

Adatok trigenerációs hőszivattyús rendszer üzembe állításáról

Ádám Béla¹ – Dr. Tóth László² – Csernóczki Zsuzsa¹
¹ Hidro-Geodrilling Kft. (HGD Kft.), Budapest; ² SZIE GEK, Gödöllő

Bevezetés, a rendszer alapadatai

2010-ben a TESCO Global Áruházak Zrt. beruházásában a Budapest XVII. kerületi Pesti úton valósult meg a meglévő áruház energetikai fejlesztése. Itt hazánkban eddig még nem alkalmazott, ún. **trigenerációs** energiarendszer alkalmazására került sor (1. ábra), amely tartalmazza:

- hőszivattyús fűtést és hűtést
- gázmotoros áramtermelést
- gázmotorhulladékhő-hasznosítást
- abszorpciós hűtést.

A rendszer alapvető adatai:

Földhőteljesítmény fűtési üzemben:
402 kW (COP: 3,93)

Földhőteljesítmény hűtési üzemben:
740 kW (COP: 4,03)

Földhőszondák száma: 130

Szondák mélysége: 100 m

Szondák típusa:

Átmérő = 40 mm-es szimpla szonda

Szondák távolsága: 6,0-8,8 m

A rendszer nagy mérete és a speciális hőnyeltes indokolta a földhőmonitoringot, főként a földhőszondamező földtani kör-

nyezetére gyakorolt várható hatása miatt. A telepített két földhőmonitoring-szondával a teljes rendszer működése nyomon követhető. Az egyik 100 m-es hőmérséklet-érzékelő „fűzért” működő földhőszonda mellé, a másikat az aktív szondáktól 5 m-re lévő **monitoringszondába telepítettük.**

A gázturbina villamos energiát állít elő, miközben a hűtésből és kiáramló füstgázból nyert hővel használati meleg vizet állítanak elő, és abszorpciós hűtőgépet hajtanak meg. A rendszer a működés során, a környezet és a létesítmény állapotától függően, a gázmotoroknál esetenként fellépő felesleges hőmennyiséget a földszondákon keresztül a földtani közegbe vezeti.

A szondamező az épület háta mögött található zöld terület alá került. (2. ábra)

A szondák a külső aknában található osztó-gyűjtőhöz csatlakoznak, s a közvetítő közeg egy keringtetőszivattyú segítségével jut el az áruház tetején elhelyezett 5 db hőszivattyús roof-topos berendezéshez. (3. ábra)

Az épület hőigényének ellátását mind a fűtési, mind a hűtési időszakban az 5 db LENNOX FLEXY II típusú 110/137 kW/db névleges teljesítményű hőszivattyú látja el.

A hulladék hő lehetséges hatásai a hőszivattyúzásra

A bevezetett hő megemeli a \overline{T}_{fo} hőmérsékletet, ami a fűtési időszakban a hatékonyság javulását eredményezi.

Meg kellett ismerni, hogy a nyári hűtési időszakban ugyanez a hatás okoz-e számottevő hatékonyság romlást.

Az ábrán a felvett (T_n) és a leadott (T_k) „fűtési” hő, ahol a

T_{f01} = kilépő, T_{f02} = belépő-, a T_{fh1} = kilépő, T_{fh2} = belépő hőmérsékleteket jelzi.

A termodinamikai átlagos hőmérséklet (\overline{T}) számításban T_n = nagyobb (K) és T_k = kisebb hőmérséklet (K) értékét jelenti, így a (\overline{T}_{fo}) vagy (\overline{T}_{fh}):

$$\overline{T} = \frac{T_n - T_k}{\ln \frac{T_n}{T_k}}$$

A termodinamikai átlagos hőmérséklet mindkét helyzethez ki kell számítani. \overline{T}_{fo} , \overline{T}_{fh} és \overline{T}_{fh} értékeit kiszámítva meghatározható a hőszivattyú elméleti fűtési tényezője:

$$\varepsilon_{fo} = \frac{\overline{T}_{fo}}{\overline{T}_{fo} - \overline{T}_{fh}}$$

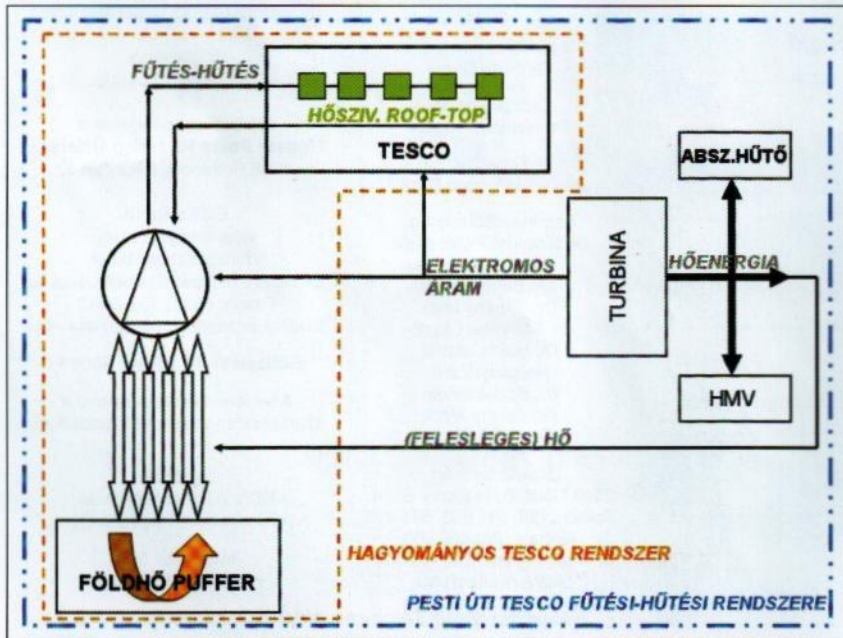
\overline{T}_{fo} = a fűtésre (kimenő) víz átlaghőmérséklete (K)
 \overline{T}_{fh} = a talajból a hőszivattyúra felkerülő hő átlagos hőmérséklete (K). Látható, hogy a téli fűtési időszakban a hőbevezetés a \overline{T}_{fh} hőfokot növeli, s javul a hatékonyság (COP = Coefficient of Performance).

A végzett vizsgálatok

A talajban a hőnyelési teljesítmény (GF) megállapítását az ún. Thermal Response Test segíti. A 100 méteres szimpla szonda esetében regisztráltuk az előremenő és visszajövő ágak hőmérsékletét, valamint a külső hőmérsékletet és a keringtetett folyadék tömegáramát.

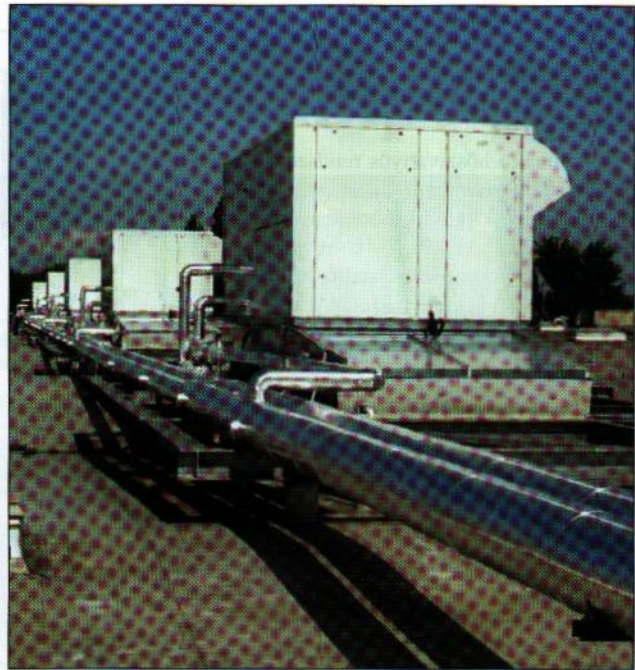
A szondateszt eredményeinek kiértékelését a Kelvin-vonalforrás módszerével végezzük. Az ún. ekvivalens hővezető képesség (λ) megállapításához a hővezetés differenciálegyenletének megoldásával jutunk el:

1. ábra A földszondás trigenerációs rendszer





2. ábra A szondamező elhelyezkedése



3. ábra Roof-top egységek az épület tetőszerkezetén

$$T_f(t) - T_0 = \frac{q_c}{4\pi\lambda} \left(\ln\left(\frac{4\alpha t}{r_b^2}\right) - \gamma \right) + q_c \times R_b =$$

$$= \frac{q_c}{4\pi\lambda} \ln(t) + q_c \left[R_b + \frac{1}{4\pi\lambda} \left(\ln\left(\frac{4\alpha}{r_b^2}\right) - \gamma \right) \right]$$

T_f = folyadék hőmérséklete

T_0 = zavartalan talajhőmérséklet

λ = hővezető képesség [W / m * K]

γ = rendszerállandó

α = hődiffúzió [m²/s]

t = a vizsgálat kezdete [s]

q = fűtési teljesítmény [W]

r_b = sugár [m]

R_b = termikus fűrólyuk-ellenállás [m · K/W]

A λ tükrözi a kőzetformációban lévő konduktív és a talajvíz révén létrejövő konvektív hővezetést is.

Méretezés és kivitelezés

Ellenőriztük, hogy a folyamatos hőközlés hatására a talajhőmérséklet az idő függvényében mekkora intenzitással közelíti az állandósuló állapotot.

A 2010. februárban elvégzett szondateszt eredményeit kiértékelve az elnevelhető hőteljesítmény alapján a 100 m-es szimpla szonda környezetére $\lambda = 2,62 \text{ W/mK}$ érték adódott. A terület rétegsora a geofizikai szelvényezés szerint többnyire száraz agyagos, homokos.

A beüzemelés előtt megmértük a nyugalmi hőmérsékletet a 100 m-es profilban. A kapott adatok alapján a területen a felső 100 m-re jellemző **geotermikus gradiens 59,44 °C/km**, ami magasabb a 30 °C/km-es

világátlagnál, és **jobb a 40-50 °C/km-es magyar átlagnál is.**

A monitoring hőmérséklet-regisztrálói is hasonló hőmérsékleti értékeket mutattak a 4 regisztrálási mélységben:

10 m: 13,9 °C

40 m: 14,6 °C

70 m: 16,1 °C

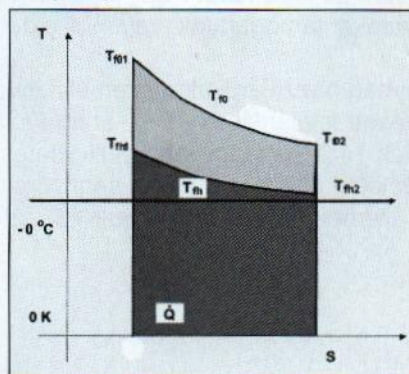
100 m: 18,0 °C

A 2010.05.20-a óta mért hőmérsékleti értékek egyértelműen mutatják az azóta eltelt fűtési-hűtési időszak hatását a földtani környezetre.

Az őszi átmeneti időszakban a hőmérséklet megközelítette a nyugalmi állapotot, majd a fűtés kezdetével hőt vettünk ki a talajból. Ennek következményeként lehűlést regisztráltak a műszerek. (6. ábra)

A diagramról látható, hogy a fűtési üzemnél csak minimális közet hőmérséklet-csökkenés van.

4. ábra A hőszivattyú T-S diagramja (hőnyerés)

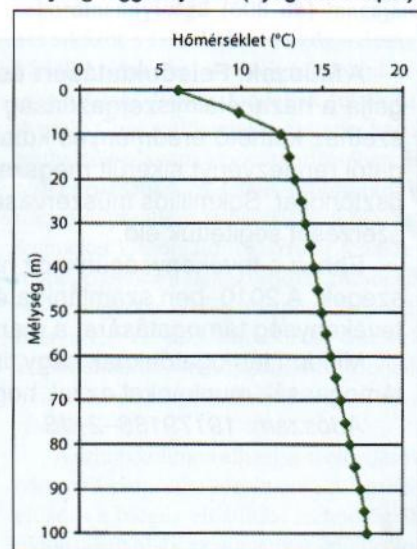


A 2. mérőponton, 5 méterre az aktív szondáktól a monitoringszondában a hőmérséklet-érzékelő fűzér mérőpontjai: 20 m-en, 50 m-en és 80 m-en vannak.

A beüzemelés nyári időszakokkal kezdődött, amikor az épületet hűteni kellett, tehát a hőszivattyús rendszer hőt táplál a földtani közegbe, ami 0,1 °C melegedést okozott minden mélységben. A fűtési szezon kezdetét követően már csökkenő tendencia jelentkezett.

E szondánál a felső 80 m-re jellemző **geotermikus gradiens 64,66 °C/km-re** adódott, ami jóval magasabb a 30 °C/km-es világátlagnál, és magasabb a 40-50 °C/km-es magyar átlagnál is.

5. ábra A hőmérséklet változása a mélység függvényében (nyugalmi állapot)



Összességében megállapítható, hogy a meleg, nyári időjárás sem okozott jelentős változást a felszín alatti hőmérsékletekben.

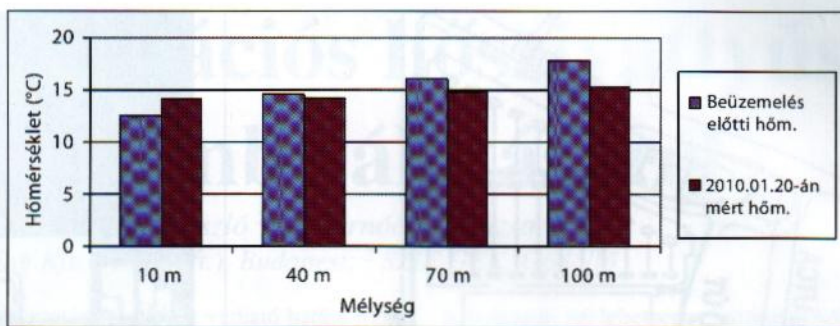
Következtetés

Az önálló hőszivattyús rendszereknél – többéves tapasztalat alapján – a téli fűtési időszakban a kiinduló (általában) 15 °C hőmérsékletre képest 10 °C-os közet hőmérséklet-csökkenés tapasztalható közvetlenül a szondák mellett. Jelen esetben a gázmotor-hulladékhő bevezetésének hatására a fűtési üzem okozta hőelvétel ellenére a működő szondáktól 5 méter távolságra nem hőmérséklet-csökkenés, hanem -növekedés van, tehát a hőszivattyús fűtés hatékonyságát a trigenerációs rendszer javítja (jobb az SPF faktor, másként kifejezve a COP, ill. e).

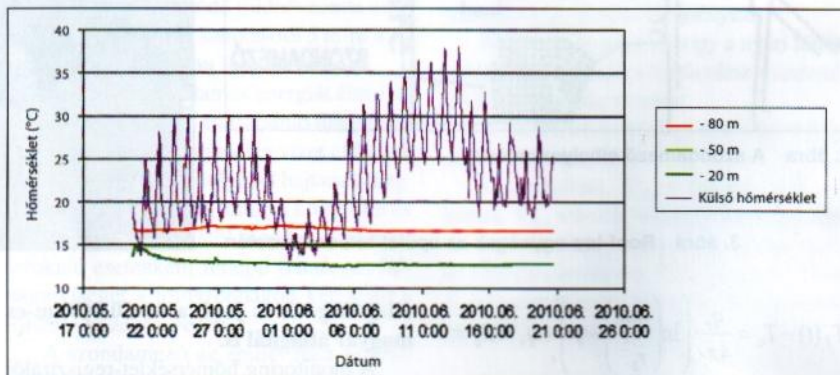
Az önálló hőszivattyús rendszereknél a nyári hűtési időszakban a kiinduló ~15 °C hőmérsékletre képest 5-7 °C hőmérséklet-növekedés van a földtani közegben a hővezető képességétől függően.

A nyári hűtési, EER (Energy Efficiency Ratio) faktor reális értékelésére a rövid és kezdeti időszak miatt még nem lehet egyértelműen nyilatkozni (teljes nyári hűtési időszak kiértékelése szükséges). Az eddigi adatokból (~24 °C) azonban megállapítható, hogy a monitoringrendszer alkalmazásával az esetleges magasabb hőmérsékleti földhő-anomáliák (37-40 °C) is kezelhetők megfelelő rendszerszabályozási beavatkozásokkal (a hőfelesleg kiadása az abszorpció egységre stb.). Összességében eddigi helyszíni mérések pozitív geotermikusgradiens-anomáliát jelentenek. Fentiek alapján megalapozott az a feltételezés, hogy hatékony és hosszú távon fenntartható a sikeres hőszivattyús üzemeltetés, és előnyös a trigenerációs rendszer.

Lektorálta: Dr. Beke János



6. ábra Működő földhőszonda mellé telepített érzékelőfűzér közelében a talaj hőmérséklet változása (1. mérőpont)



7. ábra Nyári időszak mérési szakaszán sem tapasztalható számottevő hőmérséklet-növekedés, ami rontaná a COP-tényezőt

Summary

In the supermarket of Tesco in Budapest, a trigeneration energetic system is installed which has not been applied in our country as yet. The components of the system: the heat-pump heating and cooling subsystems, the gas-engine driven electric energy generation, and the recovery of the loss heat of the gas engine. The latter is used for driving absorption refrigerators and producing hot water. The efficiencies of the

heat-pump applications differ in values – where the geothermal flux (GF) is quite intensive, the conditions of the processes are more advantageous. The GF-values were determined with the help of the Thermal Response Test on the spot of the project. The excess lost heat is transmitted into the soil. It can be established that the efficiency of the heat-pump transport is better in the heating season – at the same time even the summer period does not worsen the efficiency below the regulable level.

A Műszaki Felsőoktatásért és Kutatásért Alapítvány – mint közhasznú szervezet – 1991. óta támogatja a hazai élelmiszergazdaság ügyét szíven viselő gépészmérnökök képzését, továbbá a mezőgazdasághoz köthető eredményes kutató-fejlesztő munkát. Alapítványi segítséggel számos tudományos hallgatói rendezvényt sikerült megszervezni és több tucat PhD, illetve mesterkurzuson tanuló hallgató kapott ösztöndíjat. Sokmilliószázalékos munkásságukat támogattunk, valamint oktatási demonstrációs eszközök megszerzését segítettük elő.

Ehhez a tevékenységünkhöz nagyban hozzájárultak a személyi jövedelemadó 1 %-ából befolyt összegek. A 2010-ben számlánkra érkezett felajánlások 86 %-át fordítottuk közvetlenül oktatási és kutatási tevékenység támogatására, a maradék 14 % az alapítvány működtetését segítette.

Minden támogatóknak nagy tisztelettel köszönjük eddigi segítségét és továbbra is kérjük, hogy idén is támogassák munkánkat azzal, hogy személyi jövedelemadójuk 1 %-át alapítványunknak utalják!

Adószám: 19179186-2-13

Köszönettel:
Prof. Beke János DSc
a kuratórium elnöke