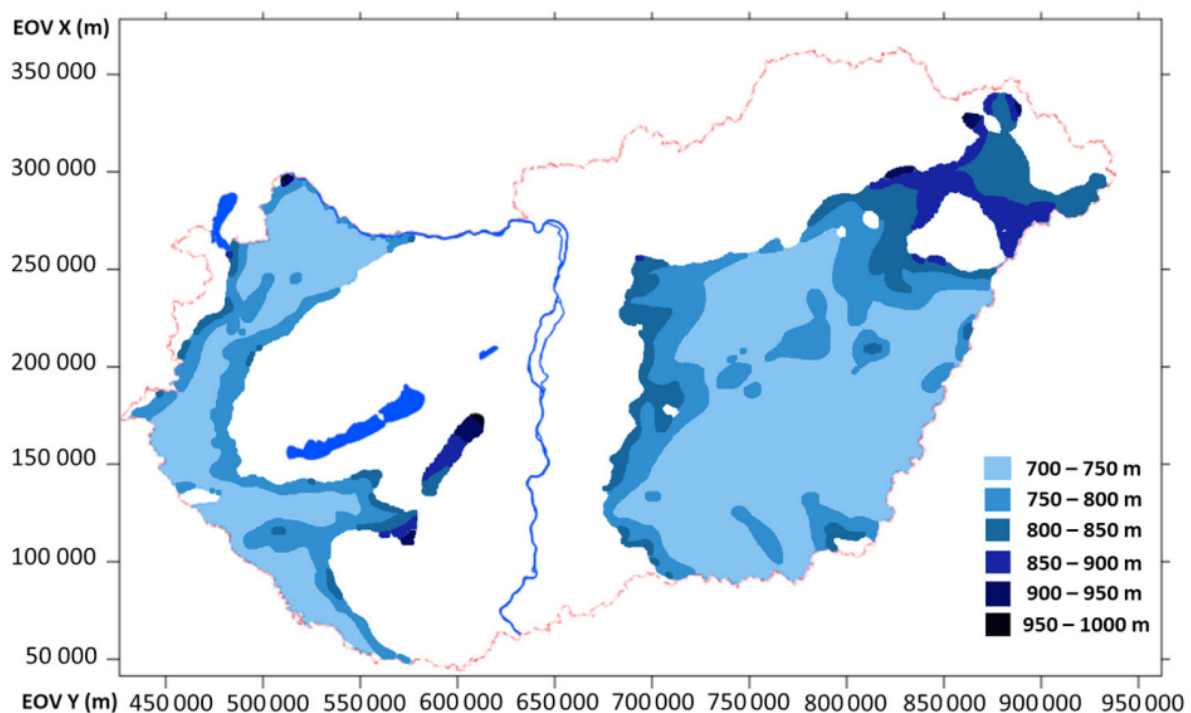


Kifolyik a pénz a lefolyón? – A termálvízben rejlő energia és energetikai hasznosításának lehetőségei

Magyarország geotermikus adottságai európai összehasonlításban is kedvezőek. A Kárpát-medence vékony földkérgé és az átlagosnál magasabb geotermikus gradiens következtében viszonylag kis mélységből is jelentős hőmérsékletű termálvíz nyerhető ki [1], [2]. A hazai termálkutak jelentős része fürdők, gyógyászati intézmények, mezőgazdasági létesítmények és egyes települési hőellátó rendszerek energiaellátását szolgálja.



A porózus, termálvizet tároló képződmények tető mélysége 50–75 °C-os hőmérséklet elérése mellett [3].

A termálvíz azonban nemcsak gyógyászati vagy rekreációs célokat szolgálhat, hanem jelentős energetikai potenciált is képvisel. Ennek ellenére számos helyen a kitermelt hőenergia jelentős része kihasználatlanul távozik az elfolyó vízzel, ami gazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt veszteséget jelent.

A termálvíz mint energiaforrás

A termálvíz energiatartalmát elsősorban a víz hőmérséklete, mennyisége, valamint a hasznosítást követő kifolyási hőmérséklet határozza meg. Egy 50–75 °C-os termálvíz jelentős mennyiségű hőenergiát tartalmaz, amely megfelelő műszaki kialakítás mellett több lépcsőben is hasznosítható.

A gyakorlatban azonban gyakran előfordul, hogy a termálvizet kizárólag medencék feltöltésére használják, majd a még mindig 30–35 °C-os víz a befogadóba kerül. Ez azt jelenti, hogy a kitermelt energia jelentős hányada hasznosítatlan marad [4].

A kaszkád rendszerű hasznosítás előnyei

A termálenergia-hasznosítás egyik legismertebb módszere a kaszkád rendszerű felhasználás. Ennek lényege, hogy a termálvíz hőtartalmát több egymásra épülő folyamatban hasznosítják, mindig az adott hőmérséklet-szinthez igazodva [5].

Az energetikai szempontból optimális termálvíz-hasznosítás a kaszkád elv alkalmazásával valósítható meg, amelynek során a termálvíz hőtartalma több egymást követő felhasználási szinten kerül hasznosításra.

Elsődleges hasznosítási szinten az 50–75 °C hőmérsékletű termálvíz magas hőmérsékletű épületgépészeti rendszerek energiaellátására alkalmazható. Ebbe a körbe tartozik az épületek fűtése, a használati melegvíz (HMV) előállítása, valamint egyéb technológiai hőigények kielégítése, ahol a magasabb hőmérséklet-szint közvetlenül hasznosítható.

Másodlagos hasznosítási szinten a már részben lehűlt, jellemzően 40–45 °C hőmérsékletű termálvíz kiválóan alkalmas gyógy- és termálmedencék üzemeltetésére. Ezen a hőmérsékleten a víz felhasználható a medencék feltöltésére, pótvízellátására, valamint a medencevíz hőmérsékletének fenntartására, biztosítva a fürdővendégek számára szükséges komfortos víz hőmérsékletet.

Harmadlagos hasznosítási szinten a medencékből távozó, illetve túlfolyóként jelentkező, még mindig jelentős hőtartalommal rendelkező, 25–30 °C hőmérsékletű termálvíz alacsony hőmérsékletű épületgépészeti rendszerek energiaforrásaként használható fel. Megfelelő műszaki kialakítás mellett alkalmas lehet padló-, fal- vagy mennyezetfűtési rendszerek hőellátására, illetve hőszivattyús rendszerek hőforrásaként is szolgálhat, tovább növelve a termálvíz teljes energetikai hasznosításának hatékonyságát.

A kaszkád rendszerű hasznosítás előnye, hogy a kitermelt termálvíz hőtartalmának minél nagyobb része hasznosul, ezáltal csökkenthető az energiafelhasználás, az üzemeltetési költség és a környezeti terhelés, miközben javul a geotermikus energiaforrások gazdaságos felhasználása.

A nemzetközi tapasztalatok szerint a kaszkád rendszerek akár 30–50%-kal is növelhetik az adott geotermikus rendszer energiahatékonyságát [6].

Hővisszanyerés a termálfürdőkben

A gyógy- és termálfürdők üzemeltetése jelentős hőenergia-felhasználással jár, ezért kiemelt jelentőségű a rendelkezésre álló termálvíz energiatartalmának minél teljesebb körű hasznosítása. A hővisszanyerés és a kaszkád rendszerű energiahasznosítás több egymásra épülő lépcsőben valósítható meg.

Az **első hasznosítási szinten** a magas hőmérsékletű termálvíz hőtartalmának átadása nagy hatásfokú víz–termálvíz hőcserélők segítségével történik. A hőcserélők lehetővé teszik, hogy a termálvíz energiája közvetlen érintkezés nélkül hasznosuljon az épületgépészeti rendszerekben, például épületfűtés vagy használati melegvíz-előállítás céljára.

A **második hasznosítási szinten** a részben lehűlt termálvíz közvetlen vagy közvetett rendszerben alkalmazható a gyógy- és termálmedencék üzemeltetésére. A rendelkezésre álló hőenergia felhasználható a medencék vízhőmérsékletének fenntartására, a pótvíz előmelegítésére, illetve a medencék feltöltéséhez szükséges víz biztosítására, ezáltal csökkentve a primer energiafelhasználást.

A **harmadik hasznosítási szinten** a medencékből távozó, jellemzően 25–30 °C hőmérsékletű termálvíz még számottevő hőenergiát tartalmaz. Ennek hasznosítása víz–víz hőszivattyús rendszer alkalmazásával valósítható meg, amely a maradék hőenergiát magasabb hőmérsékletre emeli. Az így előállított hőenergia kiválóan felhasználható alacsony hőmérsékletű épületgépészeti rendszerek – például padlófűtés, falfűtés, mennyezetfűtés vagy fan-coil rendszerek – energiaellátására.

A háromlépcsős hőhasznosítási rendszer alkalmazásával a termálvíz energiatartalmának jelentős része hasznosítható, amely nemcsak az üzemeltetési költségek csökkentését eredményezi, hanem hozzájárul a fenntartható és energiahatékony fürdőüzemeltetés megvalósításához is.

Az elmúlt években egyre nagyobb figyelmet kapott a termálvíz és a hőszivattyús technológia kombinálása. A 20–30 °C-os elfolyó termálvíz kiváló hőforrást biztosíthat víz–víz hőszivattyús rendszerek számára. A technológia előnye, hogy magas éves hatásfok (SCOP) érhető el, miközben jelentősen csökkenthető a földgázfelhasználás és az üvegházhatású gázok kibocsátása [7], [8].

Gazdasági és környezetvédelmi előnyök

A hővisszanyerés révén a fürdők energiafelhasználása jelentősen csökkenthető, ami rövid vagy közepes megtérülési idejű beruházásokat eredményezhet [9].

A termálvíz komplex energetikai hasznosítása hozzájárul a fosszilis energiahordozók kiváltásához, az üzemeltetési költségek csökkentéséhez és a megújuló energia részarányának növeléséhez [10].

Az energiaárak emelkedése következtében a geotermikus beruházások megtérülése egyre kedvezőbbé válik, különösen olyan intézmények esetében, amelyek egész évben jelentős hőenergia-igénnyel rendelkeznek [11].

Összegzés

A geotermikus energia hazai alkalmazásának további fejlesztésében kiemelt szerepet kap a termálvizek többlépcsős, kaszkád rendszerű energetikai hasznosítása. A hőcserélős rendszerek, a medenceüzemeltetéshez kapcsolódó hővisszanyerési megoldások, valamint a víz-víz hőszivattyús technológiák integrált alkalmazása lehetővé teszi a termálvízben rendelkezésre álló hőenergia minél teljesebb körű hasznosítását. Ezzel nemcsak az energiahatékonyság növelhető, hanem jelentősen csökkenthető a fosszilis energiahordozóktól való függőség és az üzemeltetés környezeti terhelése is. A jövő termálfürdői számára a fenntartható működés egyik kulcsa a rendelkezésre álló geotermikus energia minél magasabb szintű és komplex hasznosítása.

Tar Flórián
épületgépész és épületenergetikai mérnök

Irodalomjegyzék

- [1] Mádlné Szőnyi, J. (2013). Magyarország geotermikus adottságai és hasznosítási lehetőségei. *Földtani Közlöny*, 143(4), 371–384.
- [2] Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat. (2024). *Magyarország geotermikus energia potenciálja*. Budapest.
- [3] Tudományos közlemény 2023., 4. évfolyam, 3. szám ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, Tóth József és Erzsébet Hidrogeológia Professzúra, Budapest, Magyarország)
- [4] Bálint, B., Szanyi, J., & Kovács, B. (2019). Geothermal energy utilization in Hungarian thermal bath systems. *Geothermics*, 82, 101–110.
- [5] Dickson, M. H., & Fanelli, M. (2013). *Geothermal Energy: Utilization and Technology*. London: Routledge.
- [6] European Geothermal Energy Council. (2023). *European Geothermal Market Report 2023*. Brussels.
- [7] IEA. (2024). *Heat Pumps Special Report*. Paris: International Energy Agency.
- [8] EHPA. (2024). *Heat Pumps and Geothermal Applications in Europe*. Brussels: European Heat Pump Association.
- [9] European Commission. (2022). *Best Practices for Energy Efficiency in Public Buildings*. Brussels.
- [10] IRENA. (2023). *Renewable Energy Statistics 2023*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- [11] European Commission. (2023). *EU Energy Statistical Pocketbook 2023*. Brussels