

# **KOVAFIP PROGRAM**

## **ENERGIAHATÉKONYSÁG NÖVELÉSE A SZÁRÍTÓRENDSZER ÉS HŰTÉSI RENDSZER INNOVATÍV ÁTALAKÍTÁSÁVAL**

<b>KUTATÁSI ÖSSZEFOGLALÓ</b>
------------------------------

\*\*\*\*\*

### **1. A HŐVISSZANYERŐ RENDSZER ELVI MODELLEZÉSE**

### **2. A HŰTÉSI RENDSZER ÁTRENDÉZÉSE ÉS RÉSZBENI CSERÉJE**

#### **KÉSZÍTETTE:**

**Dr. Fogarassy Csaba és Prof. Dr. Tóth László egyetemi tanár,  
Szent István Egyetem Energetikai Innovációs Csoport**

**2008**

**KÉSZÍTETTE:**

**Dr. Fogarassy Csaba és Prof. Dr. Tóth László egyetemi tanár**  
**Szent István Egyetem Energetikai Innovációs Csoport**

**SZENT ISTVÁN EGYETEMI KIADÓ**

**GÖDÖLLŐ, 2008**

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ .....</b>	<b>5</b>
<b>Bevezetés .....</b>	<b>8</b>
<b>1. A hővisszanyerő rendszer elvi modellezése .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. A szárítóktól a biofilterbe érkező energia .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2. Hőnyerés egyszerű hőcserélővel .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3. Hőnyerés hőszivattyús hőcserélővel.....</b>	<b>18</b>
<b>1.4. Hőcserélő és hőszivattyú együttes alkalmazása .....</b>	<b>29</b>
<b>2. A hűtési rendszer átrendezése és részbeni cseréje.....</b>	<b>31</b>
<b>2.1. Állapotfelmérés.....</b>	<b>31</b>
<b>2.2. A kedvezőtlen működési tartomány következményei .....</b>	<b>32</b>
<b>2.3. Javaslatok a telepítés, karbantartás és üzemeltetés módosítására .....</b>	<b>32</b>
<b>2.4. A korszerűtlen gépek cseréje.....</b>	<b>37</b>
<b>2.5. A gépudvar átrendezése .....</b>	<b>40</b>
<b>3. Összefoglalás .....</b>	<b>42</b>
<b>Felhasznált források.....</b>	<b>46</b>
<b>1. melléklet .....</b>	<b>47</b>

## VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

A kapott megbízás, valamint a szerződés értelmében a megbízó szakembereivel történt egyeztetés alapján két területet emeltünk ki az energiarendszer felülvizsgálatával, ellenőrzésével kapcsolatban:

- a hűtési, illetve
- a szárító rendszereket.

Alapvető célunk volt az itt lévő berendezések műszaki állapotának ellenőrzése, az energia megtakarítás lehetőségeinek feltárása, illetve amennyiben képződik hulladék energia annak újbóli felhasználása. Előzetes jelentésünkben a végzett mérésekről és megfigyelésekről már részletesen beszámoltunk. E jelentésünket a jelen összefoglaló anyagunkhoz mellékelve csatoljuk és nem ismételjük meg. További méréseket végeztünk a biofilter hőmérséklet elosztásával kapcsolatban olyan téli időszakban, amikor a külső hőmérséklet 2-3 °C-os volt (jelentősen szeles időszakban). Továbbá a szárítóüzem melletti betápvíz időbeni változását, mennyiségét határoztuk meg olyan berendezésekkel, amelyek a rendszer megbontását nem igényelték.

**Hűtés** - A hűtőberendezéseknél részletesen leírtuk a tapasztalatainkat és javaslatot tettünk, amelyeket véglegesnek tekintünk. Ennek megfelelően javasoltuk a két dugattyús kompresszorral rendelkező hűtőberendezés cseréjét. Új egység vásárlását, mégpedig osztott kivitelben, s a rendszer kondenzátora a tetőtéren nyer elhelyezést. A kisebb tömege, s nagyobb felülete révén ez a tető túlzott terhelését nem jelenti, de nincsenek dinamikus igénybevételei sem. A hűtő a meglévő (jelenlegi) területen jól elhelyezhető a tető alatti zárt részében.

Javasoltuk az összes többi hűtő kitelepítését nyílt területre, mégpedig olyan elrendezésben, hogy egymást ne befolyásolják és a kondenzátorok a megfelelő üzemi hőmérsékleten tudjanak dolgozni. Ennek következtében ún. felesleges kompressziós munka nem keletkezik és ne jöjjön létre kondenzációs veszteség sem azáltal, hogy a kondenzáció korlátozva van az igen magas környezeti hőmérséklet következtében.

Az új berendezésre árajánlatot kértünk és ez alapján elvégeztük a berendezés megtérülésének kalkulációját. Számításaink alapján e berendezés megtérülése igen kedvező. 1-2 éven belül a beruházás megtérül, mivel a jelenlegi energiaveszteségek elmaradnak, s az új berendezés többlet energiát is szolgáltat.

Hasonlóan megtérül a berendezések áthelyezésének, újbóli vezetékvezetésének és egy integrált vezérlő rendszerrel való összefogásának költsége is. E rendszer korrekt ellenőrzést tesz lehetővé, melynek következtében javul a berendezések kihasználtsága, a villamosenergia-felhasználás racionálisabbá válik, és a berendezések élettartama is megnő, s csökken a szervi-

zelésre fordított költség. Az átrendezés révén adódó a plusz beruházási költség egy év alatt megtérül. A mérésekkel és számításokkal alátámasztott javaslatainkat már korábban is közöltük az illetékes kollégákkal, akik elképzeléseinket nem utasították el. Az összefoglaló tanulmányunkban az indoklások részletesen megtalálhatók.

**Szárítók** - A másik igen jelentős témakört a szárítóberendezések üzemének ellenőrzése jelentette. Megvizsgáltuk a berendezések hulladék energia kibocsátását, amely nagyrészt az igen magas hőmérsékletű szárító levegő (égéstermékkel kevert) eltávozásából fakad, a mosóberendezésen és a biofilteren keresztül. Korábban tanulmány alapján készült egy berendezés, mely a szárítóba beszívott levegő előmelegítését szolgálta volna. E berendezés olyan mértékű hiányosságokkal rendelkezett, mely korrekt üzemeltetését nem teszi lehetővé. Megvizsgáltuk, hogy ilyen rendszer javítható-e. Megállapítottuk, hogy teljes mértékű, illetve nagyobb volumenű kondenzációval, a kondenzációnál keletkező csapadék azonnali eltávolításával a hőcserélő folyamatos automatizált tisztításával a rendszer alkalmas jelentős energia-visszanyerésre. A szárítók magas kibocsátási hőmérséklete lehetővé tenné a 65-70 °C-os melegvíz előállítását. A részletesebb elemzés azonban azt mutatta, hogy ezen a területen a szárítók feletti térben további 3 db hőcserélő elhelyezése nem valósítható meg, s olyan mérvű átalakítást igényelné az üzemcsarnokban, hogy a rendszer szinte áttekinthetlenné válna és az építés hosszabb üzemszünetet, „üzemzavart” jelentene. Ugyanakkor innen a meleg energia elvezetése is komplikált, bonyolult csőrendszeren keresztül valósítható csak meg. Ezért, annak ellenére, hogy energetikai szempontból a rendszer hatékony lenne, a megvalósítását elvetettük. Helyette a biofilternél kialakított rendszerre koncentráltunk.

**Biofilter** - A mérés során megállapítottuk, hogy a biofilterben igen magas hőmérséklet uralkodik, amely az alsó rétegébenben, közvetlenül a levegőbelépés helyén 55-60 °C-os. Tehát, igen magas hőmérsékletű levegő található a biofilter forgácstere alatti nagy zárt légtérben. Ezért javaslatot tettünk arra, hogy ezen terekben hővisszanyerésre alkalmas kollektorrendszer helyezünk el, amely speciális kialakítása révén jó hatásfokkal képes az itt lévő nagy, magas hőmérsékletű levegőből hőenergia kinyerésére.

E kollektorrendszer gyakorlatilag polietilén csőből áll amely a helyszínen, a biofilterek méretének megfelelően legyártható, összeállítható.

A rendszerhez kétféle számítást végeztünk el. Az első esetben egyszerű hőcserélő alkalmazását javasoljuk, amely a biofilter alatt lévő légtérben mintegy 5500-6000 m hosszúságú  $\approx 1''$ -os belső átmérőjű PE csőből speciális kollektorrendszer kialakítását jelenti, amely lemezes hőcserélőkhöz csatlakozik, keringtető szivattyúkon keresztül. A hőcserélő másik oldalához 2 db 8 m<sup>3</sup>-es szigetelt tárolótartályhoz csatlakozik, ahol 50 °C-os technológiai víz tárolható, amely

felhasználható az üzem különböző részein fűtésre, a technológiai vízként tisztogatásra, illetve kültéren lévő tartályok előfűtésére, a szociális építményeknél HM víz előállítására, beleértve a konyhát és a fürdőket is.

Ez a hőmennyiség igen jelentős mértékben csökkenti az üzem gázenergia felhasználását, tehát fosszilis energia-felhasználás takarítható meg, amely egyben CO<sub>2</sub> megtakarítással is jár, s a CO<sub>2</sub> kvótát a vállalkozás értékesítheti. Továbbá a biofiltereknél szükséges jelentős mennyiségű ún. hűtővíz, és ebből keletkező szennyvíz költsége is megszűnik. Ez az egyszerű hőcserélős beruházást, minden vonatkozásban **1 éven belül megtérül**, amennyiben a keletkező energiát megfelelő volumenben felhasználják.

Ezzel párhuzamosan elvégeztük, hogy, milyen előnyökkel járna, ha a rendszerhez ún. hőszivattyút csatlakoztatnánk. Az elvégzett számítások és modellezések azt mutatták, hogy ilyen megoldás nem jelent számottevő előnyt az említett hőcserélőhöz viszonyítva. Hiszen a biofilter hőmérséklete igen magas a jelenlegi hőszivattyúk pedig alacsony hőmérsékletre készülnek és nem alkalmasak az elpárolgató oldalon ilyen magas hőmérsékletű bemenő energia (víz) fogadására, ugyanakkor a hőszivattyúk igen tetemes (több mint 10.000.000,-Ft) beruházást igényelnek és ezek megtérülése mintegy 1,5 évvel rontja a megtérülési mutatót. Ezért ennek a rendszernek az alkalmazását elvetettük, de nem véglegesen mivel a hőcserélős rendszerrel kombinálható (lásd az anyagban mellékelt ábrán) és a későbbiekbe a megépülő hőcserélős rendszeréhez csatlakoztatható. E kombinált rendszer alkalmazása a vállalkozás részére mindenféleképpen előnyös lenne, hiszen igen biztonságossá teszi a biofilterek működését. Az egyszerű hőcserélős rendszerénél is kevésbé válik szükségessé a biofilterek vizes locsolása, az ott lévő biológiai körülmények fenntartása érdekében. Elkerülhető lesz, hogy a jelenlegi körülmények között a gyulladás közeli hőmérséklet semmiképpen nem állhat elő. Amennyiben a forgács alatti légtérbe, alacsonyabb hőmérsékletre hűl a levegő, kedvezőbb hőmérsékleten jut a biofilterekbe és kondenzáció is bekövetkezik amelynek következtében, az anyag nedvességtartalma megnő, megmarad és kedvezőbb körülményeket teremt az ott lévő szaglenyelő baktérium törzsek részére. **Így a tervezett rendszer technológiai és gazdasági szempontból alkalmazását feltétlenül ajánljuk.**

## Bevezetés

ENERGIA és LOGISZTIKA INNOVÁCIÓS KUTATÁSI területekre, innovációs K+F megállapodás és szerződés alapján, a Szent István Egyetem tulajdonában lévő GAK Kht., a MARS Magyarország Kisállateledel Gyártó Kft. innovációs járulékát felhasználva dolgozza ki a megjelölt területekhez kapcsolódó innovációs fejlesztéseket. Az innovációs járulék felhasználásával az adóként befizetendő összeget a vállalat ennek értelmében közvetlenül saját előnyére fordíthatja. A 2004. január elsejétől hatályos, a Kutatási és Technológiai Innovációs Alapról szóló 2003. évi XC. törvény alapján lehetőség nyílik a befizetendő innovációs járulék csökkentésére, a megbízás alapján végzett kutatás-fejlesztési tevékenység költségével. A fejlesztés aktualitása, hogy a rohamosan növekvő energiaárak egyre jelentősebb önköltségnövekedést okoznak a termelési tevékenység során, melyek figyelemben tartása rendkívüli jelentőségű lehet a további működés és fejlesztési elképzelések során. Jelen innovációs kutatási program megfogalmazásakor figyelembre vételre került az az „Átfogó energiagazdálkodási K+F” tanulmány, melyet 2005-ben a Cordi Kht. végzett el. Az ott feltárt technológiai leírásokat hasznosítottuk, illetve az ahhoz kapcsolódóan megvalósításra került, de rossz irányú fejlesztési kísérletek tanulságait leszűrtük, a következményeket értékeltük.

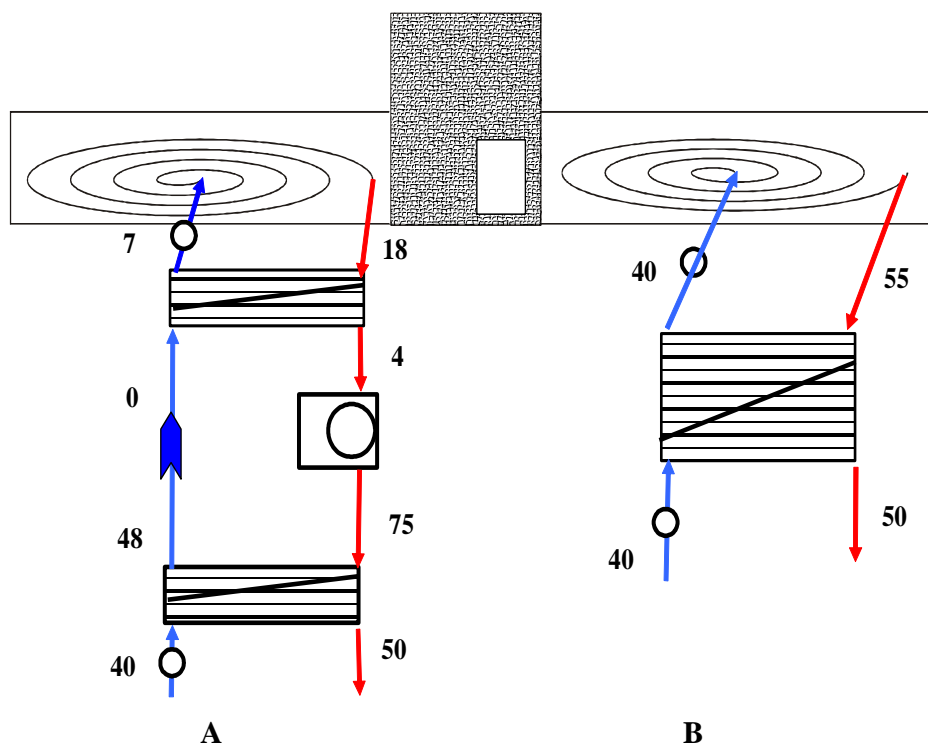
Az 2008-ban folyó innovációs program során az üzemi energia felhasználó rendszer energetikai hatékonyságának vizsgálata, kiemelten a hűtőkapacitás és takarmányszárítók energetikai hatékonyságának fokozása az elsődleges cél, ugyanakkor a termelési és energetikai rendszerrel összefüggésben vizsgáljuk az alkalmazott logisztikai rendszer teljesítményét, működési mechanizmusait is. A KOVAFIP elnevezésű innovációs program két fő programrészből áll (energia és logisztika), melyek fejlesztési koncepciójának kidolgozása két fázisban történt meg a program során. Az első tényfeltáró szakasz 2008. augusztusában sikeresen lezárul, melyre alapozva született meg egy értékelő tanulmány. Jelen tanulmány konkrétan az energiahatékonyság növelésének lehetőségeit vizsgálta a MARS Hungária Kft. termelési rendszerében, mégpedig a hulladékenergia felhasználásra, valamint a káros energiaveszteségekre koncentrálna a szárítórendszerek és hűtési rendszerek esetében. A GAK Kht. az innovációs program tudományos irányítására Prof. Dr. Tóth László egyetemi tanárt, koordinálására pedig Dr. Fogarassy Csaba egyetemi docens jelölte ki. Jelen dokumentáció a hővisszanyerő rendszerek elvi modellezésére, gazdaságos innovációjára, illetve a hűtési rendszer költséghatékony átalakítására teszünk konkrét javaslatokat.

# 1. A hővisszanyerő rendszer elvi modellezése

## 1.1. A szárítóktól a biofilterbe érkező energia

**Cél és feladat meghatározás** - A következőkben a rendszer koncepcióját mutatjuk be, majd tervezés és számítás után a megtérülés kalkulációit végezzük el. A szárítók kimeneti hőteljesítménye, hulladék energiája jelentősen változik a szállítási hőveszteségek és a légmozgás során. Feltételeztük, hogy 23 % eléri a biofilter alatti légteret, ahol a hőszonda (kollektor) található. Méréseink szerint a forgácstömeg alsó szintjén az átlagos hőmérséklet 50-60 °C. A tér azonossága esetén a légtér közepes hőmérséklete is ennek megfelelő

### A számítás alapjául választott megoldások



1. ábra

Elvi rendszer a biofilterekből hőelvonással átadott energianyerésre

A-variáció - hőszivattyú, B-variáció - egyszerű hőcserélő



## A biofilterbe jutó energia

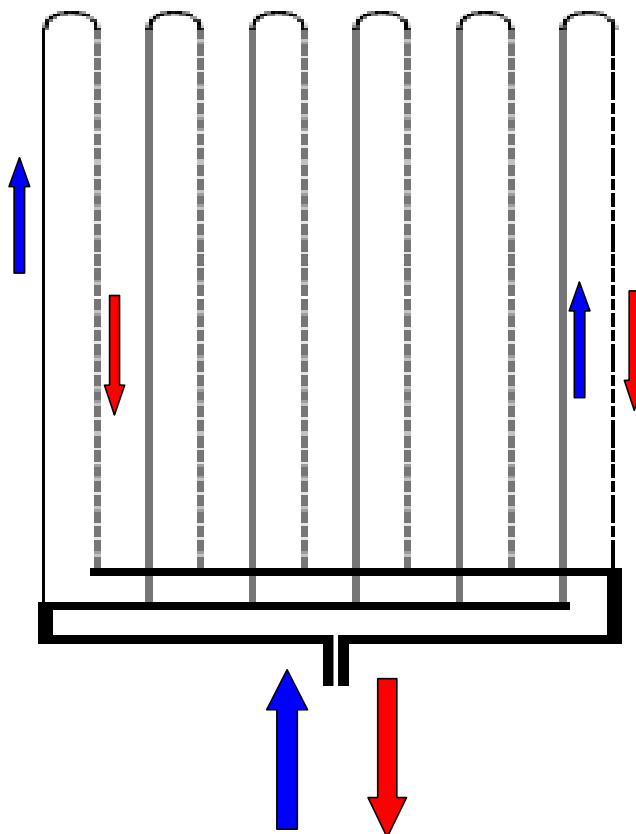
1. táblázat

<i>Szárítókából</i>				<i>Összesen</i>	<i>A mosó után a kollektornak átadásra 20-23 % marad</i>
<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>L3</i>	<i>L4</i>		
<i>MJ/h</i>					
2223	2736	2907	2907	10773	<b>2144-3232</b>

A valóságban ennél ennél jóval több maradhat, mivel a biofilter más forrásokból is kap energiát.

### A rendszer lehetséges elvi felépítése

A kollektor rendszer kiválasztása



2. ábra

*Fémvázra szerelt PE cső kollektor*

A speciális kialakítású kollektor (2. ábra) előny, hogy a vízáramlási sebessége a leágazásokban csökken, s ezzel a visszatérő víz hőmérséklete növekszik (ez szabályozási lehetőséget is rejt magában).

## **1.2. Hőnyerés egyszerű hőcserélővel (B-variáció értelmezése)**

A hőcserélő primer oldalát a biofilterben elhelyezett csőkollektor jelenti. Az eljárás lényege tehát: egy egyszerű hőcserélő alkalmazása, amely a használati melegvizet állít elő 2x8000 literes tárolótartályban.

Első lépésként itt is meg kell határoznunk a számítások alapadatait. A biofilterbe érkező meleg levegő hőmérséklete ~ 67 °C. Ennek megfelelően a hőcserélő primer oldali belépő hőmérsékletét 52 °C-ra választottuk, emellett 15 °C-os hőeséssel számolunk. Mivel a hőcserélő teljes hosszában biztosítanunk kell a folyamatos hőátadást, a meleg levegő kilépsnél 57 °C – ra vettük figyelembe.

A hőcserélő tervezett hőlépcsőit figyelembe véve az átadott hő nagysága:

Biofilter:

$$t_{1\text{ be}} = 52\text{ °C} \qquad t_{1\text{ ki}} = 37\text{ °C}$$

Fűtési kör:

$$t_{2\text{ be}} = 35\text{ °C} \qquad t_{2\text{ ki}} = 50\text{ °C}$$

- A kollektorban a csőátmérő: 26/32 mm PE 80
- Csőhossz: 6.000 m, csőfelület: 482 m<sup>2</sup>
- Áramlási sebesség a csőben: 4,7 m/s
- Közepes hőmérséklet különbség: 17,2 °C
- Folyadékáram: 9.000 kg/h
- **Kinyert hő: 520.000 kJ/h**

A leadott és felvett hőmennyiségek egyenlősége alapján a primer oldali tömegáram kiszámítható.

### 1.2.1. A biofilterek elhelyezése



3. ábra

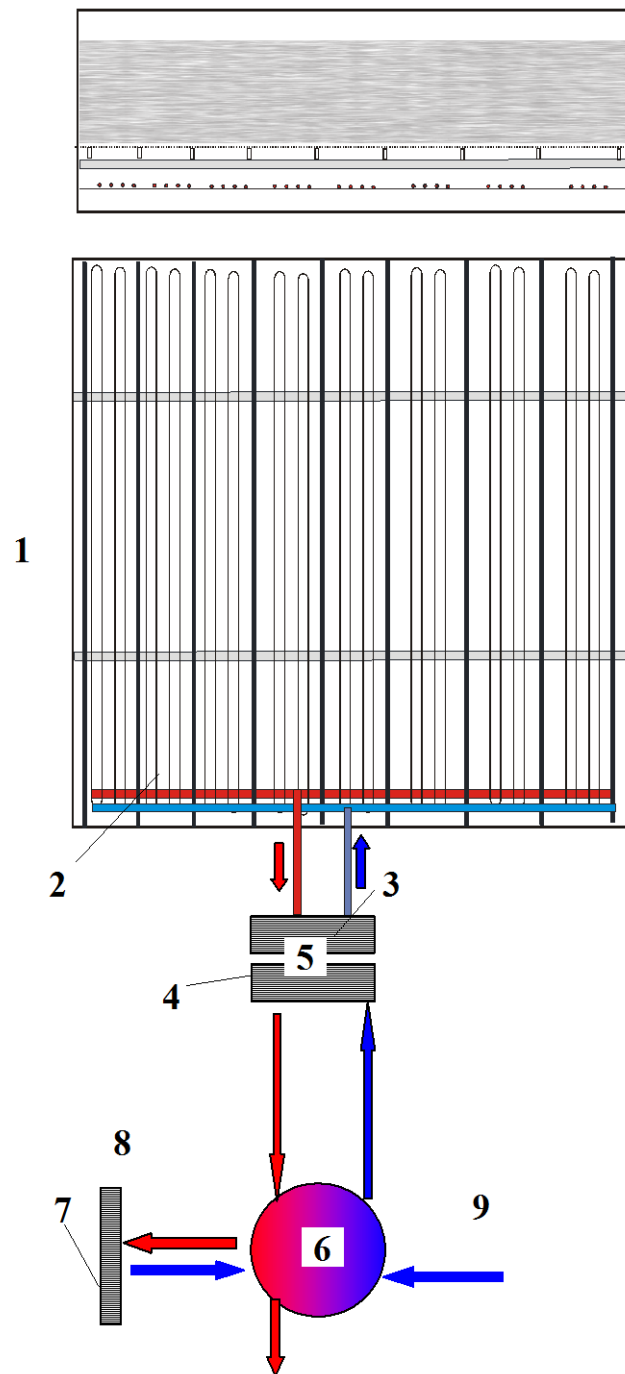
*A kollektorok elhelyezésére alkalmas terület*



4. ábra

*A biofilter felső padozata a forgács kitermelése után*

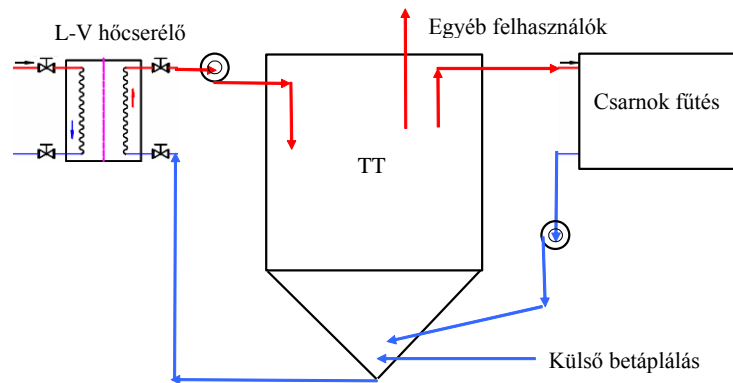
## A kollektorrendszer és a hőcserélők



5. ábra

*A biofilter, a hőcserélő és a tározó elrendezése  
(Csarnok fűtése estén.)*

*1-biofilter, 2-kollektor, 3-és 4-hőcserélő be és kimeneti oldalak, 5-hőcserélő és vezérlés, 6-tározó, 7-fűtő termo-ventillátor, 8-használati melegvíz, előfűtött kazán tápvíz, 9-hideg tápvíz*



6. ábra

*A biofilter hőcserélője és a tározó elrendezése*

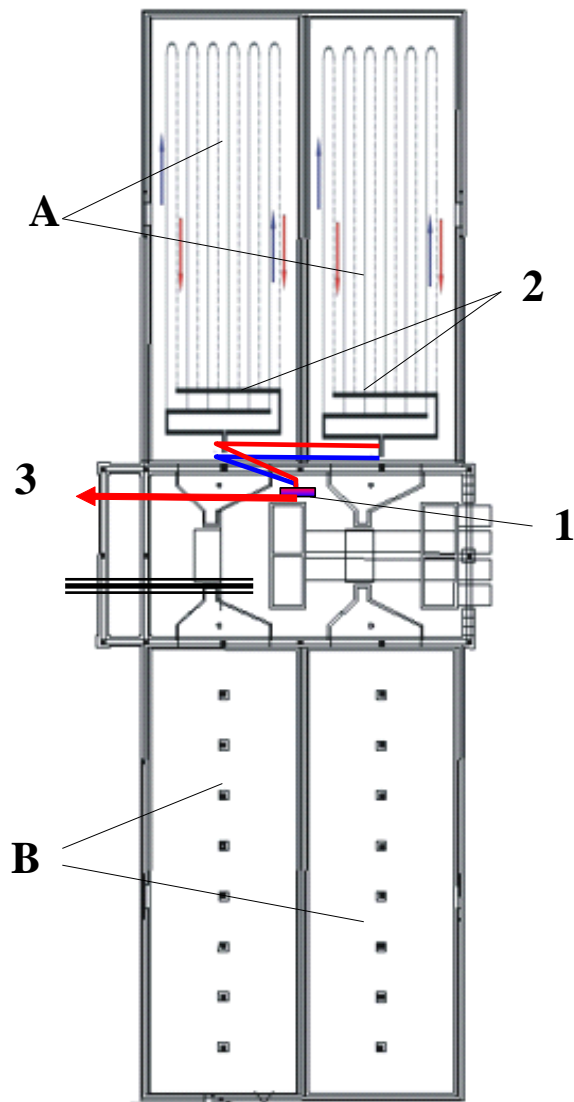
*Egyéb felhasználó: ahol melegvíz felhasználás van (kazán, szociális, tartályfűtés, extruderek, stb)*

**A biofilter méretei**

	Összesen m	Cellaméreték m
Hossza	60	30
Szélessége	20	10
Magassága	Forgácsnál: 1,0	Alsó légtér: 1,0
Ürtartam m <sup>3</sup>	1200	300
Felülete m <sup>2</sup>	1200	600

**1.2.2. A tervezett rendszer alapadatai**

<i>A biofilter jobb, ill. bal oldala</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A+B</i>
	<i>eFt</i>	<i>eFt</i>	<i>eFt</i>
Hőcserélő (lemezes)	2000	2000	4000
Keringtető szivattyú	310	310	620
Keringtető szivattyú	220	220	440
Primer oldali kollektor osztókkal (3000 m)	2100	2100	4200
Primer oldali szerelvények:	265	265	530
Puffer tartály 8000 literes	277	277	554
Primer oldali beüzemelések:	43	43	86
Primer oldali hőszigetelések:	80	80	160
<b>Összesen</b>	<b>5.295</b>	<b>5.295</b>	<b>10.590</b>
Építési költségek	3300	3300	6600
<b>Összes beruházás</b>			<b>17.190</b>



7. ábra

*A kollektor egy egységének vázlatos beépítése (elvi vázlat)*

*A és B a biofilter két oldala,*

*1-hőcserélő, 2- kollektorok, 3- víz útja a tároló tartályhoz*

### 1.2.3. Évente nyerhető energia

<i>Nyert energia</i>	<i>Üzemidő</i>	<i>Évente nyert energia</i>	<i>Energia ár</i>	<i>Éves hozam</i>
MJ/h	h/év	MJ/év	Ft/MJ	Ft/év
520	6900	3588000	3,1	11.122.800

<i>Költség</i>	<i>Hozam</i>	<i>Egyszerű megtérülési idő</i>
Ft	Ft/év	év
17.190.00	11.122.800	<b>1,5</b>

Tehát a jóval egyszerűbb, de több bizonytalansági tényezővel rendelkező **egyszerű hőcserélős** rendszer igen gazdaságos megoldási alternatívát kínál.

### A fűtési rendszer légcirkulációs átalakítása

A következő vizsgálati időszakban meg előzetes elemzéseket szükséges elvégezni ahhoz, hogy egy ilyen központi elosztóról használati melegvízként, illetve fűtési célra hogyan használható fel a kialakított rendszer. Jelen elemzésben csak magának a hőszivattyúnak a technológiai működési potenciálját és energetikai teljesítményét vizsgáltuk meg. A kapott eredmények akkor értelmezhetők csak a gyakorlatban is, ha az előállított energia közel teljes mennyiségében felhasználásra is kerül. Az energetikai felhasználás hatékonysága a fűtési rendszer légcirkulációs átalakításával (8. ábra) jelentősen növelhető, de ehhez természetesen további beruházás-elemzési vizsgálatok szükségesek.



8. ábra  
ARMEC Fan Coil termoventillátora

#### 1.2.4. CO<sub>2</sub> kereskedelem alkalmazása

A hőszivattyús rendszernek azonban jelentős CO<sub>2</sub> megtakarítása (289000 kg/év) is van, ami annyit jelent, hogy kWh-ként 0,3 kg CO<sub>2</sub> megtakarítást lehet elérni, amely 10-18 €/t-ás CO<sub>2</sub> ár esetén összességében 1356000, -Ft/év-nek felel meg. Tehát CO<sub>2</sub> megtakarítás értékesítése, a bevételként történő kalkulációjával a beruházás költséghatékonyabbá tehető. (10 €/tonna ár esetén 780000 Ft/év. A CO<sub>2</sub> megtakarítás számítása és értékesítésére az önkéntes emisszió kereskedelmi rendszerben van lehetőség, amely 2008-2012 között kínál piacot a CO<sub>2</sub> értékesítésre, évenkénti elszámolással.)

#### 1.2.5. Hűtővíz- és szennyvízmérséklődés számítása

Figyelembe kell venni azonban, hogy a hőszivattyú alkalmazása révén az anyaghalmazból a hőnek amint említettük jelentős részét kinyerjük, tehát a nyári időszakban a felület locsolására csak mérsékeltebben lesz szükség. Várható, hogy az alacsonyabb hőmérsékletre hűtött levegőnél a forgácson a vízpára a kondenzáció olyan mértékű lesz, hogy az anyag folyamatos nedvesen tartása locsolási igénye a töredékére mérséklődik.

Legfeljebb az igen forró nyári napokon válik szükségessé a legfelső réteg a jelenlegihez elhanyagolható mennyiségű locsolása „hűtése”. Tehát ezzel az egyik nagy vízfogyasztó mérsékeltebb igényt támaszt. Ez mintegy 3000-6000 m<sup>3</sup> víz és 2000-4000m<sup>3</sup> szennyvíz megtakarításával jár, ami további 2000000 – 2200000,- Ft költség megtakarítást eredményez.

A fentebbiek figyelembe vételével vizsgálhatjuk a megtakarított energiához viszonyított **egyszerű megtérülési időt EGYSZERŰ HŐCSERÉLŐ alkalmazása esetén:**

- Amennyiben a megtérülési időt a nyert 100 % hőenergiából és a teljes beruházásból számítjuk (egyszerű számítással), akkor **1,5 év**.
- Ha a CO<sub>2</sub> és víz, valamint szennyvíz elmaradásból származó (mintegy 5000000 Ft/év) költségeket is számoljuk, a megtérülés **0,8 év**
- Ha 40 % állami támogatás elérhető lesz, az energia megtakarítás célú pályázati beruházással (amelynek realitása adott), akkor **0,7 év**.



### 1.3. Hőnyerés hőszivattyús hőcserélővel (A-variáció értelmezése)

#### 1.3.1. A biofilter hőtechnikai elemzése:

- 50-52 fok előremenő
- 40-42 fok visszatérő (°C)

$$T_{fe} = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{fv} = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

A hőszivattyúval a biofilterből a hőcserélő elemmel (kollektorral) hőt vonunk el, majd a tárolóhelyen leadja az un. „fűtési” hőt.

$$\bar{T} = \frac{T_n - T_k}{\ln \frac{T_n}{T_k}}$$

$T_n$  = nagyobb (K)

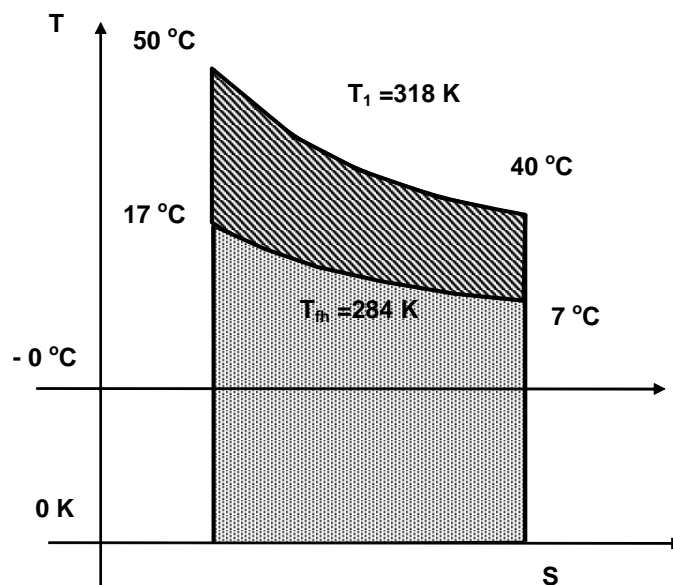
$T_k$  = kisebb (K) hőmérséklet.

Az elméleti fűtési tényező  $\varepsilon$  (COP) a hőszivattyúval:

$$\varepsilon_{fo} = \frac{Q_{fo}}{E_o} = \frac{Q_{fo}}{Q_{fo} - Q_{fn}} = \frac{\bar{T}_{fo}}{\bar{T}_{fo} - \bar{T}_{fn}}$$

$\bar{T}_{fo}$  = a fűtésre (kimenő) víz átlaghőmérséklete (K)

$\bar{T}_{fn}$  = a biofilterből a hőszivattyúra felkerült hulladék hő átlagos hőmérséklete (K) 9. ábra.



9. ábra  
T-S diagram a hőszivattyú elvi viszonyaira

A valóságos  $\varepsilon$  a bemutatott (így számított) értéknél kisebb

$$\varepsilon_f = \delta \varepsilon_{fo}$$

Ahol  $\delta=0,5-0,58$  sebesség tényező korrekcióval (a gyakorlatban inkább 0,4-el) célszerű megszorozni.

### Primer energia felhasználás:

Fajlagos primer energia a hőtermelésre:

$$g_{HS} = \frac{G}{Q} = \frac{1}{\varepsilon_f \eta_E}$$

$\eta_E$  = villamosenergia-termelés hatásfoka

A rendszerben a hőszivattyú fűtési tényezője jó, mivel a biofilterből igen jó a hőellátása.

Hasonlítsuk a villamos földgáz erőművekhez, ill. ami az átlagos termodinamikai hatásfoknak felelhet meg.

$$\eta_E = 0,5$$

### A hőszivattyú intenzitása:

(mennyi fűtési hőt tudunk előállítani,  $m$  a jellemzője.

Fajlagos hőszivattyúzás:

$$q = \frac{Q_f}{m} = \frac{\varepsilon_f}{\varepsilon_f - 1} \cdot c \cdot \Delta T$$

Ahol  $\Delta T$  a biofilterből kikapott hő lehűtése a hőszivattyúval

### *Számításokat most már konkrétan elvégezve (a T-S diagram szerint):*

$$T_{fo} = \frac{T_n - T_k}{\ln \frac{T_n}{T_k}} = \frac{323 - 313}{\ln \frac{323}{313}} = 317,9K$$

Ahol:

$$T_{fh} = \frac{313 - 293}{\ln \frac{313}{293}} = 285K$$

Az elméleti jóság fok pedig:

$$\varepsilon_{fo} = \frac{T_{fo}}{T_{fo} - T_{fh}} = \frac{317,9}{317,9 - 285} = 9,61$$

A valóságos érték:

$$\varepsilon_f = \delta \cdot \varepsilon_{fo} = 9,61 \times 0,53 = \underline{5,09} \text{ (Az érték is igen kedvező!)}$$

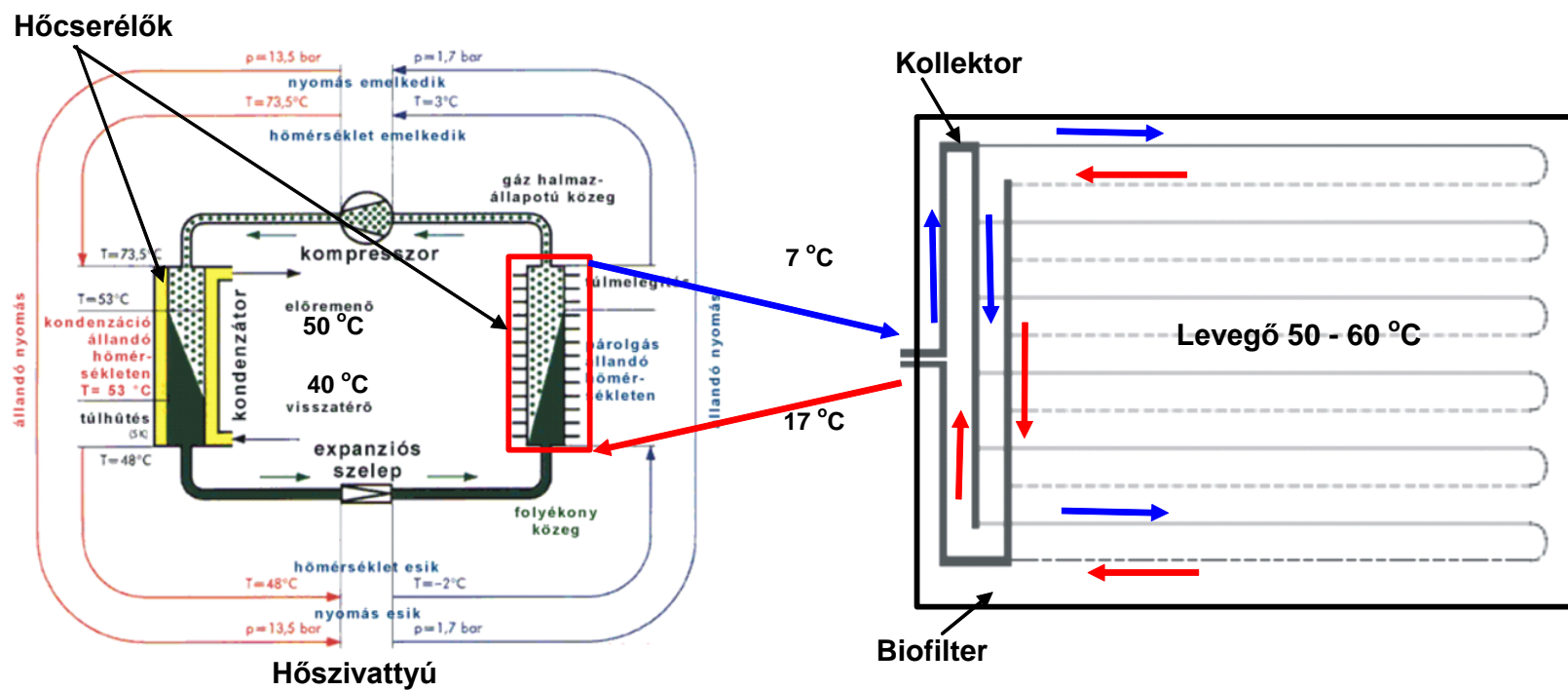
### A szükséges hőszivattyú teljesítmény kalkulációja

2. táblázat

<i>A felhasználható hő</i>		<i>COP 5</i>
MJ/h	kW	kW
2155	599	<b>120</b>

Ez alapján 115-125 kW összes teljesítményre képes szivattyú komplexumot választunk (a teljesítmény felvételt alapvetően meghatározza a terhelés és az elpárolgató oldali hőmérséklet. Az elméleti számításból láttuk, hogy a magas elpárolgató oldali hőmérséklet a COP értékét növeli, ami a konkrét gépnél azonos kompresszorenergia bevitelre nagyobb kimenő fűtőteltelisémmel reagál. 2db 60-65 kW bemenő teljesítményű hőszivattyút választottunk.

### 1.3.2. A rendszer elvi összeállítása



10. ábra

A fentebbi számítás adatai szerint az elméleti folyamat ábra

### 1.3.3. A választott hőszivattyú paraméterei



**Refrigerant:** R134a ?  
**Cooling capacity:** from 172 to 704 kW ?  
**Heating capacity:** from 184 to 741 kW ?

High chiller range with twin-screw compressors and plate type exchangers. The commutation between chiller and heat pump operation is obtained managing the hydraulic circuit.

11. ábra

A javasolt AERMEC berendezés

### A hőszivattyú néhány jellemző adata (Standard gép)

5. táblázat

NW		0901
Teljes felvett teljesítmény	kW	65
Áramfelvétel	A	115
Elpárologtató vízárama (7°C)	l/h	42484
Kondenzátor vízárama (30°C)	l/h	53664
Fűtési teljesítmény	kW	<b>285</b>
Hangnyomás szint:	dB(A)	58,5

1.3.4. A biofilterhez csatlakozó hőszivattyú műszaki adatai és ára

4. táblázat

<i>A biofilter jobb, ill. bal oldala</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A+B</i>
	<i>eFt</i>	<i>eFt</i>	<i>eFt</i>
AERMEC hőszivattyú	5750,00	5750,00	11500,00
Hőcserélő (lemezes)	1500,00	1500,00	3000,00
Keringtető szivattyú	310,00	310,00	620,00
Keringtető szivattyú	220,00	220,00	440,00
2 db rendszer feltöltés 35V% monoetilén glykollal	400,00	400,00	800,00
Primer oldali kollektor osztókkal (2500 m)	2100,00	2100,00	4200,00
Primer oldali szerelvények:			0,00
<i>Mikrobuborék és iszapleválasztó</i>	53,00	53,00	106,00
<i>Biztonsági szelepek</i>	38,00	38,00	76,00
<i>Elzárók</i>	155,00	155,00	310,00
<i>Visszacsapó szelepek</i>	15,00	15,00	30,00
<i>Gumikompenzátorok</i>	20,00	20,00	40,00
<i>Tárgulási tartály</i>	29,00	29,00	58,00
<i>Műszerek</i>	8,00	8,00	16,00
Puffer tartály 8000 literes	177,00	177,00	354,00
Primer oldali beüzemelések:	43,00	43,00	86,00
Primer oldali hőszigetelések:	80,00	80,00	160,00
	10898,00	10898,00	21796,00
Építési költségek	3900,00	3900,00	7800,00
<b>Összes beruházás</b>			<b>29596,00</b>

A csavarkompresszoros hőszivattyúk a piacon fellelhető hasonló változatok közt az élvonalat képviseli. Rendkívül jó COP számmal, vagyis nagy hatékonysággal, alacsony energiafogyasztással működik.

**Előnyök:**

- Kevesebb mozgó alkatrész
- Alacsonyabb zajszint
- Hosszabb élettartam
- Ellenállóbb a folyadékütésnek
- Kb. 40000 óra élettartam
- 20 %- kal könnyebb és 30 %- kal kisebb mint a dugattyús
- Nagyobb COP szám
- Könnyebb szabályozhatóság

**Hosszabb élettartam-** 10- szer kevesebb mozgó alkatrészt tartalmaz, mint egy dugattyús kompresszor. A meghibásodás valószínűsége 4 - szer kevesebb mint a hagyományos változatok esetében. Általában 40.000 üzemóra után szükséges egy nagyobb karbantartás, míg a hagyományos dugattyús kompresszorok esetében 8.000 üzemóránként!

**Teljesítmény szabályzás-** A névleges teljesítmény 25 %- án is üzemelhet, amellyel folyamatos és állandó vízhőmérséklet biztosítható, gyakori kompresszor leállások nélkül. Továbbá ez jelentős elektromos energia megtakarítással is jár!

**Alacsonyabb zajszint-** Mivel nincsenek mozgó szelepek, és nagy fordulatszámon forog a kompresszor, nagyon alacsony a zajszintje főleg a nehezen ellenőrizhető és megfogható alacsony frekvencia tartományban. Az alapfelszereltségként alkalmazott hangszigetelő burkolat ezt még tovább csökkenti!

**Egyenletes hűtőközeg szállítás -** A folyamatos forgásnak köszönhetően egyenletes a hűtőközeg szállítás, és kevésbé érzékeny az esetlegesen beszívott folyadékra. Ez főleg a szélsőséges üzemi viszonyok közt és induláskor hasznos és fontos.

A működés során egyenletes, pulzáció mentes közegszállítás valósul meg, ennek köszönhetően alacsonyabb a rezgés és a vibráció, a zajszint, hosszabb a berendezés élettartama.

**1.3.5. Biofilterből kinyerhető hő kalkulációja**

**5. táblázat**

	<i>Érkező hő</i>	<i>Biofilter felület</i>	<i>Érkező hő</i>		<i>Fajlagos hőáram</i>
	<i>%</i>	<i>m<sup>2</sup></i>	<i>MJ/h</i>	<i>kW</i>	<i>W/m<sup>2</sup></i>

Mosóba	100		10770	2992	1995
Biofilterbe	23	1200	2470	688	570

### A szükséges csőhossz a kollektorban

5. táblázat

Hőszivattú telj.	COP	Elpárologtatási telj.	Fajlagos hőáram	Biofilter felület	Cső-osztás	Csőhossz	Cső ára	Összesen
kW		kW	W/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m	m	Ft/m	Ft
570 - 600	5	470-480	400	1200	0,2	6000*	130	780000

\* Megjegyzés: Egy egységre 3000 m cső és 240 kW elprologtatási teljesítmény.

A számítást ezzel folytatva:

### A hőszivattyúk kimeneti oldala (vízáram jellemzői)

6. táblázat

HSZ	$Q_{ep}$ kW	$Q$ kJ/h	$C$ J/kg K	$\Delta T$ K	$V$ kg/h	$V$ m <sup>3</sup> /h	$F$ m <sup>2</sup>	$v$ m/s
A	240	864000*	4,2	10	20571,4	20,5	0,00049	11,6
B	240	864000	4,2	10	20571,4	20,5	0,00049	11,6
A+B	480	1728000				41		

A táblázatban:

$HSZ$  = hőszivattyú (A és B)

$Q_{ep}$  = elpárologtató teljesítmény

$Q$  = elvitt hőmennyiség

$\Delta T$  = hőlépcső

$V$  = a hőelvitelhez szükséges hőmennyiség

$F$  = csőkeresztmetszet

$v$  = áramlási sebesség

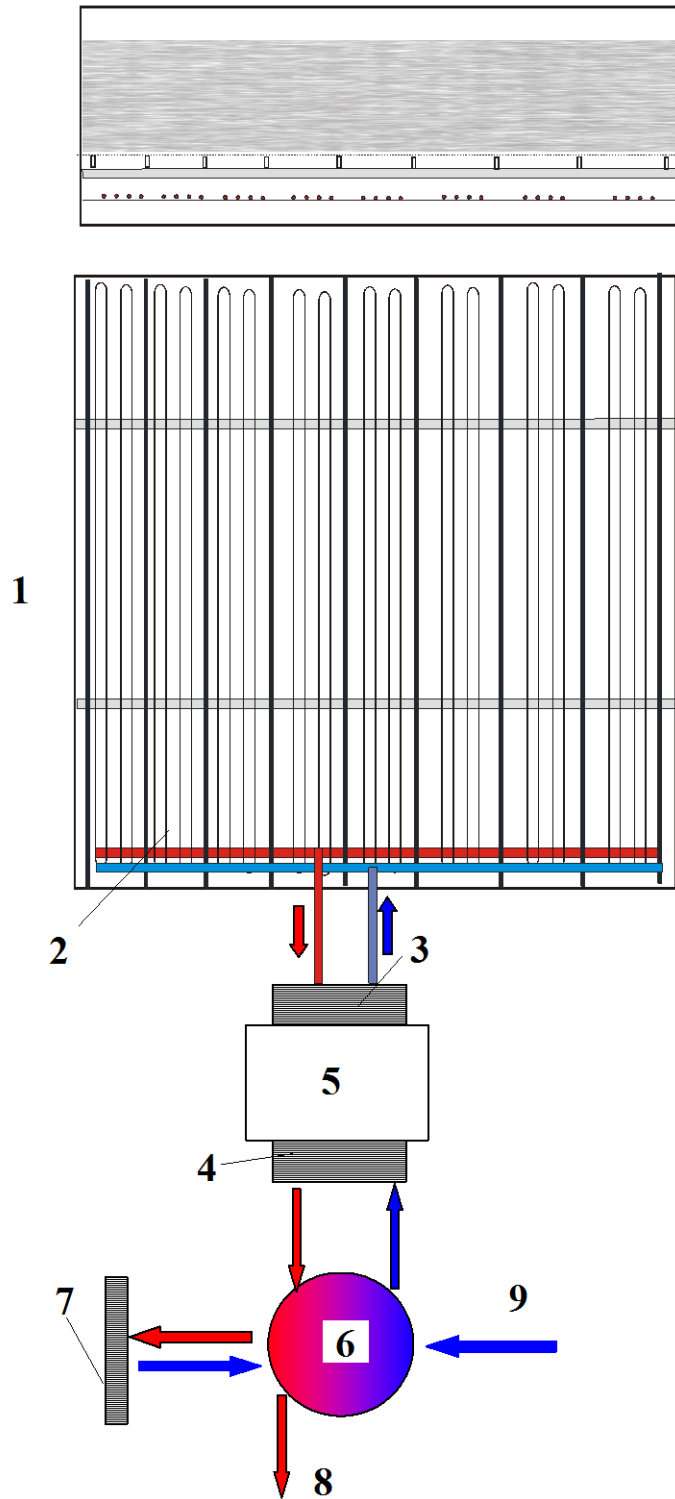
E hőmennyiséggel egy ~ 4500 m<sup>2</sup>-es ipari létesítmény fűtését lehet ellátni abban az esetben, hogyha a fűtéshez termo-ventillátoros fűtőberendezéseket alkalmaznak.

A tárolás mindenféleképpen szükséges annak következtében, hogy a használati melegvíz vételezés teljesen sztochasztikus, alapvető függ a gyártás menetétől, a különböző idejű leállások-



tól, átállásoktól, anyagvételezésektől, pl. tartályokban lévő zsír fölmelegítésétől, a csarnokok fűtése, pl. Fan Coils rendszerű egységekkel, stb.

Tehát az elvett hő tárolását csak egy nagyobb méretű puffer tározóval lehet megvalósítani. A nyert energia alkalmas pl. 35 °C-os hőlépcső esetén, tehát 50 °C-os előremenő 15 °C-os bejövő hőmérséklet esetén kazán betáplálási vizének felmelegítésére is.



12. ábra

*A biofilter, a hőszivattyú és a tározó elrendezése.*

*(Csarnok fűtése estén.)*

*1-biofilter, 2-kollektor, 3-és 4-hőcserélő, 5-hőszivattyú, 6-tározó, 7-fűtő termo-ventillátor, 8-  
használati melegvíz, előfűtött kazán tápvíz, 9-hideg tápvíz*

### 1.3.6. A beruházási költségek, egyszerű megtérülés kalkulációja

Egy ilyen komplexum beruházási költsége 34-36 MFt-nak felel meg, amelyből a komplett hőszivattyús egység beszerzése és beruházása **29.596.000,- Ft**. Középtértekkel, 35 MFt-tal számoltunk a 2 db 60-65 kW teljesítményű hőszivattyúnál azaz összesen 120-130 kW villamos teljesítmény esetén.

#### A beruházás megtérülése

7. táblázat

<i>A nyert energia felhasználás %</i>	<i>A teljes beruházás Ft</i>	<i>Teljesítmény kW</i>	<i>Kihasztnálás h/év</i>	<i>Összes energia kWh</i>	<i>A visszanyert energia ára* Ft/év</i>	<i>Egyszerű megtérülés év</i>
100	35.000.000	600	6900	4140000	46202400	0,75
50	35.000.000	300	5000	1500000	16740000	<b>2,09</b>
50	21.000.000	300	5000	1500000	16740000	1,25

\*Az energia árát 3,1 Ft/MJ értékkel számoltuk

A rendszer magába foglalja a berendezés telepítését, automatikus villamos vezérlését, a szükséges tároló és csővezeték, kapacitásokat, azok szerelvényeit is. Nem vettük figyelembe a csarnok fűtése estés Fan Coil termoventillátóok beruházását, mivel nem közvetlen a hővisszanyerés eszközei.

Ennek figyelembe vételével vizsgálhatjuk a megtakarított energiához viszonyított **megtérülési időt**.

- Amennyiben a megtérülési időt az ideálisan nyerhető 100 % hőenergiából és a teljes beruházásból számítjuk (egyszerű számítással), akkor 0,75 év.
- Az átállások, üzemi hőveszteségek figyelembe vételével: **2,1** év a rendszer megtérülési ideje.
- Ha a CO<sub>2</sub> és víz, valamint szennyvíz elmaradásból származó (mintegy 5000000 Ft/év) költségeket is számoljuk, a megtérülés **1,6** év
- Ha 40 % állami támogatás elérhető lesz, az energia megtakarítás célú pályázati beruházással (amelynek realitása adott), akkor **1,25** év.

#### ***1.4. Hőcserélő és hőszivattyú együttes alkalmazása***

Az előző fejezeteken világosan rámutattunk, hogy a két lehetséges hővisszanyerési módszer közül, jelen körülmények és adottságok között az egyszerű hőcserélős, hőelvételi módszer előnyösebb, gazdaságosabb, rövidebb idő alatt megtérülő.

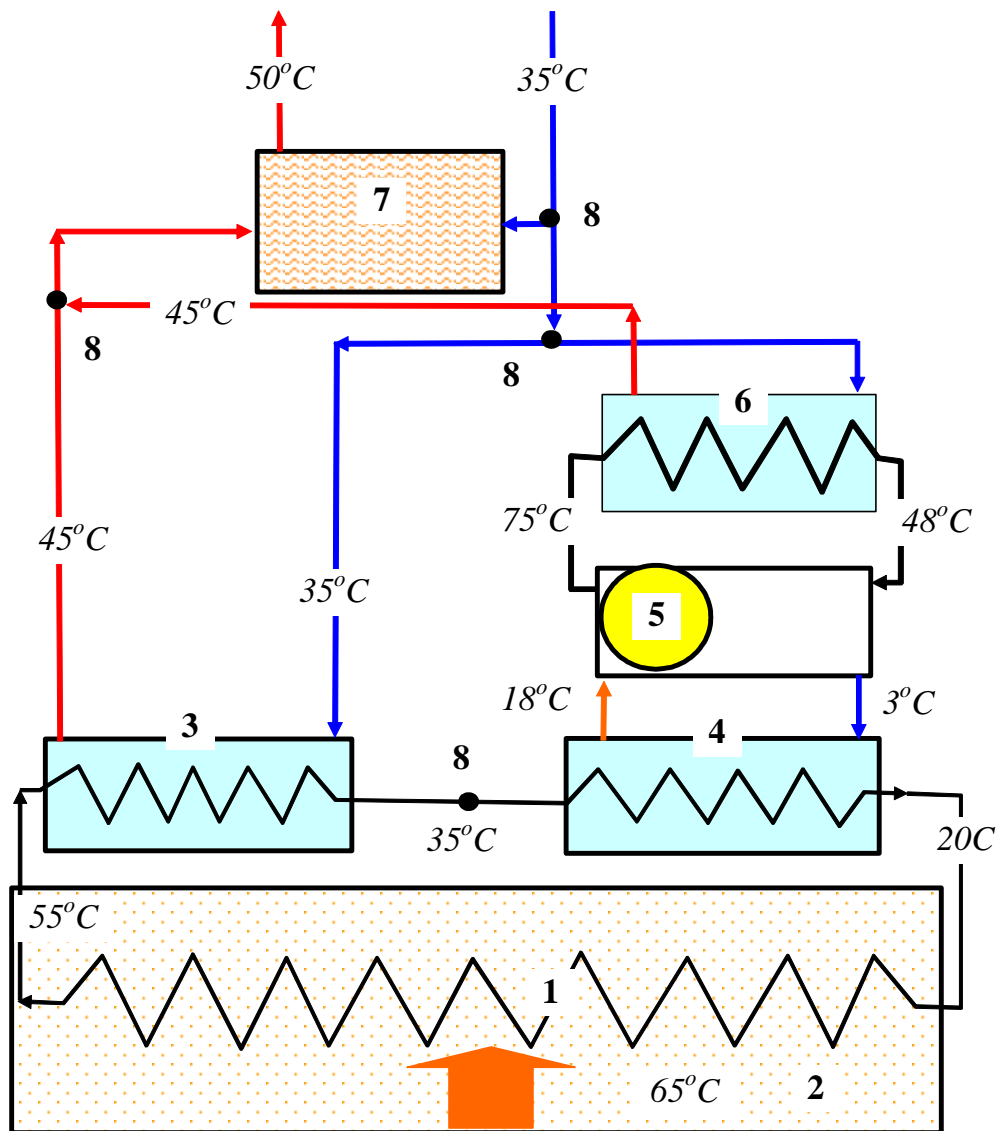
Valódi megoldást azonban a két rendszer kombinációja nyújtana, hiszen igen nagy mennyiségű hő állna rendelkezésre a biofilterekben, amely jelenleg egyik megoldással sem nyerhető ki teljes volumenében a technikai, technológiai akadályok miatt.

Ilyenek:

- hőcserélőknél az optimális  $\Delta T$  érték alapvetően meghatározza a kinyerhető energia mennyiségét,
- a hőátadási tényezők mindkét önálló változatban eltérnek az optimálistól valamint,
- a hőszivattyúnál az extra elpárologtató rendszer kialakítása jelentheti a korlátokat.

A két megoldás kombinációja révén ezen akadályok elhárulnak, hiszen első fokozatként magasabb hőmérsékleten a hőcserélőt, azt követően már alacsonyabb hőmérsékleten a hőszivattyút alkalmazhatjuk. Így igen optimálisan működtethető a hőcserélő, valamint a hőszivattyúnak is az összes előnye megjelenik, amely ma az alacsony hőmérsékletű hőszivattyúzásnál fennáll. Ezt szemlélteti az 13. ábra, ahol a vázlatos összeállítást és a vélt hőmérsékleti szinteket is bejelöltük. A visszanyerhető víz hőmérséklete 50-55 °C, a visszatérő 35-40 °C, s ezzel a  $\Delta T$ -vel a korábban említett célokra felhasználható.

**A kombinált verzió megvalósításához nem készítettünk megtérülési számításokat, mivel ebben az esetben olyan jelentős mértékben megnövekedne a rendszerből hasznosítható energia mennyisége, amely már a kinyerhető energia hatékony felhasználásának vonatkozásában jelentene újabb technológiai korlátokat.**



13. ábra

Kombinált megoldás

1. kollektor a biofilterben, 2. biofilter, 3. egyszerű hőcserélő, 4. a hőszivattyú elpárológató oldali hőcserélője, Az ábra jelei: 1. kollektor a biofilterben, 2. biofilter, 3. hőcserélő, 4. a hőszivattyú elpárológató oldali hőcserélője, 5. a kompresszor és tartozékai, 6. a kondenzátor oldali hőcserélő, 7. hőtároló, 8. automatizált váltószelepek.

## 2. A hűtési rendszer átrendezése és részbeni cseréje

A hűtési rendszeren történő vizsgálatok célja az volt, hogy a kompakt folyadékűtő egységek (CHILLER) hőtechnikai állapotának felmérése, ill. az üzembiztonsági, továbbá a hasznosuló villamos energia felhasználás szempontjai is meghatározásra kerüljenek. Feladatunk az volt, hogy az üzem számára olyan megoldásokat dolgozzunk ki, mely:

- fokozza az üzembiztonságot,
- energiatakarékosabb üzemeltetést tesz lehetővé,
- kíméli és meghosszabbítja a berendezések élettartamát.

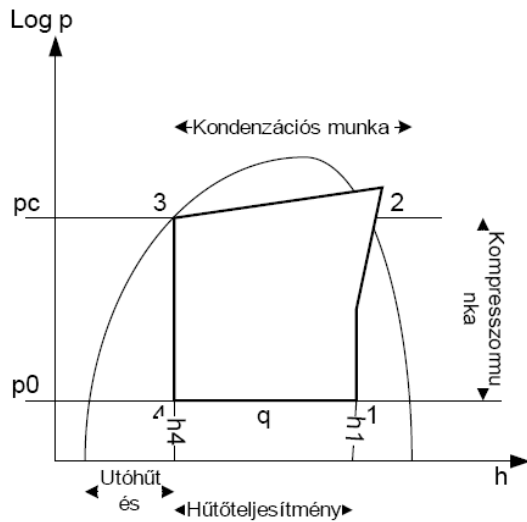
### 2.1. *Állapotfelmérés (a részletek és mérések a mellékelt előzetes jelentésben)*

A berendezések az üzem egy belső udvarán részben fél-tető alatt kerültek elhelyezésre. A **hűtégszabályozók hidraulikus váltóra dolgoznak**, melyből a fogyasztók felé termékköri szivattyúk szállítják tovább a hűtött folyadékot. A berendezések **mindegyike önálló szabályozással van ellátva**, amelyek a visszatérő folyadék hőfokra szabályoznak.

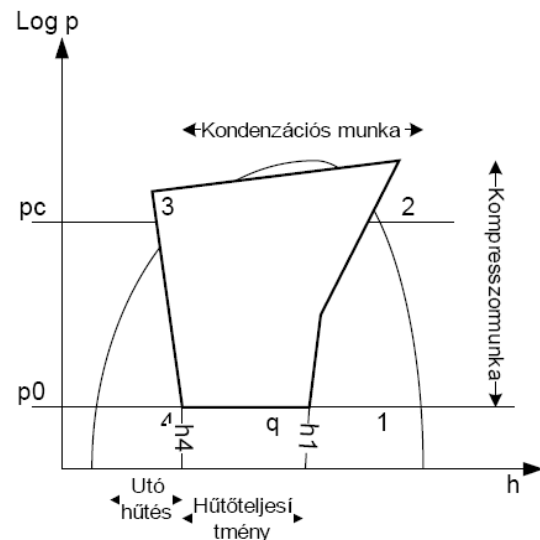
A berendezések léghűtéses kondenzátorventilátorait szintén berendezések saját maguk szabályozzák, ill.- vezérlik. E hűtőgépuvarban két alternáló kompresszorral működő berendezés is van. Ezek a berendezések elavultak, felújításuk költséges és a végeredmény is (általában) igen kétséges. Továbbá a hűtőközeg-töltetük R-22, amit 2009-12-31. után semmiféle módon és formában nem szabad használni. A hűtőalagutakban ventilátoros (Glikol/levegő) hűtőegységek biztosítják a végtermékek készre hűtését, központi vezérléssel ill. szabályozással.

**A berendezések telepítése több szempontból is helytelenül történt, illetve nem megfelelően lett a bővítés végrehajtva.** A „legdurvább” hiba a berendezések részlegesen tető alá való elhelyezése, ez teljesen ellentmondásban van a kompakt kültéri folyadékűtő berendezés telepítési rendszerének. A berendezések közötti távolság a megengedettnél kisebb. Tehát ez is telepítési hibát takar. A mérések megkezdése előtt, az első bejárás alkalmával a berendezések léghűtéses kondenzátorait kivétel nélkül elpiszkolódott állapotban találtuk. A fentebbi hibák mindegyike a berendezés túlterhelését jelenti nyári időszakban, ami a folyamánnya az áramfelvétel megemelkedése. Ez a plusz energia felvétel nem hasznosul, a berendezés kizárólag arra használja fel, hogy a névleges teljesítményét szinten tudja tartani. A hosszú ideig tartó, maga-

san terhelt állapotú üzemeltetés a kompresszorok élettartamát jelentősen csökkenti, illetve rövidebb karbantartási ciklusokat szükséges ezért a berendezésekhez kapcsolni. A helyes és a helytelen üzem Log p – i diagramjával ezt az állapotot nagyon jól lehet szemléltetni (lásd 2.1. és 2.2. ábrákat).



2.1. ábra  
Helyes üzem



2.2. ábra  
Magas környezeti hőmérséklet, szennyezett kondenzátor

## 2.2. A kedvezőtlen működési tartomány következményei

A környezeti hőelvitel hiánya miatt leromlik a kondenzáció, megnő a kompressziós vég hőmérséklet és a kompressziós munka. Ezzel az olaj élettartama is lerövidül, s a túl magas működési hőmérséklet miatt megváltozik a kenési és a hűtőközeggel való együttműködési jellemzői. Ha a hőmérséklet tartósan magas a kompresszor kilépőrészeinél olajkoksosodás indul meg. Ez megakadályozza a tökéletes zárást a szelepeknél és tovább rontja a kompresszor-teljesítményét (felesleges kompressziós munka jelentkezik). Összefoglalóan: a feltárt problémák együttesen felelnek a rossz hatásfok, a megnövekedett energia felvétel megnövekedéséért, és a berendezések sűrű meghibásodásáért, ill. a berendezések megbízhatatlan üzeméért (lásd előzetes jelentést).

## 2.3. Javaslatok a telepítés, karbantartás és üzemeltetés módosítására

### 2.3.1. A berendezések vezérlésének automatizálása

A berendezések vezérlőit automatizáltan össze kell fogni (PLC vagy DDC), hogy a berendezések üzemidejét, energiafelhasználását, ill. együtt járását optimalizálni lehessen. Ez a vezérlő méri a hidraulikus váltók hőmérsékletét és egy algoritmus alapján (hűtési sebesség, berendezés teljesítmény, üzemre foghatóság és az üzemóra alapján) a megfelelő berendezést vagy berendezéseket indítja el.

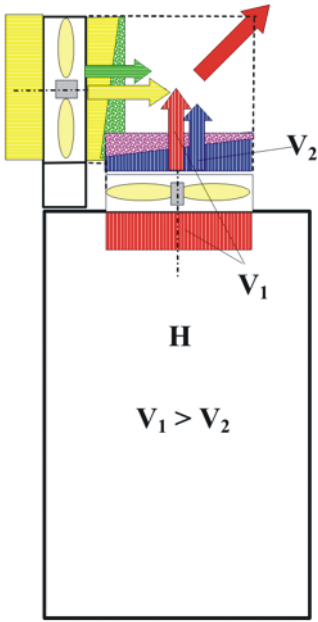
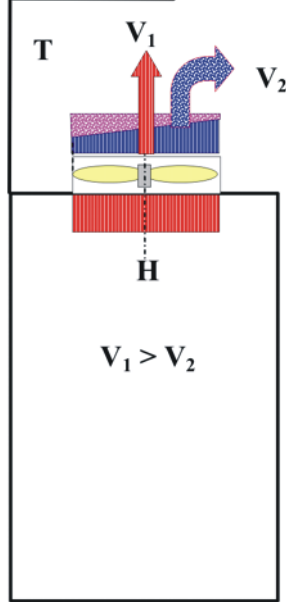
Az elérhető előnyök:

1. Kiegyensúlyozottabbá lehetne tenni az energia felhasználást,
2. a berendezések futási idejét,
3. a hűtendő folyadék holt időszakban való hőmérséklet szinten tartását,
4. a karbantartási ciklusokat előre lehetne tervezni,
5. a nagyjavítások idejét és időtartamát tervezhetővé lehet tenni.
6. Folyamatosan figyelemmel lehet kísérni a berendezések működési és teljesítmény paramétereit, amiből következtetni lehet az általános ill. az egyes berendezések túlterhelésére és műszaki állapotára.
7. A hidraulika rendszeren nyomon lehet követni a hőmérsékletek alakulását és a mért értékeket el lehet tárolni.

### **2.3.2. A berendezések elhelyezésének optimalizálása**

**Alapvető követelmény, hogy a berendezéseket a féltető alól ki kell venni és nyitott térben elhelyezni.** Hiába vannak légvezetékű kiinduló terelő idomok, a berendezések kondenzátorventilátorait nem úgy méretezték, hogy az irányváltásból adódó légellenállás növekedést le tudnák küzdeni. Ezért a légszállításuk jelentősen lecsökken, és ennek következtében csökken a kondenzációs hatásfok is (2.3. és 2.4. ábrák).



	
<p style="text-align: center;"><i>2.3. ábra</i></p> <p><i>Aktív rásegítés, a ventilátorok helytelen elhelyezése</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>2.4. ábra</i></p> <p><i>A vélt passzív rásegítés is rontja a helyzetet</i></p>

A berendezések közötti távolságot is növelni kellene, mivel a berendezések a zsúfoltság miatt felmelegítik a környezetüket és ezt a felmelegített levegőt szívják be a berendezések léghűtő-kondenzátor-ventilátorai. A berendezések kondenzátorainak elpiszkolódása ugyan azokhoz a problémákhoz vezet, mint az előzőekben felsorolt problémák. A tisztítási periódusok gyakoriságának növelésével ez megszüntethető.

A berendezések karbantartási ciklusait le kell rövidíteni, és rendszeressé kell tenni.

Ezt segítené a fent említett központi vezérlő rendszer. Ezzel nyomon tudjuk követni a berendezések működési paramétereit, pl.: a megnövekedett áramfelvétel, vagy a magas kondenzációs nyomás az elpiszkolódásra utal.

#### ***A hűtéstechnikai paraméterek ellenőrzése:***

Folyamatosan ellenőrizni kell:

- a hűtőközeg töltetmennyisége,
- a szárítószűrő állapotát, az olaj savtartalmát.
- a gyártó által előírt időközönként cserélni kell az olajat,
- el kell végezteni a kopó alkatrészek cseréjét,
- ellenőrizni kell az olajpumpák állapotát és annak védelmi elemeit,

- az olajfűtés és
- az olajhűtés hatásosságát (csavarkompresszoroknál) ECONOMISER-ek működésének ellenőrzését,
- adagolók (elektronikus) paramétereit különös figyelemmel az túlhevítés beállításaira.
- Rendszeresen ellenőrizni kell a hűtőkörben lévő hűtőközeget és az abban elkeveredve de a hűtőközegetben lévő nem kondenzáló gázok mennyiségét. Ha ez magas a kondenzációs és a kompresszor munka megnő, folyamánya rossz hatások, megemelkedett villamos energia felvétel, hibás működés a hűtő körfolyamatban.

### 2.3.3. A beépített hűtési teljesítmény vizsgálata

(részletesebben: lásd előzetes jelentésben, a hivatkozásokban = (LEJ))

#### A hűtők teljesítmény adatai

1. táblázat

Száma, jele	Típus	Villamos teljesítmény kW	Hűtőteliesség kW
<b>I</b>	<b>GV 1060 BO</b>	<b>109,8</b>	<b>348</b>
II	GV1115 60	256	706
III	GA 1209 CO	38	136
<b>IV</b>	<b>Modulo 237 OB</b>	<b>152</b>	<b>332</b>
V	Modulo 2320 SEA	86	299
VI	GV 1049 DO	174	527
	CEA	30	100

#### A gyári adatok alapján számítható teljesítménytényező (LEJ)

2. táblázat

Száma, jele	Típus	$\epsilon$
<b>I</b>	<b>GV 1060 BO</b>	<b>3,16</b>
II	GV1115 60	2,76
III	GA 1209 CO	3,58
<b>IV</b>	<b>Modulo 237 OB</b>	<b>2,18</b>
V	Modulo 2320 SEA	3,48
VI	GV 1049 DO	3,03
	CEA	3,33

Az elemző vizsgálatok alapján megállapítást nyert, hogy az I, és IV. dugattyús-kompresszoros hűtőgépek elhasználódtak, a cseréjük mindenképpen indokolt. Ha megvizsgáljuk e két berendezésnél a villamos többletenergia felhasználásból, valamint a kondenzációs hőenergia-veszteségből adódó értékeket, akkor megállapíthatjuk, hogy a veszteség mértéke 955.920

kWh/évnek felel meg akkor, ha a villamos energia többletfelhasználásból adódó veszteség 14 %, a kondenzációs hőenergia veszteséget pedig 15 %-ra vesszük (LEJ).

### 2.3.4. Energiaveszteség vizsgálata (I és IV. hűtők)

#### Energiaveszteség alakulása (LEJ)

3. táblázat

Hűtők	Villamos	Hőenergia
I és IV együt (kW)	261,8	680
Üzemóra (h/év)	6960	6.960
Energia (kWh/év)	1822128	4.732.800
Veszteség (%)	14%	15%
Veszteség (kWh/év)	255098	709.920
Összesen (kWh/év)	4022880	
Összesen villamos bemenő* (kWh/év)	<b>539.065</b>	

\* Avillamos energia ára: 31,26 Ft/kWh

#### Összes veszteség

4. táblázat

Hűtők	Villamos	Hőenergia Villamosra átszámítva	Veszteség *(Ft/év)
Energia veszteség (kWh/év)	255097	539065	16.851.200
Szerviz többlet (Ft/év)			1.200.000
Veszteség (Ft/év)			<b>18.051.201</b>

Nyilvánvaló a **COP** tényező alacsony értékű, mégis egy kedvezőbb értékkel, **2,5**-tel számolva az energiaveszteség összességében villamos energiára átszámítva 539065 kWh/évnek felel meg.

A gyár által megadott 31,26 Ft/kWh várható energia árral számolva az összes veszteség tehát 16851200,- Ft. Ehhez még hozzászámítottunk 1.200.000,-Ft-ot, amely a többlet szervizelési, karbantartási, javítási, illetve ellenőrzési költségből, valamint a plusz adiabatikus hűtésből származik. **Így a két gépből az összes veszteség 18.051.201,- Ft/évnek felel meg.**

## 2.4. A korszerűtlen gépek cseréje

A fentebbiekhez kell viszonyítani az új gépet, amely megvásárlásra kerülne. Árajánlat alapján az McQuay gyártónak az WHS-SE 226.2 LR típusát választottuk, amely 698 kW hőteljesítményű és ára 23562300,-Ft beleértve a berendezés beszerelését, üzembe állítását a vezérlő egységekkel együttesen (lásd melléklet ME01).

A kondenzátor speciális szerelése miatt a teljes árat 24500000, Ft-ra kalkuláltuk. Tehát a gép osztott kivitelű, a kondenzátor (CABERRO gyártmány, ACHC099EA/2x3N-40 típus) feltétlenül szabad téren nyírt elhelyezést (javaslatunk szerint a jelenlegi hűtőgépek feletti tetőre), ahol a kondenzáció a gyár által megadott hatásfokkal jön létre.

Ennek megfelelően az új gép a helyszínt figyelembe véve 3,1 COP-val működik. Az előzőhöz hasonlóan 6960 óra éves teljesítménnyel számoltunk.

### Az új gép előnyei

#### 5. táblázat

	Villamos energia	Hőenergia	Villamos egyenérték	Összesen
Új gép	224	698		
Óra/év	6960	6960		
kWh/év	1559040	4858080		
Többlet energia kWh/év	263088	125280	34800	297888
Többlet energia Ft/év				<b>9.311.979</b>

Így a berendezés éves villamos energia felvétele 1559040 kWh/év. A hőteljesítmény pedig 4858080 MJ-nak felel meg. Tehát a berendezéssel elérhető többletenergia 297888 amely a korábbi 31,26 Ft/kWh villamos energiaárral számolva 16646180 Ft/év többletenergiának felel meg.

### 2.4.1. Egyszerű megtérülés számítása

#### Az új berendezés megtérülése

6. táblázat

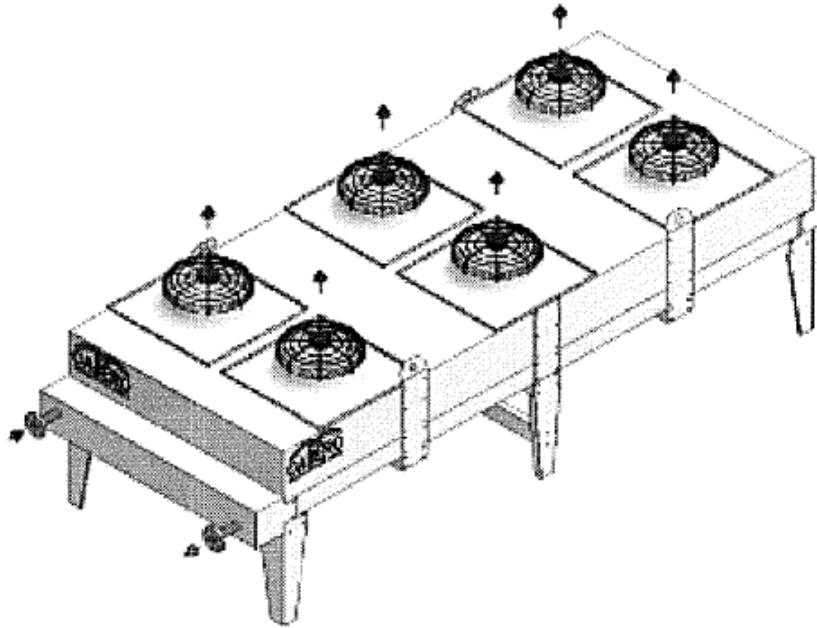
Megnevezés	Ft/év
Veszteség elkerülés	18.051.201
Többlet energia	9.311.979
Összesen	27.363.180
<b>Megtérülés</b>	
Új gép beruházás és beszerelés összesen (Ft)	24.500.000
Egyszerű megtérülés a fentiekből (év)	<b>0,895</b>
Egyszerű megtérülés csak az elkerült veszteségek alapján (év)	<b>1,35</b>

A veszteségből és a többletenergiából azt kapjuk, hogy a kettő különbsége 27363180 Ft/év és ez áll szemben 24.500.000,-Ft-os gépberuházással és installációval.

**Ha egyszeri megtérülést számítunk, akkor a gép kevesebb, mint 1 év alatt megtérül (0,9 év).**

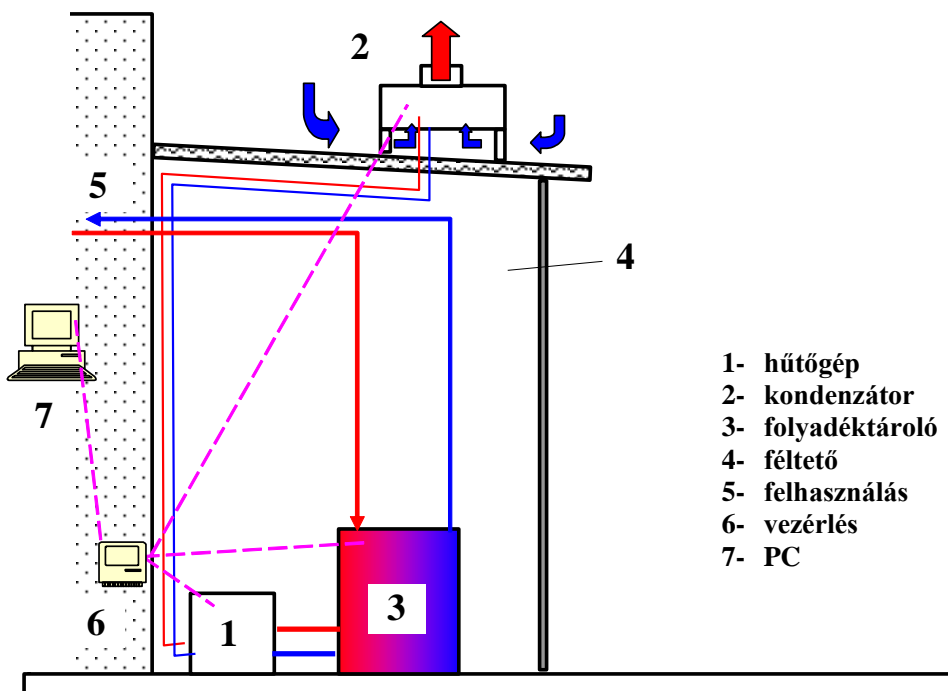
Ez gyakorlatilag egy 42 kW-os gép évi költségmentes munkájának felel meg, vagyis egy ilyen berendezést költségmentesen lehetne üzemeltetni.

Ennek megfelelően a gép cseréje mindenféleképpen aktuális, rövid idő alatt megtérül, és nem beszélve arról, hogy az üzeme biztonságossá válik, emiatt termeléskiesés nem következhet be. **A BERUHÁZÁS MEGVALÓSÍTÁSÁT FELTÉTLENÜL INDOKOLTNAK TARTJUK.**



2.5. ábra

Osztottan az épületen kívülre (féltetőre) telepíthető léghűtési kondenzátor  
(Típ.: ACHC099EA/2x3N-40D100)



2.6. ábra

Az új hűtő elrendezése

## 2.5. A gépuvar átrendezése (egyéb hűtőberendezések)

Hasonlóan elvégeztük a számítást a fennmaradó 1., 3., 5., 6. gépekre, valamint a CA 30 kW-os gépre is. Ezen berendezések összes villamos energia felhasználása 437,8 kW és a hőenergia termelés 1410 kW.

### II., III., V. és VI. gépek, valamint a CA 30 kW energetikai adatai

7. táblázat

	Villamos kWh	Hő kWh	Összesen
Összes energia	437,8	1410	
Hőenergia veszteség (COP romlás miatt)	-	1182	
Villamos energia többletigény (többlet kompressziós munka miatt)	65,67	228	

### Az összes veszteség a többlet kompressziós munka és kondenzációs hiány miatt

8. táblázat

	Óra/év	Villamos kWh/év	Hő kWh/év		Ft/kWh	Veszteség Ft/év
Összes gép (I. és IV, nélkül)	6980	458377	1591021			
Veszteség kWh/év	6980	458377	589267	1047644	31,26	32749342

Abban az esetben ha a gyári adatokkal számolunk az évi átlag 3,2 COP-nak felel meg. A helytelen beépítés következtében a COP csupán 2,7-re vehető. Ennek figyelembe vételével, valamint a 14 %-os villamos energia többlettel (a mérésekből adódóan) elvégezzük a számítást, akkor megállapíthatjuk, (lásd 8. táblázat) hogy az összes tényleges villamos energia veszteség e rendszerben is 1.047.644 kWh évente. A 31,26 Ft/kWh (a megbízó által javasolt) energiaárral számolva a veszteség **32.749.342,-** Ft/év. Ennek csupán **80 %-át** vettük figyelembe, **26.199.474** Ft/év (az esetleges tévedések mérséklése érdekében). Így elvégezhetünk egy olyan kalkulációt, hogy a jelenlegi rendszert „optimálisra” átrendeztük, s amire az ebből fakadó jelenlegi többletköltség elmaradást használjuk fel.

Az újra kalkuláció szerint: a berendezések kihozatala a féltető alól, szabadtéren történő elrendezése egymástól megfelelő távolsággal az új csövezések, valamint kiépítések, tovább a rendszer integrálása egy egységes ellenőrzési rendszerben: PLC, vagy DDC vezérléssel. Ezek költségeit is figyelembe véve az átrendezés összes költségét 20000000,-Ft-ra kalkuláltuk.

### A megtérülés számai

9. táblázat

Átrendezés költsége Ft	20.000.000
Megtakarítható Ft/év	26.199.474
Egyszerű megtérülési idő (év)	<b>0,76</b>

Ezzel áll szemben az említett 26,1 MFt-os megtakarítás, akkor ugyancsak egyszerű megtérüléssel számítva a rendszer átépítésének költsége hogy a berendezések új szerelvényeket, új ellenőrzős egységeket kapnak és közös rendszerbe integráljuk, mintegy 0,76-0,9 év alatt megtérül. Tehát a megtérülési idő kevesebb, mint egy év. **Ez is azt bizonyítja, hogy a berendezések ilyen értelmű átrendezése rövid idő alatt megtérül.**

Nem beszélve arról, hogy a jelenlegi körülmények közötti irreálisan magas szervizelés és karbantartási költség is mérséklődik, azáltal hogy a berendezések a gyárak által megadott optimális körülmények között, külső téren, egymástól megfelelő távolsággal, egymás befolyásolása nélkül képesek működni.

#### Konklúzió:

1. A meglévő csavarkompresszoros berendezéseket nagy karbantartás keretén belül teljes átvizsgálás alá kell vetni, szükséges elhasználódott anyagokat, alkatrészeket cserélni kell.
2. A karbantartások rendszerességét és alaposágát ellenőrizni kell, időszakos karbantartásközi ellenőrzésekkel.
3. A központi vezérlést ki kell építeni és az üzemi hűtési rendszerre kell adaptálni
4. Az alternáló kompresszorokkal szerelt berendezések cseréjét javasljuk csavarkompresszoros berendezésre. Az új berendezés kiválasztásánál figyelembe kell venni a kiváltott berendezések összes hűtőtéljesítményét, ill. a megnövekedett hűtési energiaigényt is.
5. A telepítési hibákat a rendszer átépítésével ki kell javítani.



### 3. Összefoglalás

A kapott megbízás, valamint a szerződés értelmében a megbízó szakembereivel történt egyeztetés alapján két területet emeltünk ki az energiarendszer felülvizsgálatával, ellenőrzésével kapcsolatban:

- a hűtési, illetve
- a szárító rendszereket.

Alapvető célunk volt az itt lévő berendezések műszaki állapotának ellenőrzése, az energia megtakarítás lehetőségeinek feltárása, illetve amennyiben képződik hulladék energia annak újbóli felhasználása.

Előzetes jelentésünkben a végzett mérésekről és megfigyelésekről már részletesen beszámoltunk. E jelentésünket a jelen összefoglaló anyagunkhoz mellékelve csatoljuk és nem ismételjük meg. További méréseket végeztünk a biofilter hőmérséklet elosztásaival kapcsolatban olyan téli időszakban, amikor a külső hőmérséklet 2-3 °C-os volt (jelentősen szeles időszakban). Továbbá a szárítóüzem melletti betápvíz időbeni változását, mennyiségét határoztuk meg olyan berendezésekkel, amelyek a rendszer megbontását nem igényelték.

#### Hűtés

A hűtőberendezéseknél részletesen leírtuk a tapasztalatainkat és javaslatot tettünk, amelyeket véglegesnek tekintünk. Ennek megfelelően javasoltuk a két dugattyús kompresszorral rendelkező hűtőberendezés cseréjét. Új egység vásárlását, mégpedig osztott kivitelben, s a rendszer kondenzátora a tetőtéren nyer elhelyezést. A kisebb tömege, s nagyobb felülete révén ez a tető túlzott terhelését nem jelenti, de nincsenek dinamikus igénybevételei sem. A hűtő a meglévő (jelenlegi) területen jól elhelyezhető a tető alatti zárt részében.

Javasoltuk az összes többi hűtő kitelepítését nyílt területre, mégpedig olyan elrendezésben, hogy egymást ne befolyásolják és a kondenzátorok a megfelelő üzemi hőmérsékleten tudjanak dolgozni. Ennek következtében ún. felesleges kompressziós munka nem keletkezik és ne jöjjön létre kondenzációs veszteség sem azáltal, hogy a kondenzáció korlátozva van az igen magas környezeti hőmérséklet következtében.

Az új berendezésre árajánlatot kértünk és ez alapján elvégeztük a berendezés megtérülésének kalkulációját. Számításaink alapján e berendezés megtérülése igen kedvező. 1-2 éven belül a

beruházás megtérül, mivel a jelenlegi energiaveszteségek elmaradnak, s az új berendezés többlet energiát is szolgáltat.

Hasonlóan megtérül a berendezések áthelyezésének, újbóli vezetékvezetésének és egy integrált vezérlő rendszerrel való összefogásának költsége is. E rendszer korrekt ellenőrzést tesz lehetővé, melynek következtében javul a berendezések kihasználtsága, a villamosenergia-felhasználás racionálisabbá válik, és a berendezések élettartama is megnő, s csökken a szervizelésre fordított költség. Az átrendezés révén adódó a plusz beruházási költség egy év alatt megtérül.

A mérésekkel és számításokkal alátámasztott javaslatainkat már korábban is közöltük az illetékes kollégákkal, akik elképzeléseinket nem utasították el.

Az összefoglaló tanulmányunkban az indoklások részletesen megtalálhatók.

### **Szárítók**

A másik igen jelentős témakört a szárítóberendezések üzemének ellenőrzése jelentette. Megvizsgáltuk a berendezések hulladék energia kibocsátását, amely nagyrészt az igen magas hőmérsékletű szárító levegő (égéstermékkel kevert) eltávozásából fakad, a mosóberendezésen és a biofilteren keresztül. Korábban tanulmány alapján készült egy berendezés, mely a szárítóba beszívott levegő előmelegítését szolgálta volna. E berendezés olyan mértékű hiányosságokkal rendelkezett, mely korrekt üzemeltetését nem teszi lehetővé. Megvizsgáltuk, hogy ilyen rendszer javítható-e. Megállapítottuk, hogy teljes mértékű, illetve nagyobb volumenű kondenzációval, a kondenzációnál keletkező csapadék azonnali eltávolításával a hőcserélő folyamatos automatizált tisztításával a rendszer alkalmas jelentős energia-visszanyerésre. A szárítók magas kibocsátási hőmérséklete lehetővé tenné a 65-70 °C-os melegvíz előállítását. A részletesebb elemzés azonban azt mutatta, hogy ezen a területen a szárítók feletti térben további 3 db hőcserélő elhelyezése nem valósítható meg, s olyan mérvű átalakítást igényelné az üzemcsarnokban, hogy a rendszer szinte áttekinthetlenné válna és az építés hosszabb üzemszünetet, „üzemzavar” jelentene. Ugyanakkor innen a meleg energia elvezetése is komplikált, bonyolult csőrendszeren keresztül valósítható csak meg. Ezért, annak ellenére, hogy energetikai szempontból a rendszer hatékony lenne, a megvalósítását elvetettük. Helyette a biofilternél kialakított rendszerre koncentráltunk.

### **Biofilter**

A mérés során megállapítottuk, hogy a biofilterben igen magas hőmérséklet uralkodik, amely az alsó rétegébenben, közvetlenül a levegőbelépés helyén 55-60 °C-os. Tehát, igen magas

hőmérsékletű levegő található a biofilter forgácstere alatti nagy zárt légtérben. Ezért javaslatot tettünk arra, hogy ezen terekben hővisszanyerésre alkalmas kollektorrendszer helyezünk el, amely speciális kialakítása révén jó hatásfokkal képes az itt lévő nagy, magas hőmérsékletű levegőből hőenergia kinyerésére.

E kollektorrendszer gyakorlatilag polietilén csőből áll amely a helyszínen, a biofilterek méretének megfelelően legyártható, összeállítható.

A rendszerhez kétféle számítást végeztünk el. Az első esetben egyszerű hőcserélő alkalmazását javasoljuk, amely a biofilter alatt lévő légtérben mintegy 5500-6000 m hosszúságú  $\approx 1''$ -os belső átmérőjű PE csőből speciális kollektorrendszer kialakítását jelenti, amely lemezes hőcserélőkhöz csatlakozik, keringtető szivattyúkon keresztül. A hőcserélő másik oldalához 2 db  $8 \text{ m}^3$ -es szigetelt tárolótartályhoz csatlakozik, ahol  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ -os technológiai víz tárolható, amely felhasználható az üzem különböző részein fűtésre, a technológiai vízként tisztogatásra, illetve kültéren lévő tartályok előfűtésére, a szociális építményeknél HM víz előállítására, beleértve a konyhát és a fürdőket is.

Ez a hőmennyiség igen jelentős mértékben csökkenti az üzem gázenergia felhasználását, tehát fosszilis energia-felhasználás takarítható meg, amely egyben  $\text{CO}_2$  megtakarítással is jár, s a  $\text{CO}_2$  kvótát a vállalkozás értékesítheti. Továbbá a biofiltereknél szükséges jelentős mennyiségű ún. hűtővíz, és ebből keletkező szennyvíz költsége is megszűnik. Ez az egyszerű hőcserélős beruházást, minden vonatkozásban **1 éven belül megtérül**, amennyiben az energiát nagy volumenben felhasználják.

Ezzel párhuzamosan elvégeztük, hogy, milyen előnyökkel járna, ha a rendszerhez ún. hőszivattyút csatlakoztatnánk. Az elvégzett számítások és modellezések azt mutatták, hogy ilyen megoldás nem jelent számottevő előnyt az említett hőcserélőhöz viszonyítva. Hiszen a biofilter hőmérséklete igen magas a jelenlegi hőszivattyúk pedig alacsony hőmérsékletre készülnek és nem alkalmasak az elpárologtató oldalon ilyen magas hőmérsékletű bemenő energia (víz) fogadására, ugyanakkor a hőszivattyúk igen tetemes (több mint 10.000.000,-Ft) beruházást igényelnek és ezek megtérülése mintegy 1,5 évvel rontja a megtérülési mutatót. Ezért ennek a rendszernek az alkalmazását elvetettük, de nem véglegesen mivel a hőcserélős rendszerrel kombinálható (lásd az anyagban mellékelt ábrán) és a későbbiekbe a megépülő hőcserélős rendszeréhez csatlakoztatható. E kombinált rendszer alkalmazása a vállalkozás részére mindenféleképpen előnyös lenne, hiszen igen biztonságossá teszi a biofilterek működését. Az egyszerű hőcserélős rendszerrel is kevésbé válik szükségessé a biofilterek vizes locsolása, az ott lévő biológiai körülmények fenntartása érdekében. Elkerülhető lesz, hogy a jelenlegi

körülmények között a gyulladás közeli hőmérséklet semmiképpen nem állhat elő. Amennyiben a forgács alatti légtérbe, alacsonyabb hőmérsékletre hűl a levegő, kedvezőbb hőmérsékleten jut a biofilterekbe és kondenzáció is bekövetkezik amelynek következtében, az anyag nedvességtartalma megnő, megmarad és kedvezőbb körülményeket teremt az ott lévő szaglenyelő baktérium törzsek részére. **Így a rendszer alkalmazását további részletes gazdasági vizsgálatokra alapozva, egyértelműen ajánljuk.**

**Megjegyzés:**

**Jelen elemző tanulmányban a technológiai rendszerek, megoldási alternatívák elsődleges összehasonlítását végeztük el úgy, hogy az egyes változatokhoz kapcsolódóan Egyszerű Megtérülési Mutatókkal kalkuláltunk. Jelen tanulmányban azonban többször is jeleztük, hogy a projektek gyakorlati megvalósításához vissza nem térítendő állami források is igénybe vehetők (KEOP pályázati alapok).**

**Annak érdekében, hogy a tanulmány outputja üzletileg is megfelelő mélységben értelmezhető legyen, jelen egyszerű megtérülési mutatókon kívül, konkrét gazdaságossági számításokat végeztünk az egyes fejlesztési opciók állami támogatással történő megvalósításának esetére is. Ezek jól értelmezhető „free cash flow„ összesítések, belső megtérülési rátával és költség-haszon aránymutatókkal kerületek kibontásra. A projekt megvalósításához kapcsolódó pénzügyi megvalósítási modelleket a tanulmány 1. számú melléklete tartalmazza.**

## **Felhasznált források**

- Büki, G. (2000) Energiaátalakítás, gáz- és gőzerőművek. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2000
- CORDI Kht. (2007) Átfogó K+F felmérés a Masterfoods Magyarország Kft. energetikai üzemeltetésére vonatkozó új utak meghatározása, és innovatív hatékonyságnövelő eljárások kidolgozása érdekében, Budapest, 2006
- Fogarassy, C. et al. (2005): Externalities and market failers in the waste management – connection with the different waste management charges. Waste- the Social Context Conference - Edmonton, Alberta, Canada.
- Fogarassy, C. (2006): A biomassza termelés externália halmozása. Az alternatív energiaforrások hasznosításának gazdasági kérdései – Tudományos Konferencia, Sopron, NYME, 2006
- Kerekes, S. - Fogarassy, C. (2006): Környezetgazdálkodás, fenntartható fejlődés. HEFOP - DE ATC AVK 2006 Debrecen, 2006
- Nagy, H. - Káposzta, J. (2003): The role of multifunctional environmental policy in the agricultural development, Annals of the PAEAA Volume 5, No. 6, ISSN 1508-3535 p. 28-34.
- Reményi, K. (2002) Az energetikai fejlesztések fő irányai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2002
- Tóth, L. (2005) Hagyományos és megújuló energiák. Szaktudás Kiadó, Budapest, 2005
- Tóth, L. (2003) Nem villamos mennyiségek villamos mérése. SZIE Gödöllő Egyetemi Jegyzet, 2003
- Zimler, T. (2003) Hulladékgazdálkodás. Tertia Kiadó, Budapest, 2003

## **1. melléklet**

**Pénzügyi modellek állami támogatás igénybevétele esetén (Microsoft Excel file)**