

KIFUTÓPÁLYÁK JÉGMENTESÍTÉSE SZABADTÉRI FELÜLETFÜTÉSSEL GEOTERMIKUS ENERGIA FELHASZNÁLÁSÁVAL

Repülőterek téli üzemeltetése során fontos a kifutópályák hó-, és jégmentesítése. Napjainkban, épületgépész körökben egyre nagyobb jelentősége van a környezeti energiák észszerű, tudatos felhasználásának. Ennek létjogosultságát gazdasági, környezetvédelmi, társadalmi, és politikai tényezők igazolják.

A tanulmány célja a kifutópályák jégmentesítési lehetőségeinek elemzése geotermikus energia felhasználásával történő felületfűtással.

1. BEVEZETÉS

Repülőterek téli üzemeltetése során fontos a kifutópályák hó-, és jégmentesítése, többek között a túlfutásos balesetek kockázatának csökkentése végett.

Napjainkban, épületgépész körökben egyre nagyobb jelentősége van a környezeti energiák észszerű, tudatos felhasználásának.

Ennek létjogosultságát gazdasági, környezetvédelmi, társadalmi, és politikai tényezők igazolják. Ezek alatt értjük az éghajlatváltozást, a fosszilis energiahordozó készletek fogyatkozását, és az hasonló okból egyre feszültebbé váló politikai helyzetet, valamint az ilyen energiahordozók árának drasztikus emelkedését.

Továbbá kis ország lévén nagyon fontos feladat az energetikai függőségünk mérséklése. Hasznosítható ingyenesen rendelkezésre álló környezeti energia potenciálunk nagyon kedvező lehetőséget nyújtana országunk számára.

A felvetésemhez a Rehau [5] által elkészített Bad Lauterbergi Winnerway[®] pályaudvar adta az alapötletet.

Ezen projekt keretében a 200 m hosszú vasúti peronok egész éves felhasználhatóságát oldották meg só szórás, és hó eltakarítás szükségessége nélkül, geotermikus energia felhasználásával.

Dr. Kalmár Ferenc véleménye szerint [1] Magyarországon a geotermális energia jelenlegi felhasználása: 3,6 PJ, szemben a jelenleg meglévő kutak felhasználásával kinyerhető 10-50 PJ értékkel.

A nyitott szabad terek, felületek (autópálya, repülőtér, gépkocsibejáró) fűtését elsősorban a biztonság, a balesetveszély elhárítása indokolja. Ennek a feladatnak a megoldása is történhet megújuló

energiaforrások használatával. Megújuló energiának azt az energiaforrást nevezzük, melynek felhasználása során a Föld természetes energiaegyensúlya nem változik, visszafordíthatatlan plusz környezetterhelés nem keletkezik. A megújuló energiaforrások közös jellemzője, hogy létrehozójuk és táplálójuk a Nap kimeríthetetlen sugárzása. Magyarország az északi mérsékelt övben, az északi szélesség 45, 8° és 48, 6° között található. A napsütéses órák száma megközelítőleg évi 2100 óra, a vízszintes felületre érkező napsugárzás hőmennyisége kb. 1300 kWh/m² év.

A napsugárzás hatására különböző természeti jelenségek játszódnak le, az ezeken a jelenségeken alapuló energiatermelés tulajdonképpen a napenergia közvetett felhasználása. Közvetett felhasználás alatt értjük a szélenergia, biomassa, vízenergia, és a talajhő felhasználását.

A talaj hőt sorolhatjuk ebbe a kategóriába is, mert a talaj képes a napsugárzásból származó energiaáram tárolására, ez azonban csak a talaj felső rétegét érinti, amit felhasználva csak kisebb energiamennyiséget nyerhetünk a hasznosítható geotermikus potenciál, a földkéreg alatt kavargó forró magma által indított geotermikus hőárammal magyarázható. Magyarországon a geotermikus gradiens értéke átlagosan 5° C/100 m, ami mintegy másfélszerese a világtátlagnak. Ennek oka az, hogy a Magyarországot magában foglaló Pannon-medencében a földkéreg vékonyabb a világtátlagnál (mintegy 10 km-rel vékonyabb a szomszéd területekhez képest) és így a forró magma a felszínhez közelebb van. A méréssel meghatározható hőáram értékek is nagyok, megközelítőleg 90 mW/m², miközben az európai kontinens területén 60 mW/m² az átlagérték. A geotermikus gradiens a Dél-Dunántúlon és az Alföldön nagyobb, mint az országos átlag, a Kisalföldön és a hegyvidéki területeken, pedig kisebb annál. Magyarországon a 30° C-nál melegebb kifelévezető kutakat és forrásokat tekintjük hévíz kutaknak, illetve hévízforrásoknak (termálvizeknek). Az ország területének 70 %-a alkalmas ilyen hőmérsékletű víz gazdaságos kitermelésére.

2. A DEBRECENI REPÜLŐTÉR PÁLYÁJÁNAK ELEMZÉSE

A Debreceni repülőtér (1. ábra) 2500 méter hosszú, 40 méter széles kifutópályájának téli jég mentesítése, így egész éves használhatóságának biztosítása. A szabadtéri felületfűtés energiahordozója víz-fagyálló keverék. Az energiahordozó a betonba fektetett csővezeték hálózatban cirkulál, így közölhető a betonnal a jégmentesítéshez szükséges hőmennyiség.



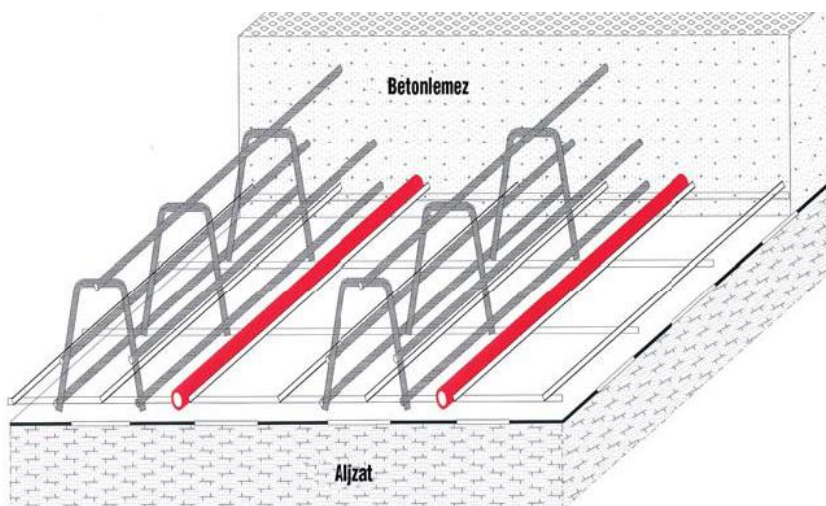
1. ábra. Debreceni repülőtér madártávlatból

A jégmentesítés megoldása:

Ez a „kültéri padlófűtés” úgy van beállítva, hogy a szabad területek felületi hőmérséklete ne csökkenhessen fagypont alá.

A csővezeték beépítésekor gondolni kell a leszálló repülőgépek kifutópályára gyakorolt hatására, tehát a beton mechanikai szilárdságát a fűtőcsövek összenyomódásának elkerülése végett növelni kell, megfelelő vasalással kell ellátni.

A 2. ábrán látható a szabadtéri felületfűtés rétegrendje, a lefektetésre kerülő fűtőcsövek piros színűek.

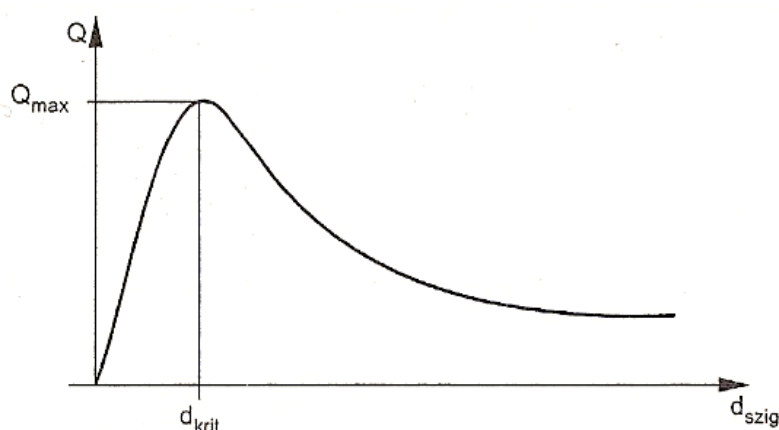


2. ábra. A szabadtéri felületfűtés rétegrendje

A felvetésem tárgyát képező betonozott kifutópályák hó, és jég mentesítésével kapcsolatosan akadályba ütköztem. A pontos hőtechnikai számítások elvégzéséhez ugyanis elengedhetetlenül fontos a kifutópálya pontos rétegrendjének ismerete.

A vasbetonréteg vastagságának változásával ugyanis a hőátadási folyamatok jelentősen változnak (3. ábra). A hőátadási tényezőnek, illetve a hő leadásnak mérhető értéke, maximuma van a következő rétegvastagságnál (1).

$$\left[d_{föld} = \frac{2\lambda_{szig}}{\alpha_k} = d_{krit} \right] \quad (1)$$



3 ábra. A hő leadás alakulása a csövet körülvevő szigetelés növelésével [2]

A cikkem írása közben folyamatos érdeklődésem ellenére sem sikerült a számomra fontos rétegrendi adatokhoz hozzájutnom.

Azonban az olvasókat szeretném megismertetni ezen méretezési eljárás metodikájával. A méretezési eljárást egy füves kifutópályán fogom szemléltetni.

A felvetésemnek természetesen csak nagy forgalmú betonozott repülőtereken van létjogosultsága. Az általam ismertetett méretezési eljárás hasonló a betonozott kifutópályák méretezéséhez, a pálya rétegrendi adatainak figyelembe vételével.

A méretezés lépéseit a Debreceni repülőtér kifutópályáján mutatom be. A füves kifutópálya (1. ábra) 1000 m hosszú, 100 m széles, azaz $A=10\,000\text{ m}^2$

A jégmentesítéshez szükséges fajlagos hőáram, a felületi hőátadási tényező, és a hőmérsékletkülönbség függvényeként (2).

$$[q_{fel} = \alpha(t_{fel} - t_{lev})] \quad (2)$$

ahol:

q_{fel} a felületre érkező fajlagos hő áram [W/m^2]

α a felületi hőátadási tényező [$\text{W/m}^2\text{K}$]

t_{fel} a megkívánt felületi hőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$]

Jégmentesítés szempontjából a szokásos felületi hőmérséklet minimum $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$, a levegő hőmérséklete névleges méretezési állapotban külön megfontolás tárgyát képezi. Ha az abszolút biztonságot tartjuk szem előtt célszerű ennek értékét $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra felvenni, azonban ennek a beruházás, és a későbbi üzemeltetés során anyagi vonzata van. A sok éves meteorológiai megfigyelések alapján az épületgépészetben kialakult gyakorlat szerint ezt az értéket $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra veszem fel. A felületi hőátadási tényező értékét $8\text{ W/m}^2\text{K}$ értékűre vehetjük fel.

$$[q_{\text{fel}}=8(2-(-15))=136\text{ W/m}^2]$$

A fűtőszál síkjától a föld mélye felé, lefele is áramlik hő. Általánosságban elmondható, hogy a föld mélyében a hőmérséklet $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. A lefelé irányuló hőáram(3)

$$[q_{\text{le}}=k'(t_{\text{köz}} - t_{\text{föld}})] \quad (3)$$

ahol:

k - egyenértékű hőátadási, vagy részleges hő átbecsátási tényező [$k=1,2\text{ W/m}^2\text{K}$];

t_{fel} - a megkívánt felületi hőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$];

$t_{\text{köz}}$ - a csővezeték síkjában uralkodó hőmérséklet (4. ábra).

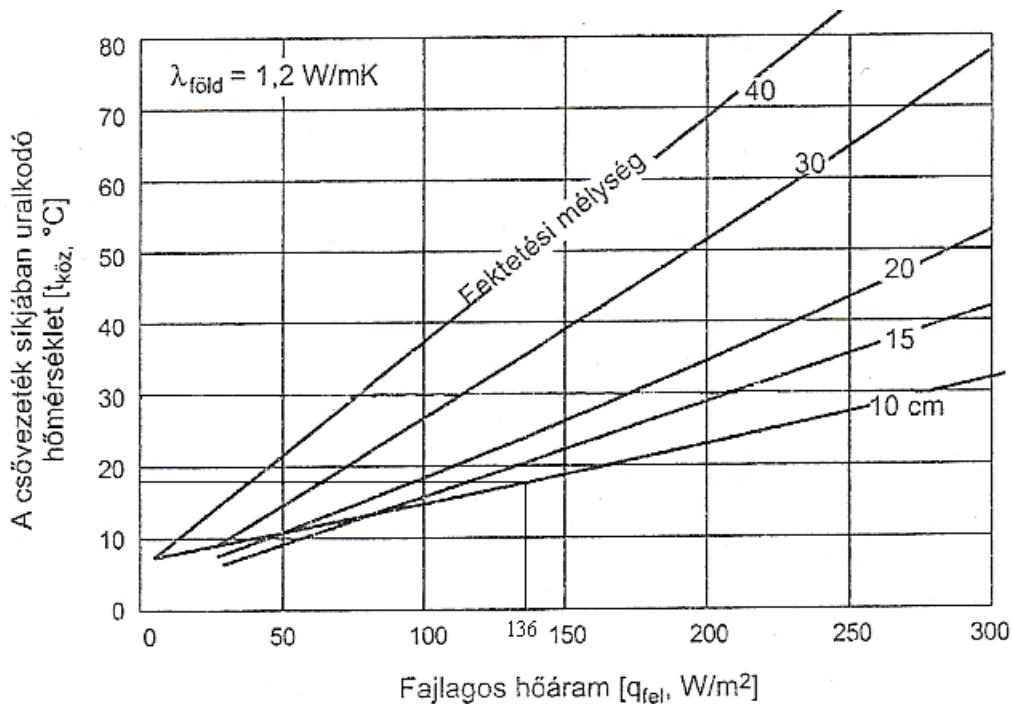
$$[q_{\text{le}}=1,2*(18-10)=9,6\text{ W/m}^2]$$

Mindösszesen tehát:

$$[q = q_{\text{fel}} + q_{\text{le}} = 136+9,6 = 145,6\text{ W/m}^2]$$

A felületfűtésünkhöz szükséges hőteljesítmény

$$Q = q \cdot A = 145,6 \cdot 10000 = 14,56\text{ MW}$$



4. ábra. A csővezeték síkjában uralkodó hőmérséklet meghatározása [2]

Tehát ennyi hőt kell leadnia a földre fektetett csővezetékrendszernek.

Célszerű a nagy méretek miatt az egyes fűtési köröket Tichelmann kapcsolás szerint bekötni az áramlási veszteségek csökkentése végett. A szükséges csőátmérőt, és az osztástávolságot az adott gyártó katalógusából olvashatjuk ki, a fajlagos hőigény függvényében.

Amennyiben a rendszerünkkel hó leolvasztást is kívánunk véghezvinni, számítanunk kell hó vastagság folyamatos elolvasztására is (4).

$$[q_{olv} = v \cdot \rho \cdot L] \quad (4)$$

ahol:

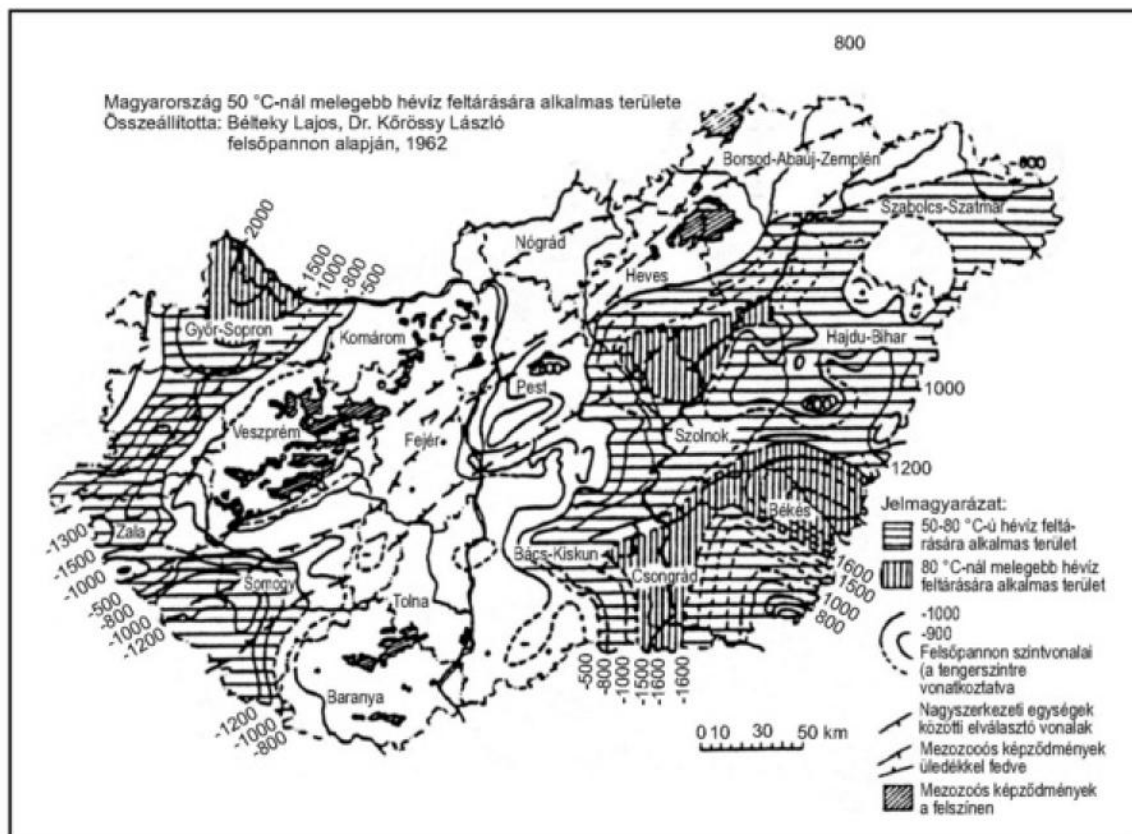
q_{olv} - a hó leolvasztásához szükséges fajlagos hőáram [W/m^2];

L - a hó olvadáshője [$333,70 \text{ KJ/kg}$];

ρ - a hó sűrűsége [$999,867 \text{ kg/m}^3$];

v - a hóréteg vastagsága [m].

További megfontolás tárgyát képezi, hogy milyen hó vastagság leolvasztását szeretnénk biztosítani. Ezen döntésünknek is anyagi vonzata van a beruházási, és üzemeltetési költségekre nézve. A jég mentesítéshez szükséges ingyenesen rendelkezésre álló környezeti energiát a talajba vertikálisan lefűrt talajszondákból, kis mélységű (10-15 m) kutakból, vagy mélyfűrésű kutakkal (termálvíz) nyerhetjük, az alábbi ábra szerint (6. ábra).



6. ábra. Geotermikus energia kitermelésére alkalmas területek [1]

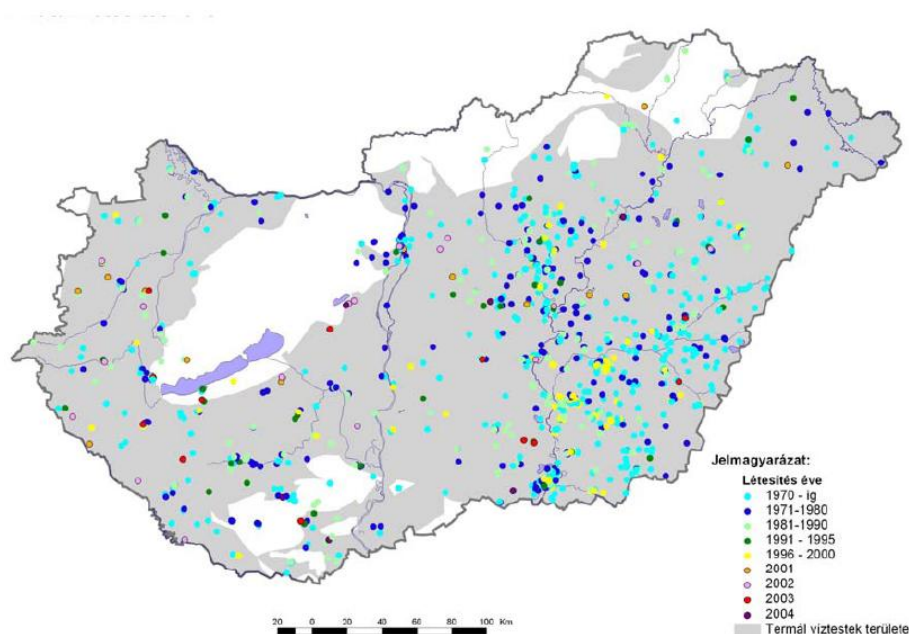
A felmerülő lehetőségek tükrében, a talajból kinyert hő felhasználásának műszaki lehetőségei nagyon eltérőek. A mélyfúrású kutakból kinyert termálvizet hőmérséklet szempontjából egyszerűen felhasználhatjuk. Más tekintetben némi odafigyelést igényel, a rendelkezésre álló termálvíz paramétereitől függően. A csőrendszereinkben a lehülés miatt kiváló gázok, illetve ásványi sók üzemzavart okozhatnak, ezért szükség lehet gáztalanításra, illetve sóatlanításra.

Ez műszakilag megoldható és a keletkező melléktermékek még értéket is képviselhetnek, azok hasznosíthatók. Ha vízből kiválasztott gázok éghetőek, megfelelő minőség, és mennyiség esetén felhasználhatóak. Megfelelő ásványi anyag összetétel esetén, a kiválasztott sókat fürdősóként forgalomba hozhatjuk. A 2004. évi állapotok szerint több mint 900 db termálvízkút üzemel.

Ebből:

1. Ivóvízellátás 26 %
2. Mezőgazdasági célú vízellátás 21 %
3. Balneológia, gyógyászat, gyógy turizmus 31 %
4. Egyéb (többcélú, kommunális, ipar) 22 %

A Magyarországon üzemelő termálvíz kutak földrajzi elhelyezkedését, és létesítési elvét a 7. ábra mutatja be.

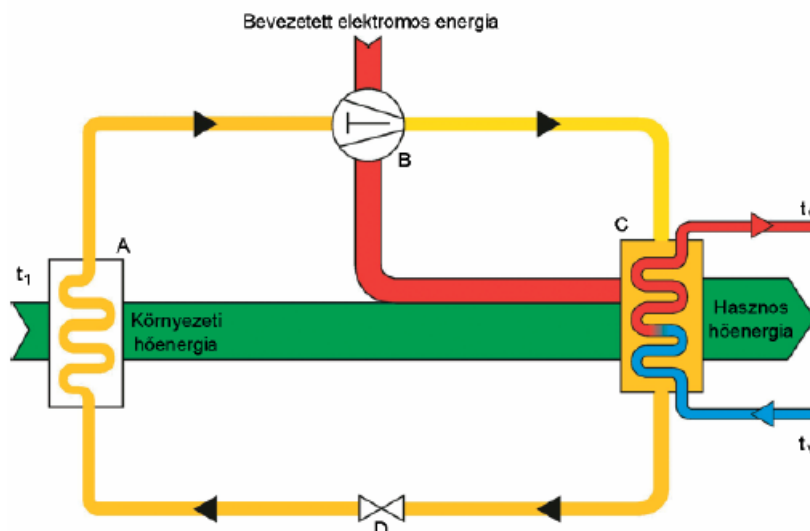


7. ábra. Termálvíz kutak elhelyezkedése [1]

Ha termálvízzel szeretnénk kitűzött célunkat elérni, csak erre az egy feladatra való alkalmazása gazdaságossági, környezetvédelmi szempontból nem kielégítő megoldás. Egy megfelelő megoldást jelent, ha a kitermelt meleg víz hőenergiáját több lépcsőben hasznosítjuk, azaz a jégmentesítés előtt egyéb célra használjuk, például fűtünk vele, használati meleg vizet álltunk elő, valamilyen technológiai folyamatban hasznosítjuk. Törekedni kell arra, hogy lehetőleg a kiszivattyúzott vizet minél több célra alkalmazzuk. Mivel rendszerünk alacsony hőmérsékletű fűtővizet igényel ezért hulladék hő hasznosítást vihetünk véghez, ezáltal gazdaságosabbá tehetjük a termálvíz hasznosítását.

Talajszondás, illetve kis mélységű kút esetén, az alacsonyabb hőforrás oldali hőmérséklet miatt nem ilyen kedvező a helyzet, de nem reménytelen. Ebben az esetben a kinyert hőhordozó közeg hőmérséklet szintjét meg kell emelnünk. Legcélszerűbben hőszivattyús megoldásokkal. A hőszivattyú [3] (8. ábra) az a készülék, amellyel viszont elérhető, hogy a hidegebb közegből, azáltal hogy hőfok szintjét magasabb szintre emeljük, energiát vonjunk ki a környezetben az összes olyan közeg, aminek hőmérséklete az abszolút nulla foknál magasabb, hőenergiát tartalmaz.

Ezt a hőenergiát akkor tudjuk hasznosítani, ha megfelelő hőmérsékleti szinten van, tehát a 10 °C fokos talajvízzel nehezen lehetne jégmentesíteni ezért hőszivattyút kell alkalmaznunk.



8. ábra. Hőszivattyú energiaszállítási ábrája [3]

Ha egy jól kiválasztott folyadéknak a B kompresszor által például 25 bar nyomásra való sűrítése után a telítési hőmérséklete $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ akkor a folyadék gőzével a C hőcserélőben $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletre lehet a nála hidegebb (pl. visszatérő = $40\text{ }^{\circ}\text{C}$) melegíteni. Ugyanennek a folyadéknak a D fojtószelepen való áthaladta után, 2 bar nyomásra expandálva $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a telítési hőmérséklete. Az A hőcserélőn a nála melegebb talaj hővel érintkezve ez a folyadék elpárologtatható, azaz a hő a rendszerbe a környezetből befelé áramlik, mert a rendszer belső hőmérséklete alacsonyabb, mint a környezete. A 8. ábra szimbolikus energiaszállítási ábrájából látható, hogy a hőszivattyú hasznos hője két forrásból származik, az egyik a környezetből az [A] hőcserélőn kinyert hő, a másik a kompresszorhajtásába befektetett mechanikus munka, ami a kompresszor veszteségein keresztül szintén hővé alakul, azaz a [C] hőcserélőben fűtésre hasznosítható. A kompresszor hajtása történhet, elektromos motorral történhet gázmotorral vagy akár gőz-, illetve gázturbinával is.

Az ábrán szimbolikus energiaszállítási ábrájából látható hogy a hőszivattyú által hasznosult hőenergia hányad részét teszi ki a kompresszor hajtásába befektetett mechanikus munka. Ezt a hányadost Jóságfoknak hívjuk, és a hőszivattyúk jellemzésére használjuk. A maradék hasznosult energia a Környezetből kinyert ingyenes hő energia, amit nyerhetünk levegőből, talajvízből, vagy talaj hőből.

Példánkban a talaj hőt mélyfűrésű talajszondából (9. ábra) nyerjük. A talajszondák méretezésekor [3] a hőszivattyúnk paramétereiből kell kiindulnunk, amit természetesen a névleges hőigényünknek



9. ábra. Raugo PE-Xa 4 csöves talajszonda 5]

Megfelelően választunk ki. A hőszivattyú fűtési teljesítménye két részből tevődik össze, az egyik rész a kompresszor hajtásához szükséges teljesítmény, a másik a környezetből felvett hő teljesítmény. Elektromos meghajtás esetén a fűtési teljesítményből az elektromos hálózatról felvett teljesítményt ki kell vonni, ez az a teljesítmény, amit talaj hővel kell biztosítani.

A mi esetünkben feltételezzünk egy 3,5-es jóságfok értéket, amiből következtethetünk a választandó hőszivattyúnk (nem konkrét típus) teljesítmény felvételére. A 3,5-es jóságfok azt jelenti, hogy 3,5-szer annyi energiát ad le a berendezésünk, mint amennyit felvesz. Így a kompresszort hajtó berendezés teljesítményfelvétele $14,56 \text{ MW} / 3,5 = 4,16 \text{ MW}$. Tehát a környezetből elvonandó hőmennyiség $14,56 - 4,16 = 10,4 \text{ MW}$.

A különböző talajok a 10. ábrának megfelelő hő teljesítményt tudják a talajszondákhoz vezetni.

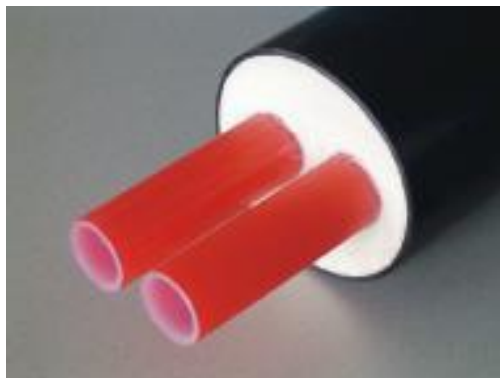
Talaj minősége	Hőteljesítmény/szondahossz
Száraz, laza talaj	30 W/m
Nedves, kötött talaj	55 W/m
Vizes, kötött talaj	80 W/m
Talajvízszint alatti szonda	100 W/m

10. ábra. A talaj hő teljesítmény adatai [3]

Egyéb ismeret híján (azaz ha nincs geológiai felmérés) a talajszondánál az 55 W/m értékkel lehet számolni, ebből a példánál maradva a szükséges mélységi szondahossz:

$$[H_{\text{szükséges}} = 1040000 \text{ W} / 55 \text{ W/m} = 18909 \text{ m}]$$

A szondák számát úgy kaphatjuk meg, ha a szükséges szondahosszt elosztjuk a kereskedelmi forgalomban kapható szonda hosszakkal. Ha 100 m hosszú szondákkal számolunk, 189 db szondára van szükség. A hőleadó, és a hőforrás közti hidraulikus kapcsolatot előszigetelt távhő vezeték segítségével biztosítjuk. (11. ábra)



11. ábra. Előszigetelt távhővezeték [5]

Nyári üzemben a kifutópálya szabad felületeit napkollektorként hasznosíthatjuk. A kinyert hőt a talajszondák segítségével a föld mélyébe vezetjük, így a föld hőtároló képességét kihasználva elraktározhatjuk, vagy a hőszivattyús rendszer segítségével a kiszolgáló épületek nyári hűtését oldhatjuk meg gazdaságosan. Ezáltal a kifutópálya fűtését szinte kizárólag megújuló energiaforrásokkal oldhatjuk meg. Ez a műszaki megoldás a nagyságrendek miatt eléggé költségigényes mind beruházási, mind üzemeltetési szempontok szerint. Azonban egy forgalmas kereskedelmi repülőtéren a kifutópálya használhatósági ideje megnövekszik, ami kereskedelmi szempontból jó. Továbbá nem szabad megfeledkeznünk biztonságos voltáról sem. Létjogosultságát tekintve a teljes életciklusra vonatkozó értékelemzés módszerével kell megvizsgálni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **Kalmár Ferenc**, Fűtési rendszerek geotermikus hőforrásról, Elektronikus Műszaki Füzetek 4., Műszaki Tudomány Az Észak-alföldi Régióban Konferencia 2007., p. –
- [2] **Homonnay Györgyné**: Épületgépészet 2000. II. kötet: Fűtéstechnika. Épületgépészet, Kiadó Kft. Budapest, 2001.
- [3] Stiebel- Eltron Tervezési segédlet hőszivattyús rendszerek
- [4] www.naplopo.hu/pdf/tervseg.pdf/1.
- [5] Rehau körkép