

HŐSZIVATTYÚ A JÖVŐBEN

HEAT PUMP IN THE FUTURE

Hornyák Gábor¹, Bozzay Péter²

ABSTRACT

The energy demand for heating and cooling is constantly increasing. The European Union wants to achieve a carbon-neutral economy by 2050. Heat pump systems offer an economical alternative to help achieve these goals.

1. BEVEZETÉS

A hőszivattyús rendszerek gazdaságos alternatívákat kínálnak a különböző forrásokból származó hő visszanyerésére különféle ipari, kereskedelmi és lakossági alkalmazásokhoz. Mivel az energiaköltség folyamatosan emelkedik, elengedhetetlen az energiamegtakarítás és az általános energiahatékonyság javítása. Ennek fényében a hőszivattyú kulcsfontosságú elemévé válik egy energia-visszanyerő rendszernek, amely nagy energiamegtakarítási potenciállal rendelkezik. A hőszivattyúk teljesítményének, megbízhatóságának és környezeti hatásainak javítása folyamatos fejlődést okoz a szakemberek számára. A hőszivattyús rendszerekben a közelmúltban elért fejlődés középpontjában a hővel és munkával működtetett rendszerek, fejlett körfolyamatok tervezése és továbbfejlesztése áll, különböző munkaközegek alkalmazásával, valamint szélesebb körben történő kihasználásával [1].

Az előrejelzések szerint a 2070-es évekre jelentősen meg fog növekedni a hűtés igénye a régiókban. Az épületszektor, amely magába foglalja a lakó-, köz- és kereskedelmi ingatlanokat is, közvetlenül és közvetve a világ végső energiafogyasztásának 30%-át teszi ki. A fűtési és hűtési rendszerek különösen kritikus területek az épületek károsanyag kibocsátásában, körülbelül 45%-ért felelősek, ennek oka, hogy az energia több mint 55%-át továbbra is fosszilis tüzelőanyagokból állítják elő (Magyarországon 37,83%). Továbbá becslések szerint az épületek alapterülete 2070-re várhatóan megduplázódik. [2].

2. HŐSZIVATTYÚ MŰKÖDÉSI ELVE

A termodinamika második főtétele szerint a hő spontán áramlik a magasabb hőmérsékletű tartományból az alacsonyabb hőmérsékletű tartományba. A hő

önszántából nem áramlik az alacsonyabb hőmérsékletűről a magasabbra, de munkavégzés esetén ebbe az irányba is áramoltatható. Az adott hőmennyiség átadásához szükséges munka általában sokkal kisebb, mint a hőmennyiség, ez az oka a hőszivattyúk használhatóságának a víz melegítésére és épületek belsejének hűtésére.

A hőmennyiség (Q) alacsonyabb hőmérsékletű tárolóból, például környezeti levegőből, magasabb hőmérsékletű tárolóba, például egy épület belsejébe történő eljuttatásához szükséges munka mennyisége a következő:

$$W = \frac{Q}{COP} \quad (1)$$

Ahol

W a hőszivattyú kompresszora által a munkaközegen végzett munka (J),

Q az alacsonyabb hőmérsékletű tárolóból a magasabb hőmérsékletű tartályba továbbított hő (J),

COP a hőszivattyú teljesítménytényezője a pillanatnyi hőmérsékleti viszonyok mellett [3].

3. HŐSZIVATTYÚK TÍPUSAI ÉS ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI

Hőszivattyú típusok:

- Levegő (*levegő-víz, levegő-levegő*)
- Geotermikus hőszivattyú (*talaj, talajvíz*)
- Elszívott levegő (*levegő-levegő, levegő-víz*)
- Napelemes (*hőszivattyú + napelem integráció*)
- Vízforrású (*víztest a hőforrás*)
- Hibrid (*levegő + talaj kombinált*)

Hőszivattyúk alkalmazási lehetőségei

Épületek és járművek fűtése és hűtése: Jellemzően gőzkompressziós hűtőberendezés, amely egy irányváltó szelepet és optimalizált hőcserélőket tartalmaz, így a hőáramlás (*hőenergia mozgása*) irány megfordítható [4].

¹ energetikai mérnök MSc hallgató, Miskolci Egyetem

² tanszéki mérnök, Miskolci Egyetem Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

Vízmelegítés: Általában a hőt kültéri levegőből vonják ki és egy beltéri víztartályba továbbítják, egy másik változat pedig a belső levegőből vonja ki a hőt, hogy segítse a helyiség hűtését [5].

Távfűtés: Lehetséges hőforrásai a szennyvíz, környezetvíz, ipari hulladékhő, geotermikus hő, füstgáz, távhűtési hulladékhő és napenergia-tárolásából származó hő. A nagyméretű távfűtési hőszivattyúk hőenergia tárolással kombinálva nagy rugalmasságot kínálnak a változó megújuló energia integrálásához [5].

Ipari fűtés: Az ipari hőszivattyúk alkalmazása nagy lehetőség az ipar energiafogyasztásának és a kapcsolódó üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére. Egy 2015-ben lezárult nemzetközi együttműködési projekt megállapítása alapján rövid, 2 évnél rövidebb megtérülési idők lehetségesek, miközben a CO₂ kibocsátás nagymértékben (*akár >50%*) csökkenhet [6].

A hőszivattyús rendszerek gazdaságos alternatívákat kínálnak a különböző forrásokból származó hő visszanyerésére különféle ipari, kereskedelmi és lakossági alkalmazásokhoz. Mivel az energiaköltség folyamatosan emelkedik, elengedhetetlen az energia-megtakarítás és az általános energiahatékonyság javítása. Ennek fényében a hőszivattyú kulcsfontosságú elemévé válik egy energia-visszanyerő rendszernek, amely nagy energiamegtakarítási potenciállal rendelkezik. [7].

4. HŐSZIVATTYÚ ENERGIAHATÉKONYSÁGÁNAK NÖVELÉSE

- Töblépcsős ciklusok

A töblépcsős rendszerek egynél több kompresszió fokozatot alkalmaznak és összetett vagy kaszkád rendszerekként osztályozhatók [19]. Az egyfokozatúhoz képest a töbléfokozatú rendszernek kisebb a kompressziós aránya és nagyobb a kompressziós hatékonysága minden egyes fokozatban, ugyanakkor nagyobb a hűtési hatás, alacsonyabb a kibocsátási hőmérséklet és nagyobb a rugalmassága [20, 21].

- Kompresszor teljesítményének növelése

A gőz-sűrítési ciklus energiafogyasztásának minimalizálása érdekében az egyik kulcsfontosságú szempont a kompresszor energiafogyasztásának csökkentése a kívánt kompressziós arányhoz, azaz a kompresszor teljesítményének javítása. Az elmúlt években a scroll kompresszor feltalálása a kompresszortechnika jelentős technológiai áttörésének tekinthető. A szívó- és kiürítési folyamat elkülönül, ami azt jelenti, hogy a szívógázhoz nem adnak hőt, amikor az belép a kompresszorba, ellentétben a dugattyús kompresszorral [7, 8].

- Új hűtőközegek

A HFO (*Hidrofluoroolefin*) hűtőközegek az egyik legszélesebb körben használt hűtőközeg a hőszivattyús és légkondicionáló rendszerekben. Korábbi társához a HFC-hez (*Hidrofluorocarbon*) képest jelentősen kisebb a környékárosító hatásuk. Új hűtőközegek kiválasztása esetén szempont, hogy a hűtőközeg termodinamikai tulajdonságai hasonlóak legyenek a kiváltandó közegekéhez, mely esetben minimális a meglévő rendszerek újratervezésének vagy újra-konfigurálásának szükségessége [9].

Hőszivattyúk üzemmodjai

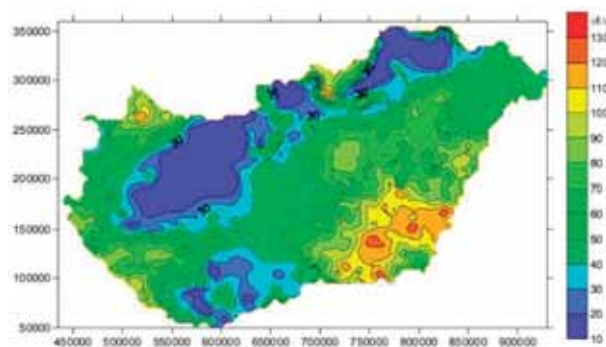
A helyiségek fűtésére szolgáló hőszivattyúk – a peremfeltételektől függően – alapvetően eltérő módokon üzemeltethetőek. A választott üzem mód mindenekelőtt a helyiségben található, illetve tervezett hőleadó rendszertől és a választott hőforrástól függ [10].

Monovalens üzem mód: A hőszivattyú a fűtés és a melegvíztermelés teljes hőigényét fedezi. Ehhez a talaj és a talajvíz optimális hőforrás, mivel ezek a hőforrások a külső hőmérséklettől szinte függetlenek és alacsony hőmérsékletek mellett is elegendő hőt szállítanak [10].

Bivalens üzem mód: A hőszivattyú mellett használatra kerül egy második hőtermelő is, gyakran egy meglévő kazán. Az alapellátást a hőszivattyú biztosítja, meghatározott külső hőmérséklettől, pl. 0 °C alatt pedig bekapcsolódik egy kazán. Gazdasági okokból ezek a rendszerek időközben már kikerültek a fókuszból [10].

Monoenergetikus üzem mód: Az energiacsúcsokat integrált elektromos kiegészítő fűtéssel fedezik. Ez a rásegítő fűtés ideális esetben a melegvíztermelés és a fűtés támogatására is alkalmas. [10].

5. MAGYARORSZÁG, MINT GEOTERMIKUS ENERGIA NAGYHATALOM



5.1. Hőáramsűrűség eloszlás a felső-pannóniai réteg fekéjében (mW/m²) [11]

A Pannon-medence alatt a földkéreg meglehetősen vékony, 60-100 km vastagságú, ami a miocénben való kivékonyodás következménye. E tény miatt sorolják ma Magyarországot geotermikus adottságai vonatkozásában Európa élvonalába [11]. A 70-90 mW/m² kontinens-átlaggal szemben a Kárpát-medencei átlagos hőáram-sűrűség 80-110 mW/m², a maximum érték pedig 90-120 mW/m². A földi hőáramsűrűség (*hőáram, hőfluxus*) a hőenergia-áramlást jellemzi, amely az egységnyi föld-felületen, egységnyi idő alatt átáramló hőmennyiséget mutatja meg. A Pannon-medencében az átlagos geotermikus gradiens – amely a felszín alatti hőmérséklet növekedést jellemzi – 50 °C/km, aminek oka a hőáram-sűrűségen kívül a medencét jellemző agyagos-homokos üledék, amely jó szigetelő tulajdonságokkal rendelkezik. Éppen ezért a geotermikus gradiens értéke az Alföldön és a Dél-Dunántúlon a legnagyobb hazánkban [11].

6. GEOTERMIKUS HŐSZIVATTYÚK

A geotermikus hőszivattyúk vagy talajhőszivattyúk a földi forrásokból származó alacsony minőségű hőenergiát használják. Egy 1912-ben Heinrich Zoelly által kiadott svájci szabadalom az első utalás a geotermikus hőszivattyús rendszerekre. Az Egyesült Államokban néhány földi és talajvíz hőszivattyús rendszert közvetlenül a második világháború előtt telepítettek, majd a háború után a telepítések száma tovább növekedett. Ebben az időben tucatnyi kutatási projektet végeztek az amerikai villamosenergia-szolgáltatók, majd a tovább kutatás és érdeklődés hanyatlani látszott az 1970-es olajválságig. Az 1980-as években megalakult a Nemzetközi *Ground Source Heat Pump Association (IGSHPA)*, amely a zárt ciklusú talajhőszivattyúk méretezési protokolljának kifejlesztésén dolgozott. Az 1990-es években indult gyors növekedésnek a talajhőszivattyú piac az Egyesült Államokban és Európában, elősegítve a különböző mérnöki szakmai szervezetek növekedését és újabbak megalakulását. Mára a „geotermikus hőszivattyús rendszer” egy mindent magába foglaló kifejezéssé vált. Olyan hőszivattyús rendszer, amely a földet, talajvizet és felszíni vizet vagy más földi hőt használ fel hőforrásként és/vagy elnyelőként. Más néven is megtalálhatóak, mint: föld/talajhőszivattyú, talajvíz hőszivattyú, talaj-csatlakozású hőszivattyú, felszíni víz hőszivattyú [12].

Geotermikus hőszivattyúk csoportosítása hőforrások alapján:

- **Felszín közeli hőenergia (napenergia):** Szezonálisan tárolódik a talajban és 0,80...1,50 m mélységben vízszintesen fektetett, úgynevezett talajhő kollektorokkal hasznosítható.

- **Geotermikus hő:** A Föld mélyéből áramlik a felszín felé és 150 m mélységig függőlegesen elhelyezett talajszondákkal hasznosítható. Mindkét esetben zárt rendszerként víz és fagyálló folyadékok (pl. etilén-glikol) keveréke kering.

A talajkollektorok előnye, hogy kedvező költségűek és magas az éves teljesítményszámuk. Hátrányuk, hogy nagy a felületigényük, szakszerűtlen fektetés esetén „légzsákok” alakulhatnak ki, illetve a telepítés területe nem beépíthető [10].

A talajhőszondák előnyei, hogy nagy a megbízhatóságuk, kis helyigényűek és magas az éves teljesítményszámuk. Hátrányuk, hogy rendszerint magasabb a beruházási költségük, illetve nem minden területen lehetséges az alkalmazásuk [10].

A talajvíz hőszivattyúk előnye a magas teljesítményszám és a csekély helyigény. Hátránya, hogy nyílt a rendszer, karbantartási igénye van, továbbá szükséges a vízvizsgálata [10].

1. táblázat Hőforrás kiválasztása [10]

Tényezők	Felületi kollektor	Talajszonda	Talajvíz
Helyigény	+	+++	+++
Hatékonyaság	+++	+++	+++
Beruházási költség	+++	+	+
Üzemeltetési költség	+++	+++	+++
Beépítés	++	+++	++
Karbantartás	+++	+++	+++
Engedélyezés	+++	++	++

+++ nagyon jó, ++ jó, + megfelelő

7. HŐSZIVATTYÚ LÉTJOGOSULTSÁGA

A hőszivattyúk hasznosságának szemléltetésére egy számítási példa, amelyben a működtető energia, illetve a villamos motor hajtása nem 100%-ban megújuló energiaforrásból származik.

- Magyarországon a villamosenergia-termelés 14,65 %-ban megújuló energiaforrásból származik [14] és
- a példában szereplő villamos hőszivattyú szezonálisteljesítmény-tényezője: SPF = 4,0 (25% befektetett munka, 75% környezetből átvett ún. zöldhő).

Az említett hőszivattyú ebben az esetben

$$25 * 0,1465 + 75 = 3,6625 + 75 \approx 78,66 \%$$

megújuló energiaforrást hasznosít.

2013-tól a hőszivattyús rendszerek megújuló energia felhasználásának elszámolása a 2008. év végén kiadott EU-irányelv az ún. RES (*megújuló energia*) direktíva VII. melléklete b) része szerint:

$$E_{RES} = Q_{hasznos} * (1 - 1/SPF) \quad (2)$$

ahol:

$Q_{hasznos}$ a hőszivattyúból származó teljes becsült hasznos hőenergia (J). Csak az $SPF > 1,15$ ($1/\eta$) hőszivattyúk vehetők figyelembe

SPF a becsült átlagos szezonátlagteljesítmény-tényező (*Seasonal Performance Factor [kWh/kWh]*)

η a teljes (*bruttó*) villamosenergia-termelés és az ahhoz felhasznált elsődleges (*primer*) energia aránya. Az Eurostat adatai alapján megállapított EU átlaggal kell kiszámolni. A Bizottság a számítás bevezetéséig még iránymutatásokat készít, hogy a tagállamok megbecsülhessék a $Q_{hasznos}$ és SPF értékeit különböző hőszivattyúzási technológiák esetében [13].

A hazai villamosenergia-rendszer átlagos hatásfoka, amivel helyileg a hőszivattyúknál számolni lehet:

$$\eta = \eta_{er\ddot{o}m\ddot{u}} * \eta_{h\ddot{a}l\ddot{o}zat} \quad (3)$$

ahol:

$\eta_{er\ddot{o}m\ddot{u}}$ a magyarországi összes er\ddot{o}m\ddot{u} technológiák hatásfokaiból és részarányából számítható (*értéke a kezdetektől fogva, ma is és várhatóan a jövőben is folyamatosan növekedik*)

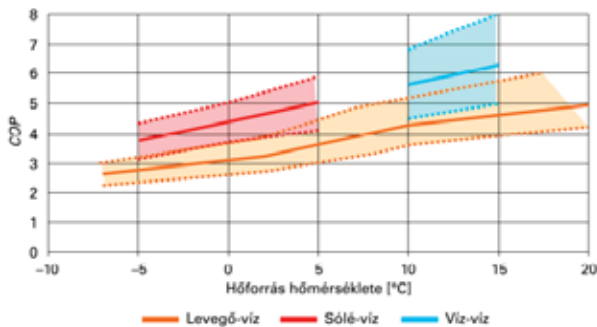
$\eta_{h\ddot{a}l\ddot{o}zat}$ hálózati hatásfok (*szállítási és elosztási hatásfok, ez csak hosszabb távon növekedő érték*)

A fenti képlet számértékekkel helyettesítve:

$$\eta = 0,35 * 0,90 = 0,315 \text{ illetve } 31,5\% \quad (4)$$

A szezonátlagteljesítmény-tényező ezzel:

$$SPF = 1,15(1/\eta) \approx 3,65 \quad (5)$$



7.1. COP [kW/kW] mérési eredmények (a hőszivattyú teljesítménytényezője 35 °C előremenő vízhőmérséklet esetén) [13]

8. HŐSZIVATTYÚ JOGSZABÁLYI HÁTTERE

2020. januárjától több olyan jogszabály változás is hatályba lépett, melyek érintették a geotermikus hőszivattyús rendszereket. Korábban a 20 méternél nem mélyebb talajszondák kialakítása esetén bejelentési kötelezettség terhelte a telepíteni kívánót az illetékes bányahatóság felé. 2020 januárjától a korábbi 20 méteres bejelentési kötelezettséget 120 méterre terjesztették ki [15].

Állami támogatások rendszere

Innovációs és Technológiai Minisztérium (vállalkozóknak): Az európai klímavédelmi törekvések és hazai adottságok (*jelentős nap, biomassza/biogáz és földhő potenciál*) figyelembevételével Magyarországon a hosszú távú cél olyan energetikai iparági struktúra megteremtése, amelyben a tiszta (CO_2 kibocsátás mentes) hő- és villamosenergia-termelés biztosítja a hazai ellátás túlnyomó részét.

Geotermikus fűtés állami támogatás: Az 519/2020. (XI. 25.) Korm. rendelet alapján 2021.01.01-től 2022.12.31-ig terjedő időszakban otthonfelújítási támogatásban részesülhetnek azok a családok, akik a lakhatási körülményeik javítása érdekében felújítják/modernizálják otthonukat. A támogatandó építési tevékenységek közé tartozik a fűtési rendszer korszerűsítése, vagy elemeinek cseréje, ideértve a megújuló energiaforrások alkalmazását, amik közé a hőszivattyús fűtési rendszer kialakítása teljes mértékben beleillik [16].

Támogatható tevékenységek:

- Geotermikus termelőkút fúrása, kiépítése
- Termelőkúthoz tartozó geotermikus visszasajtoló kút fúrása, kiépítése
- Használatban lévő geotermikus termelőkút és/vagy visszasajtoló kút átalakítása, felújítása
- Használaton kívüli kutak átalakítása, felújítása
- A termelő és visszasajtoló kutakat összekötő vezetékek létesítése
- A gyűjtő és kút-bekötő vezetékek kiépítése a termelői hőközpontig

9. DÍJSZABÁSOK

A H tarifa egy az igénybe vehető áramdíjszabások közül, amelyet azért hoztak létre, hogy egy kedvezményes tarifával lehessen működtetni a hőszivattyúkat és a megújuló energiaforrásokat, például a napenergiát hasznosító fűtési rendszereket. Ezt a különleges díjszabást 2010-ben rendeletben alkották meg, azóta igényelhető az egyetemes áramszolgáltatás keretein belül [17].

- A1 tarifa (legismertebb): általános díjszabás éjjel-nappal ugyanazon az áron
- A2 tarifa (két zónaidős áram): csúcsidőszak és kedvezményes völgyidőszak
- B tarifa (régi éjszakai áram): külön mérővel rendelkező, fix hálózati csatlakozású berendezések
- Geo tarifa (hőszivattyúkhöz): speciális díjszabás kifejezetten hőszivattyús rendszer üzemeltetéséhez
- H tarifa (megújuló energiaforrások és hőszivattyúk): a hőszivattyúkhöz és a megújuló energiaforrásokhoz kiépített rendszerekhez

10. GAZDASÁGI SZÁMÍTÁSOK

Megtérülési példa egy 100 m² hasznos alapterülettel rendelkező épületre:

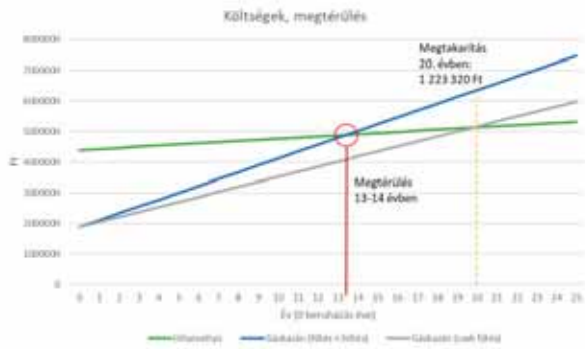
Feltételezve, hogy az épület a 7/2006 (V. 24) TNM rendeletben foglalt hőtechnikai követelményeknek megfelel (energetikailag „fokozottabb” védelemmel ellátott épület, 100 kWh/m²/év fűtési energiaigény alatt), az alábbi megtérülés valószínűsíthető a talajhő-víz hőszivattyú (éves COP 4 értékkel), és a szintén prémium kategóriába tartozó kondenzációs gázkazán (~100% hatásfokkal) összevetésében.

Az épület hűtése geotermikus hőszivattyús rendszernél passzív hűtéssel, gázkazános rendszernél split rendszerű klímákkal (a felületfűtéshez illeszthető folyadékűtős, illetve kútpáros verzióknál nagyságrendekkel kisebb a beruházási költsége) lett figyelembevéve. Az éves primer energiafelhasználás a 22 °C-ot meghaladó külső átlaghőmérsékletet meghaladó napokat veszi figyelembe [18].

Éves hőenergia: Gázkazán esetén 12 630 kWh (fűtés) és 1 570 kWh (hűtés), hőszivattyú esetén 6 190 kWh. Ennek előállításához szükséges energiamennyiség ~1 338 m³ földgáz, még a hőszivattyú esetén 1 548 kWh áram.

A gáz és áram egységárakból számolva, éves üzemeltetési költség gázkazán esetén körülbelül 223 556 Ft, hőszivattyú esetén pedig 37 140 Ft. Beruházási költség gázkazán esetén 1 886 250 Ft, hőszivattyú esetén pedig 4 391 250 Ft. Ezekből az értékekből kiszámolható a megtérülés.

A 10.1 ábrán zölddel jelölve a hőszivattyú, kézzel a gázkazán (fűtés + hűtés esetén), szürkével a gázkazán (csak fűtés esetén). A függőleges tengely Ft, a vízszintes tengely az eltelt évek, ahol a 0 a beruházási év.



10.1. Költségek, megtérülés

A beruházás megtérülése így körülbelül 13-14 év, de más fűtési módokhoz képest ettől jelentősen kedvezőbb is lehet:

2. táblázat Hőszivattyú megtérülés különböző fűtési módokhoz képest

Hőszivattyú	Kond. Gázkazán	Villanykazán	Infra panel	Fapellet
Levegő/víz	14-15 év	4-5 év	7-8 év	14-15 év
Talajhő/víz	13-14 év	5 év	8-9 év	12-13 év
Kútvíz/víz	6-7 év	2-3 év	5-6 év	7 év

11. ÖSSZEGZÉS, KONKLÚZIÓ

Az épületek energiafogyasztásának jelentős hányadát a fűtés és a hűtés teszi ki. A fűtés jelenleg többnyire valamilyen primer energiahordozó égetéséből származó hőenergiájával valósul meg. Az Európai Unió célja 2050-re a teljes karbonsemlegesség, amelyhez szükséges a fűtés és a hűtés energiafelhasználásának megváltoztatása. A fűtés és a hűtés hőszivattyús rendszerekkel is megvalósítható, amelyek amellyel, hogy gazdaságos alternatívák, még környezetbarátok is. Magyarországon jelenleg a megújuló energiaforrásból származó villamosenergia-termelés körülbelül 14,65 %. Ezzel az aránnyal a hőszivattyú 78,66 %-ban megújuló energiahordozót használ, ez jelen helyzetben is kedvezőbb, mint a primer energiahordozókkal megtermelt hőenergia. Magyarország jelentős mértékű geotermikus energia felhasználási potenciállal rendelkezik, amely a 2050-es karbonsemleges tervek eléréséhez elengedhetetlen. Az áramszolgáltatók speciális díjszabással is rendelkeznek, amelyek ösztönzik a hőszivattyúkkal való fűtést és hűtést, illetve a megújuló energiaforrások használatát. Hőszivattyúk telepítéséhez igényelhető állami támogatás, mind cégek, mind magánszemélyek esetében. Durva költségbecslés alapján a megtérülési idő egy gázkazánal szemben (fűtés és hűtési funkciót is végezve) körülbelül 13-14 év, amely idő az állami támogatások igénybevitelével számottevően

csökkenthető, illetve a jövőben még jelentősen tovább csökkenhet a gázárak növekedésével, a technológia további fejlődésével, illetve újabb EU-s és állami pályázatokból származó támogatásokkal. A hőszivattyút mindenképpen a jövő meghatározó fűtés és hűtés megoldásának kell tekintenünk.

12. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

13. IRODALOM

- [1] K. J. Chua, S. K. Chou, and W. M. Yang, "Advances in heat pump systems: A Review," *Applied Energy*, vol. 87, no. 12, pp. 3611–3624, 2010.
- [2] "Is cooling the future of heating? – analysis," IEA, 13-Dec-2020. [Online]. Available: <https://www.iea.org/commentaries/is-cooling-the-future-of-heating>. [Accessed: 30-Dec-2021].
- [3] "Coefficient of performance (COP) heat pumps," Grundfos, 19-Apr-2021. [Online]. Available: <https://www.grundfos.com/solutions/learn/research-and-insights/coefficient-of-system-performance>. [Accessed: 30-Dec-2021].
- [4] "What's a good seer rating? What is a high-efficiency air conditioner? Trane topics," IR Trane Content Hub, 30-Mar-2021. [Online]. Available: <https://www.trane.com/residential/en/resources/whats-good-seer-rating/>. [Accessed: 30-Dec-2021].
- [5] A. David, B. V. Mathiesen, H. Aeverfalk, S. Werner, and H. Lund, "Heat roadmap europe: Large-scale electric heat pumps in district heating systems," *Energies*, vol. 10, no. 4, p. 578, 2017.
- [6] "Home," Annex 35, 17-Oct-2016. [Online]. Available: <https://heatpumpingtechnologies.org/annex35/>. [Accessed: 30-Dec-2021].
- [7] K. J. Chua, S. K. Chou, and W. M. Yang, "Advances in heat pump systems: A Review," *Applied Energy*, vol. 87, no. 12, pp. 3611–3624, 2010.
- [8] G.-Y. Ma and H.-X. Zhao, "Experimental study of a heat pump system with flash-tank coupled with scroll compressor," *Energy and Buildings*, vol. 40, no. 5, pp. 697–701, 2008.
- [9] "Current long-term alternative refrigerants and their possible applications" [Online]. Available: https://seors.unfccc.int/applications/seors/attachments/get_attachment?code=743SF600720U6UXDQP NJXNFGNQXRGEIQ. [Accessed: 30-Dec-2021].
- [10] Junkers and Bosch, Tervezési segédlet: Talajhőszivattyúk, fűtéshez és melegvíz-készítéshez, vol. 72, 72 vols. Wernau, D-73249: Junkers, 2008.
- [11] Á. Béla, "Földhőszondák hőtechnikai viszonyai hőszivattyús rendszereknél," Ph.D dissertation, SZENT ISTVÁN EGYETEM, Gödöllő, 2012.
- [12] A. Chiasson, *Geothermal heat pump and heat engine systems: Theory and practice*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Ltd, 2016.
- [13] K. Ferenc and F. Zoltán, "Nem szívás!" *Mérnök Újság a Magyar Mérnöki Kamara lapja*, vol. 5, pp. 24–26, Feb. 2011.
- [14] Hornyák G., Bencs P., *CHANGES IN THE ENERGY PRODUCTION TO REDUCE THE ENVIRONMENTAL IMPACT*, Analecta Technica Szegedinensia, 2021
- [15] - B. -, "Talajszonda engedélyeztetés - közel félmillió árscökkenés 2020-tól!" *energiatudatosotthon.hu*, 22-Jan-2020. [Online]. Available: <https://energiatudatosotthon.hu/talajszonda-engedelyeztetes-kozel-felmillio-arcsokkenes-2020-tol/>. [Accessed: 30-Dec-2021].
- [16] "Otthonfelújítási támogatás 2021," Otthonfelújítási támogatás - Hőszivattyútelepítés.hu. [Online]. Available: <https://hoszivattyutelepites.hu/content/35-otthonfelujitasi-tamogatas>. [Accessed: 30-Dec-2021].
- [17] "Minden, Amit Tudni akarsz a H Tarifa Kapcsán!" *Lakossági*. [Online]. Available: https://www.eon.hu/hu/blog/otthon-kenyelme/minden_amit_tudni_akarsz_H_tarifa_kapcsan.html. [Accessed: 30-Dec-2021].
- [18] "Geotherm Kft - Megtérülés kalkulátor," UK. [Online]. Available: <https://www.ukgeotherm.hu/MegterulesSzamitas>. [Accessed: 30-Dec-2021].
- [19] S. S. Bertsch and E. A. Groll, "Two-stage air-source heat pump for residential heating and cooling applications in northern U.S. climates," *International Journal of Refrigeration*, vol. 31, no. 7, pp. 1282–1292, 2008.
- [20] R. Andrushuk and P. Merkel, "MANITOBA HYDRO MONITORING STUDY" *Performance of Ground Source Heat Pumps in Manitoba*, vol. 70, Jun. 2009.
- [21] L. Chen, J. Li, F. Sun, and C. Wu, "Performance optimization for a two-stage thermoelectric heat-pump with internal and external irreversibilities," *Applied Energy*, vol. 85, no. 7, pp. 641–649, 2008.