

Animal welfare, etológia és tartástechnológia



Animal welfare, ethology and housing systems

Volume 9

Issue 3

Különszám/Special Issue

Gödöllő
2013



LEVEGŐ-VÍZ HŐSZIVATTYÚ ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGE AZ INTENZÍV RECIRKULÁCIÓS HALTENYÉSZTÉSI RENDSZERBEN

Géczi Gábor¹, Korzenszky Péter², Szabó Tamás³, Bense László⁴, Urbányi Béla³

Szent István Egyetem, Gödöllő

¹GEK, Környezetipari Rendszerek Intézet, Környezettechnika Tanszék

²GEK, Folyamatmérnöki Intézet, Méréstechnika Tanszék

³MKK, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Halgazdálkodási Tanszék

⁴GEK, Mechanika és Géptani Intézet, Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Gépek Tanszék

2103 Gödöllő, Páter Károly út 1.

geczi.gabor@gek.szie.hu

Összefoglalás

A hőszivattyús alkalmazások terjedése annak köszönhető, hogy felismertük a tény: részben ez is megújuló energiaforrás. Legalábbis olyan mértékben, amilyen COP-értékkel (Coefficient of Performance) éppen működik. A levegő-víz hőszivattyúk is egyre nagyobb területet követelnek maguknak, és már téli időszakban is képesek egy lakás vagy irodaépület fűtésére, HMV-ellátására, vagy kültéri úszómedencék esetén a medence vizének felfűtésére és hõn tartására.

Az utóbbi években egyre nagyobb igény mutatkozik a hazai haltenyésztés minõségi fejlesztésére. A pontyközpontú halastavi haltenyésztés mellett egyre több hazai szakember érdeklõdik az intenzív haltenyésztés iránt. Környezetvédelmi és víztakarékossági szempontból a recirkulációs rendszerû haltartás a leghatékonyabb. Recirkulációs rendszerekben olyan halfajok tenyésztése gazdaságos, amelyek viszonylag magas áron értékesíthetõk a piacon. Akár idegenhonos (afrikai harcsa, tilápia, barramundi), akár hazai (süllõ, csapó sügér, egyes tokfélék, aranyhal) fajokról legyen szó, intenzív táplálékfelvétel és -hasznosítás, ebbõl következõen gyors növekedés, viszonylag magas tartási hõmérsékleten érhetõ el. A nevelési vízhõmérséklet fajtól függõen 20-28°C között változik.

A víz temperálására a hazai éghajlati körülmények között feltétlenül szükség van az év bizonyos szakaszaiban. Cikkünkben bemutatott egyszerűsített recirkulációs rendszerrel szeretnénk bizonyítani, hogy a halnevelõ medencék temperálása levegõ-víz rendszerû hőszivattyúkkal egyszerűen és gazdaságosan kivitelezhetõ.

Kulcsszavak: hőszivattyú, recirkuláció, haltenyésztés

Possibility of air-to-water heat pump application in the intensive recirculating fish farming system

Abstract

The spread of heat pump applications is due to the fact realized that these are also renewable energy sources; at least up to the extent of COP value (Coefficient of Performance). The use of air-to-water heat pumps is increasing and nowadays these are adapted for heating dwelling house or office building and hot water supplies all seasons or these can be used effectively for heating and regulating the temperature of water in outdoor swimming pools. In the last few years the demand for innovation has increased in freshwater aquaculture in Hungary.



It appears that more and more experts in the field of aquaculture have been interested in the intensive systems for fish keeping. In recirculation systems rearing of high market value fish species is economical. The optimal temperature of water depends on the fish species and usually varies between 20-28°C.

Under the climate of Hungary, is necessary throughout the year except the hot summer months. Our study proves that water heating in a small recirculation system can be easily and economically carried out by the application of air-to-water heat pumps.

Keywords: heat pump, recirculation, fish-farming

Irodalmi áttekintés

Az utóbbi években egyre nagyobb igény mutatkozik a hazai haltenyésztés minőségi fejlesztésére. A pontyközpontú halastavi haltenyésztés mellett egyre több hazai szakember érdeklődik az intenzív haltenyésztés iránt.

Vízfelhasználás szempontjából kétféle intenzív halgazdálkodási formát ismerünk. A víz útja szerint megkülönböztetünk folyamatos áramlású rendszereket, melyekben a vizet a rendszeren való átfolyása után elvezetik, illetve ketreces tartásnál átfolyik a rendszeren, továbbá víz visszaforgatásos rendszereket, melyekben a víz tisztításra kerül, és zárt körforgásban marad. Ez utóbbit nevezzük recirkulációs rendszernek. A rendszer előnye, hogy a külső környezettől elszigetelt, ami lehetővé teszi a víz valamennyi paraméterének ellenőrzését és szabályozását. E rendszerekben a behurcolt kórokozók és kockázati tényezők mennyisége jelentősen kisebb, a folyamatosan biztosított felügyelet miatt. Hátránya a magas beruházási, majd a magas energetikai költség, valamint a bonyolult technológiától való függés. A recirkulációs rendszerekre általában jellemző, hogy a víz egy része távozik a rendszerből, ezért szükség van vízutánpótlásra. A napi szinten betáplált friss víz mennyisége általában a teljes volumen 10%-a.

Recirkulációs rendszerekben olyan halfajok tenyésztése gazdaságos, melyek viszonylag magas áron értékesíthetők a piacon. Akár idegenhonos (afrikai harcsa, tilápia, barramundi), akár hazai (süllő, csapó sügér, egyes tokfélék, aranyhal) fajokról legyen szó, intenzív táplálékfelvétel és -hasznosítás, ebből következően gyors növekedés viszonylag magas tartási hőmérsékleten érhető el. A nevelési víz hőmérséklet fajtól függően 20-28°C között változik. A víz temperálására – a hazai éghajlati körülmények között – feltétlenül szükség van az év bizonyos szakaszaiban. Ez megoldható termálkútra alapozott vízkivétellel, gázkazán alkalmazásával, és külföldön már található példa hőszivattyús rendszerre is (Péteri és mtsai, 2013).

Szerencsére az utóbbi időben egyre népszerűbb a hőszivattyú, számos alkalmazási példa kerül a nyilvánosság elé, folyamatosan olvashatjuk a lehetőségeket, a fejlesztéseket – egyértelmű a terjedése. Csupán a teljesség kedvéért röviden a tények: a hőszivattyús technika nem új, az alapvető Sadi Carnot francia fizikus, matematikus fogalmazta meg 1824-ben a Carnot-körfolyamat bevezetésével. Ezek alapján képesek vagyunk alacsonyabb hőmérsékletű közegből hőt elvonni és egy magasabb hőmérsékletű közegnek azt leadni, energia befektetés árán. A fűtési célokra alkalmazott hőszivattyú elvét 1852-ben James Joule és William Thomson alkotta meg. Ezt felhasználva Peter Ritter von Rittinger készítette el 1856-ben az első ipari hőszivattyút, amelyet só szárítására alkalmaztak a sóbányákban. A legnagyobb mérföldkő az alkalmazásukban 1938-ban történt, amikor a zürichi városháza fa tüzelésű kályháit hőszivattyúkra cserélték, amelynek a hőforrása a Limmat folyó vize volt. Ma már számos példát láthatunk irodaházakban, fürdőkhöz, családi házakban és állami intézményekben –, mint például a német Bundestag épülete – a hőszivattyúk működtetésére (Komlós és mtsai, 2009; Zogg, 2008).

A hőszivattyú technológiai fejlesztése során, 1948-tól nagy áttörést jelentett a Heller László közreműködésével kidolgozott kompresszoros hőszivattyú. A világhírű műegyetemi professor, akadémikus 1948-ban védte meg doktori disszertációját Zürichben, amelynek témája a hőszivattyúk alkalmazásának technikai, gazdasági feltételei voltak (Heller, 1948). A hőenergetikával foglalkozó iskolateremtő professor elképzelései között szerepelt a Parlament és a Műegyetem épületének hőszivattyús fűtése, a Duna vizét felhasználva hőforrásként. A hőszivattyúk világméretű terjedésével, napjainkban beigazolódnak a gondolatai (Kömlös és mtsai, 2009).

Az eddigi példákból is látható, hogy a hőszivattyú tulajdonképpen egy hűtőgép, hiszen a környezetünkből hőt vonunk el, de a lényeg, hogy ezt a hőt hasznosítjuk. Az alkalmazások során egy alacsonyabb hőmérsékletű helyről (talaj, víz, levegő) történik a hőelvonás és a hőt egy már magasabb hőmérsékletű helyre szállítjuk, ami csak energia befektetés segítségével lehetséges.

Levegő-víz hőszivattyú esetén az elnevezésből egyértelműen kiderül, hogy használatuk során a környezeti levegőből elvont hő hasznosul (az elpárologtató a környezeti levegőt hűti). A „hűtős” szakzsargonral szólva a kondenzátor oldalon érvényesül a hőhasznosulás, amely a víz hőmérsékletének emelésére fordítódik (Dexheimer, 1985; Lund, 1988; Reay és Mac Michael, 2008).

Anyag és módszer

Kutatásaink során egy Microwell gyártmányú levegő-víz rendszerű hőszivattyú haltenyésztési rendszerekben történő alkalmazásának lehetőségét vizsgáltuk egy egyszerűsített modell segítségével. Mérési eredményeinkkel szeretnénk igazolni, hogy a hőszivattyúk használata költséghatékony és környezetbarát módon járulhat hozzá a tenyésztési idő kitolásához. A Szent István Egyetem Halgazdálkodási Tanszékén összeállítottunk egy egyszerűsített recirkulációs rendszert hőszivattyúval, amelynél az üzemi paramétereket folyamatosan mérjük és rögzítjük. A mérőkör elrendezési vázlatát az 1. ábra mutatja.

1. ábra: Egyszerűsített recirkulációs modell hőszivattyúval

Jelmagyarázat (Note)

Technológiai víz (Water flow): ———

Mérési pontok (Measuring points): •

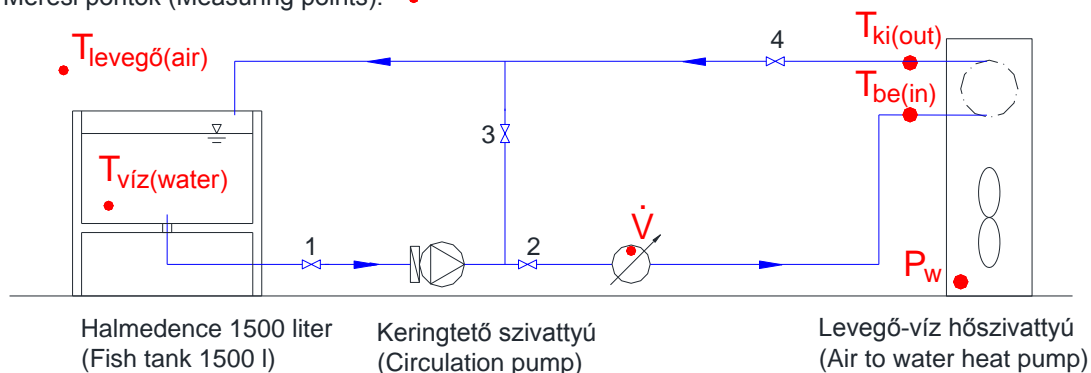


Fig. 1. Simplified recirculation model with heat pump

A vizsgálatok során 1500 liter vizet melegítettünk fel egy HP700 (Microwell, Šaľa, Szlovákia) típusú hőszivattyúval a kívánt 22-24°C-os hőmérsékletre, és több héten keresztül ezen a hőmérsékleten tartottuk. A vizsgálatok során NiCr-Ni hőelem segítségével mértük a halmedencében lévő víz T_{viz} (°C) és a környezeti levegő hőmérsékletét $T_{levegő}$ (°C).

A hőszivattyú hatékonyságának megállapításához mértük a hőszivattyúba belépő és kilépő víz hőmérsékletét T_{be} és T_{ki} (°C), valamint ARAD Woltman Silver Turbó (WST model, Arad Hungária, Miskolc, Magyarország) mechanikus áramlásmérővel a víz térfogatáramát. A víz térfogatáramát a visszatérő ág csapjának zárásával a haltenyésztésben elfogadott $\dot{V} = 70$ l/min mennyiségre állítottuk be és állandó értéken tartottuk. Actaris SL7000 (Ganz Mérőgyár Kft., Gödöllő, Magyarország) típusú teljesítménymérő segítségével mértük az elektromos teljesítményt P_w , (W), és az áramfelvételtől következtettünk a hőszivattyú üzemidejére.

A felsorolt paraméterek mérését és tárolását ALMEMO 2590-9 mérő és adatgyűjtő rendszerrel (Ahlborn, Holzkirchen, Németország) valósítottuk meg. A bemutatott egyszerűsített recirkulációs modellt, a kapcsolódó mérőeszközökkel a 2. ábra mutatja be.

2.ábra: Hőszivattyús modell a Szent István Egyetem Haltenyésztési Tanszékén



Fig. 2. Heat pump application at the Department of Aquaculture in Szent István University

A felsorolt paraméterek lehetővé teszik, hogy egy-egy ciklusra vetítve a temperálás energia szükségletét, illetve ennek költségét az adott külső hőmérséklet mellett meghatározzuk. Ezen kívül kiszámíthatjuk a hőszivattyúk hatékonyságát, „jóságát” kifejező teljesítmény tényezőt is, közismertebb nevén a bevezetőben említett COP értéket. A pillanatnyi COP érték éppen azt mutatja meg, hogy egységnyi befektetett villamos energiából mennyi termikus energiát állít elő az adott hőszivattyú, vagyis az elért hőtjeljesítmény, \dot{Q}_h (W) és a befektetett elektromos teljesítmény P_w , (W) hányadosa (1. képlet) (Kömlös és Fodor, 2011; Randy és Turner, 2011).



$$1. \text{ képlet: } COP = \frac{\dot{Q}_h}{P_w}$$

A COP értéket természetesen meghatározza az elpárologtató és a kondenzátor hőmérséklete, ami egy haltenyésztési rendszerben történő alkalmazás során a környezeti levegővel és a halmedence vizének hőmérsékletével azonosítható. Az is nyilvánvaló, hogy alacsonyabb léghőmérséklet és/vagy magasabb medencevíz hőmérséklet esetén a hőszivattyú hatékonysága rosszabb, de ennek mértékéről a gyártók által közölt – sokszor ideális esetekre érvényes – COP érték nem mindig tanúskodik.

A víz hőmérsékletének figyelembe vételével a fajhő c_p , ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$) és a sűrűség ρ , ($kg \cdot m^{-3}$) értékek táblázatokból kiolvashatók, és ezek alapján a pillanatnyi hőteljesítmény a 2. képlet szerint számítható.

$$2. \text{ képlet: } \dot{Q}_h = c_p \cdot \rho \cdot \dot{V} \cdot (T_{ki} - T_{be})$$

Eredmények és értékelés

Az előzőekben bemutatott egyszerűsített recirkulációs modellt 2013. szeptember hónapban helyeztük üzembe. Hetes ciklusokban változtattuk a halnevelő medence hőmérsékletét, a mérések során halak nem voltak a medencében. A 3. ábrán szeptember 12-től 18-ig tartó kísérlet paramétereit mutatjuk be. Ebben a ciklusban az adatrögzítést 12-én, pénteken 11:00 órakor kezdtük. A halmedence vizének a célhőmérséklete 21-24°C volt. A szélsőséges időjárás segített abban, hogy különböző külső körülmények mellett kapjunk információkat. Az adatrögzítés első napján napsütés volt a jellemző, a 3. ábrán látható, hogy a maximális levegő hőmérséklet elérte a 18°C-t. A mérést az előző vizsgálatból adódó 25°C-os vízhőmérséklettel kezdtük meg, így a hőszivattyú először csak az éjfél körül kapcsolt be. A hőszivattyú működését az áramfelvétel mutatja. A 3. ábrából látható, hogy kb. 1 órás működés során 21°C-ról 25°C-ra emelte a víz hőmérsékletét. Szombaton egész napos esőzés mellett a levegő hőmérséklete szinte állandó, a hőszivattyú kétszer is bekapcsolt kb. 1-1 órára. Vasárnap és hétfőn nyáriasra fordult az időjárás, a halmedence vizének a hőmérséklete nagyon lassan hűlt, a hőszivattyú mindkét napon csupán éjfél után kapcsolt be. Azon a héten keddre az időjárás gyökeresen megváltozott és egy erős hidegfrontnak köszönhetően a levegő hőmérséklete erősen lecsökkent, szerdán a reggeli órákban nem érte el 8°C-t. Csütörtökön a reggeli órákban 142 órás folyamatos mérés után az adatrögzítést befejeztük. A vizsgálat során a tervezett 2-3°C-os ingadozás helyett kb. 5°C-os histerézist tapasztaltunk. Haltenyésztés szempontjából pontosabb szabályzásra lesz szükségünk, de a kapott eredmények az energetikai következtetésre alkalmasak.

A rendelkezésre álló adatokból megállapítható, hogy a medence vizének hőmérsékletét 22,5°C átlaghőmérsékleten tudtuk tartani, 14,1°C környezeti hőmérséklet mellett. A hőszivattyú 11-szer kapcsolt be 1-2,5 órás tartamra, összesen 18 órát üzemelt. 1,41kW átlagos teljesítmény felvétel mellett ez 25,38kWh energiafogyasztást jelent, ami a jelenlegi lakossági árakkal átszámítva kb. 1300 Ft-os költséget feltételez.

3. ábra: A halmedence víz hőmérsékletének alakulása

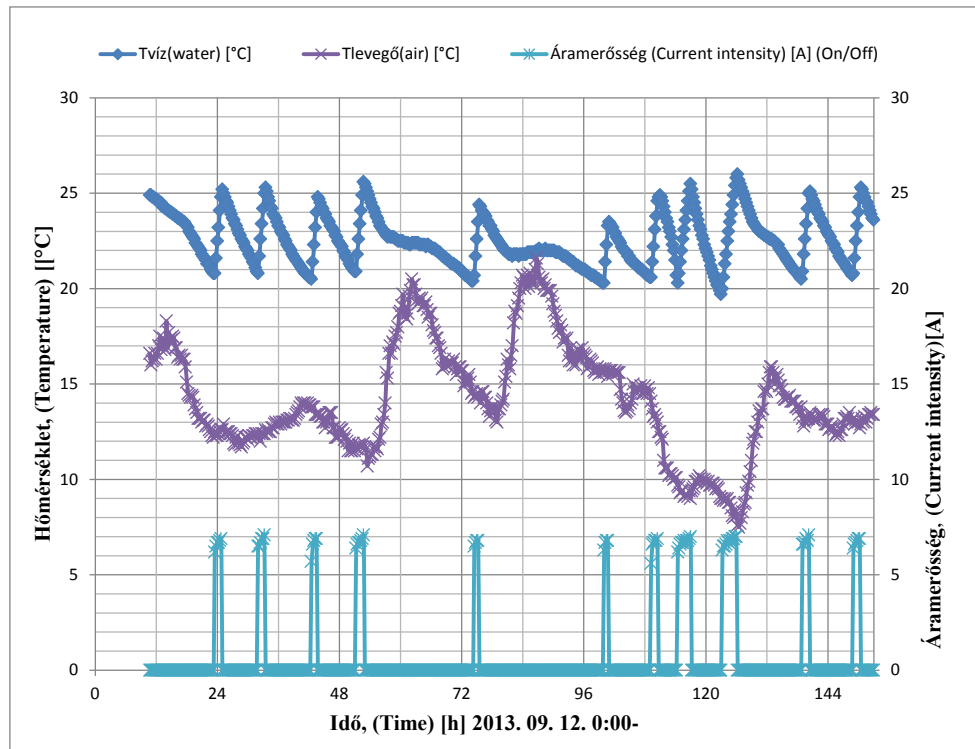


Fig. 3. Change of the temperature of fishpool by time

A hőszivattyú elemzéséhez a 4. ábrán, az előző ábra egy példaként kiragadott részletét mutatjuk be. Látható, hogy az adatrögzítés második napján reggel 8:00 körül a medence vizének hőmérséklete 21°C alá csökkent és a hőszivattyú bekapcsolt. A medence vizének áramoltatása során a hőszivattyú átlagban $\Delta T_{\text{hőszivattyú}} = 1,3 \pm 0,02^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet különbséget ért el a beállított $\dot{V} = 70 \text{ l/min}$ térfogatáram mellett. Ez a hőmérséklet különbség a hőszivattyú bemeneti és kimeneti oldalán mérhető, és a 4. ábrán látható, hogy kb. 1 óra alatt, $4,5^{\circ}\text{C}$ -kal emelte meg az 1500 liter víztömeg hőmérsékletét.

A hőszivattyú működésére jellemző COP érték meghatározásához a fajhőt $c_p = 4,182\text{--}4,184 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ értékkel a víz sűrűségét pedig $\rho = 997,7\text{--}998,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ értékkel kalkuláltuk a hőmérséklet függvényében. Az elektromos teljesítmény a környezeti paraméterek függvényében $P_w = 1,28\text{--}1,46 \text{ kW}$ értékre adódott. Ezen értékek, valamint az 1. képlet és a 2. képlet segítségével, a pillanatnyi COP értékeket számítással határoztuk meg. A hőszivattyú bekapcsolásakor a működést COP= 4,92 érték jellemezte, amely elsősorban a medence víz hőmérsékletének emelkedése miatt COP= 4,31 értékre csökkent.

4. ábra: A hőszivattyú működését bemutató paraméterek az idő függvényében (részlet)

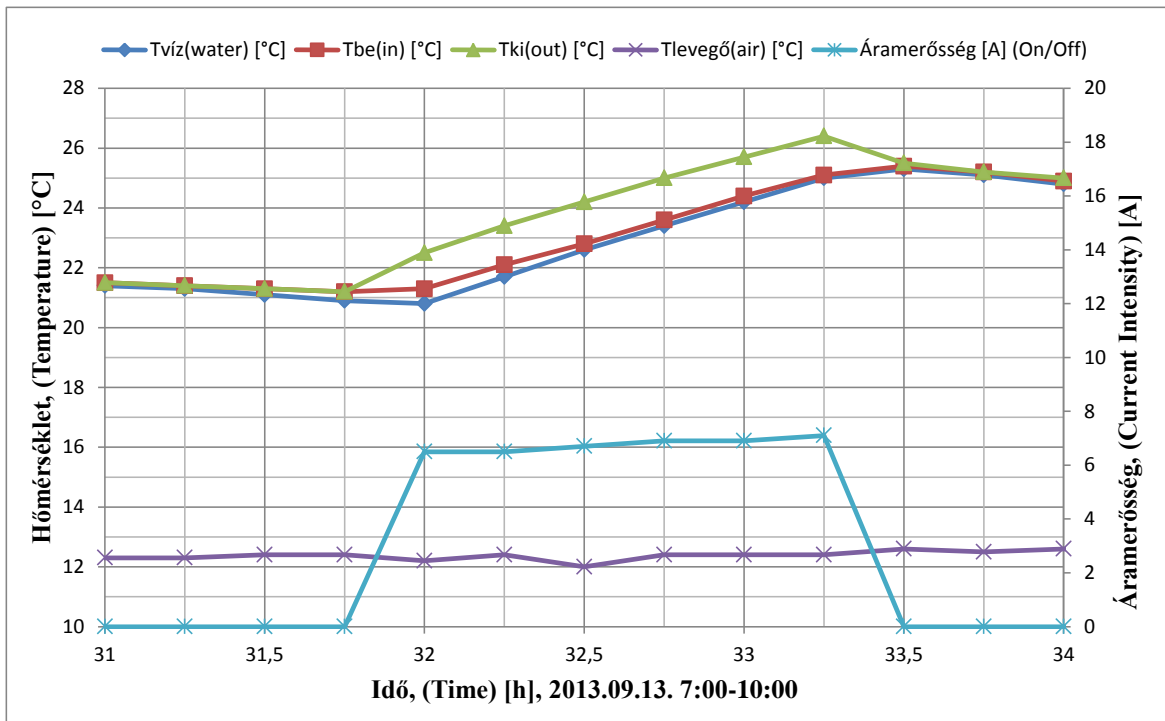


Fig. 4. The operating parameters of heat pump by time

Következtetések és javaslatok

A vizsgált őszi időszakban, a hőszivattyú hatékonyságát illetően, COP= 4,31-nél rosszabb értéket nem kaptunk. Ez alapján megállapíthatjuk, hogy a levegő-víz hőszivattyúk alkalmazása ideális megoldás a haltenyésztési rendszerekben található medencék vízének melegítésére, hűntartására. A tavaszi és őszi időszakban, a levegő hőmérséklete (elpárolgató hőmérséklete) már/még megfelelő ($T \approx 15-20^{\circ}\text{C}$) és a medence vízhőmérséklete (a kondenzátor hőmérséklete) ideális ($T \approx 21-25^{\circ}\text{C}$), egy hőszivattyús alkalmazásra.

A halmedencék fűtése, temperálása természetesen többletköltséget jelent a tenyésztési technológiában, ugyanakkor a nagyobb halszaporulat, a biztonság megtérülhet. A jelenlegi árak mellett Magyarországon a levegő-víz hőszivattyú alkalmazása kb. 30%-os költség-megtakarítást jelent, ha temperálás mellett dönt a tenyésztő. További előny, hogy a hűntartás ezzel a módszerrel közel 50%-os CO_2 -kibocsátás csökkenést eredményezhet a fosszilis energiahordozók alkalmazásával szemben (számított kibocsátás $0,56 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$ villamos energia és $1,96 \text{ kgCO}_2/\text{m}^3$ földgáz értékekkel).



Köszönetnyilvánítás

Kutatásainkat „Az oktatás és kutatás színvonalának emelése a Szent István Egyetemen” TÁMOP 4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0003 számú és a „Kutató Kari Kiválósági Támogatás – Research Centre of Excellence” – 17586-4/2013/TUDPOL számú projektek támogatták. Köszönetünket szeretnénk kifejezni a Microwell Magyarország Kft.-nek a közreműködésért.

Irodalomjegyzék

- Dexheimer, R. D.* (1985): *Water-Source Heat Pump Handbook*. National Water Well Association, Worthington, OH.
- Heller L.* (1948): *Die Bedeutung der Wärmepumpe bei thermischer Elektrizitätserzeugung*. Universitätsdruckerei. Budapest, doktori disszertáció.
- Komlós F., Fodor Z., Kapros Z., Vajda J., Vaszil L.* (2009): *Hőszivattyús rendszerek (Heat Pump Systems)*. Magánkiadás, ISBN: 9789630675741, 215.
- Komlós F., Fodor Z.* (2011): *Városok hőszivattyús fűtése. Átfogó tervre lenne szükség*. Magyar Épületgépészet, 60. 5.
- Lund, J. W.* (1988): *Geothermal Heat Pump Utilization in the United States*. Geo-Heat Center Quarterly Bulletin, 11. 1.
- Péteri A., Janurik E., Kepenyés J.*, (2013): *A recirkulációs rendszerekben történő üzemi halnevelés biológiai és technikai háttere, valamint Kelet-Európai alkalmazásának lehetőségei*. Magyar Akvakultúra Szövetség, 56.
- Randy, F. P., Sr. Turner, L. C.* (2011): *HEAT PUMPS Operation, Installation, Service*. Eco press, Mount Prospect, Illinois.
- Reay, D.A., Mac Michael, D.B.A.* (2008): *Heat pumps*. Pergamon Books Inc., Elmsford, NY. (United States). 350.
- Zogg, M.* (2008): *History of Heat Pumps - Swiss Contributions and International Milestones*. Final report. Swiss Federal Office of Energy, Berne.