

Ivóvíz hőhasznosítása hőszivattyúval

Fodor Zoltán¹, Komlós Ferenc²

A felszíni víz, a talajvíz, és a nagyobb mélységben elhelyezkedő rétegvíz a lakosság háztartási és az ipar vízszükségletének a kielégítését szolgálja, emellett jelentős hőenergiát is tartalmaz. A cikk ivóvíz hőszivattyús hőhasznosítására esettanulmányt ismertet, amely modellje lehetne számos ivóvíz szolgáltatónak.

A legtöbb tudományos eredmény akkor születik, amikor a kutató több diszciplínában dolgozik és egyik diszciplínában szerzett tudását, eredményeit átviszi egy másik – talán távoli – diszciplínába.³

Harsányi János (1920–2000)

Bevezetés

Ismeretes, hogy a víz a Föld napsugárzás által körforgásban tartott, folytonosan megújuló energiahordozója. A hőenergiát vagy valamely anyagnak (folyadéknak, gáznak vagy szilárd testnek) a hőmérsékletét az öt alkotó részecskek mozgásának sebessége határozza meg.

Feladatunk, hogy a meglévő gondjainkat felszámoljuk és megelőzzük az újabbak létrejöttét. A megoldás ebben a témában már nem műszaki jellegű, hanem új etikát, szemléletet, megközelítéseket követel. A paradigmaváltás már nem halasztható tovább ezen az egyre fontosabbá váló szakterületünkön.

Ismereteink szerint már az 1980-as években a Magyar Hidrológiai Társaság⁴ összejövetelein felmerült, hogy kezdeni kellene energetikai szempontból valamit a dél-alföldi közüzemi vízművek, pl. Szeged, Hódmezővásárhely, Szentes, Csongrád, Makó nagy mélységű ivóvízkútjaival felszínre hozott ártésvíz hőjével. A vezetékes víz hőmérséklete a fagyveszély elkerülése miatt hazánkban legalább 5–7 °C lehet. Vízműveink termelő kútjai (**1. ábra**) viszont sokkalta magasabb hőmérsékletszinten működnek.

Így adódik a lehetőség a hőenergia kinyerésére, mielőtt funkcióját ellátná. Ivóvízellátásunknál napjainkban az import hőszivattyúk alkalmazásán kívül az energiahatékonyság-növelés magyar eszközei is megjelentek. Erre mutatunk egy „zászlóshajót” dolgozatunkban, amelyet Zalaegerszegen, a Zalavíz Zrt-nél, a cég Balatoni utcai telephelyén (hrsz: 2735/5) létesítettek. Esettanulmányunk a földgázkiváltáshoz, az ún. Vastalanító épület melegvízüzemű fűtéséhez és használati melegvíz-ellátásához kapcsolódik. Bemutatjuk műszaki és gazdasági adatokkal a hőszivattyús rendszer kapcsolási rajzát a vízvezetékre való kötéstől a hőhasznosításig.



1. ábra. Ivóvíz termelő kutak

Forrás: Fővárosi Vízművek Zrt.

Kiinduló adatok

A Pannon Fejlesztési Alapítvány által készített, a létesítményt elemző dokumentáció tartalmát megismerve indult el a projekt tervezési elkészítése. Az alapelképzelés szerint a Zalavíz Zrt. szolgáltatási telephelyén a napi ivóvíz szolgáltatás kielégítésére átszivattyúzott vizet hőforrásként hasznosítva hőszivattyú segítségével kívánták ellátni az épületek fűtési és esetleges használati melegvíz igényét. A szolgáltatott adatok szerint naponta átlagosan 14 000 m³ víz folyik át a rendszeren.

Az átfolyó víz hőmérséklete:

- szűrt víznél: 12,3 °C,
- hálózati víznél: 12,2 °C.

A vízhőmérséklet 10 – 14 °C között ingadozik.

Az eredetileg tervezett hőszivattyús rendszer fő adatai és rövid leírása

A Vastalanító épületben található kazánház teljes mértékben át kívánták építeni. A gázkazánnal fűtött épület hőközpontjába 2 db NIBE FIGHTER 1330 40 kW-os víz/víz hőszivattyút terveztek be (**2. ábra**, lásd a következő oldalon).

A hőszivattyús rendszer a napi átfolyó ivóvíz mennyiséget alapul véve üzemel, a folyamatos, zavartalan fűtésről 2 db 1500 literes puffertároló gondoskodott a tervben. E tervben a hőszivattyúk a puffertárolókat fűtötték, a fűtésrendszeri sza-

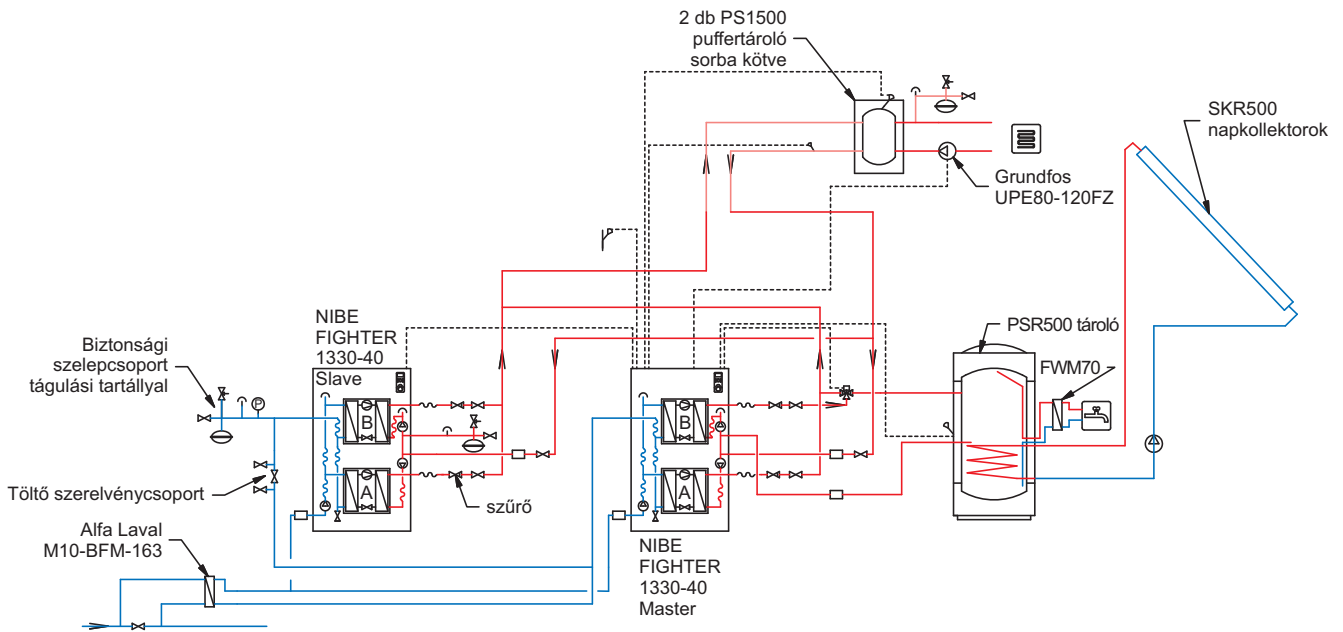
³ Marx György: A marslakók érkezése (340. oldal). Akadémiai Kiadó, Budapest, 2000.

⁴ A Magyar Hidrológiai Társaság (www.hidrologia.hu) 2013. július 3-5. között Gödöllőn, a Szent István Egyetemen rendezte meg a XXXI. Országos Vándorgyűlését, a teljes dolgozatot a rendezvény CD-ROM-ja (ISBN 978-963-8172-31-0) tartalmazza. E cikk az említett dolgozat felhasználásával készült.

¹ okl. gépészmérnök, épületgépész mérnök, GEOWATT Kft.

² okl. épületgépész mérnök





2. ábra. Az eredetileg tervezett gépészeti elvi kapcsolási rajz. Forrás: Solergy Bt.

bályozott szivattyú a 3000 literes puffervízet keringette volna az épület egészében. Az egyik hőszivattyú gondoskodott a használati melegvíz-ellátásáról is. Betervezésre került 1 db 500 literes tároló, amelyet napkollektorok és a hőszivattyú fűtöttek volna fel a kívánt hőmérsékletre, a használati melegvíz (HMV) ellátásra pedig 1 db FMV70 frissvíz-modul.

A megvalósult berendezés

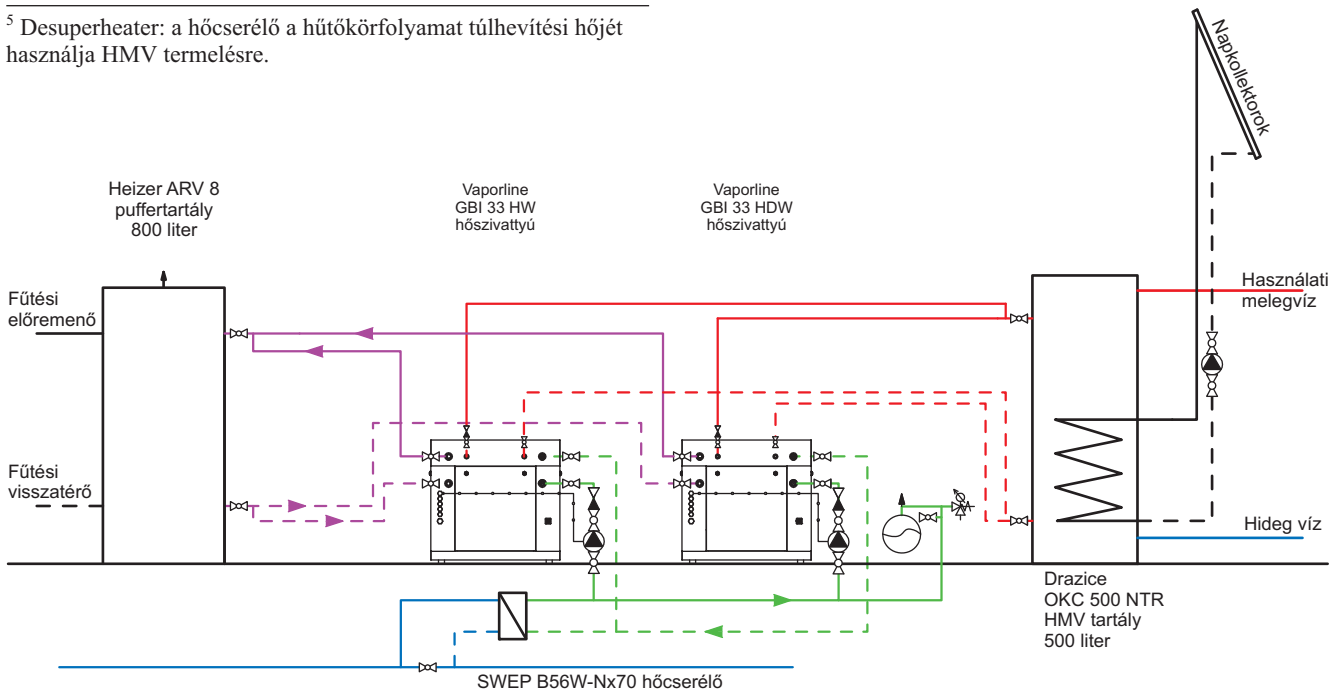
A tendereztetés folyamán egy másik cég is alternatív ajánlatot nyújtott be a hőszivattyús rendszer kialakítására és kidolgozta az ajánlatnak megfelelő hőközponti tervet (3. ábra) és műszaki leírást.

⁵ Desuperheater: a hőcserélő a hűtőkörfolyamat túlhevítési hőjét használja HMV termelésre.

A Vastalanító épületben található kazánházat teljes mértékben átépítették, és az épület hőközpontjában betervezésre került 1 db GBI33-HW típusjelű víz/víz hőszivattyú, valamint 1 db GBI33-HDW típusjelű víz/víz hőszivattyú.

A GBI33-HW típusjelű fűtő és HMV termelő „desuperheater”⁵ ellátott hőszivattyú jellemzői

A hőszivattyú EVI (Enhanced Vapor Inject) körfolyamattal, külső hőmérsékletfüggő szabályozással, monitoring rendszerrel, távvezérléssel, digitális kijelzéssel, desuperheaterrel, HMV és fűtési keringető szivattyúval, külső hőmérséklet-érzékelőkkel, elektronikus expanziós szeleppel, hűtőközeg tartállyal szerelt.



3. ábra. A megvalósult, illetve az áttervezett gépészeti elvi kapcsolási rajz. Forrás: Geowatt Kft.

Fűtési teljesítmény:

- 10/35 °C víz/víz hőmérséklet esetén: 40 kW
- 10/50 °C víz/víz hőmérséklet esetén: 39,3 kW
- 10/60 °C víz/víz hőmérséklet esetén: 40 kW

HMV teljesítmény (desuperheaterrel): 5 kW

A GBI33-HDW típusjelű fűtő és HMV előállító, kétkondenzátoros hőszivattyú jellemzői

A hőszivattyú EVI (Enhanced Vapor Inject) körfolyamattal, külső hőmérséklet-követő szabályozással, monitoring rendszerrel, távszabályozási lehetőséggel, digitális kijelzéssel, két kondenzátorral (teljes kapacitású HMV termelés), fűtési keringető szivattyúval, külső hőmérséklet-érzékelőkkel, elektronikus expanziós szeleppel, hűtőközeg tartállyal szerelt. A maximális fűtési előremenő hőmérséklet 63 °C, a maximális HMV hőmérséklet 60 °C.

Fűtési teljesítmény:

- 10/35 °C víz/víz hőmérséklet esetén: 40 kW
- 10/50 °C víz/víz hőmérséklet esetén: 39,3 kW
- 10/60 °C víz/víz hőmérséklet esetén: 40 kW

HMV teljesítmény: 40 kW

A HMV igény kielégítéséről a két hőszivattyú együttesen gondoskodik:

- A GBI33-HW típusjelű hőszivattyú teljesítménye 15%-ban fűtő (adott esetben hűtő) üzemmódban a működése alatt folyamatosan képes termelni a HMV-t.
- A GBI33-HDW típusjelű hőszivattyú előnykapcsolásban teljes kapacitással képes a tárolótartályra dolgozni, s így az 500 literes tárolót 50 °C-os vízzel 35 perc alatt teletölti. Együttes hőszivattyús üzem esetén a feltöltési idő 30 perc. Mind a két hőszivattyúban beépített HMV hőcserélők vannak, amelyek a hőszivattyú külön kimenő csőjain táplálják az 500 literes belső hőcserélővel rendelkező (Drazice OKC500 NTR) HMV tartályt. A HMV tárolóra belső hőcserélőn keresztül napkollektor is ráfűt, ami tovább csökkenti a hőszivattyúk üzemidejét a HMV vonatkozásában.

A szükséges tömegáram a fentiekben részletezett két hőszivattyúhoz:

$$2 \times 102 \text{ l/min} = 204 \text{ l/min}$$

HMV cirkuláció

A cirkuláció az eredeti terv alapján került kialakításra, azzal a módosítással, hogy a cirkulációs szivattyút nem a frissvíz modulra építették rá, hanem közvetlenül a HMV tárolóra:

„A HMV-t csak az alapvezetékben cirkuláltatják. A cirkulációs hálózat jelenlegi szivattyúja lebontásra került, helyette egy új szivattyú került kialakításra, mely beépített termosztáttal van ellátva és az előre beállított hőmérséklet elérésekor automatikusan leállítja a szivattyút, valamint időkapcsolója biztosítja éjszaka az energiatakarékosságot.” (Solergy Bt.)

Szabályozás

A hőszivattyúba épített Carel szabályozó ellátja a hőközpont teljes szabályozási feladatát, a külső léghőmérséklet, a fűtési puffertartály hőmérséklete és a HMV tartály beállított hőmérséklete alapján:

- indítja, illetve megállítja a hőszivattyúkat a puffertartály automatikusan – a külső hőmérséklet függvényében – beállított hőmérséklete alapján;
- állítható előnykapcsolással indítja a 3 db keringető szivattyút (elgőzölögtető és vízdali), illetve állítható késleltetéssel megállítja a hőszivattyú kompresszorának leállása után;
- a kondenzátor-oldali szivattyúkat és a HMV szivattyúkat beépítették a hőszivattyúba, ezek indítását és megállítását szintén kezeli a hőszivattyú szabályozója.

Védelem

A hőszivattyúk mind az elgőzölögtető, mind pedig kondenzátor-oldalon többszörös nyomás és hőmérséklet védelemmel rendelkeznek:

- az állítható manuális és elektromos presszosztátók megakadályozzák, hogy a vízdali keringés megszűnése (havária) esetén a hőszivattyú elgőzölögtetője szétfagyjon (amikor 0 °C-ra csökken az elgőzölögtető-oldali hőmérséklet, a hőszivattyú alacsony oldali hibajelzéssel letilt);
- a vízkörben ezen kívül reed relés áramlásérzékelő is van, amely áramlás kimaradás esetén azonnal letilt;
- a fenti két védelem biztonsággal megakadályozza az elgőzölögtető szétfagyását áramlási kimaradás esetén;
- a rendszerben van egy külső leválasztó hőcserélő az elgőzölögtető előtt, e hőcserélő primer oldalán keringető vízszivattyú biztosítja az előírt tömegáramot a hőcserélő számára. Amennyiben e vízszivattyú szállítása valamilyen oknál fogva kimarad, vagy lecsökken a tömegáram, a hőszivattyúba épített áramlásérzékelő ezt nem érzékeli, csak akkor, ha az elgőzölögtetőben már megállt a keringés, ekkor a hőszivattyúnak is csak egy védelme maradna: a beállított nyomásérzékelő. Túl gyors és radikális nyomáscsökkenésnél nem biztos, hogy időben tudna reagálni, ami végzetes kimenetelű lehetne a hőszivattyú számára;
- a biztonság növelése érdekében a tápvíz körbe is be van építve egy reed relés áramlásérzékelő, amelyet párhuzamosítottunk a védelemmel, így áramlásra is biztosítva van a rendszer, és bőven van ideje a rendszernek a lekapcsolásra, nemcsak a hőszivattyú elgőzölögtetőjét, hanem a külső hőcserélőt is biztosítottuk fagyás ellen.

Üzemeltetői értékelés

A Vastalanító épületét és a beépített, magyar fejlesztésű és gyártású, növelt hőmérsékletű hőszivattyúkat a **4. ábrán** látható fotók szemléltetik (lásd a következő oldalon).

Az üzemeltető a berendezésről a következő értékelést adta: „A Zalavíz Zrt.-nél telepített 2 db hőszivattyú (a kezdeti „gyermekbetegségektől”⁶ eltekintve) eddig hiba nélkül üzemelt, a tervezett fűtési és HMV igényt kielégíti.

A villamos fogyasztás mérésére külön villamos mérőóra 2013. 02.25-én 13:10 h-kor került felszerelésre 0 kWh állással.

⁶ A rendszer gyermekbetegsége az volt, hogy a kivitelező a szükségesnél kisebb keringető vízszivattyút épített a tápvíz rendszerbe és a hőszivattyú primer oldalán a zárt vízkörben nem volt légtelenítő elhelyezve. Emiatt a hőszivattyúk időnként alacsony oldali nyomásra letiltottak. A hibák kijavítása után a hőszivattyúk hibamentesen üzemelnek.



4. ábra. A Vastalanító épületről és a beépített hőszivattyúkról készült felvételek

Ez alapján mért fogyasztási adatok:

- Egy nap elteltével 280 kWh-t fogyasztott.
- 2013.03.01-én 1066 kWh mérőóra állás.
- 2013.04.02-én 8231 kWh mérőóra állás.
- 2013.04.19-én 10588 kWh mérőóra állás.
- 2013.04.30-án 10870 kWh mérőóra állás.

Kompresszor üzemórák 2013.04.19.-én:

- 1. hőszivattyú 505 h
- 2. hőszivattyú 1699 h

2013 márciusában a hőszivattyúk 6941 kWh villamos energiát fogyasztottak, amit megszorozva a jelenlegi 28,1414 Ft/kWh villamosenergia-díjjal = 195 329 Ft/hó.

A 2012. márciusi földgázfogyasztás ezen a körön 73 926 MJ volt, ami most 302 014 Ft-ba került volna.

Tehát márciusi hónapban 106 685 Ft a megtakarítás keletkezett, ami kb. 35%-ot jelent.

Ha egész évre kivetítjük a 35%-os megtakarítást, akkor ez évi közel 1 millió Ft energiaköltség-megtakarítást eredményez a cégünknek.” (Hadnagy Gábor osztályvezető, Zalavíz Zrt. Műszaki Osztály).

A fogyasztás elemzése

Sajnos a rendszerbe nem építettek be hőmennyiségmérőket és a villamosáram-fogyasztást külön csak 2013. február 25-től mérik.

A beépített 2 db GBI33 hőszivattyú az ivóvíz hőfokszintjén, 12 °C-on 80 kW fűtési teljesítményt biztosít. Hangsúlyozzuk, hogy ezek a beépített hőszivattyúk itt radiátoros fűtési rendszert üzemeltetnek és magas hőmérsékletű, 60 °C-os használati melegvizet állítanak elő.

Az előző évi gázfogyasztási adatok adottak, így a várható hatékonyságot közvetve is elemezhetjük, illetve értékelhetjük.⁷

A Zalavíz Zrt. a rendszer elmúlt évi márciusi gázfogyasztási adatait adta meg a számunkra: a 2012. évi márciusi földgáz-fogyasztás 73 926 MJ volt, ami most 302 014 Ft-ba került volna (lásd a fenti üzemeltetői véleményyt).

⁷ Az alábbiakban Hadnagy Gábor osztályvezető (Zalavíz Zrt. Műszaki Osztály) várható megtakarításra vonatkozó elemzését pontosítjuk az összehasonlított 2 hónap évi átlaghőmérsékleti adataival.

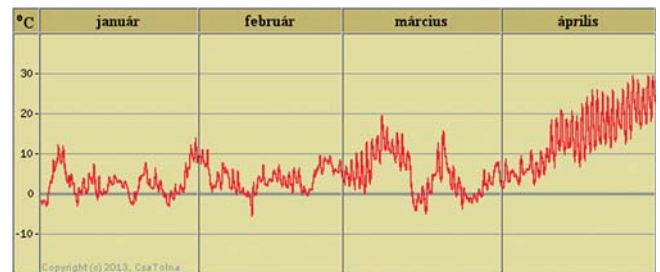
2013 márciusában a hőszivattyús rendszer 6941 kWh villamos energiát fogyasztott, amit megszorozva a jelenlegi 28,1414 Ft/kWh villamosenergia-díjjal:

$$6941 \text{ kWh} \times 28,1414 = 195\,329 \text{ Ft/hó.}$$

Tehát márciusban 106 685 Ft a megtakarítás keletkezett, ami kerekítve 35%-ot jelentene, ha nem vennénk figyelembe a két év márciusának átlagos hőmérséklet-adatait (5. ábra).

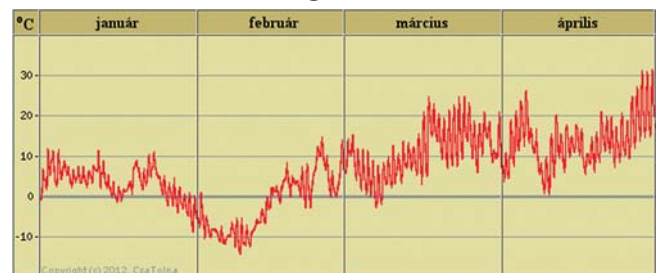
Az adatok összehasonlításából az látszik, hogy a két év márciusának első felében közel azonosan alakult az átlag lég-hőmérséklet 8–10 °C körül. A hónap második felében azonban 2012-ben az átlagos lég-hőmérséklet 15 °C körül, a fűtési határhőmérséklet felett, 2013-ban 5 °C körül alakult.

2013. évi hőmérsékleti diagram



A két első hónap szinte egymást ismételte, néha gyenge zimankóval. A szép tavasszal induló márciust az ünnep előtt fagy, hó, viharos szél és hófúvás váltotta fel, de pár nap múlva visszamelegedett az idő, hogy aztán megint nagy hó fedjen mindent. Április eleje esős márciusként, vége meleg májusként viselkedett, berobbant a több hetet késő kikelet.

2012. évi hőmérsékleti diagram



5. ábra. Hőmérsékleti diagramok

Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat
Mérőeszköz: a Terra Kft. időjárás automatája.
Mérési pont: Szekszárd, az Ybl Miklós utca 3. irodaház nyugati oldala.

Az 5 °C-os hőfokszinten a hőszivattyú futási %-a: $ART = 48\%$ ⁸

A hőszivattyúk fogyasztása 12/50 °C hőfokszinten:⁹

$$2 \times 10,3 \text{ kW} = 20,6 \text{ kW} + \text{a keringető szivattyú teljesítménye, } \sim 1,5 \text{ kW.}$$

A napi energiafogyasztás az 5 °C-os átlagos hőfokszinten:

$$Q_N = 22,1 \text{ kW} \times 24 \times 0,48 = 255 \text{ kWh villamos energia.}$$

A március második felében a többlet energiafogyasztás:

$$\sim 12 \text{ d} \times 255 \text{ kWh/d} = 3060 \text{ kWh.}$$

Ennek megfelelően a hőszivattyús rendszer valós (összehasonlítható) villamosenergia-fogyasztása:

$$6941 \text{ kWh} - 3060 \text{ kWh} = 3881 \text{ kWh.}$$

A villamosenergia-fogyasztás költsége:

$$3881 \text{ kWh} \times 28,1414 \text{ Ft/kWh} = 109\,216,8 \text{ Ft.}$$

A költségmegtakarítás:

$$302\,014 \text{ Ft} - 109\,216,8 \text{ Ft} = 192\,797,2 \text{ Ft.}$$

Fentiek szerint számítva a hőszivattyús megoldás 2013 márciusában 64%-os költségmegtakarítást eredményezett! Ez a számított költségmegtakarítás ebben az átmeneti időszakban teljesen a tervezettnél megfelelő, mert visszaszámítva ez az arány a rendszerre vonatkozóan $SCOP = 4,0$ értéknek felel meg.

Jelezzük, hogy az átlagos fűtési (illetve az átlagos hűtési) tényező várható értéke már a konkrét hőszivattyús rendszer tervezése során számítással, kis toleranciával, meghatározható. A hatékonysági mutatószám várható értékre szerződésalkötésekor bizonyos feltételek rögzítésével garanciát is lehet vállalni.

A létesített rendszer energia- és költség-hatékonysága

A létesített hőszivattyús rendszer nagy biztonsággal max. 63 °C-os előremenő fűtővíz hőmérséklettel és magas SPF értékkel képes a radiátor hőleadójú melegvízüzemű berendezést üzemeltetni.¹⁰

Az új terv alapján az eredetileg betervezett FWM70 frissvíz hőcserélőre és a háromjártú szelepre nincs szükség, mert a hőszivattyúk multifunkciósak, s külön körben állítják elő a használati melegvizet. További előny, hogy ezen a kútvíz hőfokszinten a GBI33 típusjelű hőszivattyúk kimenő fűtési teljesítménye 33 kW-ról 40 kW-ra nő, így ez a kisebb teljesítményű típus is elégséges a fűtési feladat ellátására, ami költségben előnyt jelent az előzőleg tervezett rendszerhez képest.

A költségekben további előnyt jelent, hogy a hőszivattyús rendszerben csak egy 800 literes puffertároló és egy 500 literes HMV tároló van beépítve.

A komplett hőszivattyús hőközpont beruházási költsége (napkollektorok nélkül): 10 944 633 Ft (nettó).

Ajánlott irodalom

Büki Gergely: Energiarendszerek jellemzői és auditálása.

MMK Energetikai Szakkönyvek sorozat.

Kiadó: PI Innovációs Kft., Szentendre, 2013.

David J. C. MacKay (ford.: Both Előd): Fenntartható energia – mellébeszélés nélkül. Kiadja a Vertis Zrt. és a Typotex Kiadó Kft. 2011

⁸ CLGS szondatervező programból vett, illetve számított adat.

⁹ 5 °C külső hőmérsékletnél a fűtővíz hőmérséklet nem nagyobb 50 °C-nál.

¹⁰ Meglévő radiátoros rendszer esetén meg kell vizsgálni annak a lehetőségét, hogy miképp lehet csökkenteni a fűtési hőfoklépcsőt $\Delta t_{\max} = 7 \text{ °C}$ -ra a szokásos $\Delta t_{\max} = 20 \text{ °C}$ helyett, így a max. hőlépcső 63/57 °C, ennek megfelelően a fűtési középhőmérséklet max. 60 °C.

Komlós Ferenc – Fodor Zoltán – Kapros Zoltán – Dr. Vajda József – Vaszil Lajos: Hőszivattyús rendszerek. Heller László születésének centenáriumára. Magánkiadás: Komlós F., Dunaharaszti, 2009