1.2 Hűtőrendszeri építészeti	MFt	1.2 Hűtőrendszeri építészeti	MFt
1.3 Felületi kondenzátor	MFt	1.3 Felületi kondenzátor	MFt
1.4 Utóhűtő ellátás berendezés	MFt	1.4 Pótvíz kivétel berendezés	MFt
1.5 Utóhűtő ellátás építészeti	MFt	1.5 Pótvíz kivétel építészeti	MFt
1.6 Utóhűtő tornyos cellák	MFt	1.6 Vízelőkészítő berendezés	MFt
1.7 VITUKI vízbevezetés	MFt	1.7 Vízelőkészítő építészeti	MFt

A beruházási költségnek az adott változatban szereplő főbb létesítményi egységeire vonatkozó összetevőit az 1.1.-től 1.7.-ig terjedő sorok részletezik. Ezen tételekre bontás nem feltétlenül azonos a frissvízes és a tornyos változatok esetén. Megjegyzés: Az 1.3 soron szereplő felületi kondenzátor beruházási költsége, az eltérő hűtési megoldások egyenszállard gazdasági összehasonlítása érdekében szerepel, mivel a különböző hűtési megoldások eltérő költségű kondenzátor létesítését igénylik.

2. Üzemeltetési költségek összesen MFt/év

A változatok életciklus költség számításában folyamatosan jelentkező éves költség elem mai áron kifejezett összesített értéke, amely az éves energia és anyag fogyasztásával összefüggésben terheli az adott megoldást.

Frissvíz hűtés		Tornyos hűtés	
2. Üzemeltetési költségek összesen	MFt/év	2. Üzemeltetési költségek összesen	MFt/év
2.1 Blokki vill. energia csökkenés	MFt/év	2.1 Blokki vill. energia csökkenés	MFt/év
2.2 Hűtőrendszer vill. fogyasztás	MFt/év	2.2 Hűtőrendszer vill. fogyasztás	MFt/év
2.3 Vízkészlet használat	MFt/év	2.3 Vízkészlet használat	MFt/év
2.4 Nyersvíz felhasználás és hull.elhely	MFt/év	2.4 Nyersvíz felhasználás és hull.elhely	MFt/év
2.5 Vízkezelés, vegyszer felhasználás	MFt/év	2.5 Vízkezelés, vegyszer felhasználás	MFt/év

A villamos energia költségek közül a 2.1. soron szereplő blokki villamos energia csökkenés egy fiktív költség, amely a különböző hűtési rendszereknek a blokki villamos energiatermelésre gyakorolt eltérő hatását veszi figyelembe, az 5.1. és az 5.2. sorokon szereplő teljesítmény csökkenés költségcsökkentésével. A 2.2. pont pedig az adott hűtőrendszer tényleges saját villamos fogyasztásának költségét tartalmazza, az 5.3.-tól 5.5-ig terjedő sorokon szereplő villamos fogyasztások alapján.

A 2.3.-tól 2.5.-ig terjedő sorok a hűtőrendszerek vízfelhasználással kapcsolatos költségeket részletezik. Az eltérő díjtételek miatt a vízkészlet használat és a nyersvíz felhasználás külön soron szerepel. A tornyos megoldások esetében a számításokban a 2.5. soron szereplő vízelőkészítés költsége nem került külön megbontásra, amely így a 2.4. sorban a nyersvíz felhasználással közösen szerepel.

3. Karbantartás és személyzet Mft/év

A változatok életciklus költség számításában folyamatosan jelentkező azon éves költség elem mai áron vett összesített értéke, amely a berendezések rendszeres karbantartásával illetve a kezelő személyzet bér és járulék terhei kapcsán terheli az adott megoldást.

Frissvízhűtés		Tornyos hűtés	
3. Karbantartás és személyzet	Mft/év	3. Karbantartás és személyzet	Mft/év
3.1 Frissvízrendszer karbantartás	Mft/év	3.1 Hűtőrendszer karbantartás	Mft/év
3.2 Kondenzátor karbantartás	Mft/év	3.2 Kondenzátor karbantartás	Mft/év
3.3 Utóhűtő ellátás karbantart.	Mft/év	3.3 Vízkivétel karbantartás	Mft/év
3.4 Tornyos utóhűtő karbantart.	Mft/év	3.4 Vízelőkészítő karbantart.	Mft/év
3.5 Személyzeti létszámgigény	fő	3.5 Személyzeti létszámgigény	fő
3.6 Személyzeti költség	Mft/év	3.6 Személyzeti költség	Mft/év

A 3.1.-től 3.4.-ig terjedő sorokon szereplő karbantartási költségek, a beruházott létesítmény részek (frissvíz és tornyos változatoknál is egyaránt 4-4 tétel) után kerültek meghatározásra, a rájuk jellemző fajlagos karbantartási költségtényezők alapján.

A 3.5. soron azon szükséges személyzeti létszámgigény szerepel, amely alapján a 3.6. soron megjelenő éves személyzeti költség meghatározásra került. A tornyos megoldások esetében a személyzeti költség a vízelőkészítéssel közösen került meghatározásra, amely így a 2.4. sorban a nyersvíz felhasználással közösen szerepel.

4.1. - 4.5. Vízfelhasználással összefüggő, tájékoztató mennyiségi jellemzők

Frissvízhűtés		Tornyos hűtés	
4.1 Szükséges vízkivételi kapacitás	m ³ /s	4.1 Szükséges vízkivételi kapacitás	m ³ /s
4.2 Kondenzátor névl. vízárama	m ³ /s	4.2 Kondenzátor névl. vízárama	m ³ /s
4.3 Szükséges utóhűtő kapacitás	m ³ /s	4.3 Párolgási veszteség max.	m ³ /s
4.4 Szükséges by-pass kapacitás	m ³ /s	4.4 Torony leiszapolás max.	m ³ /s
4.5 Dunából kivett éves vízmenny.	Mm ³ /év	4.5 Dunából kivett éves vízmenny.	Mm ³ /év

4.1. A szükséges létesítendő vízkivételi kapacitás, m³/s

4.2. A kondenzátorok névleges vízárama, m³/s

- 4.3. Frissvíz változatok esetén a szükséges utóhűtő kapacitás, m^3/s
Tornyos változatok esetén a tornyok legnagyobb párolgási vesztesége, m^3/s
- 4.4. Frissvíz változatok esetén a szükséges megkerülő ágl, hidegvíz bekeverő kapacitás, m^3/s
Tornyos változatok esetén a tornyok legnagyobb torony felszapolási vízmennyisége, m^3/s
- 4.5. Dunából kivett éves vízmennyiség, millió $\text{m}^3/\text{év}$

5. Átlagos villamos teljesítőképesség változás, MW/blokk

A változatoknak a hűtőrendszeri berendezés elemek által a blokk éves átlagos villamos teljesítőképességére kifejtett hatásának (blokki turbina teljesítmény csökkenés és hűtőrendszeri villamos fogyasztás) összesített értéke.

Frissvíz hűtés		Tornyos hűtés	
5. Átlagos vill. teljesítőkép. változás	MW/bl.	5. Átlagos vill. teljesítőkép. változás	MW/bl.
5.1 Blokk vill. teljesítmény csökkenés	MW/bl.	5.1 Blokk vill. teljesítmény csökkenés	MW/bl.
5.2 Blokk rendelkezésre állás csökk.	MW/bl.	5.2 Blokk rendelkezésre állás csökk.	MW/bl.
5.3 Főhűtőrendszer vill. fogyasztás	MW/bl.	5.3 Főhűtőrendszer vill. fogyasztás	MW/bl.
5.4 Utóhűtő vill. energia fogyasztás	MW/bl.	5.4 Pótvíz kivétel vill. fogyasztása	MW/bl.
5.5 Rekuperációs teljesítmény	MW/bl.	5.5 Víz előkészítő vill. fogyasztása	MW/bl.

- 5.1. A turbina ellennyomásának éves változása szerint, a turbina-ellennyomás karakterisztika alapján meghatározott maximális legnagyobb turbinateljesítményhez képesti, mindenkor villamos teljesítmény csökkenés éves átlagos értéke, MW/blokk.
- 5.2. A különböző hűtési megoldásokból adódó, blokki egyenértékű rendelkezésre állás miatti teljesítmény korrekció alapján számított, éves átlagos blokki villamos teljesítmény csökkenés értéke, MW/blokk.
- Az 5.3.-tól 5.5.-ig terjedő sorokon, a hűtőrendszer főbb villamos fogyasztói csoportjainak, villamos fogyasztásából képzett, éves átlagos villamos teljesítmény igény értékek szerepelnek, MW/blokk. Megjegyzés: A frissvíz hűtéses megoldások esetén a rekuperáció által visszanyerhető villamos teljesítmény, mint negatív fogyasztási adat szerepel.

6. Hűtés villamos felhasználási aránya (generátor teljesítményre), %

Frissvíz hűtés		Tornyos hűtés	
6. Hűtés vill. felh. aránya (gen. telj.-re)	%	6. Hűtés vill. felh. aránya (gen. telj.-re)	%

- Az 5. soron összesített, a hűtési rendszer értékelésével összefüggésben meghatározott villamos teljesítmény veszteségek együttesének, a turbina generátor teljesítményére fajlagosított értéke, a villamos önfogyasztáshoz hasonlóan, százalékban kifejezve.

7. Életciklus költség 30 évre, millió Ft

A változatok életciklus költsége a megoldások gazdaságossági hatásainak bemutatására és értékelésére. A 7.1.-től 7.4.-ig terjedő sorokban tételekre bontott költség elemek 30 évre számított jelenértékének összege, millió Ft.

Frissvízhűtés		Tornyos hűtés	
7. Életciklusköltség 30 évre	MFt	7. Életciklusköltség 30 évre	MFt
7.1 Beruházási költség	MFt	7.1 Beruházási költség	MFt
7.2 Karbantartás és személyzet	MFt	7.2 Karbantartás és személyzet	MFt
7.3 Villamos energia költségek	MFt	7.3 Villamos energia költségek	MFt
7.4 Vízfelhasználási költségek	MFt	7.4 Vízfelhasználási költségek	MFt

7.1. Beruházási költség, az 1. soron szereplő összes beruházási költségnek, a beruházási időszak alatti kamatokkal korrigált jelenértéke, millió Ft.

7.2. Karbantartás és személyzet, a 3. soron szereplő éves költségek 30 évre diszkontált összköltsége, nettó jelenértéke, millió Ft.

7.3. Az üzemeltetési költségek közül a 2.1. soron szereplő éves blokk villamos energiatermelés csökkenés, és a 2.2. soron szereplő éves hűtőrendszeri villamos energia fogyasztási költségek 30 évre számított nettó jelenértéke, millió Ft.

7.4. Az üzemeltetési költségek közül a 2.3.-tól a 2.5.-ig terjedő sorokon szereplő éves vízfelhasználási költségek 30 évre számított nettó jelenértéke, millió Ft.

4.4.3 Az elkészített mátrix adatai

Az elkészített összehasonlító mátrix részletes számítási eredmény adatait a frissvíz hűtéses megoldásokhoz tartozóan a [4.4.3-1.] számú melléklet tartalmazza, a tornyos hűtési változatok eredményei pedig a [4.4.3-2.] számú mellékletben találhatók.

5 A tervezett technológia bemutatása

A 4.4 fejezetben ismertetett 2010. dec. 6-i Megbízói döntéssel lezárásra került a PAE területén létesítendő új atomerőművi egységek hűtési lehetőségeit vizsgáló, döntés előkészítő tanulmány I. fázisa, amely a kétféle hűtési megoldás – a frissvíz és a tornyos hűtési lehetőségek – lehetséges alváltozatait elemezte. Mindkét hűtési változatra vonatkozóan kiválasztásra és Megbízó által jóváhagyásra került egy, a továbbiakban részletes műszaki kidolgozásra kerülő műszaki megoldás. Ez a műszaki kidolgozás képezi a további fejezetekben bemutatásra kerülő, a tanulmány II. fázisában kidolgozásra kerülő dokumentációt.

5.1 Frissvíz hűtés bemutatása (a II. kötetben szerepel)

A frissvízes hűtési változat esetében, Megbízó jóváhagyó döntése alapján a további részletes vizsgálatok számára a kétlépcsős vízkivétellel kialakított hűtőrendszer, utóhűtővel és elkeverő műtárgyakkal, többpontos bevezetéssel került meghatározásra.

A 2x1200MW és 2x1600MW blokk típusokhoz a megbízó által kiválasztott frissvíz hűtéses megoldásnak a tanulmány II. fázisába tartozó műszaki, gazdasági és környezeti kidolgozását, az előkészítő vizsgálatokhoz hasonlóan, a MÉLYÉPTErv Zrt. készítette el. A dokumentáció ide tartozó vizsgálati anyagának fejezetek a Döntés előkészítő tanulmány II. kötetének 8. fejezetétől kezdődően találhatók.

5.2 Tornyos hűtés bemutatása

A tornyos hűtési változat esetében, Megbízó jóváhagyó döntése alapján a további részletes vizsgálatok számára a természetes huzatú, nedves hűtőtornyos megoldás került meghatározásra.

A tervezett új atomerőművi blokkok kondenzátorának és berendezéseinek hűtését jelen „tornyos” változatban nedves hűtőtornyok végzik. A kondenzátor hűtését biztosító, úgynevezett fő hűtőrendszer (vagy hűtőkör) - a fenti jóváhagyás szerint - természetes huzatú nedves hűtőtornyos, az erőmű főberendezéseinek zárt segéd hűtőrendszerrel pedig (kenőolajhűtés, generátorhűtés, csapágyhűtések, mintahűtők) mesterséges huzatú, több cellás, nedves hűtőtornyos szolgálja ki.

A következő fejezet pontok különállóan tartalmazzák a fő hűtőkör és a segédhűtő rendszer részletes bemutatását.

5.2.1 Természetes huzatú nedves hűtőrendszer (fő hűtőkör)

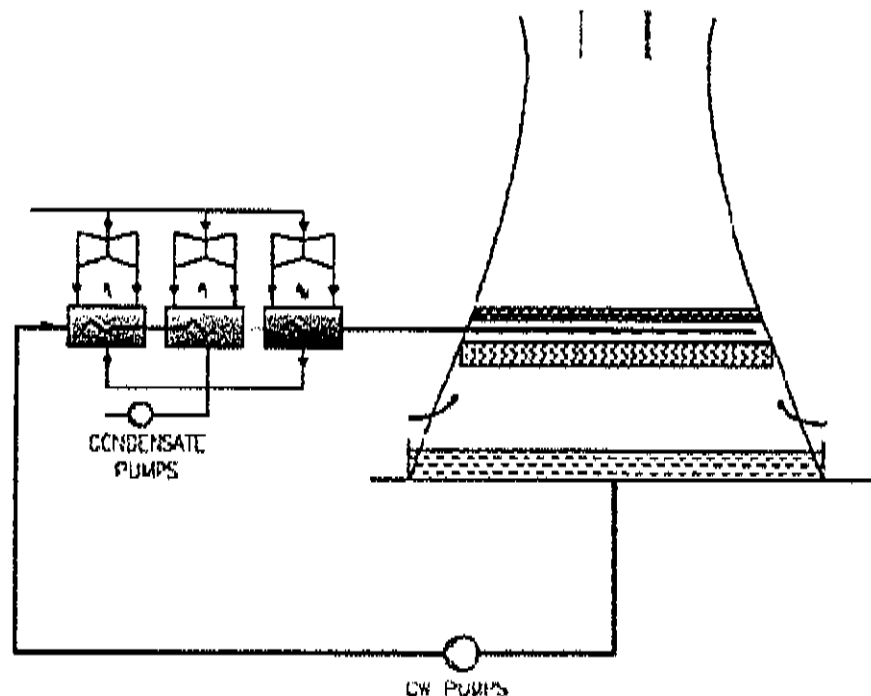
A fő hűtőkör kapcsolási vázlata a 6335-CS-111 és a 6335-CS-112 rajzon látható.

5.2.1.1 Főhűtő rendszer általános leírás

A hűtőtorony medencéjéből szivattyúk szállítják a hűtővizet a felületi kondenzátorhoz, ahol a gőzturbinából kilépő fáradt gőz lekondenzál, miközben a kondenzációs hő átadja a hűtővíznek. A felfelmelegedett hűtővíz csővezetékeken keresztül a természetes huzatú hűtőtorony vízelosztó rendszerébe folyik. A vízelosztó rendszer, valamint vízszóról egyenletesen osztják el a hűtendő vizet a nedves betét teljes felületén. A betéten lecsurgó vízfilm a betéten ellenáramban átáramló környezeti levegő hatására nagyobb részét anyagátadással (párolgás), kisebb részt konvekció útján visszahűl. A betéten átfolyó lehűtött hűtővíz a hűtővíz-medencébe gyűlik össze, innen a fent említett keringető szivattyúk szállítják vissza ismét a turbínaciklus kondenzátorához.

A hűtési folyamatban a keringetett víz mennyiségének 1,5 – 2 %-a párolog el. Az elpárolgott vízmennyiség, valamint a keringetett hűtővízben oldott, ill. oldatlan anyagok besűrűsödésének megakadályozása miatt leiszapolásra kerülő vízmennyiség pótlására pótvízet kell bevezetni. A hűtővízkörben a Langellier, 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.

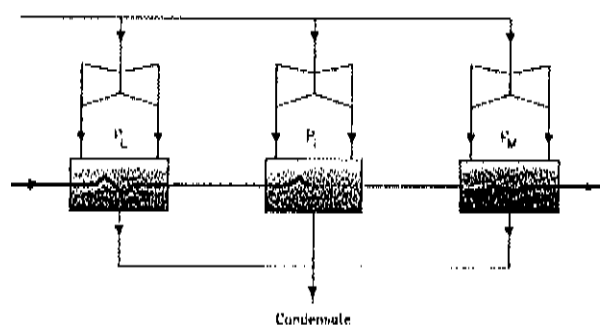
A hűtőlevegő áramoltatását a vasbeton szerkezetű kürtő biztosítja. A nedves betéten való átáramlás során fellépő cseppelragadás drasztikus csökkentéséhez a korszerű nedves hűtőrendszerek mindegyikében a betétek, ill. vízszórók fölött elhelyezkedő cseppelválasztót alkalmaznak.



5.2.1.2 Felületi kondenzátor

A felületi kondenzátor blokkonként három (3) különálló kondenzátor testből áll. A vízoldalon sorba kapcsolt kondenzátor testek a gőzturbina kisnyomású házai (LP) alatt helyezkednek el. A gőzturbínából érkező fáradt gőz a nyaktagon keresztül jut be a kondenzációs térbe, ahol a gőz a rozsdamentes kondenzátor csövek felületén vízzé kondenzál, majd a testek alsó szegmensében gyűlik össze. A kondenzátumot ebből a gyűjtő térből külön szivattyúk szállítják vissza a gőzgenerátor felé.

A kondenzátor testek vízoldalon két külön szekcióra vannak bontva, hogy biztosítható legyen a kondenzátor csövek karbantartása akár üzem közben is. A kondenzátor körüli csőrendszer ki és bevezetések pillangószelepeivel az egyes szekciók külön-külön kiszakaszolhatók. A kondenzátor csövek belső felületeinek tisztítása TAPROGGE golyós kondenzátortisztító berendezéssel történik, melynek egyes elemei a kondenzátor hűtővíz csövezésében helyezkedik el (golyóadagoló, golyófogó, stb.)



Kondenzátor testek kapcsolása

5.2.1.2.1 A felületi kondenzátorok műszaki adatai

Megnevezés	2 x 1200MW	2 x 1600MW
Típus		
Vízáram, m ³ /h		
Teljes csőfelület, m ²		
Tisztasági faktor		
Effektív hőátadó felület, m ²		
Vízoldali nyomásesés, kPa		
Kondenzátor csövek anyaga	Rozsdamentes acél	Rozsdamentes acél
Kondenzátor test anyaga	Hegesztett szénacél	Hegesztett szénacél
Be-és kilépő csőnk átmérők, mm		

5.2.1.3 Természetes huzatú hűtőtorony főbb elemei

Lásd: 6335-CS-310 rajz

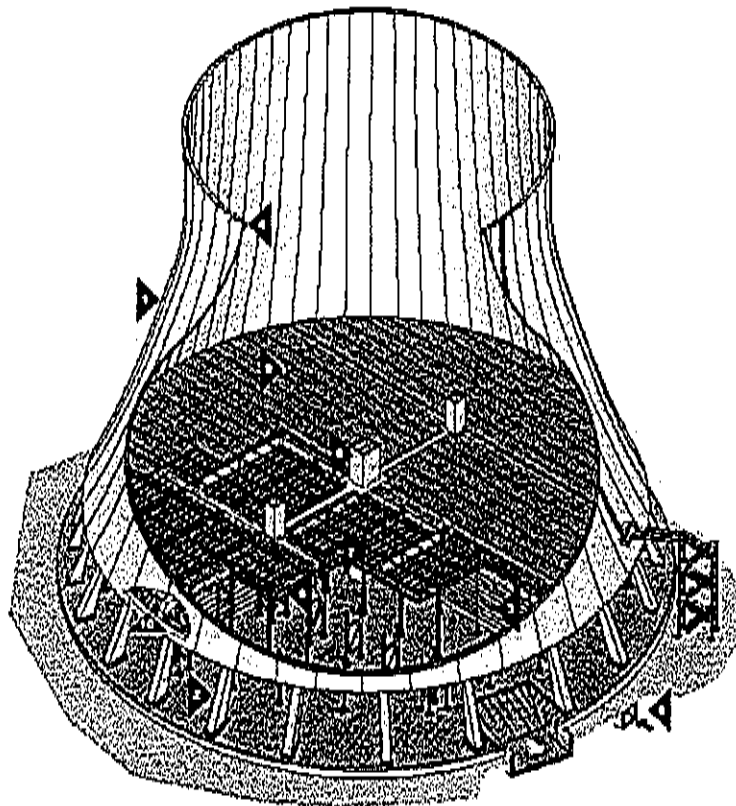
A természetes huzatú nedves hűtőtorony GEA ajánlata az [5.2.1.3-1.] mellékletben található.

Ajánlat száma [REDACTED] 200/10/43359 Rev.0

Ajánlat száma [REDACTED] 200/10/43359 Rev.0 Alternative 2

A természetes huzatú nedves hűtőtorony legfőbb elemei:

- hűtőtorony kürtő
- kürtő alátámasztó lábak
- alaptest (alapgyűrű)
- hidegvíz gyűjtő medence
- belső technológiai rész és ennek tartó betonszerkezete
- vízelosztó rendszer



11. betontorony
12. levegő belépés
13. szélvédő falak
14. járda
15. meleg víz belépés
16. fő vízelosztó
17. mellékelosztók
18. hűtőbetét
19. cseppeválasztó
20. téli levegő előmelegítés

5.2.1.4 Tornyos hűtés műszaki adatai (2x1200 MW-os blokk típus)

Kialakítása, típusa

természetes huzatú nedves hűtőrendszer

Darabszáma

blokkonként [REDACTED]

Hőtechnikai adatok

Elvont hőmennyiség

[REDACTED]

Hűtővízforgalom

[REDACTED]

Meleg víz hőmérséklete

[REDACTED]

Lehűtött víz hőmérséklete

[REDACTED]

Belépő levegő száraz hőmérséklete

[REDACTED]

Belépő levegő nedves hőmérséklete

[REDACTED]

Relatív nedvességtartalom

[REDACTED]

Barometrikus nyomás

1013,00 mbar

Teljesítmény tartomány:

0% - 120%

A hűtőtorny teljesítményének változása évszakosan a mellékelt 36.06.1536.04 számú rajz szerint.

Üzemi adatok:

Párolgási veszteség a méretezési pontban

[REDACTED] (vízáram százaléka)

Cseppveszteség

[REDACTED] (vízáram százaléka)

Igényelt nyomás a medence pereme felett

[REDACTED] (méretezési vízáramnál)

Hangnyomásszint levegő belépésnél

[REDACTED]

levegő kilépésnél

[REDACTED]

Pót-vízfelhasználás mértéke (méretezési pontban)

[REDACTED]

Éves pót-vízfelhasználás mértéke

[REDACTED]

Hűtővíz besűrítési tényező:

[REDACTED]

Fő geometriai adatok

Torony teljes magassága a medence pereme felett

[REDACTED]

Alap átmérő

[REDACTED]

Torok átmérő

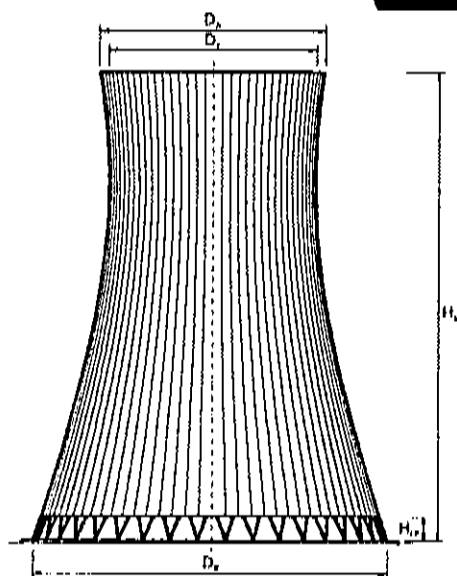
[REDACTED]

Kilépő átmérő

[REDACTED]

Belépő nyílás magassága

[REDACTED]



Szivattyúk

A hűtővíz keringető szivattyúk a hűtőtorony hidegvíz medencéjéből a szivattyú aknáon keresztül emelik ki a vizet és továbbítják a felületi kondenzátorok felé.

Elhelyezés	Külső
Elrendezés	Függőleges tengelyű, nedves aknás
Darabszám	██████████
	1-es blokk
	2-es blokk
Típus	Centrifugális
Szállított vízmennyiség	████████████████████
Emelő magasság	██████████
Igényelt tengelyteljesítmény	██████████████████
Fordulatszám	██████████
Hatásfok	██████████

Szivattyú motorok

Elhelyezés	Külső
Elrendezés	Függőleges tengelyű
Darabszám	██████████
	1-es blokk
	2-es blokk
Típus	Rövidre zárt forgórészű 3 fázlsú, aszinkron folyamatos
Működés	██████████
Méretezési teljesítmény	██████████
Névleges feszültség / frekvencia	6 000V (+/- 10%), 50 Hz(+/- 3%)
Hatásfok	██████████
Fordulatszám	██████████████████
Pólusszám	██████████
Hűtés	léghűtés, IC 611 szerint
Indítás	direkt
Indítási gyakoriság (hideg/meleg)	Hideg: max. 3 alkalom/óra Meleg: max. 2 alkalom/óra
Alkalmazott szabvány	IEC, MSZ
Tengely kapcsolat	rugalmas tengelykapcsoló

Szivattyú akna fő méretei

Szélesség	██████████
Hosszúság	██████████
Magasság	██████████
Mélység	██████████

Hűtőrendszer területfoglalás (a két blokkra)

██████████

5.2.1.5 Tornyos hűtés műszaki adatai (2x1600 MW-os blokk típus)**Kialakítása, típusa**
Darabszáma**természetes huzatú nedves hűtőrendszer**
blokkonként [REDACTED]**Hőtechnikai adatok**

Elvont hőmennyiség [REDACTED]

Hűtővízforgalom [REDACTED]

Meleg víz hőmérséklete [REDACTED]

Lehűtött víz hőmérséklete [REDACTED]

Belépő levegő száraz hőmérséklete [REDACTED]

Belépő levegő nedves hőmérséklete [REDACTED]

Relatív nedvességtartalom [REDACTED]

Barometrikus nyomás 1013,00 mbar

Teljesítmény tartomány: 0% - 120%

A hűtőtorny teljesítményének változása évszakosan a mellékelt 36.06.1538.04 számú rajz szerint.

Üzemi adatok:

Párolgási veszteség a méretezési pontban [REDACTED] (vízáram százaléka)

Cseppveszteség [REDACTED] (a vízáram százaléka)

Igényelt nyomás a medence pereme felett [REDACTED] (méretezési vízáramnál)

Hangnyomásszint (levegő belépésnél) [REDACTED]

levegő kilépésnél [REDACTED]

Pót-vízfelhasználás mértéke (méretezési pontban) [REDACTED]

Éves pót-vízfelhasználás mértéke [REDACTED]

Hűtővíz besűrítési tényező: [REDACTED]

Fő geometriai adatok

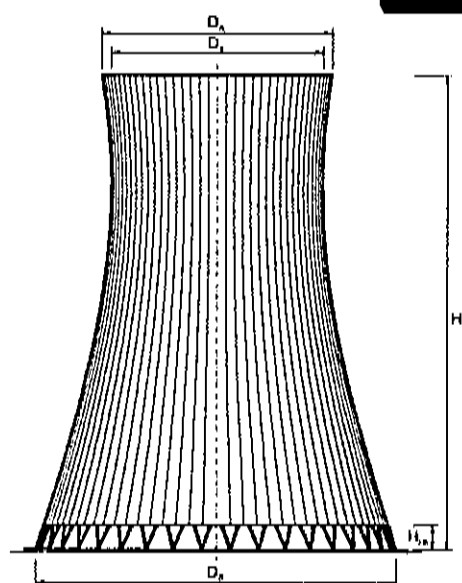
Torony teljes magassága a medence pereme felett [REDACTED]

Alap átmérő [REDACTED]

Torok átmérő [REDACTED]

Kilépő átmérő [REDACTED]

Belépő nyílás magassága [REDACTED]



Szivattyúk

A hűtővíz keringető szivattyúk a hűtőtorony hidegvíz medencéjéből a szivattyú aknán keresztül emelik ki a vizet és továbbítják a felületi kondenzátorok felé.

Elhelyezés		Külső
Elrendezés		Függőleges tengelyű, nedves aknás
Darabszám		██████████
	1-es blokk	██████████
	2-es blokk	██████████
Típus		Centrifugális
Szállított vízmennyiség		████████████████████
Emelő magasság		██████████
Igényelt tengelyteljesítmény		████████████████████
Fordulatszám		██████████
Hatásfok		██████████

Szivattyú motorok

Elhelyezés		Külső
Elrendezés		Függőleges tengelyű
Darabszám		████████████████████
	1-es blokk	██████████
	2-es blokk	██████████
Típus		Rövidre zárt forgórészű 3 fázisú, aszinkron folyamatos
Működés		██████████
Méretezési teljesítmény		██████████
Névleges feszültség / frekvencia		6 000V (+/- 10%), 50 Hz(+/- 3%)
Hatásfok		██████████
Fordulatszám		████████████████████
Pólusszám		██████████
Hűtés		léghűtés, IC 611 szerint
Indítás		direkt
Indítási gyakoriság (hideg/meleg)		Hideg: max. 3 alkalom/óra Meleg: max. 2 alkalom/óra
Alkalmazott szabvány		IEC, MSZ
Tengely kapcsolat		rugalmas tengelykapcsoló

Szivattyú akna fő méretei

Szélesség	██████████
Hosszúság	████████████████████
Magasság	████████████████████
Mélység	██████████

Hűtőrendszer területfoglalás (a két blokkra)

██████████

5.2.1.6 A hűtőtoronyban alkalmazott anyagok (1200MW és 1600MW)**Hűtőtorony szerkezete**

Hűtőtorony felépítménye	vasbeton
Tartószerkezet, gerendázat	vasbeton
Medence, szivattyú akna	vasbeton
Belső járdák, hágcsók, korlátok	szálerősítésű műanyag, csavarzatok AISI 316
Zónák közötti falak	szálerősítésű műanyag

Hűtési technológia

Hűtőbetét anyaga	- típusa GEA7 film típusú, 19 mm lapostással pp
----------------------------	--

Cseppeválasztó anyaga	- típusa TAP155 kettős iránytörésű pp
---------------------------------	--

Vízelosztó rendszer

Fő vízelosztó, felszálló akna	- anyaga vasbeton
Fő vízelosztó csatornák	- anyaga vasbeton
Vízelosztó csövek	- anyaga PVC
Vízszórók	- típusa többtányéros, lefelé szóró
	- anyaga PP, csavarzat AISI 316
Fagyvédelmi körvezeték	- anyaga szálerősítésű műanyag

A hűtőtoronyban alkalmazott anyagok kiválasztásánál figyelembe véve az „EUROPEAN UTILITY REQUIREMENTS FOR LWR NUCLEAR POWER PLANTS Volume2, chapter6”-ben leírtakat a hűtőtoronyba nem PVC, hanem PP (polipropilén) hűtőbetét és cseppeválasztó van tervezve. A PP ugyan mérsékeltén tűzveszélyes anyag, de égése során nem keletkezik az élő szervezetre erősen mérgező hatású és korrozív anyag.

5.2.1.7 Hűtőtorony üzemelésekor a környezetbe kibocsátott anyagok típusa és mennyisége, a méretezési pontban

A nedves hűtőtoronyból a kürtön keresztül távozó általában telített levegő párolgásból származó vízgőzt valamint a hűtőbetéten átáramló levegővel elragadott és a cseppeválasztón átjutó víz cseppeket tartalmaz. A vízgőz gyakorlatilag desztillátum, így ebben vegyszer maradék nincs. A jó hatásfokú cseppeválasztón a keringetett vízmennyiség kevesebb mint 0,01%-ka jut át, aminek vegyszertartalma vegyszerenként a cseppvesztés 0,00002%-ka.

Nedves, telített levegő:	2x1200 MW	2x1600 MW
Toronyonkénti légforgalom	26 300 m ³ /s	36 000 m ³ /s
Kibocsátási keresztmetszet		
Kibocsátási hőmérséklet	31,9 °C	32,0°C
Vegyszer tartalom (feltételezve, hogy a cseppek az adagolás arányban tartalmazzák a vegyszereket)	0,081 kg/h	0,105 kg/h

Lelszapolás:**Minősítés:**

közcsatornába vagy felszíni vízbe engedhető

Vízkibocsátás a vízkezelő épületből.

Elhelyezése a 6335-CT-911 és 6335-CT-912 rajzokon látható.

Egyéb visszamaradó anyag nincs.

5.2.1.8 Betonszerkezeti részek részletes leírás

A hűtőtorony kürtő

A hűtőtorony kürtő három fő részből áll. Ezek a felső merevítő gyűrű, a kürtő héjszerkezet és a V-alakban elhelyezett tartó lábak. A felső merevítő gyűrű, amely U-alakban van kialakítva egy kör alakú járó platform is egyben. A héjszerkezet vastagsága nem állandó, a tartó lábak bekötési pontjainál a legvastagabb majd a magasság növekedésével csökken. Egy bizonyos magasság felett már állandó, majd közeledve a legfelső szintig újra vastagodni kezd.

A hűtőtorony kürtő szerkezetét a V alakban elhelyezett vasbeton lábak tartják, amik az alapgyűrűre viszik át a terhelést. A torony kürtő héjszerkezetén bordák vannak kialakítva, ami növeli a betonszerkezet ellenálló képességét a szélnyomás ellen. A hűtőtorony vasbeton szerkezete csúszó-zsalus megoldással építhető fel.

A hűtőtorony kürtő tartólábal

A hűtőtorony betonszerkezete vasbeton tartó lábakon nyugszik. A lábak magasságát a hűtőtorony légbeszívó keresztmetszete (méretezési levegőtigénye) és a hidegvíz medence mélysége határozza meg. A lábak megfelelő lekerekítésekkel rendelkeznek, hogy kisebb ellenállást jelentsenek a belépő levegő számára. Az előre gyártott vasbeton lábakat mobildaru segítségével lehet az alapgyűrűre helyezni és speciális tartóberendezéssel kell a helyükön tartani addig, míg a felső beton koszorú el nem készül.

Alapozás

A hűtőtorony alaptete egy kör alakban kialakított vasbeton gyűrű. Az alapgyűrű méretének meghatározása és a kivitelezésnek módja a rendelkezésre álló talajmechanikai jelentés alapján történik.

Hidegvíz medence

A hidegvíz medencében gyűlik össze a hűtőbetéten átfolyó lehűtött víz. A hűtővizet a medencéből a hűtővízszivattyúk továbbítják a kondenzátor felé. Ezen felül, a medence a hűtővíz kör puffereként is szolgál valamint ülepítőként is funkcionál a vízben található lebegő részecskék eltávolítására.

A medence vízálló betonból van kiképezve. A medence alja és az oldal fala különálló szekciókból épül fel, hogy minimális belső feszültségek alakuljanak ki. A medence falán egy szeleppel ellátott ürítő csanak szolgál a hidegvíz medence teljes leürítésére.

Hűtőtechnológia tartószerkezete

A hűtőtechnológiát (betét, cseppleválasztó, vízelosztó) vasbeton oszlopokon fekvő gerendázattámasztja alá, amit a kürtő elkészülte után előre gyártott elemekből szerelnek össze.

Vízelosztó rendszer (meleg víz elosztó)

A kondenzátorból érkező meleg víz egy meleg víz csatornán keresztül lép be a hűtőtoronyba hidegvíz medence alatt, majd a hűtőtoronyon belül függőleges felszálló vasbeton aknán keresztül jut el a fő vízelosztó rendszerhez. A felszálló aknához csatlakoznak a fő vízelosztó csatornák, amelyek a zónákhoz szállítják a vizet. Ezek a vasbetonból készült zárt csatornák korláttal vannak ellátva és így ellenőrző járdaként használhatók. A csatornákból a további vízelosztás műanyag csöveken keresztül történik.

A felszálló akna felső részén egy bukógát van, amin át a többlet víz a by-pass aknán keresztül, közvetlenül a hidegvíz medencébe kerül. Az aknák hidraulikailag úgy vannak méretezve, hogy az üzemi vízáram a méretezési vízáram 70%-tól 130%-ig terjedhet anélkül, hogy a vízelosztó rendszer zónái közül bármelyiket is kinyitni vagy bezárni kellene.

Zajvédő falak (Opció)

Amennyiben a zajkövetelmények megkívánják a hűtőtorony körül zajvédő falak kerülnek kialakításra. A zajvédő fal teljesen körbe veszi a hűtőtoronyt és 9-10 méterre helyezkedik el a hidegvíz medence külső peremétől.

A zajvédő fal vasbeton alapozással rendelkezik, amiből vertikálisan hengeres alakú oszlopok állnak ki, amelyek között horizontálisan elhelyezkedő vasbeton elemek vannak. A zajvédő kazettákat a betoncsemek tartják a helyükön.

A speciális kialakítású (perforált) és tengervíz álló alumínium zajvédő kazetták belsője kőzetgyapattal vannak kitöltve.

Légi akadályjelzés (Opció)

A természetes huzatú hűtőtorony tetejére légi akadályjelző világító testek kerülnek felszerelésre, egyenletesen elosztva a torony külső peremén, valamint a légbeszívó nyílás felső peremétől 45 méterre. A fényforrások közötti távolság úgy van megválasztva, hogy bármely irányból legalább kettő jól látható legyen.

Megfigyelő platformok, létrák

A természetes huzatú hűtőtorony vasbeton szerkezete mellett egy acélszerkezetű lépcsőház helyezkedik el, ahonnan egy korláttal ellátott járó platformon keresztül lehet bejutni a hűtőtorony hűtőtechnológiai részéhez. A hűtőtorony legfelső része függőleges létrán keresztül érhető el, amely bizonyos szinteken pihenő platformokkal van ellátva.

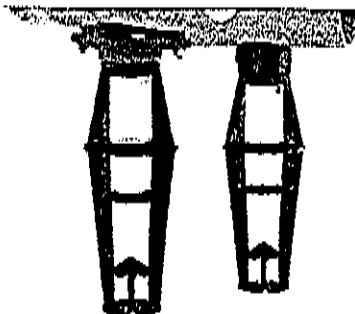
5.2.1.9 Hűtéstechológiai rész részletes leírása

Hűtővíz elosztó rendszer

A fő vízelosztó csatornákhöz csatlakoznak a műanyag vízelosztó csövek, amelyek a torony teljes belső felületén egyenletesen osztják szét a hűtővizet. A műanyag csövek galléros csatlakozással kapcsolódnak, a tömítésről gumi gyűrűk gondoskodnak. Minden egyes csőszakasz végén egy lezáró elem van, ami karbantartás vagy tisztítás céljából eltávolítható.

Vízszórók

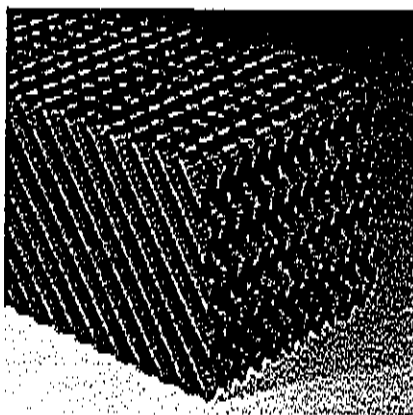
A hűtővíz elosztó műanyag csöveken kb. 90 cm-enként műanyag vízszóró fejek helyezkednek el. A hűtővíz a szórófejekből függőlegesen lefelé, többfokozatú szóró tányérok segítségével egyenletesen oszlik szét az alattuk elhelyezett hűtőbetéten.



Hűtőbetét

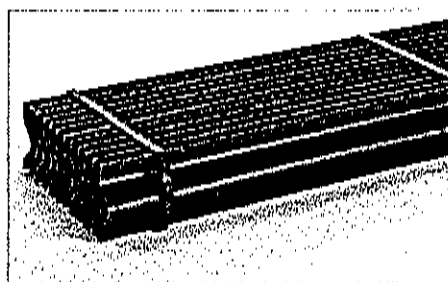
A vízszórók által egyenletesen elosztott meleg víz a filmképző hűtőbetétekre folyik, ahol vízfilm nagyrészt anyagátadással (párolgás), kisebb részt konvekció útján visszahűl a betéten ellenáramban átfolyó környezeti levegő hatására. A filmképző betét tömbösített vákuumformázott műanyag lemezekből készül, ezek a torony teljes keresztmetszetét több rétegben egymásra helyezve kitöltik. A hűtőbetét geometriája, kialakítása maximalizálja a hőátadási képességet és minimalizálja a légellenállást.

Ahhoz, hogy az alkalmazott filmképző betét megfelelően működjön, a hűtővíz lebegő anyag tartalma nem lehet nagyobb, mint 70 mg/l folyamatos üzem közben. Ennél magasabb lebegőanyag tartalom esetén a hűtőbetét hőátadó hatásfoka csökken.



Cseppleválasztó

A külön tartószerkezettel rendelkező cseppleválasztók a vízelosztó csővezetés felett helyezkednek el. A cseppleválasztó anyaga Polipropilén. A műanyag profilelemek távtartók közbeiktatásával modulokká vannak szerelve. Ezek a modulok a tartószerkezetre vannak fektetve. A profilelemek közötti távolság úgy van kiválasztva, hogy minimalizálja az áramló levegővel a toronyból kijutó vízcseppek mennyiségét.



5.2.1.10 Vegyszeradagolás

A hűtővízhez korrózió-és lerakódás gátlót, diszpergáló szereket, valamint az algásodás megakadályozására biocideket kell adagolni.

Az alkalmazott vegyszerek - a keringetett vízminőségen kívül - a vízkezelést szállító cégektől függenek (pl. Nalco, Kurita stb.), de mindegyike nyitott, recirkulációs rendszerben alkalmazható, engedélyezett vegyszert használ, a pontos adagolásnak köszönhetően csak a szükséges mennyiségben. A diszpergáló szerek, a biocidok adagja a keringetett vízmennyiség 0,00001 -0,000025 %-ka. a hypoé pedig 0,000035 %-ka.

Diszpergáló polimer és lerakódás gátló szer

A felhasználandó szer anyaga kis molekulású poliakrilát. A hűtőtorony medencében a kiválasztásra került anyaggal és az egyéb szervesetlen iszappal együtt kiülepszik. A nagy leállások idején a hűtővíz medence tisztítása során eltávolítják. Toxikus hatása nincs.

Biocid

Az alkalmazott vegyszer széles spektrumú biocid, mely 1-2 % izotiazolinon származék és 1-2 % magnézium-nitrát vizes oldata. A szer a folyamat során teljes mennyiségében elhasználdik. Toxikus hatása nincs

Csíramentesítő vegyszer

A vegyszer nátrium-hipoklorit (Hypo) vizes oldata, mely a folyamat során teljesen elhasználdik

Deklórozó vegyszer

Az alkalmazott vegyszer a folyamat során részben elhasználdik. A felesleg a koncentrátumban kiválasztódik. Toxikus hatása nincs.

A vegyszeradagolás berendezései (adagoló és tároló tartályok, adagoló szivattyúk) a vízkezelő/vegyszeradagoló épületben vannak elhelyezve.

5.2.1.11 Villamos energia ellátás

A hűtőrendszer működéséhez szükséges tápfeszültségek fogadása és szétosztása a hűtőtorony mellett elhelyezett MCC épület feladata.

Igényelt tápfeszültségek: **400VAC és 230VAC UPS**

Középfeszültségű berendezések

A 6kV-os hűtővíz keringető szivattyúmotorok erőátviteli, tekercsfűtési és vezérlő kábele közvetlenül csatlakoznak a középfeszültségű kapcsoló-berendezésekhez. A motorok távműködtetését az erőmű saját DCS berendezése végzi.

400V-os elosztó berendezés (MCC)

Az elosztó berendezés a hűtőrendszer intelligens sziliphajtásának biztosít leágazást.

A sziliphajtás tartalmazza a szilipek működéséhez szükséges készülékeket (mágnes kapcsoló, relék, tápellátás védelmek, kezelőszervek, stb.)

A szilipek erőátviteli kábele kötődobozon keresztül csatlakozik a 400V-os elosztószekrényhez.

Huzalozott védelmi rendszer

(Back-up Protection System)

A DCS berendezés működtetésétől független huzalozott áramkörökből felépített primer védelmi feladatokat ellátó rendszer.

Villamos fogyasztói lista**2x1200MW**

Ssz.	Megnevezés	Darabszám	Névleges teljesítmény	Feszültség	Üzem
1	Hűtővíz keringető szivattyú motor	■	■	6 000 V	Folyamatos
2	Zsilip hajtómotorok	■	■	400 V	Szakaszos
3	Fagyvédelmi körvezeték szelephajtó motorok	■	■	400 V	Szakaszos

2x1600MW

Ssz.	Megnevezés	Darabszám	Névleges teljesítmény	Feszültség	Üzem
1	Hűtővíz keringető szivattyú motor	■	■	6 000 V	Folyamatos
2	Zsilip hajtómotorok	■	■	400 V	Szakaszos
3	Fagyvédelmi körvezeték szelephajtó motorok	■	■	400 V	Szakaszos

5.2.1.12 Irányítástechnika

Kapcsolási vázlatok: 6335-CS-111, 6335-CS-112

Villamos és irányítástechnikai rendszer konfigurációs rajza: 6335-CS-410, 6335-CS-420

Természetes huzatú nedves hűtőrendszer irányítástechnikája

A tornyos főhűtés irányítástechnikai rendszere a következő technológiai egységekből épül fel:

- hűtővíz keringetés
- hűtőtorony zónázás, hőfokszabályozás
- fagyvédelmi körvezeték szabályozás
- vízkezelés, vegyszeradagolás

A hűtőrendszer irányítástechnikai berendezései a hűtőtorony közelében kialakított villamos épületben nyernek elhelyezést a villamos berendezésekkel együtt. A hűtőrendszer vezérlési, szabályozási és jelzőrendszeri feladatait az erőmű saját DCS berendezése látja el.

A vegyszeradagoló rendszer autonóm működésűek, a DCS berendezéstől független automatikus vezérléssel vannak ellátva.

Vezérlési helyszínek

A hűtőrendszer berendezései a helyszínről, vagy a DCS berendezésről működtethetők.

- helyszíni működtetés: a berendezés mellé telepített kezelőhelyről (reteszletlen kézi üzem)
- távműködtetés: a DCS berendezés operátori állomásáról

A hűtővíz-keringető rendszerek berendezéseinek működtetése részben az operátor által kezdeményezett reteszelt távműködtetés, illetve a programban meghatározott feltételek szerinti automatikus működtetés. A pótvízrendszer, a leiszapoló rendszer és a hűtővíz hőmérsékletszabályozás automatikus működésűek.

A vezérlőberendezések és egyéb rendszerek közötti kommunikáció

A kommunikáció a rendszerek elemei és a DCS között:

- huzalozott kapcsolat
 - analóg jel: 4÷20mA, leválasztón keresztül
 - digitális jel: potenciálmentes kontaktuson keresztül

Mérőrendszer

A hűtőrendszer méréseinek kapcsolata a különböző berendezésekkel, rendszerekkel.

A hűtőrendszer méréseinek jelei közvetlenül az erőmű saját DCS berendezéshez csatlakoznak. A mérések segítségével a felhasználói program ellátja a hűtőrendszer vezérlési, szabályozási, és jelzőrendszeri feladatait.

A DCS operátori állomásának működéséhez szükséges jelek közvetlenül a mérőműszerektől boérkező és a beavatkozó szervok felé (zsillip aktuátorok, szelep aktuátorok) kimenő huzalozott kapcsolaton keresztül történik.

Hűtőtorony mérései

- minden hűtőzónában a hűtőbetétek után a hidegvíz hőmérséklet (6 pontban) egyenként 2xPT100
- hidegvíz gyűjtő medencében a hidegvíz hőmérsékletet (2 helyen) egyenként 2x PT100
- meleg víz hőmérséklet a felszálló aknában (2 helyen) egyenként 2xPT100
- hidegvíz medence vízszint mérése (2 helyen) analóg 4-20mA-es távadóval
- hűtővíz szivattyúk nyomóágában elhelyezett nyomás távadók (8 helyen) analóg 4-20mA

Berendezések mérései

- 6kV-os hűtővíz keringető szivattyú motorok: vibráció (V), tekercsfej hőmérséklet
- Motor csapágyhőmérsékletek
- Szivattyú csapágyhőmérsékletek
- kondenzátor ki-és belépő csomajain a hűtővíz hőmérséklet mérése PT100-al

5.2.1.13 Telepítés, elrendezés



A tornyos hűtés számára potenciálisan igénybe vehető terület a PA Zrt. és GEA EGI közötti egyeztetés alapján a fenti rajzon látható.

Az erőmű bővítés céljára első lépésben figyelembe vehető terület alapvetően a jelenlegi blokkoktól a fenti elrendezési rajzon jelű terület. A természetes huzatú nedves hűtőtornyokat a kijelölt területen helyeztük el. Az új blokkok épületei a meglévő blokkok épületei mellett helyezkednek el.

Az elrendezési rajzon jelű terület az előzetes tervek szerint felvonulási területként tekintendő. Ezt a hűtőtornyok telepítésénél.

A hűtőrendszer részletes elrendezését és telepítését a 6335-CS-201 és 6335-CS-202 számú rajzok ábrázolják, a fő-és segédhűtőre egyaránt.

5.2.2 Mesterséges huzatú nedves hűtőrendszer (segéd hűtőkör)

Az erőmű főberendezéseinek zárt hűtőrendszereit (kondolaj-, generátor, stb. hűtés) több cellás mesterséges huzatú hűtőtorony látja el hűtővízzel.

A hűtőrendszer főrészei: a hűtőtorony, keringető szivattyúk, szerelvényekkel, részáramú szűrő, vegyszeradagoló berendezés, erősáramú és irányítástechnikai berendezések. A segéd hűtőtorony a blokk turbina háza közelében helyezkedik el.

Hűtőrendszer kapcsolási vázlatát lsd. a 6335-CS-121 és a 6335-CS-122 rajzon

5.2.2.1 A segédhűtést végző hűtőrendszer műszaki adatai

	2×1200 MW	2×1600 MW
Névleges elvonandó hőmennyiség (MW)	■	■
Névleges hűtővíz igény (m3/s)	■	■
Megengedett maximális hűtővíz hőmérséklet (°C)	■	■

Mesterséges huzatú nedves hűtőtorony méretezési pontja

	2×1200 MW	2×1600 MW
Hűtendő víz tórfogatárama (m3/s)	■	■
Hűtendő víz hőmérséklete (°C)	■	■
Lehűtött víz hőmérséklete (°C)	■	■
Méretezési légállapot (nyári csúc)		
Levegő száraz hőmérséklete (°C)	■	■
Levegő nedves hőmérséklete (°C)	■	■

Kiválasztott hűtőtorony fő méretel és hidraulikus adatai

	2×1200 MW	2×1600 MW
Cellák száma	■	■
Cella hossz	■	■
Cella szélesség	■	■
Teljes hossz	■	■
Teljes szélesség	■	■
Ventilátorok száma cellánként	■	■
Ventilátor átmérője	■	■
Ventilátor motorok névleges teljesítménye	■	■
Medence pereme talajszint felett	■	■
Belépőcsonk medence pereme felett	■	■
Ígényelt nyomás belépő csonknál	■	■
Belépőcsonk cellánként	DN700	DN700

DAR: 530400A00222 EGA

160. old.

GEA EGI Energlagazdálkodási Zrt.

PAEUBH_1kötet_rev0_zsűrizett.doc

Budapest

Módosítás: Rev.0, Dátum: 2011. máj. 4.,

www.epi.hu

Keringető szivattyú adatai

Szivattyúk darabszáma (blokkonként)		
Szállított vízmennyiség		
Emelő magasság		
Szivattyú motorok névleges teljesítménye		

Hűtőrendszer önfogyasztása

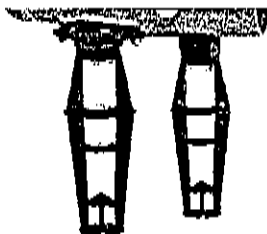
Ventilátorok éves önfogyasztása		
Szivattyúk éves önfogyasztása		
Ventilátorok éves önfogyasztása		
Éves vízfogyasztás		

Hűtőtorony üzemelésekor a környezetbe kibocsátott anyagok típusa és mennyisége, a méretezési pontban

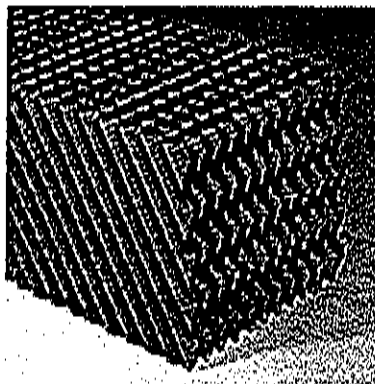
Nedves telített levegő (tornyonkénti légforgalom)		
Kibocsátási hőmérséklet		
Leiszapolás		
Leiszapolás minősítése: közcatornába vagy felszíni vízbe engedhető		
Hangnyomásszint levegő belépésénél		
Hangnyomásszint levegő belépésénél		

5.2.2.2 A hűtőrendszer ismertetése**5.2.2.2.1 Hűtőtorony (ld. 6335-CS-320 sz. rajz)**

A berendezésekben felmelegedett hűtővíz a hűtőcellákba a pillangószeleppel ellátott felszálló vezetőkeken keresztül lép be. A cella belépő csonkjához a cellán belül acél főelosztó vezeték csatlakozik, amelyből műanyag mellékelosztók ágaznak ki. A mellékelosztó csövek és az ezeken elhelyezett hatékony szórásképpel rendelkező vízszórók szórják szét egyenletesen a hűtővizet a hűtőbetét fölött.

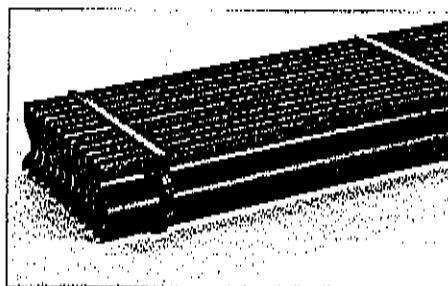


A vízelosztó rendszerből kilépő hűtővíz a hatékony, nagy fajlagos felületű PP filmképző betétten lefelé csorogva intenzív hő- és anyagcserét folytat a felfelé áramló levegővel.



A lehűlt hűtővíz a torony alatt elhelyezkedő közös medencében gyűlik össze, ahonnan száraz aknás keringető szivattyúk szállítják vissza a fogyasztói helyekre. A szivattyúk előtt durvaszűrők kerülnek beépítésre.

A vízelosztó rendszer fölött hatékony PP cseppleválasztó van, amely meggátolja a felfelé áramló levegővel elragadott cseppek kijutását a környezetbe.



A levegőt szívóventilátorok szállítják, amelyek járókereket a kürtő belsőjében elhelyezett kétfokozatú, derékszögű fogaskerék-hajtóművek függőleges kimenő tengelyeire vannak ékelve. A hajtóművet a ventilátor kürtőn kívül elhelyezett villamos motor hajtja meg könnyű rugalmas vízszintes tengelyen keresztül.

A torony és a medencéje valamint a szivattyúakna monolit vasbeton szerkezetű. A medencetér és a vízzel érintkező vasbetonszerkezet vegyszerálló korrózióvédő bevonattal van ellátva.

A vízelosztó szintre a bejutás a földemen levő aknaajtón keresztül lehetséges. A födémre a torony oldal falán elhelyezett acél lépcsőn juthatunk fel.

A szívóventilátorok háza szálcsőszívó műanyagból készül.

A beépítendő szerelvények elektromechanikus működtetésűek, így távműködtetés biztosítható.

A hűtőtorony a hazai és külföldi alkalmazásoknál általában elfogadott és szokásos zajkibocsátásra lett méretezve.

A ventilátormotorok vezérlését frekvenciaváltók végzik.

Üzemvitel

- Normál üzemvitel (nyári)

A hűtőtorony úgy van méretezve, hogy nyári csúcshőmérséklet esetén is biztosítsa a max. 30°C-os hűtővizet. A hűtendő berendezéseknek 15°C-nál hidegebb hűtővízre nincs szükségük, ezt éri el. Eddig a ventilátorok teljes fordulatszámmal üzemelnek.

- Leszabályozott üzemvitel (téli)

Amint a levegő nedves hőmérséklet eléri a 7,5°C-t, a ventilátorok fordulatszámát a frekvenciaváltók csökkentik, ezzel a 15°C hideg víz hőmérséklet tartható.

Téli fagyvédelemre 20/15°C hűtőzóna mellett nincs szükség.

Lehetséges üzemzavarok

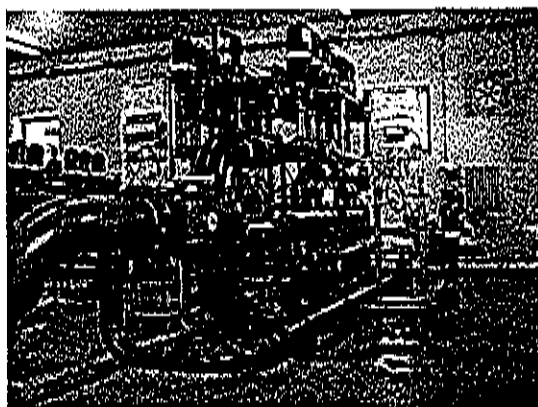
A több cellás mesterséges huzatú nedves hűtőtorony üzembiztonsága a több cellának köszönhetően viszonylag nagy, így megfelel a korszerű atomerőművi berendezésekkel szemben támasztott követelményeknek.

- Egy hűtővíz keringető szivattyú kiesése [REDACTED] leállása, következtében a keringetett hűtővíz ugyan kevesebb lesz így a hűtőzóna nő, de a közepes hőfokszint nem nagyon változik. Nyári hónapokban ez okozhat problémát (a hidegvíz hőmérséklet 30°C-nál nagyobb lesz). A tartalék szivattyú üzembe helyezésével a hiba elhárítható.
- Egy ventilátor kiesése esetén hűtőkapacitás csökken azaz megfelelő vízáram mellett a hőfok szint nő. Csak nyári hónapokban ez okozhat problémát (a hidegvíz hőmérséklet 30°C-nál nagyobb lesz).
- Vízszóró fejek eldugulása, amely csökkenti a hűtőkapacitást.
Több évtizedes tapasztalatunk azt mutatja, hogy egyes vízszórók eldugulásának hatása a hűtőkapacitásra elhanyagolható. Annak valószínűsége, hogy vízszóró dugulás miatt egész területek essenek ki a hűtésből minimális.
- Cella belépő szelep hibája, - ha nem nyitható ki -, esetén a víz a többi cellára áterhelhető, vagy by-passolható.

5.2.2.2.2 Szivattyú egységek

A hűtővizet vízszintes tengelyű száraz aknás hűtővízszivattyúk szállítják a fogyasztókhoz. A szivattyúk a szivattyúaknába vannak telepítve és a szivóakna falattörésein átviczetett csövön keresztül szívják a szivóaknából a hűtővizet. Szívóoldalukon kézi elzáró pillangószelep, nyomóoldalukon visszacsapó szelep és kézi elzáró pillangószelep van. A szivattyúk előtt rozsdamentes durvaszűrők kerülnek beépítésre. A lelszapolás a medencéből történik vezetőképesség mérésről vezérelve. A pótvíz adagolást a medencében elhelyezett szintmérés vezérli.

5.2.2.2.3 A részáram szűrő



A keringetett hűtővíz tisztaságát (alacsony lebegőanyag tartalom) hűtővíz részáramú szűrése biztosítja. Erre mélységi szűrőberendezés javasolunk. A javasolt szűrési finomság 100 mikrométer. A berendezés elhelyezését épületben javasoljuk. A berendezés vezérléséhez sűrített levegőre van szükség, amelyet saját kompresszor telepítésével oldunk meg.

A berendezés teljesen automata üzemben működik saját PLC berendezés segítségével, amely a szűrő mellett van elhelyezve. Visszamosáshoz a szűrőberendezés saját szűrt vizet használ, a berendezés működésének megszakadása nélkül.

5.2.2.2.4 A vegyszeradagolás

A hűtővízhez korrózió és lerakódásgátlót, díszpergáló szereket, valamint az algásodás megakadályozására biocideket kell adagolni.

A vegyszeradagolás berendezései (adagoló és tároló tartályok, adagoló szivattyúk) a vízkezelő/vegyszeradagoló épületben vannak elhelyezve. A vegyszeradagolás módszere azonos a 5.2.1.10-ben leírtakkal.

5.2.2.2.5 Villamos ellátás és Irányítástechnika

Kapcsolási rajzok: **6335-CS-121, 6335-CS-122**

Villamos és Irányítástechnikai rendszer konfigurációs rajza: **6335-CS-420**

A villamos és Irányítástechnikai berendezések a hűtőtorony közelében felépített villamos épületbe kerülnek elhelyezésre.

Villamos rendszer

A hűtőrendszer működéséhez szükséges tápfeszültségek fogadása és szétosztása a hűtőtorony mellett elhelyezett MCC épület feladata.

- Középfeszültségű berendezések (6kV) a hűtővíz keringető szivattyú motorok
- Kisfeszültségű berendezések (0.4kV) a mesterséges huzatú nedves hűtőtorony ventilátorai, valamint a villamos szelepek

Irányítástechnikai rendszer

A hűtőrendszer méréseinek kapcsolata a különböző berendezésekkel, rendszerekkel.

A hűtőrendszer méréseinek jelei közvetlenül az erőmű saját DCS berendezéshez csatlakoznak. A mérések segítségével a felhasználói program ellátja a hűtőrendszer vezérlési, szabályozási, és jelzőrendszeri feladatait.

A DCS operátori állomásának működéséhez szükséges jelek közvetlenül a mérőműszerektől beérkező és a beavatkozó szervek felé kimenő huzalozott kapcsolaton keresztül történik.

- Hőmérséklet mérés
 - környezeti levegő hőmérséklete
 - hűtőtorony belépő víz hőmérséklete
 - hűtőtorony kilépő víz hőmérséklete
 - szivattyú motor tekercs hőmérséklete
 - szivattyú motor csapágyhőmérséklete
 - ventilátor motor tekercs hőmérséklete

- Nyomásmérés
 - kilépő víz nyomásmérés
- Szintmérés
 - medence vízszint (vízszint szabályozás)
 - medence vízszint (szivattyúk védelem háromból kettő logikával)
- Vezetőképesség mérés
 - medence víz vezetőképessége (lel szapoló szelep vezérlése)
- Árammérés
 - ventilátor motorok áramfelvétele: EI
 - szivattyú motorok áramfelvétele: EI
 - szivattyú motorok áramfelvétele: EI
 - ventilátor motorok áramfelvétele: EI
- Fordulatszám szabályozás
 - ventilátor fordulatszám szabályozása
- Rezgésmérés
 - Ventilátorok rezgésmérése

Motor-lista**2x1200MW**

Ssz.	Megnevezés	Darabszám	Névleges teljesítmény	Feszültség	Üzem
1	Hűtővíz keringető szivattyú motor	■	■	6 000 V	Folyamatos
2	Hűtőtorony ventilátor motor	■	■	400 V	Folyamatos
3	Szelep hajtómotorok	■	■	400 V	Szakaszos

2x1600MW

Ssz.	Megnevezés	Darabszám	Névleges teljesítmény	Feszültség	Üzem
1	Hűtővíz keringető szivattyú motor	■	■	6 000 V	Folyamatos
2	Hűtőtorony ventilátor motor	■	■	400 V	Folyamatos
3	Szelep hajtómotorok	■	■	400 V	Szakaszos

5.3 Vízelőkészítés és pótvíz ellátás

5.3.1 Frissvíz hűtőrendszer vízüzeme

A létesítendő új blokkok kondenzátorainak hűtése, a frissvíz hűtési megoldások esetén átfolyó rendszerben, nagy mennyiségű Dunából kivett és visszaadott vízzel történik. Nyári időszakban a felmelegedett hűtővíz a Dunába történő visszavezetést megelőzően egy átfolyó rendszerű, nyílt, kényszer huzatú, nedves léghűtő rendszerben kerül visszahűtésre. Az utóhűtő rendszerben a hűtési teljesítmény egy részét a bevezetett hűtővíz részbeni elpárologtatása biztosítja, amely által a visszavezetett hideg hűtővíz mennyisége a tornyok párolgási veszteségével csökken. Ezért, a kondenzátorok hűtését ellátó frissvízes hűtőrendszernek az átfolyó rendszerű utóhűtővel történő kiegészítése, nem igényel pótvíz ellátást és ebből fakadóan vízelőkészítő üzemet sem.

A létesítendő új blokkok szekunder körü gépházi elemeinek (generátor hűtés, csapágy hűtés, olajhűtő, mintahűtők) hűtését, önálló segéd hűtőrendszer látja el. A segéd hűtési feladatok ellátása, frissvízes hűtőrendszer esetén is zárt rendszerű hűtőrendszerrel tervezett. A zárt rendszer hűtése történhet egyrésztől recirkulációs rendszerű, kényszer huzatú nedves léghűtő rendszerrel, illetve felületi hőcserélőn keresztüli közvetett folyóvíz hűtéssel kiegészítve. A frissvíz hűtőrendszer tanulmányrészt a MÉLYÉPTERV Zrt. készíti, az elkészített dokumentációk a tanulmány II. kötetében található. A segéd hűtőrendszer nedves léghűtő rendszerét a tornyos léghűtéses változat segéd hűtésénél alkalmazottal azonosan az EGI specifikálta, melynek ismertetése az 5.2.2 fejezetben található.

A nedves léghűtéses, zárt segédhűtő rendszer által elpárologtatott vízmennyiség pótlása előlagylott vízzel történik, melynek előállítását önálló vízelőkészítőből biztosítható. A nedves hűtőrendszer számára szükséges vízelőkészítő technológia azonos a tornyos hűtéshez szükséges vízelőkészítőnél bemutatásra kerülővel, melynek ismertetése az 5.3.2 fejezetben található. Kapacitás igénye a segédhűtési feladatok teljesítményéhez tartozóan kisebb, a kondenzátorok hűtésére szolgáló hűtőrendszerének csak mintegy 3%-át kitevő, ami a 2 x 1200 MW blokk teljesítményhez tartozóan 0,05 m³/s (180 m³/h), és a 2 x 1600 MW blokk teljesítményhez tartozóan 0,06 m³/s (220 m³/h). A torony leiszapolásából származó hulladékvíz a további visszavezetett hűtővízzel együtt a Dunába kerül visszavezetésre. Minősítése megfelel a közcsontrnába vagy felszíni vízbe bocsáthatóság feltételeinek.

A frissvíz hűtés esetén szükséges, csak a segédhűtési feladatokat ellátó vízkezelő üzem üzemeltetési és beruházási költségelt a tornyos hűtési megoldásra kidolgozott vízkezelő üzem költségei alapján kerültek becsülten meghatározásra. Ebben az anyag és energia forgalmi költségek a tornyos felhasználás alapján lettek meghatározva, a beruházási és karbantartási költségek pedig a tornyos segédhűtő és a kondenzátor hűtőrendszer költség aránya szerint.

5.3.2 Tornyos hűtőrendszer vízüzeme

5.3.2.1 Pótvíz ellátás, hulladékvíz elvezetés

A tornyos hűtések keringtetett vízminőségének biztosítására önálló vízelőkészítő üzem szolgál. A vízelőkészítő üzem nyersvíz ellátása Duna vízből történik, a hidegvíz csatornában vagy a Duna parton kialakítható vízkivételi mű révén.

A vízkezelő számára szükséges nyersvíz ellátó kapacitás:

- 2 x 1200 MW blokk teljesítmény esetén: [REDACTED]
- 2 x 1600 MW blokk teljesítmény esetén: [REDACTED]

A pótvíz ellátó rendszert a MÉLYÉPTERV tervezi, részletes bemutatása a tanulmány II. kötet 4. fejezetében szerepel. A tornyok leiszapolása során keletkező hulladékvíz minősítése alapján közcsontra vagy felszíni vízbe engedhető.

5.3.2.2 Vízminőségi jellemzők és követelmények

A vízminőségi jellemzők és követelmények áttekintése a 4.3.2. fejezetben már szerepelt, de az 5.2 fejezetpont részletes kidolgozásához tartozó nedves léghűtő rendszer esetére vonatkozó paramétereket az alábbiakban is megismétljük.

A rendelkezésre álló nyers Duna víz kémiai jellemzői:

PAE adatszolgáltatása szerint, a 2009. évi mérések alapján adódó, Dunából a meglévő pótvíz előkészítő üzem számára kivett nyersvíz mértékadó vízkémiai jellemzői:

2009.		MIN	MAX	ÁTLAG
CaK	mol/m ³	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Cl	mg/dm ³	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
F	mg/dm ³	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
KMnO4	mg/dm ³	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
lebegőanyag	mg/dm ³	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
MgK	mol/m ³	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
m-szám	mol/m ³	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
NO2	mg/dm ³	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
NO3	mg/dm ³	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
olaj	mg/dm ³	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
össz. Fe	mg/dm ³	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
össz. kem.	mekv/dm ³	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
pH		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
p-szám	mol/m ³	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
SiO2	mg/dm ³	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
SO4	mg/dm ³	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]