

## **A GEOTERMIA FEJLESZTÉSÉNEK PERSPEKTÍVÁI MAGYARORSZÁGON**

### **THE PERSPECTIVES OF GEOTHERMAL DEVELOPMENT IN HUNGARY**

TÓTH ANIKÓ NÓRA<sup>1</sup>–BOBOK ELEMÉR<sup>2</sup>

**Absztrakt:** A geotermikus energia hasznosításának fokozására ígéretes lehetőségeket találunk Magyarországon. Kitermelésének módszerei, eszközei az olajiparban kidolgozottak, az olajkészletek fogyása a geotermikus energiatermelésre predesztinálja a szakmát. A geotermikus energiatermelés lehetőségeihez képest még csak az ígéretes jövő küszöbén áll. A jelenlegi 10 000 MW villamosenergia-termelő és a 29 000 MW közvetlen hőhasznosításra kiépített kapacitás már elegendő megbízható tapasztalatot szolgáltatott a további nagyléptékű fejlődéshez. A jelenleg termelésbe vont természetes rezervoárok, a hidrotermális rendszerek mellett, ezeket nagyságrendekkel meghaladó további energiamennyiség válik hozzáférhetővé az EGS-technológia révén. A kis mélységtartományból termelő hőcserélő kutak máris 15 000 MW hőteljesítményt szolgáltatnak világszerte.

**Kulcsszavak:** geotermikus gradiens, földi hőáram, geotermikus rezervoár, mesterséges tároló, hőcserélő kút (BHE), forró száraz kőzet (HDR), közvetlen hőhasznosítás, hőszivattyú, környezeti hatások

**Abstract:** Promising opportunities can be found in Hungary to increasing the utilization of geothermal energy. Production methods, tools came from the petroleum industry. The decrease in petroleum consumption predestines the profession for the geothermal production. The geothermal energy potential is on the verge of a promising future yet. The current 10,000 MW of electric power production and the 29,000 MW of installed capacity is sufficient to provide a more reliable experience in large-scale development. The EGS technology would mean huge amounts of energy. The shallow geothermal heat exchangers already produce more than 15,000 MW of thermal power worldwide.

**Keywords:** geothermal gradient, geothermal heat flow, geothermal reservoir, bore hole heat exchanger, direct use, heat pump, environmental impact

---

<sup>1</sup> DR. TÓTH ANIKÓ NÓRA, egyetemi docens  
Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Kőolaj és Földgáz Intézet  
3515 Miskolc-Egyetemváros  
toth.aniko@uni-miskolc.hu

<sup>2</sup> DR. BOBOK ELEMÉR, professor emeritus  
Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Kőolaj és Földgáz Intézet  
3515 Miskolc-Egyetemváros  
boboke@kfgi.uni-miskolc.hu

## 1. Bevezetés

A geotermikus energia olyan belső energia, amelyet a földkéreg, a köpeny és a mag nagy hőmérsékletű tömegei tárolnak. Mivel a Föld belsejében sokkal nagyobb hőmérsékleteket találunk, mint a felszínen, a belső energia szakadatlanul áramlik a nagy mélységű forró zónákból a felszín felé. A földkéreg minden pontja tartalmaz geotermikus energiát, az a kéregben mindenütt jelen van. Ebből viszont csak a felszíni hőmérséklet által meghatározott belsőenergia-szint fölötti rész hasznosítható. A gazdaságosan kitermelhető geotermikusenergia-készlet viszont természeti, műszaki és gazdasági feltételek által meghatározott, az időben változó mennyiség.

A geotermikus energiáról alkotott értékítéletek sokszor túlzottan derülátók vagy túlzottan lebecsülők. Ebben a geotermikus energia kétarcúságának is szerepe van, ha bizonyos tulajdonságait egyoldalúan emeljük ki. A geotermikus energiakészletek szinte elképzelhetetlenül nagyok: a földkéreg felső tíz kilométere több mint 50.000-szer annyi energiát tartalmaz, mint a ma ismert olaj és földgázkészletek. Ugyanakkor a fajlagos energiataralom viszonylag kicsiny. Amíg 1 kg földgáz elégetésekor 50.000 kJ energia szabadul fel, 1 kg 100 °C-os forró víz hasznosítható belsőenergia-tartalma a 15 °C-os környezeti szint fölött csupán 356 kJ. A földkéreg fűtő földi hőáram teljesítménysűrűsége igen kicsiny, átlaga a Pannon medencében közelítőleg 0,1 W/m<sup>2</sup>. Ez globálisan jelentős, hiszen Magyarország 93.000 km<sup>2</sup> területén 9.300 MW a hűtőenergia teljesítménye. Lokálisan viszont egy adott geotermikus mezőre négyzetkilométerenként csak 100 kW jut. Erről a területről egy átlagos termálkúttal is mintegy 5 MW hőteljesítmény termelhető ki, tehát a geotermikus energia csak részben megújuló. Igazi értékei a hatalmas készletekben, környezetbarát jellegében, évszaktól, napszaktól és a fosszilis energiahordozók áremelkedésétől való függetlenségében rejlenek.

## 2. Magyarország geotermikus adottságai és a kitermelés jellemzői

Magyarország természeti adottságai rendkívül kedvezőek a geotermikus energia hasznosítására. Az elvékonyodott kéreg a Kárpát-medencében a kontinentális átlagnál nagyobb földi hőáramot és geotermikus gradienst eredményez. A jelenleg hasznosított hidrotermális rendszerek hőmérséklete általában a közvetlen hőhasznosítást teszi indokolttá. Mezőgazdasági célú geotermikusenergia-felhasználásban világviszonylatban is az élcsoportban vagyunk. Ma Magyarországon 193 működő termálkúttal, 67 ha üvegház és 232 ha fóliasátor fűtése van megoldva. Az állattartás területén 52 helyszínen hasznosítjuk a geotermikus energiát halastavak, baromfikeltetők, istállók temperálására. A szentesi Árpád-Agrár Zrt. 65 MW kitermelt hőteljesítményével a legnagyobb koncentrált fogyasztóknk. A rendelkezésre álló hőlépcső kihasználása jelentősen javítható lenne. A mezőgazdaságban 212 MW<sub>t</sub> beépített kapacitással 1871 TJ/év geotermikus energia hasznosul.

Magyarországon 40 településen több mint 9000 lakást fűtenek geotermikus energiával. Ennek a beépített teljesítménye 118,6 MW<sub>t</sub>, ami 1162 TJ/év energiát jelent. Ennek 80%-a a távfűtő rendszerekben, 20% egyedi fűtőrendszerekben hasznosul. Magyarország legkorszerűbb, 10 MW hőteljesítményű geotermikus távfűtő rendszere Hódmezővásárhelyen

üzemel jó hatásfokkal és gazdaságosan. A sikeresen megoldott vízvisszasajtolás költségei ellenére a távfűtési költségek a gáztüzelésű távfűtéshez képest 40%-kal csökkentek.

Magyarországon is építhetők geotermikus villamos erőművek, de nem véletlen, hogy napjainkig erre nem került sor. A nagy (<200 °C) hőmérsékletű túlnyomásos tárolók termelésbe állításának műszaki feltételei nem minden részletükben megoldottak. Az extrém nagy nyomás és oldottanyag-tartalom egyaránt további alap- és alkalmazott kutatásokat tesz szükségessé. Ezek megoldható problémák, de nem megkerülhetők.

Jellegzetesebbek a 120 °C-os forróvíz-tárolókra telepítendő erőművek problémái. Itt nyilvánvalóan a hatásfok-javítás lehetőségeinek kutatásával léphetünk előre, sok kutató-fejlesztő munkával javítva néhány tized százalékot.

A hosszabb távú elképzelések között feltétlenül gondolni kell a DK-Alföld medencealjzatának nagy hőmérsékletű zónáinak feltárására. Ezek energiatartalmának hasznosítására csak EGS-módszerek alkalmazásával kerülhet sor. Ahol kisebb mélységben találjuk az alaphegységet pl. Tótkomlós környéke – bináris erőmű telepíthető. Nagyobb mélységű mesterséges tárolókból akár víz vagy szuperkritikus állapotú széndioxid is lehet a hőt szállító, egyúttal munkavégző közeg. A mélység és ezzel a hőforrás hőmérsékletének növekedése a távolabbi jövő geotermikus erőműveinek jelentős hatásfok-javulását teszi majd lehetővé.

Az elmúlt évek pangása után megélnkülés tapasztalható a hazai geotermikus fejlesztésekben. Az olajipar elkötelezte magát az első geotermikus energiából villamos energiát termelő kísérleti erőmű megépítésére, s a magántőke is érdeklődést mutat az önkormányzatokkal együttműködve villamos erőművek és városi távfűtő rendszerek létesítésére. A kis mélységű hőszivattyús hőcserélő kutakra alapozott egyedi fűtési rendszerek is túlléptek a családi házak méretein, és az ipari hőfogyasztás felé is nyitnak. Erre a Pannon GSM 1MW teljesítményű hőszivattyús fűtőrendszere jó példa.

Külföldi szakértők is egyetértenek abban, hogy Magyarország a nagymélységű EGS-rendszerek létesítésére egész Európa legalkalmasabb helyszíne. Ez akár EU-s vagy más külföldi tőke számára igen vonzó adottság lehet.

### 3. A geotermikus energiatermelés környezeti hatása

A fosszilis energiahordozók alkalmazásához képest a geotermikus energia felhasználása nagymértékben csökkenti a környezetszennyezést. Így a geotermikus energia gazdaságossága mellett egyre erősebb érvként szerepel környezetkímélő jellege is. Természetesen a geotermikus energia alkalmazásával is károsodik a környezet, azonban ez nagyságrendekkel kisebb, mint a fosszilis energiaforrások igénybevételekor. Az 1. táblázat négy veszélyes szennyező: az üvegházhatású szén-dioxid, a savas esőket okozó kén-dioxid, a nitrogén-oxidok és a por MWh-ra vonatkozó fajlagos kibocsátását mutatja különböző erőműtípusokra.

A nagy nyomású rétegvizekben jelentős mennyiségű egyéb gáz is lehet oldott állapotban. Ennek legnagyobb része CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, N<sub>2</sub>, ritkábban NH<sub>3</sub>, Ra, He. A hévizekből kiváló gázok közül a legtöbb gondot kétségtelenül a kén-hidrogén okozza. Már kis koncentrációban is mérgező, és extrém kis (5 ppm) hígításban is kellemetlen szagú. A légkörben egynapos felezési idővel alakul át, természetes úton kén-dioxidá.

1. táblázat

## Erőműtípusok és a fajlagos emisszió

| Erőműtípus                  | Fajlagos emisszió [kg/MWh] |                 |                 |       |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-------|
|                             | CO <sub>2</sub>            | SO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | Por   |
| Széntüzelésű                | 994                        | 4,711           | 1,955           | 1,012 |
| Olajtüzelésű                | 758                        | 5,442           | 1,814           | –     |
| Gáztüzelésű                 | 550                        | 0,099           | 1,343           | 0,063 |
| Hidrotermális geotermikus   | 27,2                       | 0,159           | 0               | 0     |
| Bináris, v. EGS geotermikus | 0                          | 0               | 0               | 0     |

A hévizek vagy a geotermikus gőz nem-kondenzálódó gázait mesterségesen elégetve lehet megszabadulni a kén-hidrogéntől. A Párizsi-medence dogger mészkő-tárolójából termelt hévíz gáztartalma például 3% H<sub>2</sub>S, 27% CH<sub>4</sub>, 35% CO<sub>2</sub>, 35% N<sub>2</sub>. Ezt egy olyan reaktorban, tulajdonképpen módosított gázégőben égetik el, amely egy injektorba épített elektródarendszer segítségével tartja fenn a rosszul éghető gázkeverékben a lángot.

A hévízből felszabaduló CO<sub>2</sub> – bár üvegházhatást előidéző gáz, nagyságrenddel kevesebb, mint a fosszilis energiahordozók elégetésekor keletkező mennyiség. Mivel a geotermikus energia hasznosításával fosszilis tüzelőanyagokat váltunk ki, a hévíz CO<sub>2</sub>-tartalma mindig egy sokkal nagyobb CO<sub>2</sub>-kibocsátást helyettesít, így annak környezetkárosító hatásáról beszélni értelmetlen dolog. A hévizekben oldott széndioxid kiválása nagyobb gondot okoz a vízkőképződés folyamatában, illetve a korrózió előidézésében.

A geotermikus energiatermelő kutakból származó víz vagy gőz gyakran tartalmaz hasznosítható mennyiségű metánt. A metán üvegházhatása sokszorosa a szén-dioxidnak, tehát szeparátorral történő leválasztása és elégetése elkerülhetetlen, ám ez egyúttal járulékos energiaforrás is. Magyarországon már a két világháború között hasznosították a hajdúszoboszlói termálkutakból nyert metánt, többek között a MÁV személykocsijainak világítására.

A természetes geotermikus tárolók szilárd oldottanyag tartalma a hőmérséklettel arányos, tehát a nagy hőmérsékletű (> 230 °C), elektromos energia termelésére használt tárolókból származó telepfolyadék erősebben szennyez. A már említett fábiánsebestyéni gőzkitörés alkalmával a telepfolyadék teljes oldott szilárdanyag tartalma 25 g/l volt, s a nagyszénási kútvizsgálatok a 181 °C-os forró vízben hasonló TDS-értéket adtak. A hévíz vagy a gőz kitermelésekor az oldott komponenseket is felszínre hozzuk, s az energiahasznosítás után elfolyó csurgalékvíz nagy mennyiségű környezetidegen anyaggal szennyezi elsősorban a felszíni vízfolyásokat. Ha ezt az anyagmennyiséget nem egyszerűen a környezetet terhelő ballasztnak, hanem kibányászott nyersanyagnak tekintjük, nagyrészt piacképes értékhez jutunk. Ez lehet az oldott szilárdanyag-kérdés megoldásának egyik módja, a nem vagy nem gazdaságosan értékesíthető komponenseké pedig a visszasajtolás.

A kitermelt hévizek mérgező anyagokat is tartalmazhatnak: higanyt, ólmot, arzént, cinket, sőt uránt is. Ezeket a csurgalékvízből biotechnológiai úton hatékonyan el lehet távolítani. Bizonyos mikroorganizmusok 55–60 °C hőmérsékleten és kissé savas jellegű folyadékokban akár mechanikus keverővel ellátott, akár fluidizált ágy formájában működő

bioreaktorokban 24 óra alatt a mérgező fémek 75–85%-át képesek kivonni. A módszer különösen ott előnyös, ahol nincsenek meg a visszasajtolás feltételei.

A hévízkutakban esetleg keletkező béléscsőtörés vagy lyukadás az ivóvízbázist szennyezheti. Szerencsére a vízadó rétegeket harántoló kútszakaszon a kettős béléscsőszakasz és a cementpalást megfelelő védelmet nyújt.

A geotermikus projektek megvalósítása során a legnagyobb zajterhelés a fúrás, a kútvizsgálat és az esetleges rétegrepszítés munkálatai okozzák. Ez a 85–115 dB zajszint intervallumban jelentkezik. Egy működő geotermikus erőmű általában a 70–83 dB tartományban üzemel. A geotermikus erőmű főbb zajforrásai a transzformátor, a turbina-generátor egység és a hűtőtorony. A léghűtéses rendszerek zajkibocsátása nagyobb, mint vízhűtésűeké. Ez egybevethető egy forgalmas városi utca 70–85 dB zajszintjével. Hangtompítók beépítése hatásos, de ez az erőmű hatásfokát csökkenti, a beruházási költségeket növeli.

A szigorú EU-s zajvédelmi előírásoknak is megfelelnek a városi, belterületi telepítésű geotermikus erőművek. Ilyen található pl. Ausztriában Bad Blumau 250 kWe és 5 MWt, valamint Altheim 1 MWe és 10 MWt, Németországban Neustadt Glewe 210 kWe és 6 MWt, valamint Unterhaching 2,5 MWe.

A geotermikus energiatermelő rendszerek felszíni területigénye kicsi. Az erőművek mindig a kutak közvetlen közelébe települnek. A gyűjtővezeték rendszerek hossza nem jelentős. A fúrás és a kútvizsgálatok alkalmával viszonylag nagyobb, 3–5 000 m<sup>3</sup>-es ideiglenes felszíni gyűjtőmedence kialakítása válhat szükségessé. A következő táblázatban különböző erőműtípusok fajlagos területigényét hasonlítjuk össze Rybach (2008) nyomán.

A különösen nagy oldottanyag-tartalmú tárolókra telepített geotermikus erőművek területigénye a termelvény előkészítése miatt, mintegy 75%-kal nagyobb a szokásosnál.

Természetes hidrotermális rendszerekben, ha a kitermelés üteme lényegesen meghaladja a tároló vízutánpótlását, a konszolidáció miatt felszíni süllyedések keletkeznek. Ez különösen markánsan jelentkezett az Új-Zélandon működő Wairakei erőmű esetében. Itt a felszín süllyedésének sebessége évente 0,45 m. A Wairakei erőmű egy aktív vulkáni tevékenységű területen létesült, ahol a kutak rendkívül kis mélységűek (250–300 m). A jelenség rokon a felszín közeli bányák fölött adódó földmozgásokkal. Hazánkban a Felső-Pannonból történő hévíztermelés éppen csak kimutatható külszíni süllyedéseket eredményezett Szentés és Hajdúszoboszló térségében.

2. táblázat

Erőműtípusok és a fajlagos területigény

| Erőműtípus                            | Fajlagos terület [m <sup>2</sup> /MW] |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 110 MW kondenzációs geotermikus       | 1260                                  |
| 20 MW bináris geotermikus             | 1415                                  |
| 1780 MW atomerőmű (Paks)              | 1404                                  |
| 2258 MW széntüzelésű + külfejtés      | 40000                                 |
| 47 MW naperőmű (Mojave Desert, USA)   | 28000                                 |
| 10 MW fotovillamos (Southwestern USA) | 66000                                 |

#### 4. Következtetések

A fenntartható fejlődés igénye, a fosszilis energiahordozók véges készletei olyan új energiaforrások felhasználását teszik szükségessé, amelyek történelmileg belátható időn belül nem merülnek ki, s szakadatlanul megújulnak. Ezek közé tartozik a geotermikus energia is, amely ugyan csak részben megújuló energiafajta, de óriási készletei évezredekre elegendők. Kitermelésének módszerei, eszközei az olajiparban kidolgozottak, az olajkészletek fogyása a geotermikus energiatermelésre predesztinálja a szakmát. A geotermikus energiatermelés lehetőségeihez képest még csak az ígéretes jövő küszöbén áll.

A jelenlegi 10 000 MW villamosenergia-termelő és a 29 000 MW közvetlen hőhasznosításra kiépített kapacitás már elegendő megbízható tapasztalatot szolgáltatott a további nagyléptékű fejlődéshez.

A jelenleg termelésbe vont természetes rezervoárok, a hidrotermális rendszerek mellett, ezeket nagyságrendekkel meghaladó további energiamennyiség válik hozzáférhetővé az EGS-technológia révén. A kis mélységtartományból termelő hőcserélő kutak máris 15 000 MW hőteljesítményt szolgáltatnak világszerte.

A villamosenergia-termelés és az azzal kombinált kaszkádrendszerű közvetlen hőszolgáltatás jelentősen növeli a geotermikus energiahasznosítás gazdaságosságát.

A tiszta, környezetbarát, versenyképes árú geotermikus energia várhatóan az energetikai fejlesztések fő áramába kerül jelenlegi marginális helyzetéből.

Átgondolt gazdaságpolitikai és adminisztratív intézkedések nyomán Magyarország is természeti adottságainak megfelelő helyet kaphat a világszerte ugrásszerű fejlődés előtt álló geotermikus iparágban.

Célszerű lenne Magyarországon is hatékonyabban támogatni a geotermikus kutatást, fejlesztést és beruházásokat.

#### Köszönetnyilvánítás

„A tanulmány a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.”

#### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Bobok E.–Tóth A.: *Megújuló energiák*. Miskolci Egyetemi Kiadó, 2005, pp. 228.
- [2] Lund, John W.: *Geothermal Direct-Use Engineering and Design*. GeoHeat Center Klamath Falls, Oregon, USA 1998, p. 454.
- [3] Rybach, L.: *Geothermal Global and European Perspective*. GAI 10th ANNIVERSARY CONFERENCE Geothermal Resources in Ireland Commercial Opportunities 5th November Kilkenny, 2008.
- [4] Tester et al.: *The Future of Geothermal Energy*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA, 2006.
- [5] Tóth, A.: *Hungary Country Update 2005–2009*. Proceedings World Geothermal Congress, 2010.

