Hűtőrendszerek villamos energia fogyasztásának csökkentési lehetőségei

Léghűtésű és evaporatív kondenzátorok, valamint kombinált megoldások alkalmazása

Beruházói verzió

2018 május

Budapest

1. Előszó

1.1. Jelen anyag célja, hogy a hűtéstechnikában kevésbé jártas beruházók, végfelhasználók, esetleg a projekt megvalósításában közreműködők (pl. társ tervezők) számára köznapi megfogalmazásban tegyük érthetővé a hűtőrendszerek környezeti és kondenzációs hőmérséklet összefüggéseit, valamint ezek kihatását a villamos energia fogyasztásra.

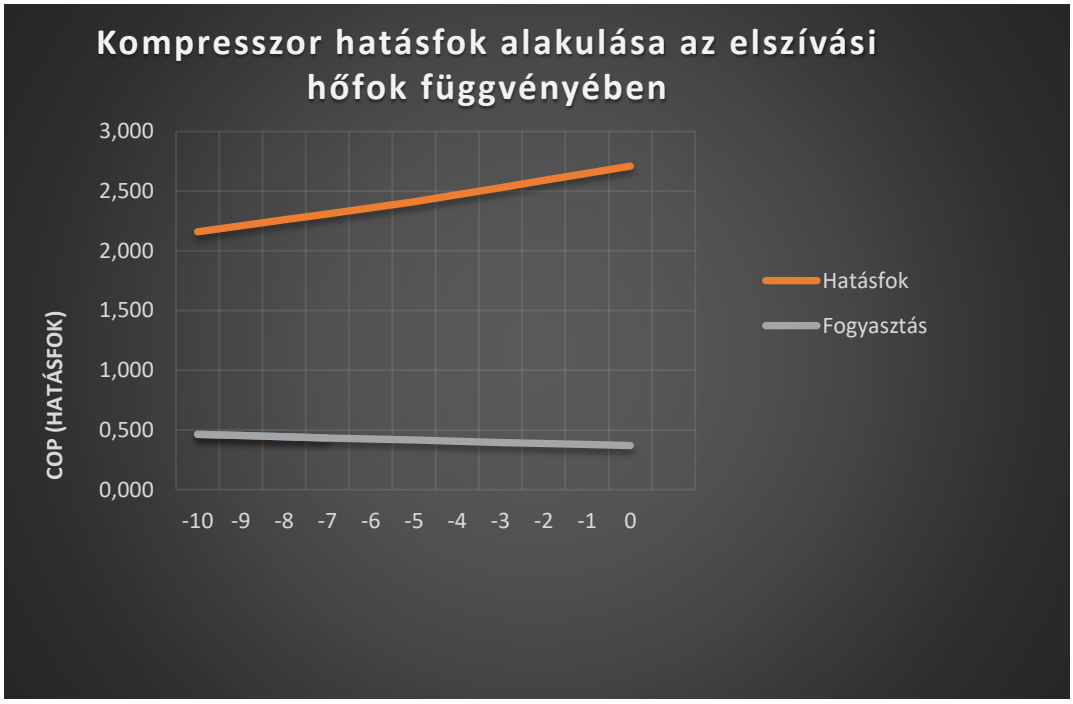
2. Mitől függ egy hűtőrendszer villamos energia igénye és fogyasztása

2.1. Egy hűtőrendszerben számos fogyasztó van, de általánosságban elmondható, hogy a legnagyobb fogyasztók maguk a kompresszorok. A rendszer egyéb fogyasztóinak és kompresszorok villamos energiaigényeinek aránya változó, de általánosságban kijelenthető, hogy az arány 15%..30% közt változik abban az értelmezésben, hogy 15%...30% esik a hűtőrendszer egyéb fogyasztóira (pl. hőcserélő ventilátor motorok, szivattyúk, stb.), 70%..85% pedig a kompresszorokra magukra.

2.2. Fentiekből következik, hogy természetesen előnyös, ha a rendszer egyéb fogyasztóinak közvetlen villamos energia fogyasztásait fejlettebb működtető algoritmussal, illetve korszerűbb műszaki megoldásokkal (pl. EC ventilátor motorok alkalmazása) javítjuk, azonban nyilvánvaló az is, hogy a hűtőrendszer egészére vonatkozó legnagyobb villamos energia megtakarítás akkor érhető el, ha a kompresszorok elektromos fogyasztását csökkentjük közvetlenül.

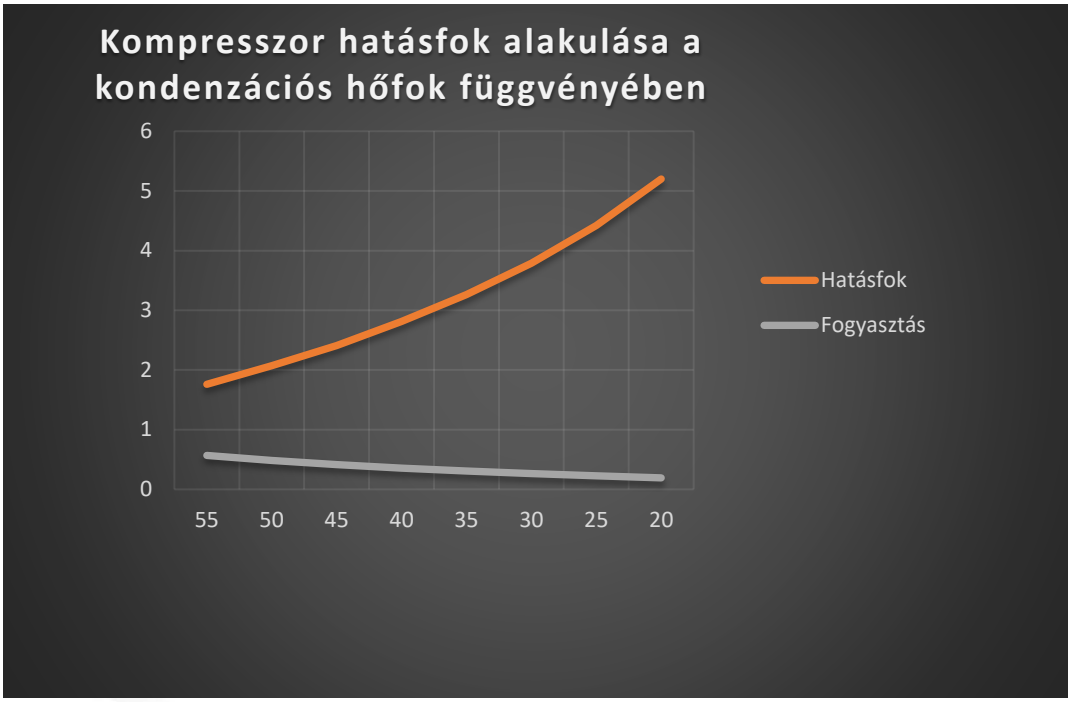
2.3. A kompresszorok fogyasztásának csökkentésére több lehetséges módszer létezik, azonban a legnagyobb fogyasztáscsökkenés abban az esetben érhető el - különösen egy már meglévő, adott műszaki tulajdonságokkal rendelkező rendszer esetében - ha kompresszorok által leküzdendő nyomáslépcsőt – az elszívási és kondenzációs nyomás közti különbséget – csökkentjük.

Az alábbi példában jól látható egy adott kompresszor hatásfoka és egységnyi hűtő energia biztosításához szükséges villamos teljesítmény igény változása a hőfok függvényében.



Látható, hogy elpárolgási hőfok ˚C-ként ~2%-os energetikai javulás tapasztalható!

Az előzőekhez hasonlóan, de a kondenzációs nyomás változásra vizsgálva pedig a következőket látjuk.



Látható, hogy kondenzációs hőfok csökkenés ˚C-ként ~1,8 %-os energetikai javulás tapasztalható.

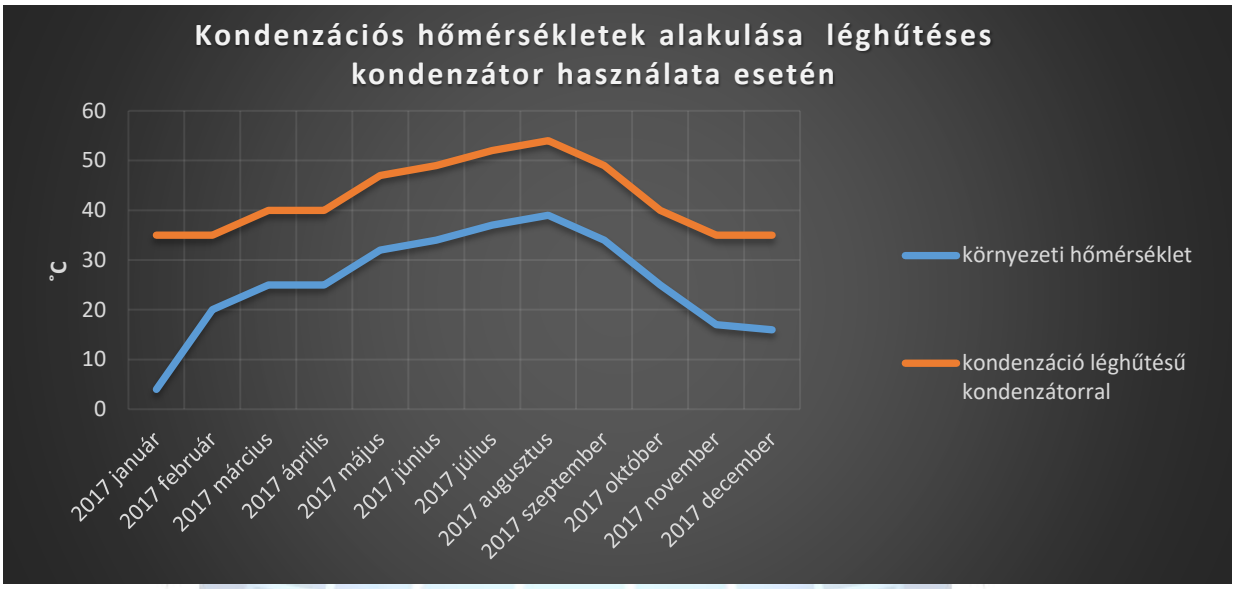
2.4. Érdekesség, hogy annak ellenére, hogy az elszívási nyomás / hőfok ˚C-ként elért energetikai hatásfok javulása az elszívási hőfok egységnyi változása esetében kis mértékben nagyobb, még is a kondenzációs hőfok csökkentésén keresztül lehet elérni nagyobb sikereket.

Ennek alapvető oka, hogy míg az elszívási hőfokon – különösen a már meglévő, üzemelő, adott műszaki tartalommal és tulajdonságokkal rendelkező hűtőrendszerek esetében – nem, vagy csak kis mértékben lehet módosítani lényegi műszaki változtatások nélkül, addig a kondenzátor módosításával, vagy még inkább kiegészítő kondenzátor alkalmazásával kedvező árszinten és rövid megtérülési idővel lehet szignifikáns mértékű, akár több 10˚C-al is csökkenttett kondenzációs nyomást / hőfokot elérni, mely már jól érezhető, éves viszonylatban 30%..35 %-os kompresszor oldali, de a teljes rendszerre is legalább 20%-os villamos energia fogyasztás csökkenést is eredményez.

3. Léghűtéses kondenzátorok

3.1. A kis- és közepes ipari és kereskedelmi hűtési szegmensben valamint elsősorban mesterséges hűtőközeg alkalmazása esetén a legelterjedtebb megoldás az ún. léghűtésű kondenzátorok alkalmazása, melyekre igaz, hogy a kialakuló kondenzációs nyomás környezeti hőfok függő, és az csak a felett lehetséges.

T kondenzáció = T környezet + 8K…15K

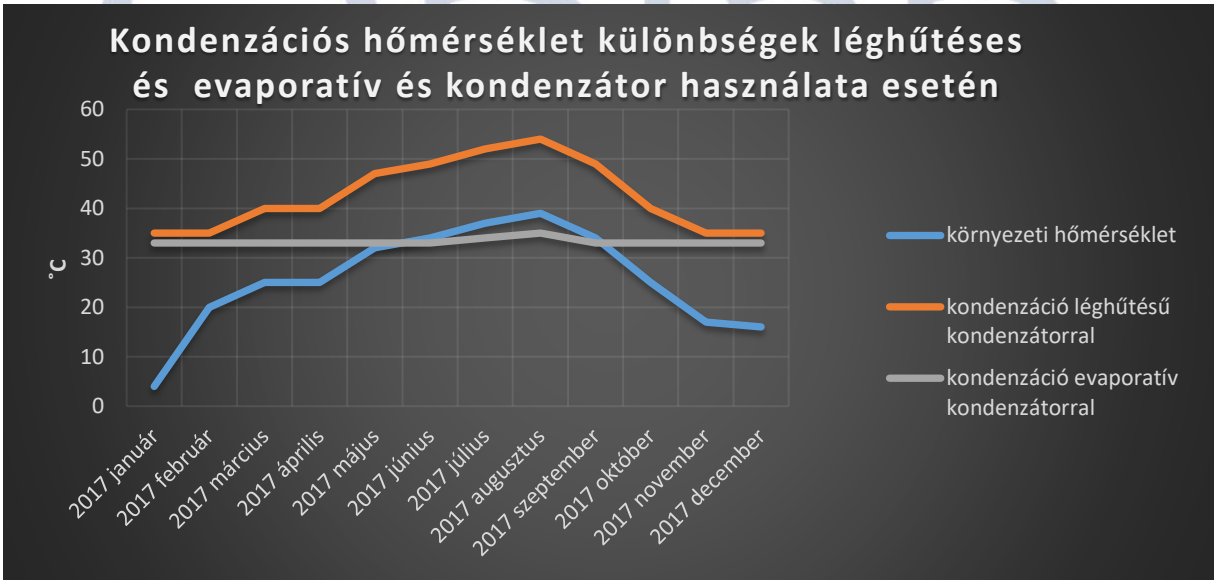


Tekintettel arra, hogy egy 8K ΔT méretezésű kondenzátor közel dupla árszintet jelent egy 15K ΔT méretezésű kondenzátorhoz képest, a beruházásban, de különösen szoros verseny helyzetben jellemzően a nagyobb, 12K..15K ΔT méretezésű kondenzátorokat szokás alkalmazni annak ellenére, hogy ezek energetikailag kedvezőtlenül hat a hűtőrendszerre.
Ugyanakkor a jó mérnöki gyakorlatban 10K ΔT a jellemző, 8K ΔT pedig kifejezetten jó műszaki megoldást képvisel.

4. Evaporatív kondenzátorok

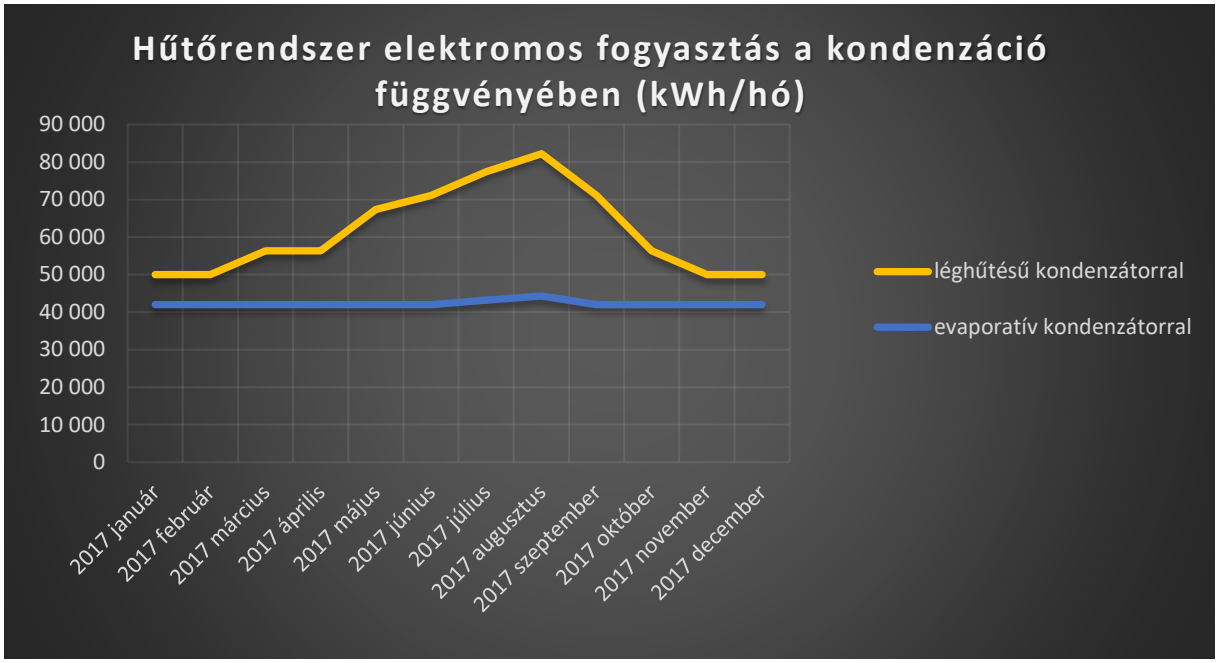
4.1. Az ún. evaporatív kondenzátor nem új keletű találmány, az ipari hűtés környezetben már az '50-es évektől ismert és elterjedt.

4.2. Az evaporatív kondenzátorok az elpárolgó víz energiáját hasznosítva az ún. száraz környezeti hőfoknál lényegesen, akár 8K..12K-el alacsonyabb kondenzációs hőfokot tesznek lehetővé. Ez jelenti azt is, hogy egy léghűtéses kondenzátorral szemben, annak kondenzációs hőmérsékletéhez képest 15˚C..20˚C-al is alacsonyabb az evaporatív kondenzátorral elérhető kondenzációs hőmérséklet



(Környezeti hőfok diagram 2017 Szeged)

Fenti grafikonon jól látható, hogy az evaporatív kondenzátor az év jelentős részében, március – szeptember időszakban „levágja" a kondenzációs hőfokgörbe csúcsát és stabil, kiegyensúlyozott, a külső környezeti hőfokváltozáshoz képest lényegileg kisebb mértékben változó kondenzációs nyomás biztosít.



(Környezeti hőfok diagram 2017 Szeged)

Fenti grafikonból jól látható, hogy a téli és nyári üzemállapotokban mért havi villamos energia fogyasztások közt akár 60%..80%-os eltérés is található léghűtéses kondenzátor esetén, míg evaporatív kondenzátorral ez közel állandó érték (nem figyelembe véve a rendszer hő terhelés különbségét)

4.3. Jogosan felmerülhet kérdésként az is, hogy akár léghűtésű, akár evaporatív kondenzátor esetén, ha azt egyébként a külső környezeti hőmérséklet lehetővé tenné, miért nem alkalmaznak ~+35˚C kondenzációs hőmérsékletnél alacsonyabb, ezen keresztül energetikailag kedvezőbb kondenzációs hőmérsékletet.

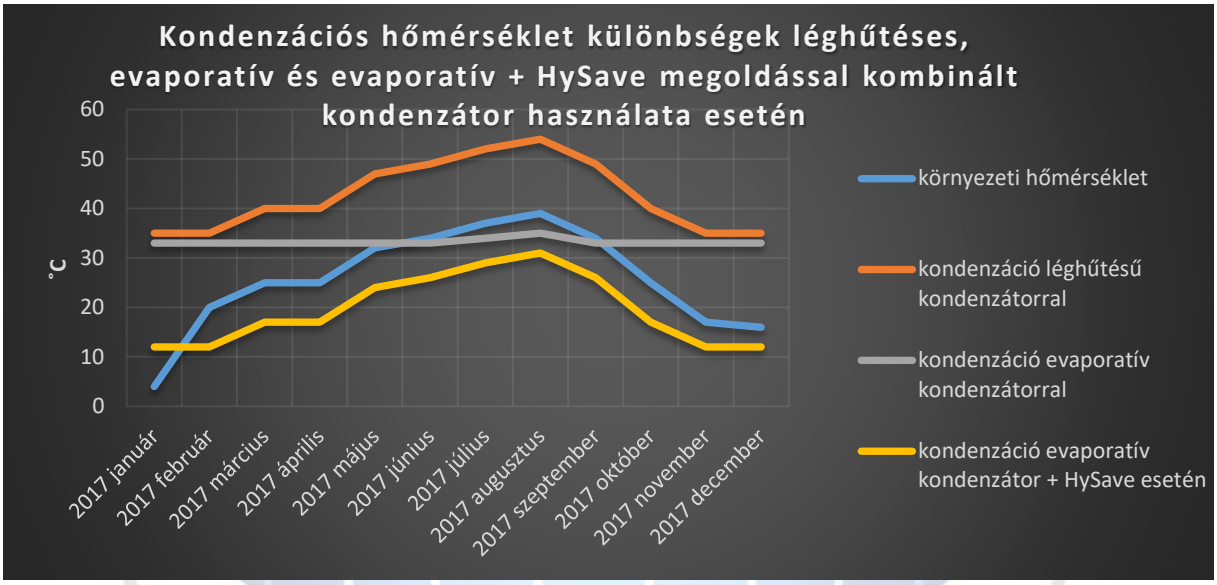
Ennek leegyszerűsített magyarázata az, hogy a hűtőrendszer üzemét (a körfolyamatot) az a nyomáskülönbség tartja fenn, ami az elszívási és kondenzációs nyomás között van, melyet, ha túlzott mértékben lecsökkentünk, akkor a nyomáskülönbség adta „hajtóerő" megszűnik, és a hűtőrendszer stabil üzeme „összeomlik".

A stabil üzemhez szükséges nyomáskülönbség érték természetesen rendszerenként kisebb / nagyobb mértékben eltérő, de alapvetően a csőhálózat és az abba beépített különböző szelepek és szerelvények ellenállásitól / méretétől függ, ami ugye adott egy meglévő rendszer esetében.

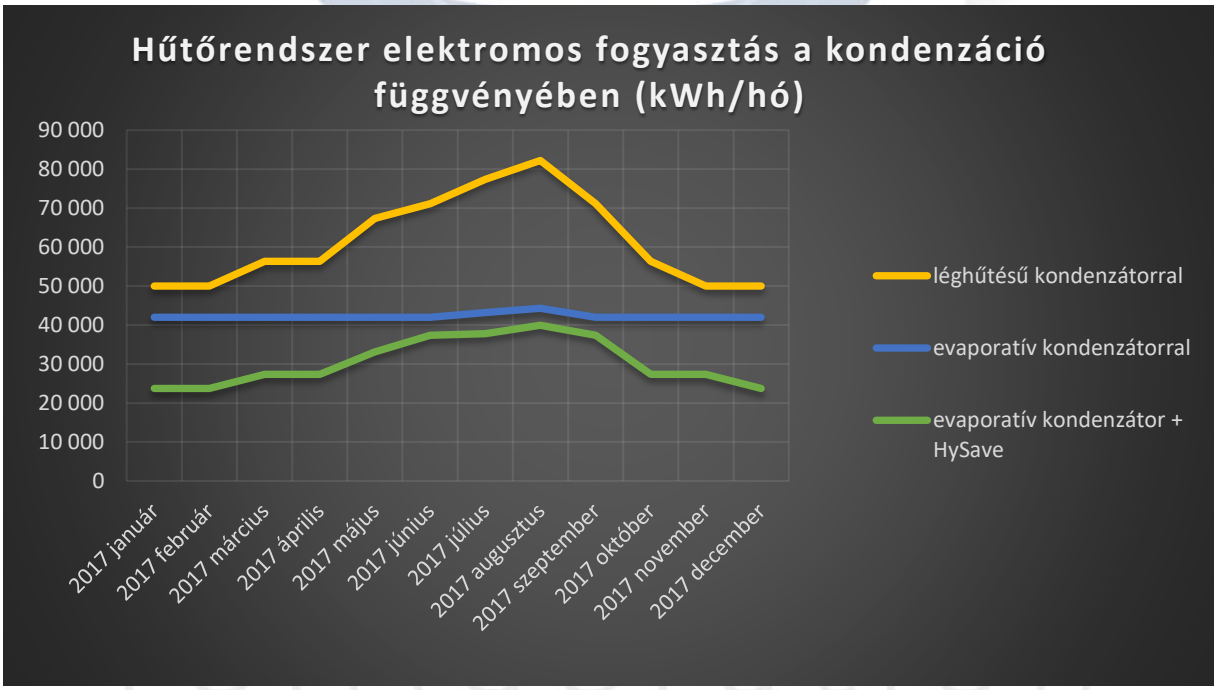
5. A kondenzációs nyomás extrém csökkentése és további villamos energia fogyasztás csökkenés

5.1. Az előzőektől függetlenül, illetve azok tovább gondolásával van műszaki megoldási lehetőség arra is, hogy a kondenzációs nyomást a környezeti lehetőségektől és a rendszerbe beépített kompresszorok jellemzőitől függően tovább csökkentsük olyan mértékben is, mely normál körülmények közt már a hűtőrendszer összeomlását is jelentené.
Ez a gyakorlatban annyit tesz, hogy egy speciálisan kialakított nyomásfokozó egység beépítésével visszapótoljuk a kondenzátoron képződött túlzó nyomásesést olyan szintre, mely biztonsággal elegendő a stabil hűtési körfolyamat fenntartásához. Erre a nyomásfokozatra mindössze egy 1-2 kW villamos teljesítményű berendezés szükséges, miközben a kompresszor oldalin több tíz, esetenként több száz kW-nyi teljesítményfelvétel csökkenés tapasztalható.

Ennek eredménye az, hogy a kompresszorokon további, akár 25-30% hatásfok javulást (evvel egyező mértékű villamos energia fogyasztás csökkentés érhető el.



Látható, hogy míg csak evaporatív kondenzátorral „csak" március – október, azaz az év 7-8 hónapjára terjed ki a villamos energia csökkentéssel érintett időszak, addig az evaporatív kondenzátor + HySave egység kombináció már az év 10-11 hónapján keresztül biztosít megtakarítást, ráadásul mindezt úgy, hogy ebből a 10-11 hónapból 5-6 hónapon keresztül lényegileg jobb hatásfokkal, mint „csak" evaporatív kondenzátorral.



5.2. A következő táblázatban adott hűtőrendszer éves villamos energia fogyasztás különbségeit számszerűsítjük léghűtéses, evaporatív és evaporatív + HySave kondenzátor kialakítások esetén

Hó	Fogyasztás léghűtéses kondenzátorral		Fogyasztás evaporatív kondenzátorral		Fogyasztás evaporatív kondenzátorral + HySave fokozattal	
	Hatásfok	Fogyasztás (kWh)	Hatásfok	Fogyasztás (kWh)	Hatásfok	Fogyasztás (kWh)
2017 január	2,78	50 000	2,95	41 995	5,72	23 741
2017 február	2,78	50 000	2,95	41 995	5,72	23 741
2017 március	2,40	56 333	2,95	41 995	4,82	27 371
2017 április	2,40	56 333	2,95	41 995	4,82	27 371
2017 május	1,94	67 320	2,95	41 995	3,86	33 108
2017 június	1,82	71 099	2,95	41 995	3,36	37 366
2017 július	1,65	77 394	2,86	43 181	3,32	37 794
2017 augusztus	1,54	82 208	2,78	44 300	3,12	39 941
2017 szeptember	1,82	71 099	2,95	41 995	3,36	37 395
2017 október	2,40	56 333	2,95	41 995	4,82	27 371
2017 november	2,78	50 000	2,95	41 995	4,82	27 371
2017 december	2,78	50 000	2,95	41 995	5,72	23 741
Összesen (kWh):		**738 119**		**507 430**		**366 308**
Arány:		**100%**		**68,7%**		**49,6%**

Látható, hogy míg evaporatív kondenzátor kiegészítéssel 30..32%, addig evaporatív kondenzátor + HySave megoldással 50..52% éves villamos energiafogyasztás csökkenés realizálható egy hagyományos léghűtéses kondenzátorral szerelt rendszerrel összehasonlítva!

6. Beruházás és megtérülés

6.1. A szükségleteket kielégítő minimum műszaki tartalmon felüli minden egyéb műszaki és beruházási többlet csak akkor lehet reális, ha az gazdasági és pénzügyi szempontból is reális, azaz megtérülő beruházás.

Általánosságban elmondható, hogy minden olyan beruházás, mely 4-5 éven belüli megtérüléssel rendelkezik már jó befektetésnek, míg az 1-2 év megtérüléssel rendelkező beruházások extrém jó befektetésnek minősülnek.

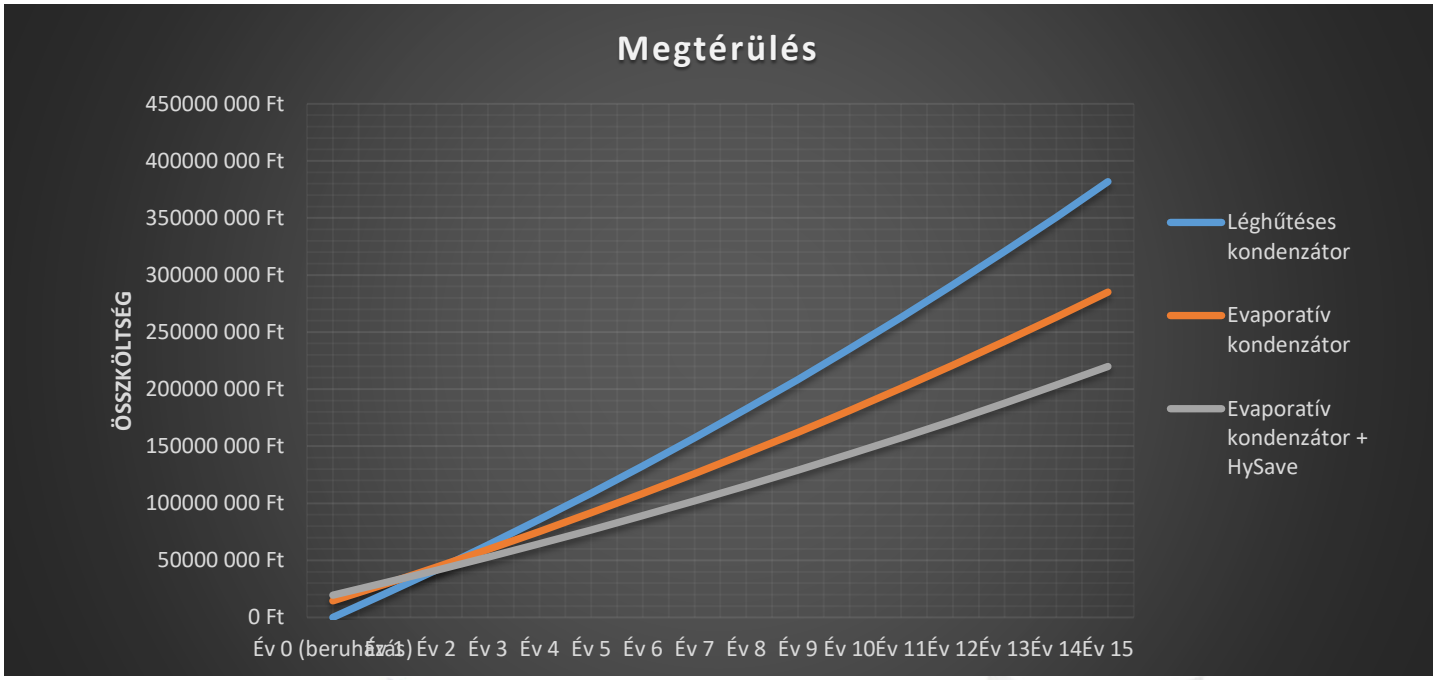
6.2. A megtérülési számítások elvégzéséhez szükséges egyrészt a megtakarítás, valamint szükséges a beruházási költség is.

Megjegyzések a megtérülés számításhoz:

- A megtérülés számítás bázisa az előzőekben már részletezett, adott kereskedelmi hűtőrendszer, melynek éves fogyasztása meglévő léghűtéses kondenzátorral 738.119 kWh (/év).

- A villamos energia elszámoló egységárat 27 Ft/kWh vettük figyelembe, évi 3%-os áremelkedés mellett.

- A beruházási ár tartalmazza a kiegészítő evaporatív kondenzátor (HySave esetén az is) szállítását, mechanikai és elektromos telepítésének költségeit is átlagos adatok alapján.
- A kalkuláció nem tartalmazza a kezelt víz és csatorna kiépítésének költségeit, valamint esetleges extra hűtőközeg költségeket.



Fentiekből látható, hogy a beruházás 1,5..2 év közti megtérüléssel rendelkezik és verziótól függően 100 millió és 160 millió forintnyi megtakarítást ad egy 15 éves életciklusban a villamos energiafogyasztás csökkenése következtében.

7. Felhasználási és felelősségi nyilatkozat

7.1. Jelen anyag célja, hogy általános tájékoztatást adjon a részletezett műszaki megoldásokról és lehetőségekről, teljesítmény-hőfok és beruházási összefüggésekről, így jelen tájékoztatás nem minősül sem tervnek, sem olyan szintű adatszolgáltatásnak, mely egy megvalósuló hűtőrendszer megkonstruálásához nélkülözhetővé tenné a gyakorlott tervező(k) bevonását és a megfelelő szakmai gondossággal felmért feladat szerinti tervezési fázisokat.

Ennek megfelelően a QPLAN Hűtéstechnikai Tervező és Szolgáltató Kft., mint jelen tájékoztató anyag szerzője semmi nemű felelősséget sem vállal a tájékoztatóban megadott adatokért és információkért, valamint nyomtatási hibákért, így jelen tájékoztatóban megadott semmilyen adat és információ sem lehet hivatkozási alap egy megvalósuló hűtőrendszer által elért eredményért és QPLAN Hűtéstechnika mindennemű evvel kapcsolatos felelősséget kizár!