

A DECENTRALIZÁLT GEOTERMIKUS HŐELLÁTÁS ÉS A HŐSZIVATTYÚZÁS AKTUÁLIS KÉRDÉSEI

CURRENT QUESTIONS OF DECENTRALIZED GEOTHERMAL HEAT SUPPLY AND HEAT PUMPING

Ádám Béla¹, Szanyi János², Bencsik Attila³, Bozsó Gábor⁴, Pinjung Zsolt⁵

¹ PhD, a Magyar Hőszivattyú Szövetség elnöke, adam@hgd.hu

² PhD, Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, szanyi@iif.u-szeged.hu

³ geológus, Geotermikus Szolgáltató Kft., bencsika@geo.u-szeged.hu

⁴ PhD, INNOGEO Kft., bozso.gabor@geo.u-szeged.hu

⁵ hidrogeológus-mérnök, P-MONT Kft., pinjungzs@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS

Hazánk energiamérlegében a fűtési-hűtési célú energiafelhasználás az összenergia-felhasználás mintegy 40%-át teszi ki. Ennek túlnyomó része, közel 90%-a földgázalapú. A megújuló energiák, különösen a geotermikus energia hasznosításával számottevően csökkenthető lenne a földgázimport. Szomorú, hogy még jelenleg is példákkal kell bizonyítani a sekély- (hőszivattyú) és mélygeotermia versenyképességét. A bemutatott esettanulmányokkal a döntéshozók figyelmét kívánjuk felhívni a geotermikus energia egyedi rendszerű, illetve a távhőellátásban rejlő gazdaságos alkalmazási lehetőségeire.

ABSTRACT

Current questions of decentralized geothermal heat supply and heat pumping total heating and cooling energy consumption accounts for about 40% of total energy use in Hungary's energy balance. The overwhelming part (nearly 90%) of this usage is based on natural gas. Utilization of renewable energies, especially geothermal energy, could significantly reduce natural gas imports. It is sad that one still needs to recite real world examples to demonstrate the competitiveness of shallow (heat pump) and deep geothermal energy. With the case studies presented, we intend to draw the attention of the decision-makers to the economical applications of geothermal energy in individual system and in district heat supply.

Kulcsszavak: geotermikus energia, hőszivattyú, távhőszolgáltatás

Keywords: geothermal energy, heat pump, district heating supply

1. BEVEZETÉS

A geotermikus energia megbízható, helyben rendelkezésre álló, részlegesen megújuló energiaforrás. Használatához jelentős gazdasági és környezeti előnyök tárulnak, különösen a fűtés-hűtés terén. Annak bemutatására, hogyan bővíthető a geotermikus alapú hőszolgáltatás, vizsgáljuk meg, milyen a hazai hőenergia-szolgáltató szektor szerkezete, felvázolva a környezetvédelmi, gazdasági összefüggéseket, és a technológiában rejlő innovációs eredményeket és lehetőségeket.

Az energiaforrások közel negyven százalékát hőellátásra használjuk, ez Magyarországon 387 PJ/év hőenergia előállítását jelenti, amelynek mintegy 88%-a földgáz (340 PJ) és csak alig 12%-a hazai megújuló energiaforrás (47 PJ), ebből geotermia (4,5 PJ), napenergia (0,25 PJ), biomassa (42,7 PJ) (Kurunczi, 2017). A földgáz több mint 80%-a importból származik, ez évente mintegy 800 milliárd Ft kiadást jelent.

Hőenergia helyben, fűtsünk hatékonyabban hazai energiával! címmel 2015 októberében az MTA-n megtartott konferencián vázoltuk, hogyan lehetne a hőpiacot optimalizálni mind nemzetgazdasági, mind fogyasztói szempontból (MTA et al., 2015).

Első feladat az energiahatékonyság növelése, a felhasznált energia csökkentése. Ezáltal a 800 milliárd forintot kitevő gázszámla 240 milliárddal csökkenhet csak attól, hogy épületeinket szigeteljük, és fűtési rendszereinket korszerűsítjük. A közel négy milliárd ingatlan energiahatékonysági javítása minimum 100 PJ hőigénycsökkenést jelent, ami szinkronban van a Nemzeti Épületenergetikai Stratégia céljaival is. A szükséges beruházási forrás – 3 M Ft/ingatlan fajlagos értékkel számolva – 12 ezer milliárd Ft, negyvenéves program esetén 300 milliárd Ft/év, ami 150 milliárd Ft/év támogatási összeget (50%) kíván.

Következő lépés a hazai primer energiafajták részesedésének növelése a hazai energiamixben. Hazánk kihasználatlan természeti adottságai (geotermikus energia, napenergia), mező- és erdőgazdálkodási melléktermékei, kommunális hulladékai legalább 250 PJ-nyi decentralizált, helyben hasznosulni képes, saját energiaforrást jelentenek. Szakértők és szakmai szervezetek közreműködésével negyvenéves programot állítottunk össze, amelynek végén az energiahatékonyság növelése miatt 287,5 PJ-ra lecsökkent hazai hőellátás energiahordozó-struktúrája az alábbiak szerint alakulna:

- geotermia: 52,6 PJ (ebből 10 PJ hőszivattyú) – 18%
- napenergia: 10,25 PJ – 4%
- biomassa: 135,7 PJ – 47%
- földgáz: 89 PJ (2,65 Mrd m³/év) – 31%

A terv megvalósításának éves költsége hozzávetőleg 150 Mrd Ft, ami 50%-os támogatás esetén 75 Mrd Ft állami hozzájárulást igényelne évente. A helyi hul-

ladékból származó és megújuló energiák előállításának költsége – működő projektek alapján – átlagosan is legalább 30%-kal elmarad a földgáz beszerzési árától, ami 265 milliárdos helyi energia-előállítás költséget, azaz további 110 milliárdos megtakarítást jelentene a fogyasztók számára, valamint mintegy 3,5 M t CO₂/év kibocsátáscsökkenést eredményezne fenntartható módon!

Összehasonlításként például a hőszivattyú esetében a hazai tervek 2010-ben is ehhez igazodva határozták meg a Megújuló Energia Cselekvési Tervben a hőszivattyús energiatermelés nagyfokú növelését 0,25 PJ értékről 5,99 PJ értékre. Az alátámasztásként felsorolt készletbecslések 15–23 PJ közé prognosztizálták a sekély földhő készletét. Tehát ehhez képest a 2020-ra tervezett 5,99 PJ hőszivattyús földhőfelhasználás reális tervnek volt mondható, míg a felvázolt negyvenéves ütemben a 10 PJ-os cél határozottan visszafogott.

Sajnálatosan a 2020-as terv megvalósítására nincs már komoly esély, tekintettel az időarányos eredményekre. Ennek a helyzetnek számos oka van: a megújuló energia alkalmazásának támogatása energiapolitikai szinten elmaradt, a pályázatok nem folyamatosak, az energiaárak (rezsicsökkentés) nem szolgálják a hőszivattyús technológia terjedését, valamint a hőszivattyús technológia „relatív bonyolultsága” például egy napelemes rendszerhez viszonyítva az érdeklődőket is „megszűri”, és az alkalmazás javasolt formája az új épületeknél szintén beszűkíti a piaci mozgásteret. Mindezek fényében a jelenlegi hőszivattyús energiatermelés 0,5–1,0 PJ közötti lehet. Ez a lehetőségeink 5%-a körüli kihasználása, amely mögött jelentős a levegő-víz hőszivattyúk elmúlt évekbeli elterjedése.

A geotermikus energia hasznosításában rejlő lehetőségek bemutatására elsőként a hőszivattyús alkalmazások közül említünk néhány sikeres példát, majd a mély geotermikus rendszerek üzembiztonságát növelő kutatás-fejlesztési projektre mutatunk példát.

2. HŐSZIVATTYÚ ALKALMAZÁSÁNAK ALAPELVEI

A hőszivattyús technológia elsősorban az új épületek fűtési és hűtési igényéhez javasolt. Ennek indoka az, hogy ezeknél az épületeknél már a jó szigetelések miatt kicsi a hőigény, alacsony hőmérsékletű, felület fűtő-hűtő rendszereket lehet beépíteni, hőszivattyúval biztosítani lehet a felmerülő automatizálási igényt, így a fajlagos költség alacsonyabb, különösen, ha napelemes rendszerrel van kombinálva a hőszivattyú. Ha a fenti követelményeket egy épületfelújítás is kielégíti, akkor természetesen ott is javasolható a hőszivattyú a földgáz kiváltására.

További szempont, hogy az éves üzemeltetési kihasználtság minél nagyobb legyen fűtésben és hűtésben is. Emellett ne csak a teljesítmény csúcsigényére méretezzünk, hanem az éves fűtési és hűtési energia mennyiségének igényére is,

lehetőleg havi elosztásban. Vizsgálni kell továbbá a bivalens üzem lehetőségét is (70-80% hőszivattyúzás, csúsigényre például fűtőbetét vagy kazán alkalmazása, különösen, ha már korábban beépítették).

A hőszivattyús primer energiaforrásokból azt kell alkalmazni, amelyiknek az adott helyszínen a legjobb ár-érték arányú megválasztása lehetséges. Földhőt ott, ahol a fűrási körülmények könnyűek, talajvizet ott, ahol az biztonságos hozamú, a rétegvizet hasonló elv alapján, elfolyó „hulladékvizet” ott, ahol rendelkezésre áll, és végül ezek hiányában a levegős hőszivattyú is megoldás lehet.

2.1. Példák projektekre és azokból levonható következtetésekre

A *családi házaknál* a hőigény a legújabb épületenergetikai előírások miatt drasztikusan lecsökkent. Manapság a 150–200 nm-es házak hőigénye sem haladja meg a 8–10 kW-ot, sőt az alacsony energiájú vagy passzívházak igénye 3–6 kW körül van. Ezekhez még földhőszonda esetén is elég 1-2 szonda lefűrése, vagy 30–50 l/perces vízhozamot „garantálni” vízkúttal. Itt nem szabad elfelejteni, hogy a víz nyelőkútba való visszasajtolásáról is gondoskodni kell. Ebben az esetben már fontos a kútpár gazdasági vizsgálata a szondával összehasonlítva. Emellett a nyelés kockázata és a vízminőség, vízhozam hosszú távú prognosztizálása is jelent kockázatot. Tehát fontos az előzetes geológiai és hidrogeológiai felmérés, információértékelés.

Az említett lehetőségek mellett, sok esetben a fűrási beruházási költség miatt a levegős hőszivattyút választják. E megoldás kiválasztásakor viszont figyelni kell a méretezési hőmérséklet melletti teljesítményre, amit a gyártók teljesítménygörbéje megad. Tekintettel a téli hideg levegőre, kevésbé hatékonyak, mint más szondás vagy vizes primer hőnyerős hőszivattyúk, ezért nem árt a teljesítmény 20-30%-os „túlméretezése”. A fajlagos költségek ezeknél a kis családi házas rendszereknél a legnagyobbak, de ezek is folyamatosan csökkennek a technológia fejlesztése révén (nettó 300–400 E Ft/kW). Élettartamuk legalább huszonöt-harminc év, a hőnyerő szondáké „örök”. Különösen, ha a fűtési és hűtési igény kiegyenlített, mert így a földhő regenerálódása biztosítva van az éves ciklusokban.

Társasházaknál az utóbbi időben a szondás megoldás mellett a levegős hőszivattyúk terjedtek el. Különösen figyelni kell ezeknél a ventilátoros külső egység elhelyezésére a zajszennyezés miatt. A legmodernebb kompakt hőszivattyúk már ezt a problémát is kiküszöbölik (1. ábra).

- 11 lakás
- ~1000 m² fűtött-hűtött alapterület
- 11 kW fűtési igény
- 11 kW használati meleg víz (HMV)
- 22 kW (2 × 11 kW) hőszivattyú
- 30 m² napkollektor központi HMV termelésre (éves szükséglet ~60%-a)



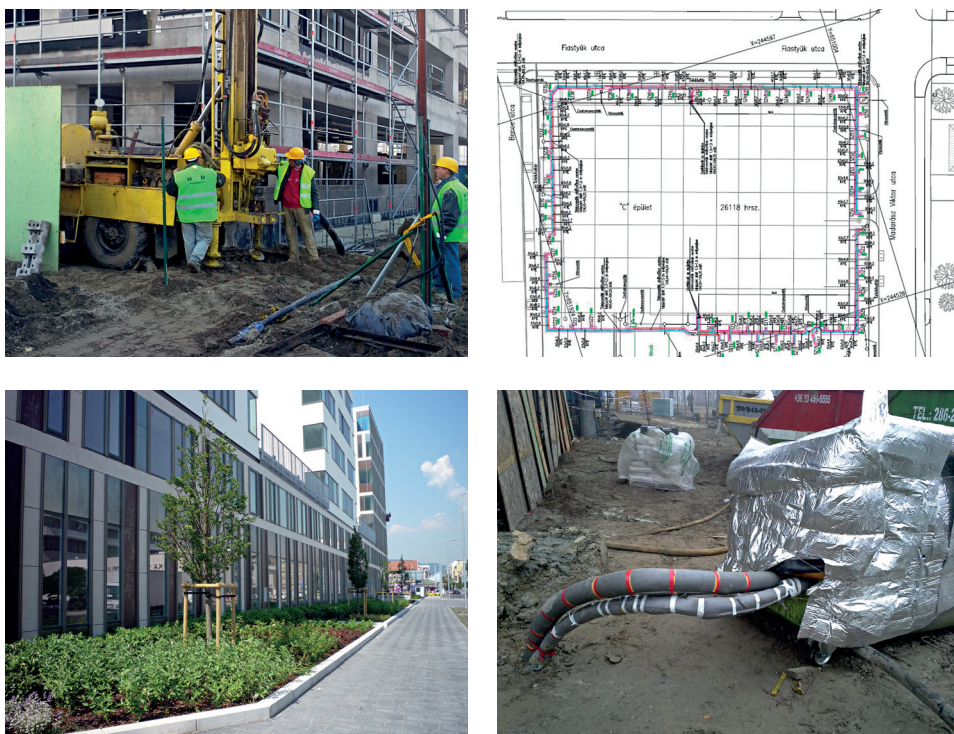
1. ábra. Budapest XIV. ker., Bonyhádi u. 47., passzívház

Érdemes megemlíteni a társasházak esetében a tervezési koncepciókat: lakásonként külön hőellátás vagy zónánkénti közös ellátás egyedi szabályozással. A megoldásokat a lakók igényei befolyásolhatják. A bekerülési költségek erősen függenek a kiválasztott koncepciótól és az automatizálás mértékétől (nettó 150–200 E Ft/kW lakásonként).

2.2. Irodaházak, üzletházak, sportközpontok stb.

Jellemzőjük a nagy energiaigény (akár több MW), különösen figyelni kell a nagy hűtési igényre. Törekedni kell a fűtés/hűtés kiegyenlített méretezésére. Ez, különösen a szondás rendszereknél, próbafúrásokban végzett szondatesztekkel és szoftveres méretezéssel biztonságosan megoldható. Sajnos ezt a beruházók nem mindig igénylik a tervezés időszakában, pedig a beruházási és a későbbi üzemeltetési költség csökkentésének egyik biztos megoldása. A másik szakmai követelmény, hogy az elkészült földhős szondamezőket ún. monitoring szondákkal ellenőrizzük. Ezekben a szondákban hőmérsékletfűzerekkel a teljes üzemidőben, évekig tudjuk a szondamező működését ellenőrizni, és igazolni egy korábbi méretezés helyességét (2. ábra).

- 320 kW fűtési igény
- 330 kW hűtési igény
- 55 db × 125 m földhőszonda



2. ábra. A váci Greens irodaépület

Itt kell megemlíteni, hogy egy hőszivattyús rendszer kiegyensúlyozott működése nagyban függ a szekunder hőleadó oldal tervezésétől és megvalósításától, valamint az üzemeltetési körülményektől. Szigorúan be kell tartani a tervezési és méretezési paramétereket. Figyelni kell az épületek tájolására, az ebből következő hőterhelésekre, és ennek megfelelően zónaszabályozásokkal kell a helyi hőigényeket kezelni. Maga a primer hőszolgáltató hőszivattyú a puffer tárolóra dolgozva a végfelhasználónál csak „lassú fűtés-hűtés változtatásokat” képes megvalósítani, ezért sok esetben az egyidejű fűtési-hűtési igény miatt ún. „szimultán 4 csöves” rendszereket kell tervezni.

A cikk terjedelmi korlátai miatt további lényeges szempontok felsorolásától eltekintünk. Megállapítható, hogy az utóbbi években a nagy hőszivattyús rendszerek tervezésében és kivitelezésében jelentős előrelépés történt a megbízhatóság területén. Ennek egyik eredménye, hogy a fajlagos költségek itt is csökkentek (szondás primer oldal hőszivattyús hőközponttal együtt a helyi fúrási körülményektől függően nettó 300 E FT/kW). Kiemelendő a hőszivattyús rendszerek környezetvédelmi előnye, a CO₂-kibocsátás megtakarítása, ami fontos a különböző „zöld beruházási minősítésekhez”. Ma már ez a cél hőszivattyú nélkül alig érhető el.

2.3. Elfolyó termálvizek hőszivattyús kaszkád hasznosítása

Ahhoz képest, hogy a hazai termálkapacitás mekkora, az elfolyó vizek hőszivattyús hasznosítása minimális. Ennek több oka is van: a visszasajtolás szabályozása nem kiszámítható, a hőforrás nem mindig ott van, ahol a hőpiac igénye, a termálvizek magasabb hőmérsékletére egyedileg tervezett hőszivattyúk kellenek, és ezért az árak jóval magasabbak stb. Ennek ellenére a jövőben ezen a területen is előrelépés várható, mert már vannak pozitív referenciák (3. ábra):

- termálvíz-hőcserélő 1300 kW
- 61/42 °C primer és 59/40 °C szekunder hőlépcső
- elfolyó termálvíz 40 °C és 15 m³/h
- 7 ingatlan kiszolgálása
- szekunder előremenő 52 °C
- I. fokozat: 418 kW (COP* 5,15)
- II. fokozat: 243 kW (COP 4)
- I. fokozat: 40/25 °C hőcserélő és 33/18 °C HP** hőlépcső
- II. fokozat: 20/9 °C hőcserélő és 17/6 °C HP hőlépcső

* COP: megmutatja, hogy egy hőszivattyú 1 kW elektromos áramból hány kW hőenergiát tud előállítani

** HP: hőszivattyú



3. ábra. Mórahalom termál kaszkárendszer I. ütem

2.4. A hőszivattyús fejlesztési innovációs lehetőségei

A hőszivattyús technológia elterjedését, alkalmazásának előnyeit számos EU-tag-állam szorgalmazza, és sikeresen beépítette országának energiapolitikájába. Az Európai Hőszivattyú Szövetség (EHPA) sikeresen képviseli az Európai Bizottságnál a technológia terjesztésének programját, erről éves szinten statisztikai jelentést ad ki. Ebben látható, hogy a hőszivattyúzásban élen járó országok (Németország, Ausztria, Svájc és a skandináv államok) mint piacvezetők nagyságrendekkel nagyobb forgalmazást és kutatás-fejlesztést végeznek, mint a hazai hőszivattyús cégek, annak ellenére, hogy geotermikus adottságaik rosszabbak a köztudottan jó magyar geotermikus helyzethöz. Ennek oka, hogy energiapolitikájukban a fosszilis energiahordozók fűtési célú felhasználásának drasztikus csökkentését képviselik, és jelentős forrásokat fordítanak innovációra.

Új eredmények vannak a hűtőközegek fejlesztésében, a kompresszorok hatékonyságának növelésében, terjed az inverteres szabályozás, az expanziós szeleppel szabályozás szintén javítja a hatásfokot (COP: 4,5–5,0). Terjed a komplexitás: a hőszivattyú-szolgáltatáshoz, igényhez igazodó kiválasztás (fűtés-hűtés, használati meleg víz), akár dupla hőcserélő, *desuperheater* alkalmazása, távvezérlés okostelefonról, ergonómiai fejlesztések stb.

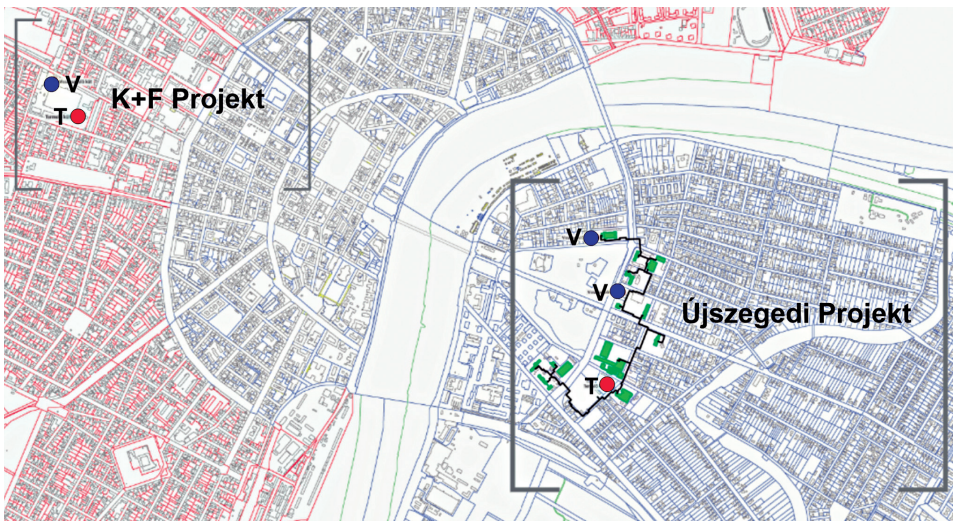
Ma egy korszerű hőszivattyú akár a hűtőszekrény mellé is kerülhet, mert a zajszintje a számítógépekével vethető össze.

3. MÉLYGEOTERMIA

Hazánk geotermikus adottságaival nem kívánunk részletesen foglalkozni, megtette ezt korábban számos szerző és mi magunk is (Dövényi–Horváth, 1988; Szanyi–Kovács, 2010; Horváth et al., 2015). Magyarországon az üzemelő termálkutak mintegy 60%-a felső pannóniai korú vízádókból termel, leginkább az 1000–2200 m közötti mélységtartományból.

Jelen tanulmányban a geotermikus energia távhőszolgáltatási célú hasznosítása áll a középpontban. Két szegedi projektet vizsgálunk, az egyik egy működő rendszer, a másik egy létesítés alatt álló K+F-projekt keretei között megépülő kútpár (4. ábra). Mindkét projektben visszasajtolják a lefűtött vizet. A visszasajtolás során a rendszer természetes utánpótlódását növeljük, segítve a rezervoár nyomásának fenntartását, valamint a felszíni hő- és kémiai szennyezések megelőzését. Visszasajtoló-termelő kútpárok, kúthármasok távolságának és a szűrőzött szakaszok mélységének tervezésénél gazdaságossági szempontokat is figyelembe kell vennünk. Minél messzebb van egymástól a termelő- és a visszasajtolókút, annál nagyobbak lesznek a felszíni csőhálózat építésének költségei, illetve ehhez hasonlóan minél mélyebb a visszasajtoló-

kút, annál nagyobbak lesznek a fúrás költségei. A fúrási technika fejlődésével lehetővé vált ferde fúrások kivitelezése is. Ennek a technikának nagy előnye, hogy a vízáadó rétegsort nagyobb látszólagos vastagságban harántolja (jobb lesz a visszasajtolókút nyelőképessége), illetve a kútfejek és a hőközpontok közelsége miatt rövidebb felszíni csővezeték-hálózat kiépítése szükséges, továbbá a termelő-visszasajtoló rendszer gépészeti elemei azonos telephelyen építhetők fel, így könnyebben elvégezhető a kutak és felszíni berendezések folyamatos, tervszerű karbantartása.



4. ábra. Szegedi projekthelyszínek (T: termelő-, V: visszasajtolókút)

3.1. A szegedi geotermikus projekt tervezése

Szegeden az 1960-as évek óta van hagyománya a geotermikus távhőszolgáltatásnak. Az üzemeltetés 2015 óta tekinthető fenntarthatónak, ekkor helyezték üzembe az újszegedi és a belvárosi termálrendszert egy-egy termelő- és két-két visszasajtolókúttal. A termelőkutakat 1950 m-es, míg a visszasajtolókutakat 1750 és 1300 m-es talpmélységgel mélyítették. Mindkét rendszer $4,5 \text{ MW}_{\text{th}}$ teljesítményű, ahol a kifolyó víz hőmérséklete $90 \text{ }^\circ\text{C}$, átlagos hozama 1200 l/perc .

A vizsgált, kivitelezés alatt álló rendszer tervezéséhez elsősorban ezen kutak üzemelési tapasztalatait és korábbi kutak vízföldtani naplóit használtuk fel. Mivel Szeged térsége szénhidrogénipari szempontból jelentősen megkutatott, lehetőségünk volt a kutak helykijelöléséhez 3D szeizmikus értelmezést kérni a GEO-MEGA Kft.-től a regionális vízáadó rétegek meghatározására.

A várható hidrogeológiai paraméterek meghatározásához a meglévő kutakba nyomásmérő szondákat helyezve pulzációs szivattyútesztet végeztünk, amelyet Gyenese István értékelt ki. A pulzációs tesztből kapott eredmények közel azonosak voltak az egykutas tesztek eredményeivel, igazolva a vízadók regionális folytonosságát.

Ezt követően került sor az új termelőkút és a ferde visszasajtolókút helyének kijelölésére. A termelőkút mélyítése során magmintákat vettünk, amelyeket részletes petrográfiai és hidrogeológiai vizsgálatnak vetettünk alá. Ennek során egybeként elem- és ásványösszetétel-vizsgálatokat végeztünk, különös tekintettel a pórusokat kitöltő ásványfázisokra. Ezt követően elvégeztük a karotázsszelvényekre, valamint a geokémiai és ásványos összetételre vonatkozó adatok statisztikai alapú összehasonlítását. Az adatok ismeretében kiválasztottuk a kevés duzzadó agyagásványt és szerves anyagot tartalmazó homokrétegeket, amelyek legalkalmasabbak a visszasajtolásra. Jelenleg a visszasajtolókút mélyítése zajlik.

3.2. Üzemelő projekt optimalizálása

A meglévő geotermikus rendszer hatékonyabb üzemeltetése szempontjából vizsgáltuk a felszíni és felszín alatti létesítményeket. A vizsgálatokat elsősorban az újszegedi geotermikus rendszeren végeztük. Ennek kezdetekor hetvenegy mintavételi pontot alakítottunk ki a geotermikus rendszeren. Több körben, különböző üzemi paraméterek mellett (fűtési szezon közben és előtt is) vett mintákon vízkémiai és bakteriológiai vizsgálatokat végeztünk (Varga et al., 2019). Üzemeltetés közben a speciálisan kialakított, magas hőmérsékletre és a jellemző nyomásviszonyokra kalibrált geokémiai szondarendszer segítségével folyamatosan detektáltuk a nyomás, a hőmérséklet, a pH és a vezetőképesség értékeit. A kapott adatok alapján az ilyen extrémnek tekinthető kémiai környezetben általánosan még nem alkalmazott ipari szondák üzemeltetési paramétereinek validálása, optimalizálása folyamatban van.

Ezzel párhuzamosan a felszíni rendszerben az üzemeltetés előző három évében és a szondák beépítése után *in-situ* keletkezett ásványkiválásokat mintáztuk és tanulmányoztuk. Az egyéves időtartam alatt a kiválásokból begyűjtött mintegy negyven minta minden esetben szinte teljes egészében kalcium-karbonát (kalcit), és a jelentősen eltérő makroszkopikus tulajdonságoktól (rétegek színe, szemcseösszetétel) függetlenül kémiailag és ásványtanilag is homogénnek tekinthető (5. ábra). Három, a rendszert érintő jelentős kiválási problémához kapcsolódó megfigyelést tudunk tenni.

1. A rendszer belső fémfelületein a kiválások képződése rendkívül lassú addig, amíg egy ~1 mm vastagságú kalcitréteg ki nem alakul, a réteg létrejötte után viszont – feltételezhetően a létrejött kristálynövekedési göcök mi-

att – robbanásszerű a kiválás, extrém gyorsasággal (akár napi több mm-es vastagsággal) fejlődik a kalcitréteg, ami nyilvánvaló üzemeltetési gondot jelent.

2. A fűtési szezon végi leállást követően legtöbbször egy vékony, sötétebb, alapvetően vas- és/vagy szervesanyag-tartalmú kéreg alakul ki azokban az esetekben, ahol a rendszer üzemi vízszintje lecsökkent, és a bejutó levegő oxidatív környezetet teremtett, sok esetben az őszi újraindításkor a kristály növekedése onnan folytatódik, ahol korábban abbamaradt, azaz a kalcit képződése nem lassul. Azokban az esetekben viszont, ahol az oxidatív körülmények között keletkezett barna színű kéreg vastagsága eléri vagy meghaladja a kb. 1 mm-t, a kristályosodás a fémfelülethez hasonlóan újra lassú ütemű. Azokban az esetekben, ahol a sötét rétegek nem tartalmaznak sem szervesen vas, sem szerves fázisokat, valószínűsítjük, hogy alacsonyabb hőfokon nem áramló környezetben, más laporientációjú kristályok fejlődnek, ekkor a kiválás változatlan ütemmel fejlődik.
3. A kalcitkristályok között olykor megfigyelhetők kvarchomok szemcsék és foszfortartalmú kiválások. Az előbbi a rétegből, az utóbbi az inhibitorból származhat.

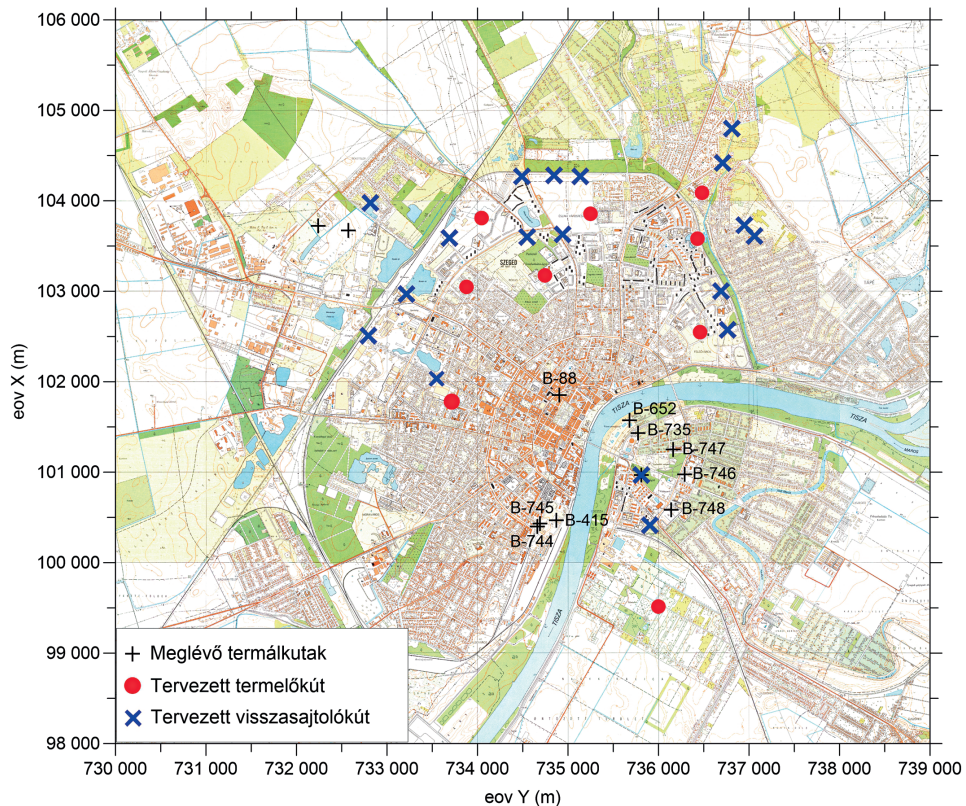


5. ábra. Ásványkiválás makroszkópos és csiszolati képe

Bár az eredmények kiértékelése még nem fejeződött be, és a rendszer vizsgálatát a következő fűtési idény alatt is folytatjuk, néhány fontos következtetést már levontunk. Egyrészt a felszíni rendszer kismértékű módosítását javasoltuk az ásványkiválások mértékének csökkentésére, másrészt új inhibitor használatát kezdeményeztük. Továbbá megállapítottuk, hogy teljesen zárt rendszerben az előforduló ásványkiválások és korrozív folyamatok jelentős mértékben csökkenthetők. A belvárosi rendszer termelő- és visszasajtolókútjainak el-

helyezése ennek kipróbálását tette lehetővé. A rendszert üzemeltető cég egy 5 MW_{th} -os hőcserélőt épített be közvetlenül a termelőkút után, majd a lefűtött vizet azonnal a visszasajtolókutakba pumpálja. Már egy fél fűtési szezon alatt érezhetően nőtt a kihelyezhető hőenergia mértéke, és csökkentek a karbantartási költségek.

Mindezen eredményeket Szeged város geotermikus távhő-fejlesztésében kívánjuk felhasználni, ahol a közeljövőben kilenc geotermikus rendszer (9 termelő- + 18 visszasajtolókút) építése kezdődik meg (6. ábra). A városi távhőrendszer 28 000 lakást és mintegy 500 középületet lát el 23 hőközpontból, $224 \text{ MW}_{\text{th}}$ teljesítménnyel. A kilenc geotermikus rendszer egy-egy hőközponthoz csatlakozik, és azok éves hőigényét 40-50%-ban tudja majd kielégíteni. Ha az épületek energetikai korszerűsítése megtörténne, ez az érték akár a 90%-ot is elérhetné (Osvald et al., 2017).



6. ábra. Meglévő és tervezett termálkútak Szeged belterületén

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Egyértelműen kijelenthetjük, a hazai fűtés-hűtés üzletágban a megújuló energiáknak, különösen a sekély és mély geotermikus energiának kulcsszerepe lehet. Nemzetközi eredményei igazolják, és a hőszivattyús technológia a modern épületgépészet és életmód fontos elemévé vált. A hazai szakemberállomány az utóbbi években bizonyította, hogy a hőszivattyús technológia tervezésére és kivitelezésére, üzemeltetésére felkészült, és igény esetén a nagyobb ütemű terjedést is ki tudja szolgálni.

A bemutatott projektek azt sugallják, hogy a geotermikus szektor fejlődése jó úton halad, de különösen a mélygeotermia esetében sajnos nem így van. A hatékony fejlesztést hátráltatja a szétdarabolt hatósági ügyintézés, a szakmaiság háttérbe szorulása a döntési folyamatokban. A háttérben a szakma leépülése zajlik, alig van fűrási kapacitás. A geotermikus hasznosítók, különösen az önkormányzatok az üzemeltetési problémáikkal teljesen magukra maradtak. Mindezek növekvő kockázatot, a sikertelen projektek növekvő számát vetítik előre.

A felvázolt koncepció *Fűtsünk kevesebbet, olcsóbban, hazai energiával!* (Kurunczi, 2017) megvalósításához elsősorban kormányzati akarat kell. Itt az ideje, hogy az állam elkezdjen felelős tulajdonosként gazdálkodni a geotermikus energiával.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A mélygeotermikus projekt vizsgálatai a GINOP-2.1.1-15.2016.00970 számú pályázat támogatásával, az INNOGEO Kft., Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, a Geotermikus Szolgáltató Kft., a GEOMEGA Kft. és a GeoLog Kft. jelentéseinek felhasználásával készültek.

IRODALOM

- Dövényi P. – Horváth F. (1988): A Review of Temperature, Thermal Conductivity, and Heat Flow Data for the Pannonian Basin. In: Royden, L. H. – Horváth F. (eds.): *The Pannonian Basin. A Study in Basin Evolution*. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 45, 195–233.
- Horváth F. – Musitz B. – Balázs A. et al. (2015): Evolution of the Pannonian Basin and Its Geothermal Resources. *Geothermics*, 53, 328–352. DOI: 10.1016/j.geothermics.2014.07.009, https://www.researchgate.net/publication/264789043_Evolution_of_the_Pannonian_basin_and_its_geothermal_resources
- Kurunczi M. (2017): Hőenergia helyben – Mivel csökkenthető az import földgáz? *Magyar Energetika*, 2, 18–21. <http://magyarenenergetika.hu/wp-content/uploads/me/ME%202017-2.pdf>

- MTA – MMK – MaTáSZSZ – MTT (2015): Települési hőellátás helyi energiával című konferencia állásfoglalása. *Energiagazdálkodás*, 56, 5–6, 62–63. <http://termalenergia.hu/wp-content/uploads/2015/10/Konferencia-%C3%A1ll%C3%A1sfoglal%C3%A1s.pdf>
- Osvald M. – Szanyi J. – Medgyes T. et al. (2017): Geothermal Energy Developments in the District Heating of Szeged. *European Geologist*, 43, 30–33. https://issuu.com/efgoffice/docs/egj43_print
- Szanyi J. – Kovács B. (2010): Utilization of Geothermal Systems in South-East Hungary. *Geothermics*, 39, 357–364. DOI: 10.1016/j.geothermics.2010.09.004, https://www.researchgate.net/publication/222010593_Utilization_of_geothermal_systems_in_South-East_Hungary
- Varga A. – Bozsó G. – Garaguly I. et al. (2019): Cements, Waters, and Scales: An Integrated Study of Thermal Water Chemistry and Its Role on Clastic Reservoir Diagenesis and Scale Precipitation in the Szeged Geothermal Systems, SE Hungary. *Geofluids*, Article ID 4863814, DOI: 10.1155/2019/4863814, <https://www.hindawi.com/journals/geofluids/2019/4863814/>