

A hőszivattyús rendszerek energiahatékony alkalmazása – XI. rész

A hőszivattyúk működési hőfoktartományát átfogó, részletes paraméterek

Cikksorozatunk előző részeiben bemutattuk, hogyan lehet elfogadható pontossággal, mérnöki szinten horizontális, illetve vertikális kollektorokat, szondákat méretezni. A számítási metódusból egyértelműen látható, hogy szondákat csak a kiválasztott hőszivattyúkhöz lehet méretezni. A hőszivattyúk paramétereitől független méretezés nem biztosíték a rendszer működésére, mert nem lehet megállapítani megfelelő pontossággal, hogy milyen terhelésnél (kWh) milyen hőfokra hűl le a talaj környezete a szonda körül, és a várható SCOP-értékre sem kapunk semmilyen támpontot, valamint a rendszer gazdaságossága sem határozható meg.

A hőszivattyú paramétereinek hiányában a hosszú távú termikus hatás-elemzés sem végezhető el az ismertetett elmélet alapján, így nem lehet ellenőrizni a szondarendszer működőképességét a tervezett terhelések esetében.

A tervezéshez minden esetben szükséges minimum kettő hőfokszinthez tartozó hőszivattyú-paraméter, amely között a hőszivattyút tervezzük működtetni.

Pl.: Zárt szondás rendszert tervezünk. A feljövő folyadék tervezett legalacsonyabb hőfokszintje +4 °C, a legmagasabb +10 °C. A fűtésoldalon a hőszivattyút +35 °C és +50 °C között kívánjuk működtetni, a külső hőmérséklet függvényében működő beépített szabályzóval.

A fenti esetben a hőszivattyú teljesítményének és fogyasztásának paramétereit a +4 °C folyadék¹ és +50 °C víz² hőfokszinten, valamint a +10 °C folyadék és 35 °C víz hőfokszinten kell ismerni.

Az ok, amiért e cikk keretében a hőszivattyúk részletes paramétereinek hiányát hangsúlyozom, az, hogy a

Magyarországon forgalomba hozott igen nagyszámú hőszivattyútípus legtöbbjénél a gyártó csak egy hőfokszintre³ adja meg a hőszivattyúk paramétereit, ez pedig alkalmatlan elfogadható szintű hőszivattyús rendszer tervezésére.

A kérdés az, hogy amennyiben tervezési szempontból alapvető követelmény az egész működési tartományt átfogó, részletes paraméterek ismerete, akkor a sok esetben neves gyártócégek miért csak a bevizsgálási hőfokszintre adják meg a hőszivattyúk paramétereit?

A hőszivattyúk fejlesztésénél szerzett ismereteim és tapasztalataim alapján azt látom, hogy a hőszivattyú-fejlesztéseket a legtöbb esetben hűtéstech-nikai cégek végzik. Az általuk forgalmazott hőszivattyúk szerkezete a hűtőgépek mintájára épülnek. Széles hőfoktartományban, folyamatosan változó külső paraméterekkel történő hatékony működésre nincsenek felkészítve.⁴ Emiatt érthető, hogy feleslegesnek tartják a részletes paraméterek bemutatását. Ez a probléma sajnos alapvetően befolyásolja a hőszivattyúk hatékony alkalmazhatóságát. A rendszert tervező mérnököktől nem várható el, hogy a hőszivattyúk működésével, a körfolyamat „finomságaival” fejlesztőmérnöki szinten tisztában legyenek. Nagyon sok esetben olyan hőszivattyúk telepítését tervezik egy adott feladatra, amelyek alkalmasságáról, a rendszer működőképességéről, várható hatékonyságáról nem tudtak meggyőződni.

A kiviteli tervekben mind gyakrabban találkozhatunk olyan hőszivattyús rendszerekkel, ahol nem veszik figyelembe, hogy a gyártó milyen hőnyerési módra készítette el a hőszivattyút, és milyen hőfokszinten történt a bevizsgálás. Az alábbiakban egy ilyen terve-

zett rendszer és az itt felmerülő problémák ismertetése történik.

Víz-víz rendszerű hőszivattyúk alkalmazása zárt szondás (folyadék-víz) rendszerekben

Az alábbi példában a kiviteli terv műszaki leírása szerint az épület hőszivattyúval ellátandó teljesítmény-igénye fűtésnél 860 kW, hűtésnél 450 kW.

Erre a fűtési-hűtési feladatra 3 db 271/262 kW névleges teljesítményű⁵ hőszivattyút, a hőnyerési oldalra hőszivattyúként 50 db, egymástól 6 m távolságban lévő, 100 m mély talajszondát terveztek az elvégzett próbafúrás, a szondateszt és a szondaméretezés adatai alapján.

A tervezett legmagasabb fűtési hőfokszint 45 °C/40 °C. A tervezett hűtési hőfoklépcső 10 °C/15 °C.

A terv véleményezése

A tervezett hőszivattyú adatlapja szerint R410A hűtőközeggel működő, „vízhűtéses”, tehát víz-víz rendszerű a hőszivattyú.

A gyári adatlapja szerint a bevizsgálási hőfokszint fűtésnél 10/5 °C elpárolgató oldali víz-hőfoklépcső, valamint 45 °C/40 °C a fűtési hőfoklépcső.

A bevizsgálási hőfokszint hűtésnél 7 °C/12 °C hűtési, valamint 30 °C/35 °C földoldali víz-hőfoklépcső.

A fűtési teljesítménye a bevizsgálási hőfokszinten a gyári adatlap szerint: 280 kW (lásd: 2. ábra).

A hűtési teljesítménye 257 kW.

Az adatlap más elpárolgási és kondenzációs hőfokszintre vonatkozó tel-

¹ Elpárolgató oldali folyadék-hőmérséklet.

² Előremenő fűtővíz-hőmérséklet.

³ A bevizsgálási hőfokszint 0 °C/35 °C, vagy 10 °C/45 °C.

⁴ 34 Magyar Installateur 2015/4.

⁵ A névleges teljesítmény valószínűsíthetően a bevizsgálási hőfokszintre vonatkozhat.

Modell			0500	0550	0600	0650	0700	750	800	900
Hűtési teljesítmény	400V/3	kW	112	120	148	166	188	222	257	291
Felvett teljesítmény	400V/3	kW	23,08	24,93	30,65	34,36	38,93	45,59	53,00	60,28
E E R	400V/3	W/W	4,83	4,83	4,84	4,84	4,83	4,87	4,85	4,82
E S E E R	400V/3	-	6,01	6,02	6,01	6,04	6,02	6,05	6,03	6,02
Áramfelvétel	400V/3	A	48,30	50,60	58,40	63,00	86,00	94,00	102,00	120,00
Elpárolgató vízáram	400V/3	l/h	19264	20812	25628	28724	32508	38356	44376	50224
Elpárolgató nyomásesés	400V/3	kPa	30	35	32	40	43	47	49	55
Kondenzátor vízáram	400V/3	l/h	22891	24717	30448	34100	38603	45480	52611	59669
Kondenzátor nyomásesés	400V/3	kPa	25	29	29	37	37	45	60	38
Fűtési teljesítmény	400V/3	kW	119	129	161	182	205	243	280	319
Felvett teljesítmény	400V/3	kW	27,16	29,37	36,59	41,13	46,75	55,09	63,75	72,25
COP	400V/3	W/W	4,39	4,41	4,41	4,42	4,39	4,41	4,40	4,41
Áramfelvétel	400V/3	A	53,3	56,2	66	72,0	94,0	105,0	115,0	135,0
Kondenzátor vízáram	400V/3	l/h	20468	22188	27692	31215	35195	41624	47988	54696
Kondenzátor nyomásesés	400V/3	kPa	20	23	24	31	31	38	50	32
Elpárolgató vízáram	400V/3	l/h	16138	17515	21859	24596	27763	32882	37890	43143
Elpárolgató nyomásesés	400V/3	kPa	21	25	23	29	31	34	36	41
Elektromos értékek:										
Maximális áramfelvétel	400V/3	A	75	80	96	107	122	146	169	193
Indulási áramfelvétel	400V/3	A	240	245	227	238	289	319	341	398
A táblázatban közölt adatok mérése az EN14511:2014 - (E) EUROVENT szabvány szerint történt. A fenti adatok a következő feltételek mellett érvényesek: környezeti levegő hőmérséklete hűtőkor: 30/35°C, víz hőfoklépcső: 7/12°C. Fűtőkor: vízhőfoklépcső kondenzátoron 45/40 °C, elpárolgató 10/5 °C.										
A berendezések teljesítményei										
■ Hűtés esetén: Vizoldalon 12°C/7°C, kondenzátor oldalon 30°C/35°C víz esetén										
■ Fűtés esetén: Vizoldalon 40°C/45°C, elpárolgató 10°C/5°C víz esetén										

1. ábra

teljesítmény-, valamint COP-érték-adatokat nem tartalmaz.

Megjegyzem, hogy a folyadék-víz hőszivattyúk szabványos bevizsgálási hőfokszintje 0 °C elpárolgató oldali folyadék és 35 °C fűtési előremenővíz-hőmérséklet.

Ebben az esetben a tervezésben – megítélésem szerint – négy alapvető probléma van, amelyet a tervezők figyelmen kívül hagytak.

1. A hőszivattyú szondaoldalát szondás rendszerű alkalmazásnál min. -7 °C-ig fagyállósítani szükséges az elpárolgató elfagyásának megakadályozása céljából. Emiatt az elpárolgatóknál a hűtőközeg-folyadék hőfokkülönbsége nő, így csökken az adott hőfokszinten a kimenő fűtési teljesítmény.

2. A szondás rendszerű alkalmazásnál a legnagyobb terhelésnél⁶ a földoldali folyadék hőmérséklete optimális szondaterv esetén 0–4 °C között alakul. Ennek megfelelően a bevizsgálási hőfokszint a legnagyobb terhelésre vonatkozó valós teljesítményadatokat nem tartalmazza.

3. A víz-víz rendszerű hőszivattyúk elpárolgató oldali beállított nyomásvé-

delme a 0 °C-alatti elpárolgási hőfoknak megfelelő nyomásértéket nem engedélyez a fagyás megelőzésére. Emiatt a folyadék hőmérséklete – az elpárolgató méretezésétől függően – nem mehet 6–7 °C alá.

4. Amennyiben a gyártó optimalizálta a belső hűtőkori csőhálózatot a magasabb minimum hőfokú víz-víz rendszerhez, akkor fennáll a veszélye annak, hogy alacsony hőmérsékletű üzem esetén túl alacsony lesz az áramlási sebesség a szívó- és nyomóvezetékben, ami olaj-visszahordási problémát, és a kompresszorok idő előtti meghibásodását eredményezi.

A valós fűtési teljesítmény alakulása a legnagyobb terhelésnél

A tervezett hőszivattyúban alkalmazott kompresszort beazonosítva, a megadott hőfokszintekhez tartozó paraméterek alapján, gyári szoftverrel elvégzett kiválasztással +4 °C minimális feljövő folyadék-hőmérsékletnél a kimenő fűtési teljesítmény 232 kW lett, ami kevesebb, mint a tervezett 271 kW, ezzel a rendszer összes teljesítménye 696 kW, szemben a 860 kW-igénnyel. Ekkor még nem számítottuk a fagyállósítás okozta teljesítménycsökkenést.

Ezenkívül a tervező sem tudhatja, hogy a hőszivattyúk szerkezeti kiépítése támogatja-e az alacsony hőfokon történő hatékony üzem, vagyis megoldott-e a töltetvándorlás kiegyenlítése. Amennyiben nem, akkor – a földhő hőfokszintjén – jelentős mennyiségű hűtőközeg marad a kondenzátorban, amely akár 10-20%-os teljesítménycsökkenést is eredményezhet a kompresszor teljesítményéhez képest, és így akár 550 kW alá is csökkenhet a rendszer kimenő fűtési teljesítménye a 4 °C/45 °C folyadék-víz hőfokszinten.

A legalacsonyabb tervezett folyadék hőfokszintet a működőképesség megtartása céljából ez esetben 6–7 °C alá nem lehet engedni, amennyiben a presszosztátokat gyárilag nem állítják át a szondás működésre.⁷

A működőképesség fenntartása – ennek megfelelően – jelentős mennyiségű szondatöbbletet, ugyanakkor költségnövekedést is eredményez.

A szondaméretezés

A vizsgált kiviteli terv melléklete részletes szoftveres szondatervet tartalmazott, ami számomra nem volt követhető, és az Oklahoma State Uni-

⁶ Legalacsonyabb tervezett külső léghőmérséklet.

⁷ A presszosztátos védelmeket átállítani csak tesztlaborban célszerű – amennyiben állíthatók –, mert az ellenőrzés nélküli átállítás végzetes meghibásodáshoz vezethet.

versity Division Of Engineering Technology által kidolgozott méretezési szisztémát, amely valójában az IGSHPA (International Ground Source Heat Pump Association) méretezési metódusa – láthatóan nem követte.⁹

$$L_{H(m)} = \frac{Q_H \left(\frac{COP_H - 1}{COP_H} \right) \cdot (R_p + R_p \cdot F_H)}{(T_L - T_{min})}$$

A szondaterv a hőszivattyú paramétereinek figyelmen kívül hagyásával készült, a szükséges hőkapacitás-igényhez valamilyen „ököl szabály” alapján meghatározva, a program által számított a talajhőmérsékleti minimum értékére. Ez a metódus a fenti képlet alapján értelmezhetetlen.

Egyértelmű, hogy a fűtési és hűtési kapacitásigényből szondaszükségletet tervezni nem javasolt, mert jelentős túlméretezést okoz. A szondaoldal terhelésének meghatározásánál az alkalmazott hőszivattyú elpárolgási teljesítményei a mérvadóak.

Az egzakt tervezéshez emiatt mindenképp szükség van a tervezett legalacsonyabb földhő-hőfokszinthez tartozó hőszivattyú-paraméterekre. A fent hivatkozott (IGSHPA) metódus a legalacsonyabb tervezett hőfokszinthez tartozó COP-értékek segítségével számolja a földoldali terhelést. Megállapítható, hogy a működési tartományt átfogó hőszivattyú-paraméterek hiányában csupán a fűtési és hűtési terhelésekből meghatározott szondaszükséglet-számítás

rint az épület hőszivattyúval ellátandó fűtési igénye: 860 kW, míg a tervezett legmagasabb fűtési hőfokszint: 45 °C/40 °C.

Első lépésként a rendszert tervező mérnöknek az adott terület geotermikus gradiensek ismeretében kell eldönteni jó közelítéssel, hogy a tervezendő hőszivattyúk a legnagyobb és a legkisebb terhelésnél milyen minimum és maximum földoldali földhőfokon fognak üzemelni.

A legkisebb megengedett talajhőmérsékletet mindig a tervező határozza meg annak érdekében, hogy a beruházási költséget optimális értéken tudja tartani. A tapasztalat szerint, a min. +4 °C-nál magasabbra tervezett minimális folyadék-hőmérséklet jelentős mértékben emeli a szükséges szonda-számot, és ezzel a beruházás költségét.

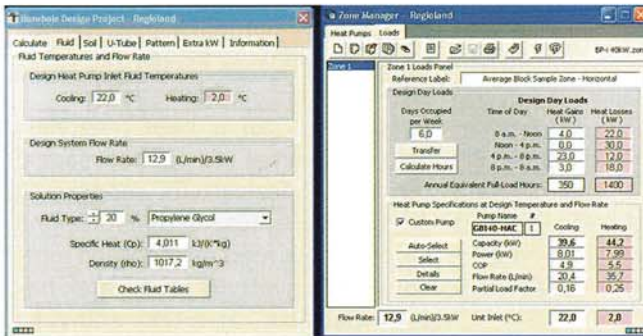
Amennyiben eldőlt, hogy a megengedett minimális folyadék-hőmérséklet a szondatervben milyen értéken fog szerepelni, akkor a hőszivattyú teljesítménytáblázata vagy nomogramja alapján ki lehet választani a maximális igénybevételnek megfelelő hőszivattyút.

Jelen esetben a maximális terhelés +4 °C/45 °C, tehát ilyen hőfoknál kell

elfogadható eredményekre nem vezet.

A megfelelő méretezési metódus, az ajánlott elmélet alapján⁹

Az elemzett példában a kiviteli terv műszaki leírása sze-



2. ábra – Az IGSHPA méretezési metódusán alapuló szoftver

Fűtési üzemmód 50°C fűtési előremenő hőmérséklet 2x scroll kompresszorral													
R410A propilénglikol 23% víz													
Föld oldali adatok					Készülék adatai				Fűtés oldali adatok				
ELT (°C)	Tömeg-áram (l/min)	LLT °C	Δt °C	Elpárolg. Telj. (kW)	Elektr. Telj. Igény (kW)	Amp. (A)	Fűtési telj. (kW)	COP	EWT (°C)	Tömeg-áram (l/min)	LWT (°C)	Δt (°C)	
17,9	660	12,3	5,6	240,0	69,2	116,8	306,0	4,4	43,3	660	50,0	6,7	
15,5	660	10,3	5,2	225,0	68,6	115,9	290,0	4,2	43,7	660	50,0	6,3	
13,2	660	8,3	4,9	210,0	68,2	115,2	274,0	4,0	44,0	660	50,0	6,0	
10,8	660	6,3	4,5	195,6	67,0	114,3	260,0	3,9	44,4	660	50,0	5,6	
8,5	660	4,3	4,2	182,2	67,0	113,5	246,0	3,7	44,7	660	50,0	5,3	
6,2	660	2,3	3,9	169,4	66,6	113,0	233,0	3,5	44,9	660	50,0	5,1	
3,8	660	0,1	3,7	157,2	66,2	112,4	220,0	3,3	45,2	660	50,0	4,8	
0	660	-3,2	3,2	138,4	65,6	111,3	201,0	3,1	45,6	660	50,0	4,4	
-3	660	-5,9	2,9	125,0	65,0	110,6	186,8	2,9	45,9	660	50,0	4,1	

3. ábra – Folyadék-víz hőszivattyú 50 °C-os fűtési hőmérsékletre vonatkozó, teljes elpárolgási tartományt átfogó teljesítménytáblázata

⁹ 24 Magyar Installateur 2013/2-3.

⁹ 24 Magyar Installateur 2013/2-3.

megvizsgálni a hőszivattyú fűtési teljesítményét, és meghatározni, hogy az adott típusú hőszivattyú hőkapacitása elegendő-e, illetve hány darabra van szükség a feladat ellátására.

Példaként látható egy hőszivattyútípus teljesítménytáblázata, közelítő paraméterek alapján a +4 °C/45 °C-os hőfokszinthez 220 kW kimenő fűtési teljesítmény tartozik.¹⁰

Megállapítható, hogy a 860 kW-os csúcsgényhez 4 db 3. ábra szerinti hőszivattyúra lenne szükség. A táblázatban az is látható, hogy zárt szondás üzemre tervezték, a föld oldalon 23%-os propilénlikollal (-7) °C-ig fagyállósítva.

A hőszivattyúk kiválasztása után egy – az előzőekben említett – szondaméretezési szisztémán alapuló szoftverrel elkészítjük a szondaméretezést, amelyben egyik meghatározó kritérium a megengedhető legalacsonyabb talajhőmérséklet: +4 °C, valamint az alkalmazott hőszivattyúk paramétereinek ismerete. Jelen esetben a programba a legkisebb terhelésnél +10 °C/35 °C-os hőfokszinten, valamint a legnagyobb terhelésnél +4 °C/45 °C-os hőfokszinten a fűtési teljesítmény, az elektromos energiafelvétel, a COP-értékek bevitelére van szükség. A szoftver elvégzi a bevitt adatok alapján a szondahossz számítását, ezzel együtt kiszámítja a hőszivattyús rendszer várható SCOP-értékét. A szoftverrel egyben elkészíthetjük a „hosszú távú termikus hatás” elemzését is. A nem ismert területen előzetes szonda-

teszttel kiegészítve így egy működőképes, költséghatékony, és a hatékonyságában előre prognosztizált hőszivattyús rendszer tervezhető.

Összegzés

A fentiekből következően, amennyiben zárt szondás hőnyerési módra víz-víz rendszerű hőszivattyút választunk, amelynek csak bevizsgálási hőfokszinten adottak a paraméterei, akkor: – nagy valószínűséggel – optimálisan tervezett szívó- és nyomócső-kezelésműszerek esetén – a talaj hőfokszintjén a csövekben a hűtőközeg áramlása olyan alacsony értékre csökkenhet, hogy a folyamatos olajvisszahordás nem biztosított, ez pedig a kompresszorok élettartamának radikális mértékű csökkenését eredményezi,

– a hőszivattyúk alacsony oldali nyomásvédelmeit is a megengedhető legalacsonyabb értékre kalibrálja a gyártó az elfagyás megakadályozása érdekében; víz-víz hőszivattyúknál ennek értéke 0 °C-os elpárolgató hőmérsékletnek megfelelő lehet – ez az érték azonban szondás rendszerhez túl magas, mert itt a szélső érték -6 (-7) °C,¹¹

– csak olyan hőszivattyúkat tervezünk, amelyek paraméterei a tervezendő legalacsonyabb földhőhőfokszinten ismertek,

– a szabványban meghatározott egyetlen paraméter alapján nem lehet tervezni,

– a feladatra legalkalmasabb hősziv-

vattyút tervezzük, ne ragadjunk le egy általunk jónak ítélt márkánál!

A probléma azonban akkor kezdődik, ha a választott hőszivattyúnak nincsenek több elpárolgási hőfokszinten megadva a paraméterei, mint az a jelenleg elemzett rendszerrel is látható. Az ilyen hőszivattyúk betervezésekor a tervezőnek tisztában kell lennie azzal, hogy igen nagy kockázatot vállal, hiszen egyáltalán nem tudhatja, hogy az adott hőszivattyú a gyári adatoktól eltérő körülmények között mit produkál, és egyáltalán hosszabb távon működőképes-e. A gyártónak és forgalmazónak nincs felelőssége, mert a gépkönyvekben szereplő bevizsgálási hőfokszinten a készülékek megfelelően működőképesek. Az ettől eltérő használatot a tervező vállalta be, így az esetleges beruházói elégedetlenségek, követelések esetén egy szakértő csak őt marasztalhatja el.

A fentiekben túl a nem megfelelő szakértelemmel és gondossággal tervezett hőszivattyús rendszerek problémája a hőszivattyús szakma közös gondja, mert mindenképp rombolja a hőszivattyús rendszerek hatékonyságába, ár-érték arányába vetett hitet.

Fodor Zoltán

Geowatt Kft.

fejlesztőmérnök,

a MÉGSZ Geotermikus

hőszivattyús tagozatának elnöke

¹⁰ Több kondenzációs hőfokszinten megadott táblázatok esetén a pontos értékek interpolálással meghatározhatók.

¹¹ Erre az értékre fagyállósítjuk a szondákban keringő folyadékot is.



Vaporline®

Geotermikus hőszivattyúk

Fűtés – aktív hűtés – HMV-funkciók,
10–100 kW egység teljesítmény
Magyar Termék Nagydíj 2012

Magyar fejlesztés, magyar munkahelyek

Geowatt Kft.
1097 Budapest, Kén u. 6.,
+36 1/210-0219; +36 20/967-1553
geowatt@geowatt.hu, www.geowatt.hu

