

MŰSZAKI INTÉZET
LÉTESÍTMÉNYMÉRŐI MESTERSZAK
Épületgépész specializáció

DIPLOMADOLGOZAT
feladatlap

Holló Gábor (n7jt22)

részére

A diplomadolgozat címe:

Hőszivattyú telepítésének sajátosságai

Feladatkiírás:

Elemezze a hőszivattyúk telepítési előírásait. Vizsgálja meg, hogy a hőszivattyúk telepítési körülményei hatással vannak-e a gép teljesítményére. Ha igen, hogyan befolyásolják a készülék teljesítményét és kihasználását. Végezzen méréseket eltérő telepítési körülmények mellett.

Közreműködő tanszék: Műszaki Intézet, Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Külső konzulens:

Belső konzulens: Hermanucz Péter, MATE, Műszaki Intézet

A dolgozat beadási határideje: év.....hó.....nap

Kelt:,évhónap

Jóváhagyom

Átvettem

(tanszékvezető)

(szakfelelős)

(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Kelt:,évhónap

(külső konzulens)

Diplomadolgozat

Holló Gábor

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Gödöllői Campus
Műszaki Intézet
Létesítménymérnöki Szak

Hőszivattyú telepítésének sajátosságai

Belső konzulens: Hermanucz Péter

Külső konzulens:

Készítette: **Holló Gábor**

N7JT22

nappali tagozat

Intézet/Tanszék: **Műszaki Intézet**

Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Gödöllő

2024

TARTALOMJEGYZÉK

Tartalomjegyzék	3
1 Célkitűzés	5
2 Szakirodalmi áttekintés	6
2.1 Hagyományos melegvízüzemű központi fűtések	6
2.2 A hőszivattyú története	8
2.3 Alapfogalmak	9
2.4 A kompresszoros hőszivattyú elvi felépítése	13
2.5 A hőszivattyúk működési elve	13
2.6 A hőszivattyúk meghajtási módjai	16
2.7 A hőszivattyúk üzemeltetési formái [4]	18
2.8 A hőszivattyúk hőforrásai	20
2.9 Hőszivattyúk kivitelezési megoldásai	25
2.10 Teljesítmény-jelző szám (COP)	30
2.11 Éves munkaszám (JAZ)	32
2.12 Felületi léghűtők leolvasztása	32
3 Mérési elemzés	34
3.1 Hőszivattyú kültéri egységének telepítési előírásai	34
3.2 A vizsgált készülék jellemzői	34
3.3 A kiválasztott ingatlan felhasználása	37
3.4 A készülék elhelyezkedése	37
3.5 Mérhető adatok	39
3.6 A vizsgálat során mért adatok	40
3.7 A vizsgálat során használt mérőeszközök	41
3.8 Az adatgyűjtők elhelyezése:	43
3.9 A kültéri egység eltérő elhelyezésének szimulációja:	44
3.10 Mérések időpontjának kiválasztási szempontjai	46
3.11 Mérési adatok elemzési szempontjai	47
3.12 Időjárási adatok, körülmények, külső hőmérséklet	48
3.13 A gép üzemidejének vizsgálata	50
3.14 Készülék hatékonyságváltozása a külső hőmérséklet függvényében	53
3.15 Mérési hibák	56

3.16	A mérési hibák kiszűrése	56
4	<i>Konklúzió</i>	58
5	<i>Irodalomjegyzék</i>	60
5.1	Ábrajegyzék	61
	Táblázatjegyzék	62

1 CÉLKITŰZÉS

A hőszivattyús fűtési- hűtési levegős rendszerek rendkívül gyorsan terjednek a lakosság körében. A hagyományosan alkalmazott és jól ismert osztott klíma berendezésekhez hasonlóan, viszonylag egyszerű a felépítésük és telepítésük. A kül- és beltéri egységek összekötése, beüzemelése rutin feladatnak számít. A hasonló elven működő, levegős, osztott hőszivattyúk alkalmazása a hűtés- fűtés funkción túl még használati melegvíz előállítását is lehetővé tesznek.

A hőszivattyús rendszerek telepítésre vonatkozóan is vannak gyártói ajánlások, melyek betartása elengedhetetlen a megfelelő hatásfok (COP) elérése érdekében, de ezek az ökölszabályként vett ajánlások néha kompromisszumra kényszerülnek a telepítési hely adottságaival. Ilyen gyakori szempontok pl. zajvédelem, esztétikai megjelenés, statikai alapozási adottságok, széljárás, napsütés, akadályozott hideg/hő leadás.

Diplomamunkámban ezért a manapság egyre népszerűbb és leginkább alkalmazott megújuló energián alapuló fűtési és hűtési rendszer központi egységének, a hőszivattyúnak és annak is a kültéri egységének elhelyezését vizsgálom.

Arra a kérdésre keresem a választ, hogy a telepítési körülmények hogyan befolyásolják a készülék teljesítményét és kihasználtságát.

Ennek érdekében üzemi méréseket végzek különböző burkolások (takarások) jelenlétében és anélkül, értékelem a működési paramétereket és hatásfok változást.

2 SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Hagyományos melegvízüzemű központi fűtések

Az energiaválság a fejlett országokban már korábban szükségessé tette az energiatakarékos hőszivattyúk alkalmazását, és az alacsony hőmérsékletű központi fűtési rendszereket. Az úgynevezett hagyományos fűtési megoldás: a nagy felületű radiátoros fűtést (a radiátor hőmérsékletlépcsői: 55/45 °C, majd 40/30 °C, a korábbi 90/70 °C és 75/60 °C helyett), valamint a padló-, a fal- és a mennyezetfűtést, az épületszerkezet temperálását [1].

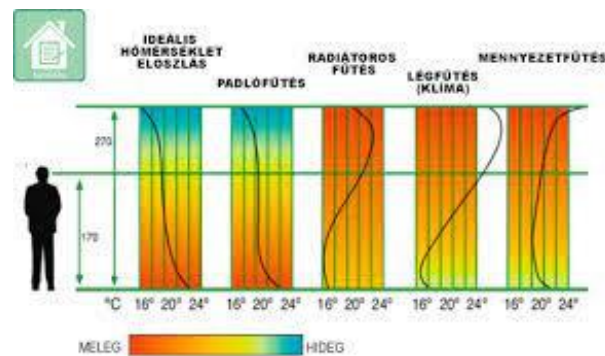
A fűtési energiaszükséglet csökkentésének műszaki lehetősége az ún. sugárzó fűtés és hűtés. A felületfűtések, felülethűtések sugárzó hőleadáson alapulnak, így a belső léghőmérséklet csökkentése, növelése révén 10–15%-os energiamegtakarítást érhetünk el ugyanolyan hőkomfort mellett. Az ember közérzetét meghatározó hőérzet a belső léghőmérséklet és az őt körülvevő testek felületi hőmérsékletéből és a páratartalomtól tevődik össze [2].

A hőfoklépcsők megváltozása és a fűtéshez felhasznált víz hőmérsékletének a csökkentése több okra vezethető vissza. A rendszer veszteségei magasabb hőmérsékleten sokkal nagyobbak, valamint az új technológiák energiamérlege (a kondenzációs, majd a hőszivattyús technika) a kívánt energiamegtakarítást alacsony hőmérsékletű rendszerek alkalmazásával érhetik el. Így a megfelelő hőérzet és energiatakarékosság következtében a sugárzó fűtés-hűtés tudatos alkalmazása került előtérbe.

A hőszigetelés jelentős technikai és alkalmazási fejlődésével az épületek hőigénye csökken a kisebb hőveszteség miatt, ami a hűtés, a fűtés, a környezet kisebb terhelése szempontjából is hasznos, lerövidíti a hűtési és fűtési időszakot, így az üzemeltetési idő csökken. Kellemesebb teszi a hőérzetet télen és nyáron egyaránt. A külső határolófelületek belső hőmérsékletének megváltozott, magasabb értékei a hőérzetet javítják. A lakossági épületek központi fűtései általában vizes rendszereket alkalmaznak, a hőleadók pedig nagymértékben radiátorok [1].

Az emberi szervezet bizonyos határok között képes szabályozni a test hőleadását: változtatja a bőrbe jutó vérmennyiséget. A helyiségben lehetnek olyan részek, ahol az egyes hőérzeti paraméterek egyenlőtlen térbeli eloszlása helyi diszkomfortot okoz. A helyi diszkomfortérzet általában nem az egész emberi testre, hanem annak egyes részeire van hatással. Oka lehet a

légmozgásból keletkezett huzat, valamint a felületi hőmérséklet és a léghőmérséklet egyenlőtlen eloszlása (1. ábra **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**).



1. ábra: Emberi hőérzet különböző hőleadók esetén
(forrás: Építészfórum; Leier)

A hagyományos hőlépcsőjű, ablak alá szerelt radiátorok hőátadása nagy részben hőáramlásos. 3 °C-nál nagyobb hőmérséklet-eltérés a fej- és a bokamagasság között diszkomfortérzetet okoz, ezért lényeges, hogy a falak és a helyiség hőmérséklete között se legyen nagyobb a különbség. A korszerűtlen és szigetetlen épületekben, ahol a külsőfal belső falfelülete hideg, ez az érték általában nagyobb, mint 3 °C. Ha a helyiség hőmérsékletét a megfelelő hőkomfort elérése érdekében növelik, az még nagyobb hőmérséklet-különbséget és még nagyobb energiafelhasználást okoz [19].

A padlófűtések, a falfűtések és a mennyezetfűtések sugárzó fűtések, amelyek alkalmazásakor a helyiségben a fűtésből, illetve a hűtésből származó légmozgás minimális, és mellette az ember számára kedvezőbb a hőmérséklet-eloszlás is.

A hőérzet annál kedvezőbb, minél kisebbek az eltérések az egyes határolófelületek hőmérsékletei és a helyiség levegő-hőmérséklete között. Az ember mindig a tényleges térhőmérsékletet érzékeli, amely a levegő hőmérsékletéből és határolófelületek közepes sugárzási hőmérsékletéből adódik. Az emberi hőérzet is kellemesebb, ha a helyiségben a padló és a fal hőmérséklete magasabb, mint a levegő hőmérséklete [3].

Ha a levegő hőmérséklete csökken, az emberi szervezet a bőrfelület hőmérsékletének csökkentésével próbálja a hőérzet különbségét fenntartani, amely mellett az elfogadható mértékűnél több hő még nem távozik az emberi szervezetből, és az ember hőérzete továbbra is megfelelő marad.

Az energiatakarékosság érdekében az épületek hőszigetelése is lényegesen jobb kialakítású. A korábbiakhoz képest lecsökkent fűtési hőigény lehetővé teszi az alacsonyhőmérsékletű felületfűtések elterjedését.

Felületfűtések esetében kialakul az egyenletes térhőmérséklet függőlegesen és vízszintesen is, a légsebesség 0,15–0,20 m/s alá csökken, valamint megszűnik a hagyományos radiátoros fűtésekre jellemző, helyiségen belüli poráram, vagyis egy egészséges fűtés jön létre.

Korszerű radiátoros fűtések esetében a fűtővíz előremenő hőmérséklete 45–50 °C, és egy körön belül kétsőves fűtés esetében ez a hőmérséklet minden radiátoron azonos. A hőlépcső a különböző helyiségekben általában változó, mivel a radiátort a hőérzeti és a belsőépítészeti szempontok figyelembevételével kell kiválasztani [3].

2.2 A hőszivattyú története

Az angol James Joule és William Thomson (Lord Kelvin) 1852-ben alkotta meg a hőszivattyú elvét. Az osztrák Peter Ritter von Rittinger a francia Carnot termodinamikai írásait tanulmányozva megalkotta a világ első ipari hőszivattyúját. 1938-ban, Zürichben létesült az első tartósan hőszivattyúval fűtött épület (a zürichi városháza). Az épület hőforrását a Limmat folyó vize adta. A hőszivattyú történelmének magyar vonatkozása, hogy 1948-tól a Heller László együttműködésével kidolgozott kompresszoros hőszivattyú áttörést jelentett a technológia fejlődésében [4].

Ezek után teljesen új eljárások ipari megvalósítására került sor, amelyek elsősorban a tüzelőanyagok hatékonyabb felhasználását és a környezetszennyező anyagok mennyiségének csökkentését segítették elő. A hőszivattyús technika alapvetően nem új, mégis a különböző országok energiaellátási politikájában az első energiaválságig háttérbe szorult, és számos helyen jelentéktelennek tekintették. Napjainkban azonban egyre több országban nő a korszerű hőszivattyúkra és a különböző hőszivattyús rendszerekre épülő energiaellátási megoldások száma. A hőszivattyú csupán egy alkatrésze a rendszernek, mégis az egészet befolyásolja [4].

A műszaki tapasztalatok feljegyzése nagyban hozzájárult a hőszivattyúk fejlődéséhez és a kezdetleges hibák kiküszöböléséhez. Az ún. földhős hőszivattyúk előretörése a világon a 2000-es években következett be. Világszerte felismerték: a hőszivattyú egyre inkább megfelel, hogy egy új berendezés alkalmazása akkor válik gazdaságossá, akkor terjedhet el, ha a technológia éves energiafogyasztása a beszerzési költség figyelembevételével kisebb, mint a hagyományos

megoldásé. Vagyis az ebből származó energiamegtakarítás eredménye fedezi vagy meghaladja az új berendezés a beruházási többletköltséget. Az utóbbi évtizedekben a hőszivattyúk beépítési kapacitása folyamatosan növekszik [10].

2.3 Alapfogalmak

Hő

A hő az energia egyik formája. Ha egy anyag hőtartalom-változása hőmérséklet-változásban nyilvánul meg, akkor a hőt érzékelhető hőnek nevezzük. Ha a halmazállapot-változás úgy megy végbe, hogy nincs érzékelhető hőmérséklet-változás (pl. folyadékból gázba, vagy fordítva, gázból folyadékba alakul át), akkor ezt a hőt rejtett hőnek nevezzük. A hő tehát átadható érzékelhető vagy rejtett hő formájában is [4].

Hőszivattyú

Olyan berendezés, amely egy tér adott hőmérsékletén hőt vesz fel és megnövelve azt egy másik térben nagyobb hőmérsékleten adja le. Amikor a hőszivattyú hőt termel (pl. helyiségfűtésre vagy vízmelegítésre) fűtő üzemmódban, amikor hőt von el (pl. helyiségűtésre), akkor pedig hűtő üzemmódban üzemel.

Munkaközeg

Azt az anyagot nevezzük munkaközegnek, amely a hőszivattyú körfolyamatában kis hőmérséklet és kis nyomás mellett hőt vesz fel az elpárologtatóban, majd nagyobb hőmérsékleten és nagyobb nyomás mellett hőt ad le a kondenzátorban [az egyik hőátadó felületen párolgás (forrás) a másikon pedig kondenzáció (cseppfolyósodás) lép fel [5].

Hőszivattyús rendszer

Hőszivattyús rendszeren a bevezetett energiát, a kompresszor energiaellátását és a hőforráshoz kapcsolódó berendezéseket (elpárologtatóoldal), valamint a hő hasznosításához kapcsolódó berendezéseket (kondenzátoroldal) együttesen értjük [5].

Megújuló energiaforrások

Megújuló energiaforrások alatt jellemzően azokat az energiahordozókat értjük, amelyek felhasználása során az energiahordozó forrása nem fogy el, mert az energiahordozó folyamatosan újra termelődik. Ezért primer energiahordozóknak is tekinthetők.

Fűtőenergia

A fűtő üzemmódban üzemelő hőszivattyú által a hűtendő közegnek leadott hasznosítható hőmennyiség meghatározott időtartam alatt.

Fűtőtéljesítmény

Meghatározott időegységre jutó fűtőenergia.

Effektív teljesítményfelvétel

A hőszivattyú meghatározott időtartamú átlagos villamos teljesítményfelvétele, amely a következőket tartalmazza:

- a kompresszor teljesítményfelvételét és a leolvasztáshoz bevezetett teljesítményt;
- a hőszivattyú összes szabályozó- és biztonsági berendezésének teljesítményfelvételét;
- a hűtendő közeget mozgató eszközök (pl. ventilátor, szivattyú) teljesítményfelvételének a hűtendő közeg szállítására eső része a hőszivattyún belül [8].

Teljesítménytényező (COP, coefficient of performance)

A hőszivattyú leadott fűtőtéljesítményének és effektív teljesítményfelvételének az aránya. Korábban ϵ (görög epszilon) volt a jele. Szó szerinti fordítása: teljesítménytényező, teljesítményszámnak vagy munkaszámnak is nevezik [8].

A hőszivattyúk működési tartomány

A hőszivattyú gyártó által megadott azon működési tartománya, amelyet a felső és az alsó alkalmazási határok korlátoznak (pl. hőmérséklet, légnedvesség, feszültség), amelyen belül a hőszivattyú rendeltetésszerűen használható és megadott jellemzői elvárhatók. Ez az alkalmazási tartománynak többnyire csak egy része – az alkalmazási tartomány azon halmaza, melyen belül a készülék működik [4].

Alkalmazási tartomány

A készülékgyártó által megadott működési tartomány, amelyet felső és alsó alkalmazási határok (pl. hőmérséklet, légnedvesség, villamos feszültség) korlátoznak, amelyen belül a készülék rendeltetészerűen használható és elvárhatók a megadott jellemzői.

Leolvasztási üzem

A primer levegős rendszerek esetén fűtési üzemmódban működő hőszivattyú külső légoldali hőcserélőjének a lefagyását rövid idejű módosított vagy fordított irányú működéssel lehet megelőzni, amely a külső (kültéri) hőcserélő dér- és jégmentesítését szolgálja.

Leolvasztási idő

Az az idő, amely alatt a hőszivattyú leolvasztási állapotban működik – a külső környezeti levegőt hasznosító hőszivattyú kültéri hőcserélője leolvasztásának időtartama [5].

Hőátadó közeg

Olyan folyadék vagy gáz, amely szállítja a hőt a hőszivattyúhoz vagy a hőszivattyútól. Ezek lehetnek: víz, glykol, speciális hűtőközeg keverék, levegő stb.

Névleges feltételek

A hőszivattyú jellemző adatai, elsősorban a fűtőteljesítmény, a teljesítményfelvétel és a COP meghatározásához szükséges. Nincsenek szabványosítva ilyen feltételek – névleges feltételnek a gyártó által megadott névleges adatokat értjük [4].

Légkondicionáló berendezés

Olyan csatlakozásra kész burkolattal ellátott szerkezeti egység vagy egységek, amelyek a kezelt levegőt egy zárt térbe vagy területre szállítják. Az egységek villamos üzemű hűtőberendezést tartalmaznak a levegő hűtésére, esetleg szárítására. A légkondicionáló berendezés alkalmas lehet fűtésre, valamint a levegő keringtetésére, tisztítására és nedvesítésére. A fűtési üzem a hűtőkörfolyamat átkapcsolása révén érhető el úgy, mint egy hőszivattyúnál [8].

Osztott („split”) készülék

Olyan készülék, amelynél a hűtési rendszer szerkezeti egységei gyárilag egy vagy több egységre vannak felosztva úgy, hogy azok különállóan telepíthető szerkezeti egységekből álló berendezést alkotnak. Beltéri és kültéri egységből állnak, amelyeket csővezetékekkel és elektromos kábelekkel kötnek össze. Hűtésre és fűtésre is alkalmazzák. Alap kivételben egy kültéri egységhez egy beltéri egység tartozik, de vannak multi rendszerű készülékek, amelyeknél egy kültéri egységhez 2–5 beltéri rész tartozhat. Ez lehetővé teszi, hogy több helyiséget fűtsünk/hűtsünk egy kültéri géppel. Az osztott („split”) klímakészülék beltéri egységét a klimatizálandó helyiségbe szerelik. A kültéri egységet legtöbbször az épület homlokzatán, tartókonzolra szerelve helyezik el. Ennek a szétválasztási módnak óriási előnye, hogy a zajosnak számító részek (ventilátor, kompresszor) a kültéri egységben helyezkednek el, így a beltéri egység csendes. A beltéri egységet általában az oldalfalra szerelik, de megkülönböztetünk elhelyezés szempontjából álmennyezetbe süllyeszthető, mennyezet alá szerelhető és parapetre szerelhető készüléket is [8].

Ventilátoros konvektor („fan-coil”)

Olyan fűtő/hűtő készülék, amelynél a hőátadás elősegítésére ventilátort használnak. Klímakonvektornak is nevezik. A levegőoldali hőcserélőjének felülete többszöröse egy hagyományos radiátorhoz képest. A levegőoldali nagy hőcserélőfelület és a ventilátorral segített hőátadás miatt a készülék nemcsak fűtésre használható, hanem hűtésre is, ha a meleg víz helyett hideg vizet keringtetünk a hőcserélő vízoldalán [5].

Teljes hűtőtéljesítmény

Az összes elvont hő és a hőelvonás időtartamának hányadosa. (Megjegyzés: Ez a fogalom a helyi légkondicionáló berendezéseknél nem használatos, mivel ebben az esetben nem értelmezhető. E készülékek teljesítményeit a térfogatáram és a száraz hőmérséklet segítségével fejezzük ki.) Fajlagos hűtőtéljesítmény (EER, energy efficiency ratio). A készülék teljes hűtőtéljesítményének és effektív teljesítményfelvételének aránya [4].

2.4 A kompresszoros hőszivattyú elvi felépítése

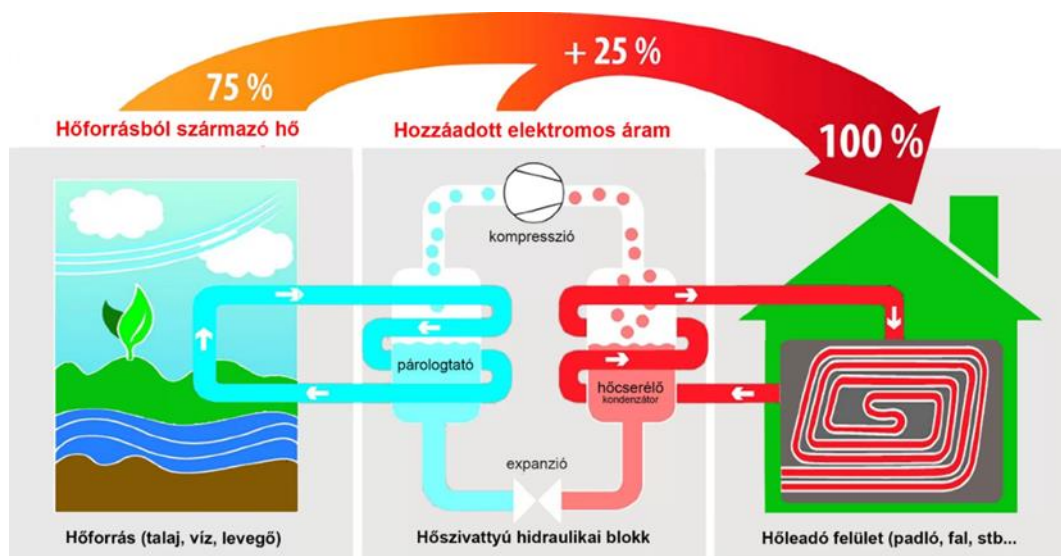
A hőszivattyú elvi felépítése:

- két hőcserélő (rekuperátorok):
- elpárologtató (elgőzölögtető),
- kondenzátor (cseppfolyósító),
- kompresszor,
- expanziós szelep (adagoló szelep)

Hőszivattyú esetén a hűtőközeg neve nem hűtőközeg, hanem munkaközeg [9].

2.5 A hőszivattyúk működési elve

Az egyes hőszivattyús technológiák közül a legelterjedtebbek a kompresszoros gépek, ahol a kompresszort villamos motor hajtja. A tisztán villamos fűtés (például ellenállásfűtés) jelentős üzemeltetési költsége miatt ma nem tekinthető energiahatékony módszernek. A hőszivattyús fűtéstechnika ezzel szemben a tisztán elektromos fűtéshez használandó villamos energia csekély részét használja fel (2. ábra) [12].



2. ábra: Hőszivattyú működése
(Klima-energy)

A hőszivattyús technológia fő célja, hogy alacsonyabb hőmérsékletű, közvetlenül nem hasznosítható hőenergiát magasabb hőmérsékletű, hasznosítható hővé alakítsa. A hőszivattyúk megújuló energiahordozókat hasznosítanak, segítve a klímavédelmet, mivel a környezetből „beemelt” résznek nincs széndioxid (CO₂) és károsanyag-kibocsátása [6].

A hőszivattyú a következő energetikai feladatot végzi: a környezetből (levegőből, vízből vagy földből) hőt von el, és azt egy nagyobb hőmérsékleten teszi felhasználhatóvá egy épületben. Szinte mindenütt van alkalmas környezeti hőforrás, amelyet csak hőszivattyúval lehet energetikailag kedvezően hasznosítani.

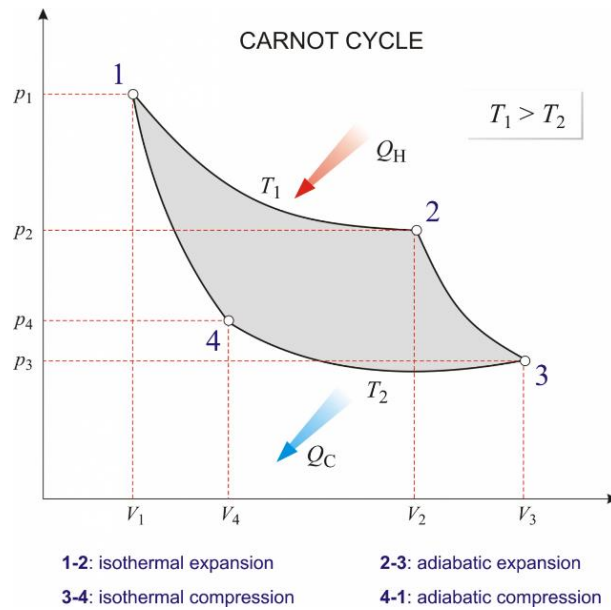
A mai hőszivattyúk képesek nemcsak fűtési feladatra, hanem hűtésre is. Így ezzel a megoldással a klimatizáláshoz szánt – külön telepítendő – hagyományos klímagépcsoport költsége megtakarítható. Habár egyes gyártók javasolják a klíma beépítését a hűtésre a hőszivattyú telepítése mellett a nyári túlmelegedés elkerülése végett (Például a Toshiba) [13].

A hőszivattyú elvi alapjai a termodinamika második főtételéhez kapcsolódnak. A második főtétel kimondja, hogy a hő és a mechanikai munka átalakításának a feltétele, hogy a hő két különböző hőmérsékleten álljon rendelkezésre, vagyis a hőnek mechanikai munkára való átalakításához hőmérséklet-különbségre van szükség. A hőszivattyú az átalakítás fordítottját hajtja végre: mechanikai munka befektetésével hőt termel, a hőtermeléshez pedig olyan hőmérséklet-különbséget hoz létre, amelynél az alsó hőmérsékletet a környezet – a „hőforrás” – a nagyobb hőmérsékletet pedig a hőnyeléshez szükséges ún. hasznosítható hő határozza meg [8].

Hőszivattyú alkalmazásakor mindig nagyobb energiát (Q_C hőt) kapunk a felső hőfokszinten, mint amennyit mechanikai munka (W) formájában befektetünk: [7].

$$Q_C = W + Q_0$$

Ez az egyenlet nem mond ellent az energiamegmaradás elvének, mert a Q_0 felvett hő energiátöbbletet nem átalakítani kell, hanem egy magasabb hőmérsékleti szintre emelni. A hőszivattyúk elméleti működését a Carnot-féle termodinamikai körfolyamat ábrázolja, amely négy megfordítható (reverzibilis) állapotváltozásból áll (3. ábra).



3. ábra: Carnot féle körfolyamat
(Perodini gallery)

Ha a körfolyamat ideális, akkor adott hőmérséklet határok között (pl.: T_C és T_0) a Carnot-féle körfolyamatnak van a legnagyobb hatásfoka (η), ill. teljesítménytényezője (COP). Azonos hőteljesítmény eléréséhez ez a körfolyamat használja fel a legkevesebb energiát. Az ideális (Carnot-) körfolyamat hatásfoka, illetve teljesítménytényezője csupán két hőtartály (hőforrás és hőelnyelő, illetve a hőszolgáltatás) abszolút hőmérsékletétől (T_C és T_0) függ, ahol [15]

$$T \text{ [K]} = t \text{ [}^\circ\text{C]} + 273$$

A hőszivattyúra jellemző elméleti ún. $\text{CARNOT}_{\text{COP}}$ a kondenzátor és az elpárolgató hőmérséklet-adataiból kiszámolható:

$$\text{CARNOT}_{\text{COP}} = T_{\text{KONDEZATOR}} / (T_{\text{KONDEZATOR}} - T_{\text{ELPÁROLOGTÁTO}})$$

$$\text{CARNOT}_{\text{COP}} = T_C / (T_C - T_0)$$

A gyakorlati érték kb. az elméleti (maximális) hatásfoknak 45–65%-a, de ez elsősorban a kompresszorok rohamos fejlődése következtében állandóan javul. A kisebb értékek kisebb berendezésekre és nagyobb hőmérsékletkülönbségekre, a nagyobb értékek pedig a nagyobb berendezésekre és kisebb hőmérséklet-különbségekre vonatkoznak [14].

A gyakorlatban elérhető teljesítménytényező értéke függ az elpárolgási hőmérséklettől, amelyet a hőforrás hőmérséklete határoz meg, a véges hőmérséklet-különbségek nagyságától az elpárolgatónál és a kondenzátornál, az alkalmazott gép hatásfokától, a segédberendezések

energiaszükségletétől. Az elpárolgás feltétele, hogy a hőforrás hőmérséklete a munkaközeg forráspontjánál nagyobb legyen.

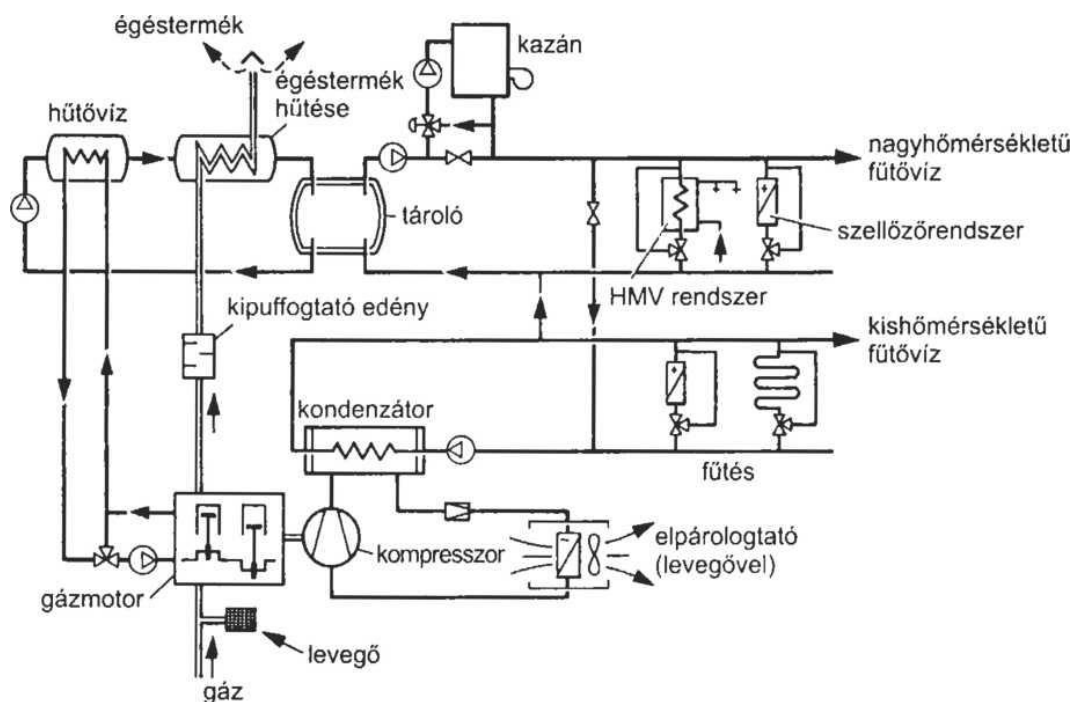
2.6 A hőszivattyúk meghajtási módjai

Villamos motorral hajtott hőszivattyúk

A villamos motorral hajtott, fűtésre és használati melegvíz termelésre használt hőszivattyúk teljesítményhatára kb. 200 kW. Általában kompakt, könnyű, kis helyfoglalású motorokat alkalmaznak, a teljesítményszabályozás fordulatszám-szabályozással, vagy egyéb szokványos módszerekkel történhet [8].

Belsőégésű motorral hajtott hőszivattyúk

A kb. 100 kW-nál kisebb teljesítményű hőszivattyúk Diesel- vagy gázmotorral (4. ábra) is meghajthatóak, és így önálló egységek független energiaellátó rendszerül szolgálhatnak.



4. ábra: Gázmotoros hőszivattyú rendszere
(forrás: Épületgépészet 2000)

A szorpciós hőszivattyú

A „szorpciós” kifejezés valamely anyagnak azt a tulajdonságát jelöli, hogy bizonyos körülmények között egyéb gáz-halmazállapotú anyagokat képes elnyelni, majd a körülmények változásakor az elnyelt gázokat, gőzöket ismét leadja. Ilyen tulajdonsága a folyadéknak és a szilárd anyagoknak is lehet, az előbbi esetben abszorpcióról, az utóbbi esetben adszorpcióról beszélünk, illetve ennek megfelelően abszorpciós vagy adszorpciós folyamatokról lehet szó.

A szorpciós hőszivattyú működése két alapvető részben tér el a kompresszoros gépekétől:

- egyrészt a hajtóenergiája - a mechanikus energia helyett – hőenergia
- másrészt az abszorpció érdekében a munkaközeg két- vagy többkomponensű oldat

Kétfajta szorpciós hőszivattyút különböztethetünk meg: az abszorpciós és a rezorpciós hőszivattyúkat.

Az abszorpciós hőszivattyúknál a „hajtóművet” - ami a kompresszoros rendszereknél a mechanikai energiával üzemelő kompresszor, - a termikus kompresszor helyettesíti. Az abszorpciós folyamatban az elpárologtatóban elgőzölgő hűtőközeget hőleadás kíséretében az abszorberben egy oldóközeg abszorbeálja. Ebből az oldószer-hűtőközeg keverékből - miután a keverék nyomását szivattyúmunkával megnövelik - hevítés segítségével a hűtőközeget a keverékből a főzőben ismét kiválasztják. A kétkomponensű munkaközeg (oldószer hűtőközeg) e folyamatait a berendezés hajtó részében változó hőmérséklet kíséri. A hőszivattyú részre (elpárologtató és kondenzátor) ez nem vonatkozik, ott a hőcserélőkre változatlanul a konstans hőmérsékletek a jellemzők egykomponensű hűtőközeg alkalmazása esetén [8].

Az abszorpciós hőszivattyú körfolyamatában két, egymástól elkülöníthető rész különböztethető meg:

- a hajtó rész körfolyamata
- a hőszivattyú rész körfolyamata

Abszorpciós hőszivattyúk előnye a kompresszoros rendszerekkel szemben, hogy az oldatszivattyún kívül a rendszerben nincs mozgó alkatrész. Ezért az üzem teljesen zajtalan, hosszú az élettartamú, és alacsony a karbantartási költsége. Ezenfelül villamos energia helyettesíthető olaj- vagy gáz fűtőanyaggal [8].

2.7 A hőszivattyúk üzemeltetési formái [4]

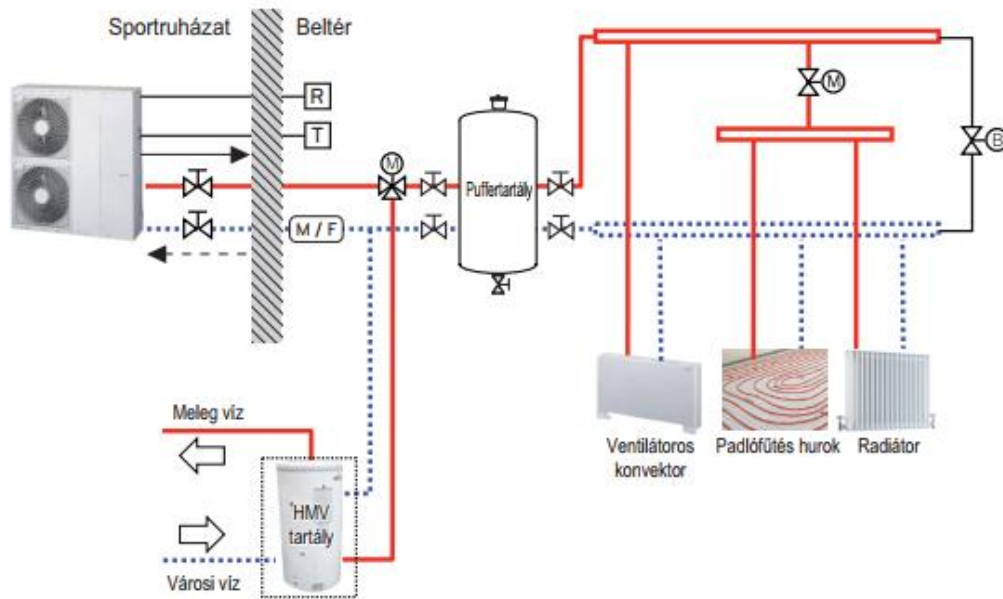
Az üzemeltetési forma attól függ, hogy milyen hőleadót látunk el, milyen hőforrást használunk ki, és melyek a szóba jöhető hőszivattyú működési határai. Ezek figyelembevételével a legfontosabb üzemeltetési formák: [2]

- a monovalens,
- a bivalens forma
- és a hőszivattyúk párhuzamos kapcsolása.

Monovalens hőszivattyúk

A monovalens formánál a hőszivattyú az egyetlen hőforrás. Ehhez tehát az szükséges, hogy a hőforrás egész évben az időjárás viszontagságainak kitéve rendelkezésre tudjon állni, és a hőszivattyú által előállított fűtési és hűtési előremenő hőmérséklet szezonálisan megfelelő legyen. Ez megvalósítható, ha kishőmérsékletű fűtési rendszer csatlakozik a hőszivattyúhoz, és ezen felül megoldható az egész évi használati melegvízellátás is. A monovalens üzemű szivattyút tárolóval is kiegészíthetjük, fűtésre, valamint használati melegvíztermelésre is használhatjuk [15].

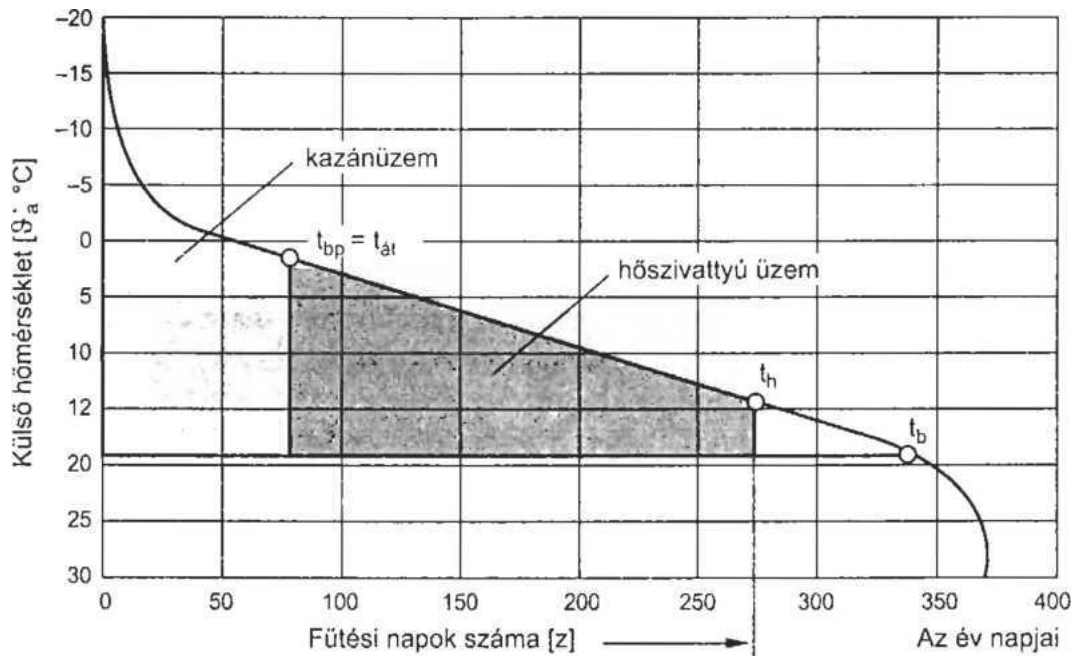
A monovalens kapcsolat természetesen úgy is megoldható, hogy két (vagy több) hőszivattyút kapcsolunk egymással párhuzamosan. (5. ábra). Ebben az esetben a hőfokszint azonos marad, de a teljesítmény növelhető, és a szabályozás is egyszerűbb [16].



5. ábra: Monovalens hőszivattyú hidraulikus kapcsolása
(forrás: LG Hőszivattyú telepítési kézikönyv)

Bivalens hőszivattyú üzem

A bivalens hőszivattyú üzem azt jelenti, hogy a hőszivattyún túl egyéb hőforrást (pl. általában kiegészítő kazánt) is alkalmazunk (6. ábra).



6. ábra: Bivalens párhuzamos üzem
(forrás: Épületgépészet 2000)

- t_{ai} - a bivalenciapont hőmérséklete
- t_h - fűtési határhőmérséklet

- t_b - belső hőmérséklet

Az ábrán láthatjuk, hogyan működik együtt a különféle üzemállapotokban a hőszivattyú és a kazán. Az ábra az úgynevezett hőfokhíd alkalmazásával lett megszerkesztve. A hőfokhíd a rendezett hőfokgyakorisági görbe segítségével mutatja meg az éves fűtési energiafelhasználás arányait [8].

2.8 A hőszivattyúk hőforrásai

A hőszivattyús körfolyamatok általában értelemszerűen olyan kis hőmérsékletű energiaforrások, amelyek egyébként fűtésre közvetlenül nem hasznosíthatók.

E hőforrásokat két csoportba szokták sorolni:

- egyikbe tartoznak az ún. „hulladékhők” (használt levegő, elfolyó meleg víz, hűtőberendezés kondenzációs hőárama stb.), amelyek valamilyen technológiai folyamat mellék- termékeként keletkeznek. Legfőbb jellemzőjük, hogy általában folyamatosan termelődnek, és így rendelkezésre állásuk bizonyos mértékben független egyéb körülményektől (pl. az időjárástól).
- a másik csoportba sorolhatók a természetes energiaforrások hőhordozói, ilyenek pl. a levegő, a talaj- és felszíni vizek hője, a napsugárzás, a közvetlen talajhő.

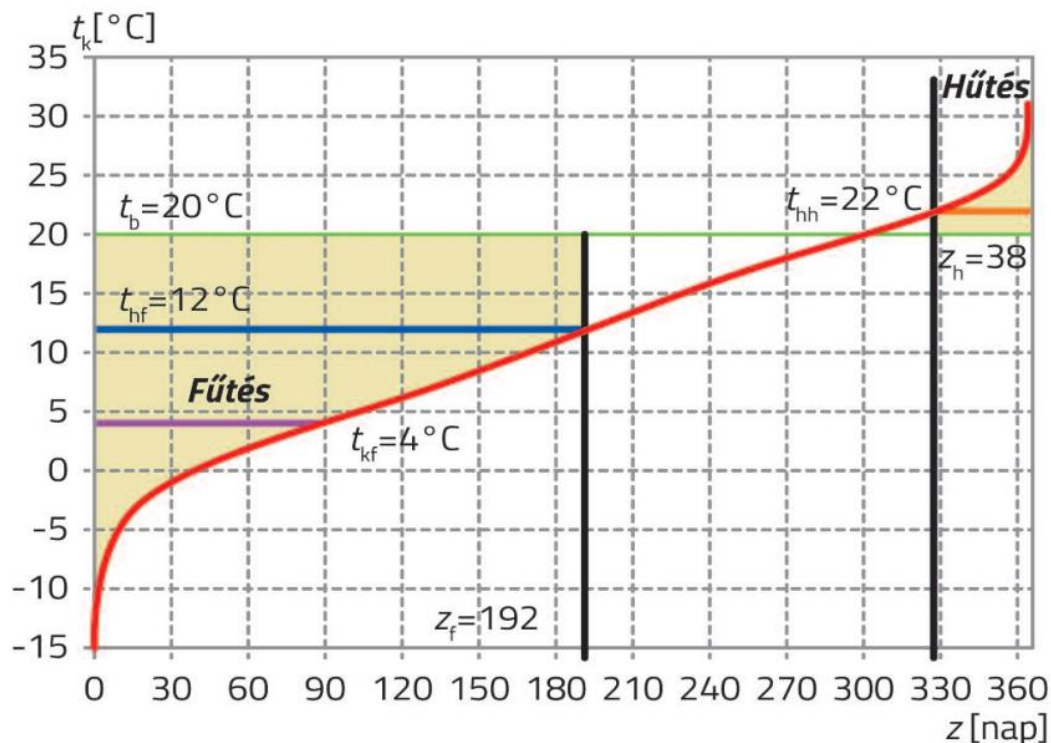
A hőszivattyúk gazdaságos alkalmazása szempontjából alapvetően fontos, hogy a hőforrás:

- műszakilag könnyen, tehát olcsón kihasználható legyen;
- megfelelő mennyiségben és folyamatosan álljon rendelkezésre;
- hőmérsékletszintje minél magasabb legyen.

Ipari célú, egyedi tervezésű hőszivattyúknál a hőforrásokat a konkrét viszonyok ismerete alapján gazdasági szempontok szerint is számba veszik. A sorozatban gyártott, általában háztartási célokat kielégítő berendezések a megújuló energiaforrások hőjére építenek és azokat hasznosítják [6, 7].

Légköri levegő, mint hőforrás

Jellemzője, hogy bár gyakorlatilag korlátlan mennyiségben áll rendelkezésre, csupán 1,4- 2,2 W/m²h érték hasznosítható közvetlenül a hőszivattyú elpárolgatójánál. Ennek következtében jelentős tömegáramot kell az elpárolgató hőcserélőjén keresztül áramoltatni. További hátránya, hogy hőmérsékletének minimális értéke általában egybeesik a fűtési igény maximumával. Kedvezőtlen hőátadási tulajdonságai miatt nagy hőcserélő felületet igényel, emiatt a berendezés viszonylag költséges. Üzemeltetési problémát jelent, hogy az elpárolgató 0 °C alatti felületi hőmérséklete mellett dér képződik, aminek eltávolítása költséges és műszakilag összehangolt megoldásokhoz vezet [11].



7. ábra: Magyarország hőfokgyakorisági görbéje
(forrás: Baumann Mihály – Épületenergetika 2012)

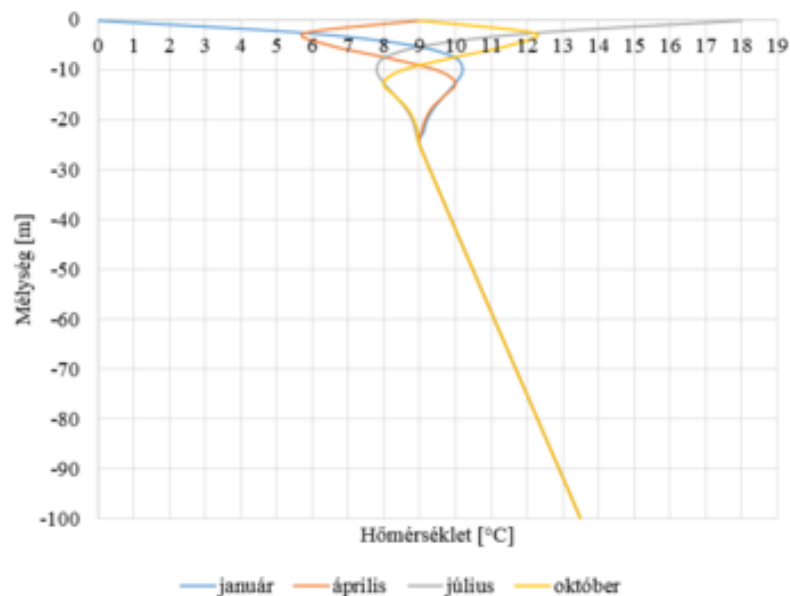
Magyarország hőfokgyakorisági görbéjéről (7. ábra) leolvasható, milyen gyakorisággal fordul elő egy bizonyos hőmérséklet alatti napi átlagos hőmérséklet az év során. Például az év 300 napja során várható, hogy az átlagos napi hőmérséklet nem haladja meg a 20°C értéket. Látható, ha hűtőrendszerünket képessé tudjuk tenni a mindenkori változó környezeti hőmérséklet melletti normál üzemelésre, akkor a környezet maga biztosít számunkra energiamegtakarítási lehetőséget. Ezt a lehetőséget olyan szabályozók segítségével lehet kiaknázni, amelyek rendelkeznek a környezeti hőmérsékletet követő hőmérséklet szabályozásának funkciójával.

Hagyományos épületszerkezet és használat esetén kb. Egyensúlyról 12°C-os külső hőmérséklet mellett beszélhetünk.

A függőleges tengely a napi átlaghőmérséklet értékeket mutatja. A vízszintes tengely a napok számát mutatja, 0-tól 365-ig. Ha kiválasztunk egy hőmérsékletet, akkor a vízszintes tengelyen az adott vagy annál alacsonyabb hőmérsékletű napok számát fogjuk látni. A fűtési határhőmérséklet kiválasztása esetén a napok száma a fűtési szezon hosszának felel meg. A fűtési hőmérsékleti határ csökkentésével lerövidíthető a fűtési szezon. Ha a diagramban vízszintes vonalat helyezünk el, amely megfelel a belső hőmérsékletnek, hasznos szakaszok jönnek létre. A vízszintes vonal és a hőmérsékleti frekvencia görbe közötti távolság megfelel a belső és a külső hőmérséklet különbségének. Legnagyobb értéke a leghidegebb napon van, amikor a külső hőmérséklet tekinthető tervezési hőmérsékletnek [12].

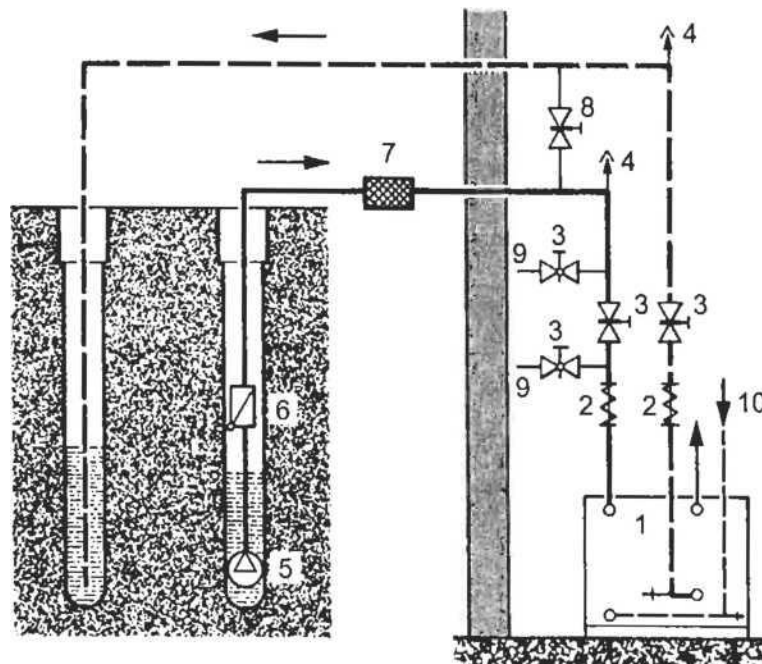
Felszíni és talajvizek alkalmazása hőforrásként

Kedvező, hogy hőmérsékletük egész évben meghaladja a fagyponatot. A „fűtési idényben” a folyók, tavak vizének hőmérséklete 2 - 12 °C , a talajvízé ennél is magasabb. Hőforrásként való alkalmazásuknál az elpárolgási hőmérséklet 0 °C körül, vagy annál nagyobb is lehet, ami kedvezően csökkenti a hőszivattyú méretezését meghatározó hőmérsékletkülönbséget (8. ábra) [12].



8. ábra: Talajvíz és talajhőmérséklet alakulása
(forrás: Épületenergetika alapjai 2009)

A víz kedvezőbb hőátadási tulajdonsága mellett a vízkivétel és vízvezetés szivattyúzást igényel ami összességében többletköltsége jelent (9. ábra).



9. ábra: Talajvíz alkalmazása hőforrásként
(forrás: Épületgépészet 2000)

1 - víz-víz hőszivattyú; 2 - flexibilis csatlakozás; 3 - elzáró szerkezet; 4 - légtelenítés; 5 - búvárszivattyú; 6 - visszacsapószelep; 7 - szűrő; 8 - rövidrezáró vezeték; 9 – vízvétel ellenőrzés céljára; 10 – fűtési előremenő és visszatérő vezeték

A talaj, mint hőforrás

A talaj hőmérséklete a légköri levegő hőmérsékletének évszakonkénti változását a mélységtől, a talajminőségtől függően késleltetve és csökkent amplitúdóval követi. Közepes nedvességtartalmú talajban 1,5 - 2 m mélységben 5 - 16 °C közötti a talajhőmérséklet. A hőszivattyú hőelvonása következtében a talaj - mint hőforrás - hőmérséklete csökken. Kedvező minőségű talajban, ha a hőt felvevő csőkiágó terhelése 20 - 60 W/m közötti értékű, a csövek sortávolsága 0,6 m-nél nagyobb, akkor a talaj hőmérséklete 5 - 10 K-kal kisebb lesz a természetes, „zavartalan” hőmérsékletnél [18].



10. ábra: Talajkollektoros hőszivattyú talajcsövezés
(forrás: Rehau)

Bár a fűtési idényben közvetlen elpárolgatásnál az elpárolgási hőmérsékletnek nem kell 0 - 5 °C-nál kisebbnek lennie, a szükséges beépítetlen terület, továbbá a talaj becsövezésének jelentős költségei csökkentik gazdaságos alkalmazását (10. ábra). Közvetett elpárolgatásnál csökkenthető a talaj becsövezésének költsége és a korróziós veszély, de a kisebb elpárolgási hőmérséklet miatti kisebb fajlagos fűtőteljesítmény, a szivattyúzás teljesítményigénye, a fagyálló közvetítő közeg költsége kiegyenlíti ezt a hatást.

További hőforrások

Hőforrásként vehető még figyelembe:

- a természetes meleg vizek, termálvizek
- a nagymennyiségű lehűtendő vizet felhasználó technológiák, különösen akkor, ha a vizet hűtési célokra használják
- a csatornák szennyvize
- egyenletes ütemben kibocsátott használt levegő (pl. klímaberendezés)
- hűtőrendszerek kondenzátora

- transzformátorok olaj rendszere
- erőművek kondenzációs hője, kazánüzemek távozó füstgázában levő hőáram
- A természetes hőforrások és a hulladékhő hasznosításával a hőszivattyúk jelentős környezetszennyezéstől tehermentesítik a fűtési technológiát [14].

2.9 Hőszivattyúk kivitelezési megoldásai

A hőszivattyúk gyakorlati kivitele ezek után a hőforrástól és a termelt energia formájától, nemétől és a felhasználásától függ.

Ezek alapján különböztetünk meg:

- levegő-víz hőszivattyút (itt a forrás a levegő és központi fűtés vagy használati melegvíztermelés céljára vizet melegítünk)
- levegő-levegő hőszivattyút (ahol a hőforrás és az előállított közeg is levegő)
- víz-víz hőszivattyút (ahol a hőforrás a talajvíz vagy felszíni víz és fűtési, illetve használati melegvizet állítunk elő)

Egyéb szempontok szerint szokás még „kompakt” és „elválasztott” azaz „SPLIT” rendszerről beszélni, aszerint, hogy a kondenzátor és elpárologtató szerkezeti elemek hogyan illeszkednek egymáshoz [6].

Levegő-víz hőszivattyú:

Levegőből nyerjük ki az energiát villamosenergia hozzáadásával, és vizet melegítünk vele. A mindenhol jelenlévő levegő az energia forrása a hőszivattyúnak, így bárhol és bármikor felhasználható. A levegő-víz hőszivattyú egy olyan ventillációs rendszer, amely a levegőt beszívja majd egy levegő hőcserélőn keresztül lehűti azt és visszaengedi a lehűlt levegőt a környezetbe. Minél alacsonyabb a külső levegő hőmérséklete annál kevesebb hőenergia hasznosítható belőle, tehát azonos belső levegő hőmérséklet eléréséhez több befektetett elektromos áram szükséges. Így mondhatjuk, hogy a hőszivattyú COP értéke a hőmérséklettel arányosan változik. A levegő - víz hőszivattyú COP teljesítmény tényezője kisebb - összehasonlítva eltérő telepítési sajátosságú mellett - de az egyszerű és olcsó telepítése, kis helyigénye miatt a legelterjedtebb, a legkönnyebben megfizethető, és a leggyorsabban

megtérülő hőszivattyú típus. A megadott COP érték a németországi 7 C fokos hőmérsékletre van megadva. Magyarországon az évi átlaghőmérséklet magasabb, ezért az adatlapokon megadott COP értéknél magasabb hatásfokkal számolhatunk [5, 7].

Előnyök:

- egyszerűen, gyorsan, bárhova telepíthető;
- nem igényel jelentős előkészületeket;
- olcsóbb a beruházási összeg, mint bármely más hőszivattyú típusnál;
- egyszerűen illeszthető már meglévő fűtési rendszerhez;
- viszonylag magas COP (3,5 - 4,2 jósági fok) érték; + 10 C felett még magasabb COP értékkel rendelkezik;
- kültéren a lakásba vitt zaj nem zavaró.

Hátrányok:

- külső hőmérséklettől függő teljesítmény;
- alternatív fűtési rendszert igényelhet (bivalens rendszer).

Víz-víz rendszerű hőszivattyúk

A kutas, nyíltvizes, talajkollektoros, talajszondás hőszivattyúk közös tulajdonsága, hogy a vízben vagy a földfelszín alatti energiákat víz segítségével nyerjük ki, és a fűtendő oldalon is víz a hő közvetítő közeg. A felhasználható, kinyerhető energia szempontjából a föld-víz hőszivattyúk a víz-víz hőszivattyúk után a második helyen vannak. A rendelkezésre álló szabad földterület függvényében lehetőségünk nyílik földkollektoros vagy földszondás hőszivattyú alkalmazására. A felső talajréteg úgy 100 méter mélységig a besugárzott napenergiát és a föld belsejéből érkező geotermikus energiát tárolja. A föld-víz hőszivattyúk meglehetősen nagy földterületet igényelnek, a kellő hőenergia kinyeréséhez. Ha nincs elegendő helyünk ilyen földkollektor telepítésére, a földszondás kivitel a megfelelő választás. A föld-víz hőszivattyúk alkalmasak passzív hűtés ellátására is, így kellemes hőmérsékletet biztosíthatunk egész évben lakásunkban nagyon kicsi energia felhasználásával [5, 7].

Talajkollektoros hőszivattyú típus

A talajkollektoros vagy más néven földkollektoros hőszivattyúk a felső talajréteg hőjét hasznosítják, amit a napsugárzás és eső közvetít. A fagynak ellenálló szigetelt csövek 1.2 - 1.5 méter mélységben kerülnek elhelyezésre. Annak érdekében, hogy ne okozzunk kárt a kisebb kerti növényekben, virágokban, cserjékben, a csövek egymástól minimum 30 cm-re kerülnek elhelyezésre. Maga a földkollektor csövek és a hozzá tartozó szerelvények költsége viszonylag alacsony a szükséges földmunkák költségéhez képest. Talajkollektorban víz és propilén-glikol keveréke kering, ám nem a Föld geotermikus rétegéből, hanem a talaj felszínéhez közelebbi rétegéből szállítja a hőt. Körülbelül 1,5 méter mélyen vannak vízszintesen lefektetve a több száz méter hosszú speciális kemény PVC köpennyel ellátott rézcsövek vagy polietilén csövek. A talajkollektor nem csak a napsütötte részokről tudja a hőt elszívni, hanem például a talajba szivárgó esővíz hőjét is hasznosítja. A talajba lefektetett kollektorok fölé később sem építeni, sem betonozni nem lehet! A nyári kánikulában a ház hűtésére használt talajkollektoros csövek segítenek felmelegíteni a talajt [8].

Előnyök:

- jó és közel állandó hőhasznosítás; magas COP (4 -5 jósági fok);
- nem kell engedély a talajmunkákhoz;
- önállóan megoldja a ház fűtését, hűtését, HMV ellátását.

Hátrányok:

- nagy helyigény (2,5-3 -szoros a fűtendő alapterületnél);
- nagy felfordulás a földmunka miatt;
- a terület árnyékoltság csökkenti a hatékonyságot;
- fát telepíteni, a területen építeni nem lehet.

Víz-víz hőszivattyú rendszerek

A hasznosítható energia szempontjából a víz-víz hőszivattyúk a legoptimálisabbak, a legtöbb hőenergiát állítják elő ugyanazon befektetett elektromos energiából az összes hőszivattyú típus közül. Ez a legmagasabb hatásfokú hőszivattyú minden típus közül! Ennek oka a viszonylag

magas talajvíz hőmérséklet, amely nem változik jelentős mértékben a téli hónapokban sem. A víz-víz hőszivattyúk telepítéséhez két kútra van szükségünk egy nyerő és egy nyelő kútra. Ezek távolsága minimum 15 méter kell legyen. Amennyiben tóból, folyóból vesszük ki a fűtéshez-hűtéshez a vizet, a "fáradt" víz visszajuttatásánál figyeljünk rá, hogy a lehető legmesszebb vezessük vissza a vízkiemelés helyszínétől. A nyerő kút vízhozama folyamatosan tudja biztosítani a hőszivattyú működését, a kút elapadása esetén a hőszivattyú nem üzemel. Segít a próbafúrás, amellyel megállapítható a kútvíz minőség, szükséges a szűrő elhelyezése, milyen minőségű hőcserélő kell az adott vízhez [5, 7].

Ha kútba vezetjük vissza a vizet, problémaként fordul elő, hogy a víz elnyeletése lassú, ekkor több nyelő kútra lehet szükség.

Előnyök:

- a legmagasabb COP (5-7 jósági fok) érték;
- egyenletes COP, könnyen tervezhető a hőnyerés mértéke;
- nem kell alternatív fűtés;
- a passzív hűtés könnyen megoldható, gazdaságos.

Hátrányok:

- jelentős mennyiségű munka;
- hosszú előkészület;
- nagy vízmennyiséget igényel;
- a vizet tisztítani, szűrni kell;
- a víz elapadása esetén a rendszer nem üzemel.

Talajszondás, más néven földszondás hőszivattyús rendszerek

A föld- vagy talajszondás geotermikus hőszivattyú szonda csöveit 60-100 méteres lyukakba helyezik, egy lyukba rendszerint 4 db (2 előremenő, 2 visszatérő) KPE cső kerül. A szonda furatokat minimum 6 méterre kell elhelyezni egymástól, melyek a legmagasabb ponton egy osztó-gyűjtő szerelvényhez kapcsolódnak. A körök szakaszolható kialakításúak. A csövekben

fagyálló folyadék kering, amely leggyakrabban víz és propilénglikol keveréke. A propilénglikol nagy előnye, hogy nem szennyezi a környezetet. A rendszer előnye a viszonylag kis helyigény, a folyamatos működés, valamint az állandó COP érték. Hátránya viszont, hogy egyes helyeken nagyon magas lehet a fűrés költsége, és nem utolsó szempont az sem, hogy bányakapitánysági engedély szükséges a telepítéséhez. A nyári hűtési igény segíti a szondák "visszamelegedését". Szondafúró mester elérhetősége. A munkákról egy szondás rendszert használó vásárlók tapasztalatai itt [7].

Előnyök:

- viszonylag kis helyigény;
- passzív hűtésre is alkalmas;
- önálló fűtésként, hűtésként alkalmazható (monovalens rendszer);
- nagyon magas COP (4-5 jósági fok) érték.

Hátrányok:

- magas költség;
- bányakapitánysági engedély macerás;
- a meglévő fák gyökereit tönkre teheti

Nyílt vízbe süllyesztett kollektor csöves hőszivattyú rendszer

A talajkollektoros rendszerhez hasonló csőregiszter vízbe süllyesztése sok szempontból előnyös. Amennyiben a házunk tó, vagy folyó közelében van, akkor a lehetőség kihasználása kézenfekvő. Nem kell a rengeteg földmunka, csak a megfelelő mélységű (minimum 2 m) tó. A csövekben ennek ellenére fagyálló folyadék kering, amely a környezetére nem káros. Itt is fontos, hogy egy-egy csőregiszter ne legyen hosszabb 100 méternél, ekkor még megfelelően hatásos tud lenni a rendszer. Meg kell oldani, hogy a csövek a tó vagy folyó alján maradjanak, és a kotrási munkák se tegyék tönkre a fűtőberendezésünk kültéri részét. Az évek alatt a csövekre rakódó iszap, egyéb üledék nem rontja a rendszer hatásfokát. Ennél a rendszernél is lehet használni (a víz 20 fok fölé melegedéséig) a passzív hűtési funkciót, amely rengeteg pénzt spórol meg a lakás klimatizálása mellett [5].

Előnyök:

- könnyű telepítés,
- nagyon jó és egyenletes hatásfok,
- magas COP érték (5-7 jósági fok)
- karbantartási költsége a csőrendszernek könnyebben megoldható, mint talajkollektoros rendszer esetén;
- nem kell a vizet szűrni, tisztítani.

Hátrányok:

- vigyázni kell a medertisztításkor
- horgászni fenekező felszereléssel tilos

2.10 Teljesítmény-jelző szám (COP)

A megújuló energiaforrások hasznosíthatóságát több tényező befolyásolja. A helyi természeti adottságok mellett a gazdasági környezet is jelentős befolyásoló tényező a megújuló energiák hasznosítása esetén. A fosszilis energiahordozók árviszonyai és az energiatermelés egyéb költségei jelentős mértékben meghatározzák a keresletet a megújuló energiák irányában.

A hőszivattyúk a megújulóenergiák felhasználásával elősegítik a fosszilis tüzelőanyagok gazdaságosabb felhasználását, így jelentősen mérsékelik az építmények üzemeltetési költségeit. Energetikai szempontból kedvező, hogy a hőszivattyúk alkalmazhatók épületek fűtésére, hűtésére és használati melegvíz előállítására is. A hőszivattyú matematikai modellje lehetővé teszi az optimális rendszerek kialakítását, gazdaságosabb megoldások keresését, üzemi jellemzők kiértékelését, valamint az élettartam és költségtervezést.

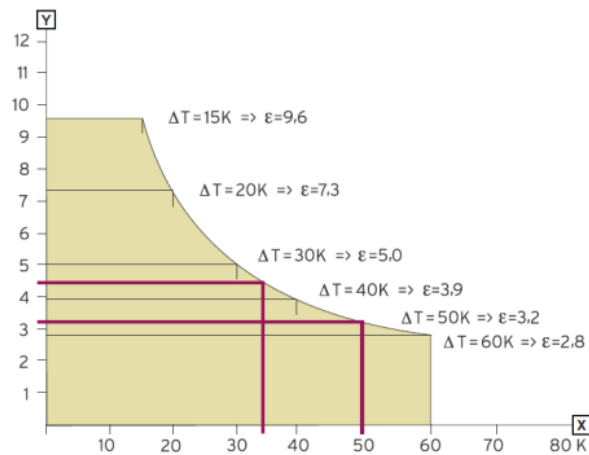
A legfontosabb jellemző a fajlagos fűtési fok vagy COP érték, amely a legtöbb gyártó műszaki adatlapja esetében egy úgynevezett stacionárius érték, amelyet általában laboratóriumi körülmények között a létező legideálisabb állapotban rögzítenek. COP = Coefficient Of Performance a hőszivattyúknál hatásfokként adjuk meg. Ez az érték ad tájékoztatást a hőszivattyú hatásfokáról. A teljesítmény-jelzőszám a hasznos fűtési teljesítmény és a

felhasznált elektromos komprimálási teljesítmény arányát mutatja. Annak érdekében, hogy a hőszivattyú minél magasabb energiahatékonyságot (= magas teljesítményjelzőszám) érjen el, a hőszivattyú kialakításánál arra kell törekedni, hogy a hőforrás hőmérséklete minél magasabb, a hőhasznosító berendezés hőfoka pedig minél alacsonyabb legyen. A fűtési teljesítmény és az elektromos teljesítmény-felvétel viszonyának kiszámítása az alábbi képlet segítségével történik [15].

$$\text{COP} = \frac{Q}{P}$$

Q – a kinyerhető fűtési teljesítmény [kW] (kinyert energia)

P – a berendezés által felvett villamos teljesítmény [kW] (befektetett energia)



11. ábra: Teljesítmény jelzőszám a hőmérséklet különbség függvényében
(forrás: Vaillant Hőszivattyú tervezési segédlet)

X – Hőmérséklet különbség ΔT

Y – Teljesítmény jelzőszám ϵ

Mindannyian tudjuk, hogy egy levegő-víz hőszivattyú teljesítményét jelentősen befolyásolja a külső hőmérséklet alakulása (11. ábra). Mivel a berendezés hőforrása a külső levegő, ezért minél alacsonyabb a hőmérséklete, annál nagyobb energia-befektetéssel tudja a szükséges energiát kinyerni belőle. Ebből következik, hogy egy levegő-víz hőszivattyú jelleggörbéje lineárisan csökkenő, míg az épületek hőszükségleti jelleggörbéje lineárisan növekvő jellegű a külső hőmérséklet csökkenésének viszonylatában [17].

Ebből következik a készülék kapcsán felmerülő két igen fontos jellemző: mennyire csökkenő a jelleggörbe meredeksége, és hol metszi a hőszükségleti jelleggörbét, ami a váltópont. A jelleggörbe meredeksége jelentősen befolyásolja a tényleges méretezési állapotnál a kinyerhető

teljesítményt, amely döntően befolyásolhatja a kiválasztott készülék nagyságát. A váltópont pedig abból a szempontból fontos, hogy melyik az a külső hőmérséklet, amely alatt mindenképpen be kell vetnünk valamilyen kiegészítő hőtermelőt, ami lehet beépített villamos fűtőbetét vagy egyéb hő termelő.

A gazdaságossági kérdések alapja az éves hőenergia-fogyasztás [kW], amely sok tényezőtől függ, de jó közelítéssel meghatározható az éves statisztikai adatok alapján. Mindezek arányosak az épület hőveszteségével, a fűtési napok számával, amely függ a határhőmérséklettől és függ a hőtermelő berendezés üzemeltetési szokásaitól. A hőveszteség viszonylatában függ a beépítés helyétől, időjárási körülményeitől, a szokásos külső és az elvárt belső levegő hőmérsékletkülönbségétől, az épület szerkezeti jellemzőitől és geometriájától, a helyiségekben termelődő belső energia mennyiségétől, a lakásban történő légcseré mértékétől is.

2.11 Éves munkaszám (JAZ)

Amíg a teljesítmény-jelzőszám (COP) egy pillanatnyi felvétel pontosan definiált állapotoknál, addig a β éves munkaszám (SPF = Seasonal Performance Factor) a leadott hőenergia viszonyát a teljes hőszivattyús rendszer által felhasznált elektromos energiához képest adja meg egy egyéves időtartamon belül. Ahhoz, hogy a hatékonyságot már a tervezés fázisában egy teljes éven keresztül figyelembe vehessük, feltétlenül szükség van az éves munkaszám kiszámítására. Az eredmény a következő számítási eljárással adható nagyon egyszerűen meg:

$$\beta = Q_{WP} / P_{el}$$

A nagyon jó hőszivattyús rendszereknek levegő/víz esetén 3,5 és talajhő/víz vagy víz/víz hőforrásoknál 4 feletti éves munkaszámuk van [15].

2.12 Felületi léghűtők leolvasztása

A felületi léghűtők leolvasztásának különböző technológiái

- Leolvasztás levegővel a hűtött térből
- Leolvasztás folyadékkal
- Elektromos leolvasztás

- Forró gázos leolvasztás

A felsorolt technológiák közül a forró gázos leolvasztással foglalkoztam, mivel a hőszivattyúknál a többi lehetőség nem járatos megoldás [10].

Forró gázos leolvasztás

Olyan módszer, amely a kompresszorból kilépő hűtőközegáram hőjét külső energiahordozó nélkül használja fel. Több elpárologtatóval felszerelt, nagyobb gépeknél gazdaságosan használható. A hűtőközeg-adagolása leállítás után az elpárologtatót leválasztják a berendezés szívóoldaláról és nagynyomású oldalára kapcsolják. A bejövő hűtőközeg gőze biztosítja a leolvasztáshoz szükséges hőt. A folyékony hűtőközeget és az olvadékvizet folyamatosan el kell vezetni.

Ha egy készülék csak egy párologtatóval rendelkezik, akkor a hűtőközeg áramlási irányának megfordításával forró gázzal történő leolvasztás lehetséges lesz. Ebben az esetben az elpárologtató és a kondenzátor a szerepek felcserélésével működik a leolvasztás.

Hasonló elven működik az úgynevezett thermo-bank rendszer is. A léghűtővel párhuzamosan csatlakoztatott vízű kondenzátor elpárologtatóként funkcionál, a felmelegített víztömeg hőjét felhasználva leolvaszt. Ebben beletartozik a kondenzációs hő alkalmazásával végzett közvetett leolvasztás is, ahol nem vízről, hanem glikol oldatról van szó, ami felmelegíti a felületet és a gyűjtőtálcát.

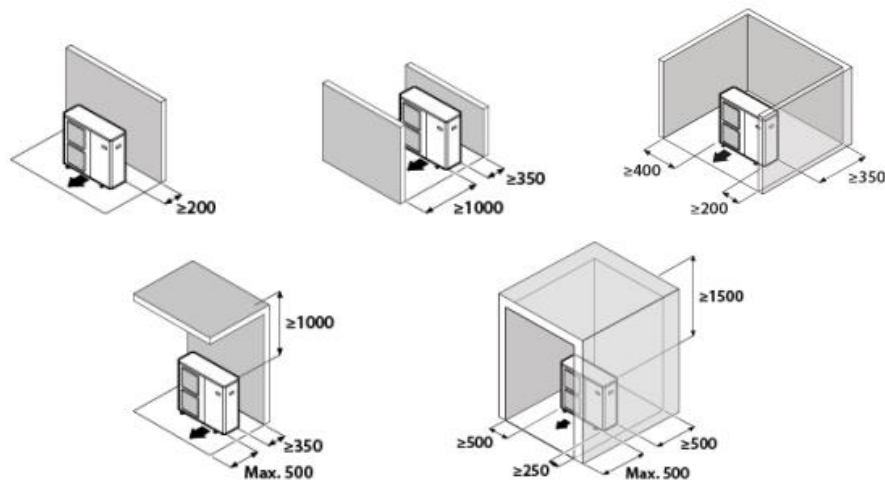
A szakirodalomban nem találtam leírást, utalást arra, hogy a speciális telepítési körülmények (árnyékolás, szélárnyékolás, épületek közelsége, burkolatok környező közegben) hogyan módosítják a készülék gyári jelleggörbéit.

Ezen megállapításom megerősíti azt a célkitűzésemet, hogy alaposabban megvizsgáljam az eltérő telepítési körülmények hatását egy már telepített LG THERMA V típusú készülék esetén.

3 MÉRÉSI ELEMZÉS

3.1 Hőszivattyú kültéri egységének telepítési előírásai

A hőszivattyúk telepítési szabályai viszonylag egyszerűek. A hőszivattyú elhelyezése nem csak hatékonysági és zajterhelési kérdés. A hőszivattyú kizárólag az épületen kívül telepíthető, lehetőleg teljesen a szabadban. Ha a készülék védelmet igényel, azt úgy kell kiépítenünk köré, hogy 4 oldalán széles nyílások legyenek, több készülék esetén a készülékek közt megfelelő távolságot kell tartanunk (12. ábra). A következő ábra a kültéri egység elhelyezését szemlélteti különböző elhelyezési módokat, oldaltávolságokat az épületektől, illetve a fedés elhelyezését [17].



12. ábra: Ajánlott telepítési távolságok
(forrás: Vaillant Hőszivattyú tervezési segédlet)

Az eszközt vízszintesen, szilárd talajon kell rögzítenünk, hogy minimalizáljuk a vibrációt és hőszivattyú kültéri egység zaját (pl. gumibakra történő telepítéssel).

Tisztában kell lennünk a kültéri egységek adottságaival, a rá csatlakozó beltéri egységek típusával, mennyiségével és a felhasználói igényekkel egyaránt.

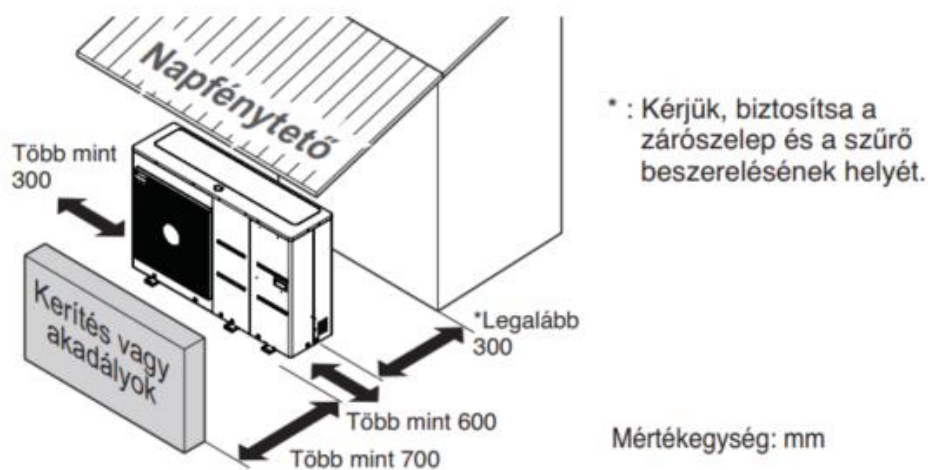
3.2 A vizsgált készülék jellemzői

Méréseimet egy LG Therma V HM091M U44 típusú készüléken végeztem. Ez a típus egy 1 fázisú 9kw teljesítményű, monoblokkos kivitelű készülék.

A monoblokkos hőszivattyúnál a kültéri egységbe gyárilag összeépített hűtőkör miatt fagyvédelemről minden esetben gondoskodnunk kell, amely történhet fagyvédelmi szelep közbeiktatásával, vagy a gyártó által javasolt 40%-osra bekevert Propilén-glikol fagyállóval feltölteni a teljes fűtési rendszer. Alap esetben a monoblokkos hőszivattyú berendezést a gyártó megfelelő fagyás elleni védelemmel látja el, azaz a kültéri berendezés egy hosszabb leállás esetén visszacirkuláltatja a szükséges hőt fűtési puffertárolóból a kültéri egységbe, vagy akár aktiválja a készülékbe gyárilag beépített fűtőpatront, a beépített vízszivattyú esetleges meghibásodása-leállása esetén fennállható fagyásveszély okán, így a monoblokkos fűtésnél sem kell tartanunk a fagyás veszélyétől [16].

A vizsgált készülék telepítési előírásai a telepítési hely tekintetében (13. ábra):

- Ha egy napfénytetőt építünk az egység fölé, hogy megakadályozzuk a közvetlen napsugárzást vagy az esőt, meg kell győződnünk, hogy a hőcserélő hőszugárzása nincs korlátozva.
- Meg kell bizonyosodnunk a telepítési rajz alapján, hogy a nyíl által jelzett helyeken az egység elülső, hátsó és oldalirányú részén megvan a kellő távolság.
- Ne helyezzünk állatokat és növényeket a meleg levegő útjába.
- Vegyük figyelembe a kültéri egység súlyát, és válasszuk ki azt a helyet, ahol a zaj és a vibráció minimális.
- Úgy válasszuk meg a helyet, hogy a kültéri egység meleg levegője és zaja ne zavarják a szomszédokat.
- Olyan hely, amely kielégítően elviseli a kültéri egység súlyát és rezgését, és ahol egyenletes felszerelés lehetséges.
- Hely, amelynek nincs közvetlen hatása a hóra vagy az esőre
- Tisztában kell lennünk a kültéri egységek adottságaival, a rá csatlakozó beltéri egységek típusával, mennyiségével és a felhasználói igényekkel egyaránt.



13. ábra: LG Therma V telepítési utasítás
(forrás: LG Hőszivattyú telepítési kézikönyv)

Szezonális szél és téli óvintézkedések szükségesség esetén:

- Kellő intézkedések szükségesek a hőterületen vagy nagyon hideg területen télen, hogy a készülék megfelelően működjön.
- Ne telepítsük a kültéri egység beszívónyílását és kifújó nyílását szélirányba. Az eszközt vízszintesen, szilárd talajon kell rögzítenünk, hogy minimalizáljuk a vibrációt és hőszivattyú kültéri egység zaját (pl. gumibakra történő telepítéssel).
- Úgy telepítsük a beszívó- és kifújó oldalra, hogy hó vagy eső ne kerüljön a ventilátor térbe.
- Úgy kell telepítenünk a kültéri egységet, hogy ne érintkezzen közvetlenül hóval. Ha a hó összegyűlik és ráfagy a beszívó oldalon, az a készülék meghibásodását eredményezheti. Ha havas területen történik a telepítés, érdemes tetőszerkezetet telepíteni a készülék fölé.
- Amennyiben havazásos területre telepítünk, a kültéri egységet olyan telepítési konzolra kell szerelnünk, amely 500 mm-rel magasabb, mint az éves átlagos hótakaró vastagsága.
- Amennyiben több mint 100 mm hó felhalmozódik fel a kültéri egység tetején, működtetés előtt a havat mindig el kell távolítanunk.
- Az emelő keret magassága telepítési helytől függően változhat, a szélessége nem haladhatja meg a termék szélességét.

Tisztában kell lennünk a kültéri egységek adottságaival, a rá csatlakozó beltéri egységek típusával, mennyiségével és a felhasználói igényekkel egyaránt.

3.3 A kiválasztott ingatlan felhasználása

A kiválasztott ingatlan lakóingatlan, amellyel kapcsolatban elmondható, hogy az ingatlan belső hőmérséklete közel állandó a nap 24 órájában. Az ingatlan folyamatos, a nap 24 órájában használt épület, amelyben a belső nappali hőmérséklet 23, az éjszakai pedig 22 fokos.

A dolgozatom szempontjából ez azzal az előnnyel járt, hogy a készülék közel egyenletes, napi 24 óras használatban volt, így például az üzemidő vizsgálatát nem torzította jelentősen az, hogy a készülék esetlegesen alacsonyabb belső hőmérsékletet kellett fenntartson akár napi 8 órában amíg az ingatlan esetlegesen nincs használatban ezért a termosztát hosszabb időn keresztül kikapcsolt állapotban van.

Fontos lehet megemlíteni, hogy az ingatlanban mennyezeti és padlófűtés került kialakításra, amelyek lassú fűtési megoldások, ezért a hasonló fűtési rendszerrel megvalósított ingatlanok esetében az ingatlan belső hőmérsékletében elvárt gyors változások nem megvalósíthatók.

3.4 A készülék elhelyezkedése

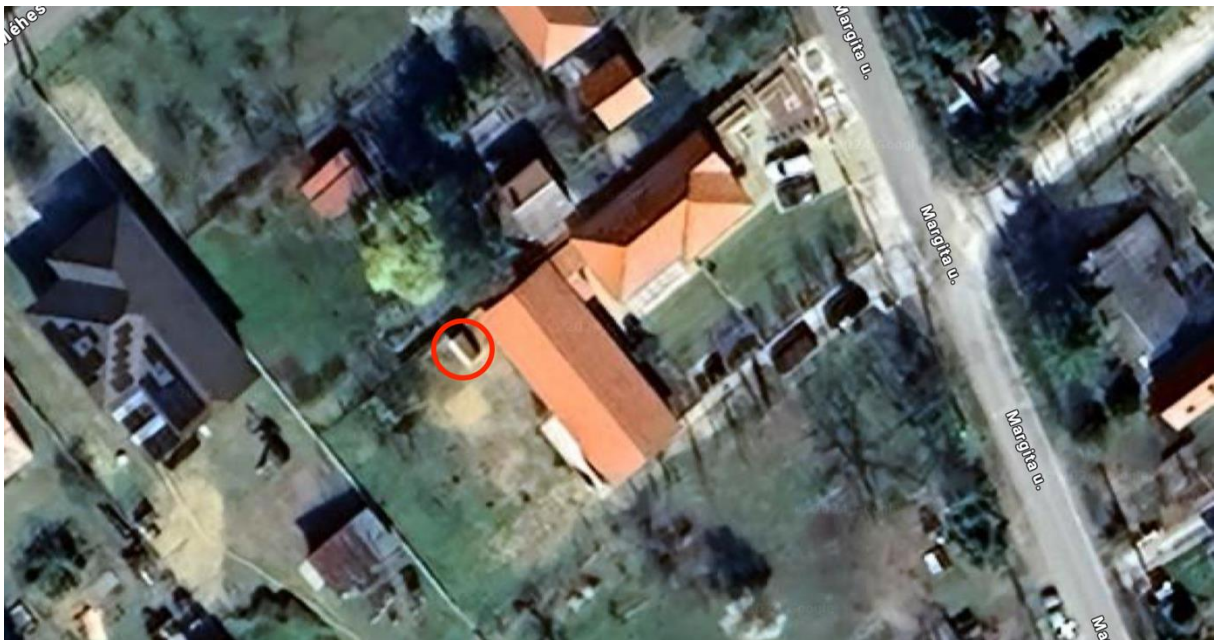
Lokáció

A készülék Szada nagyközség területén található, egy lankás völgy észak-keleti irányban elhelyezkedő oldalán (14. ábra).



14. ábra: Az ingatlan elhelyezkedése
(forrás: google maps)

A mérésekhez használt kültéri egység elhelyezkedése az ingatlan területén az alábbi műholdfotón látható pirossal bekarikázva. A fotóról megállapítható, hogy a műholdkép az 5. mérés idején készült (15. ábra).



15. ábra: Kültéri egység elhelyezkedése az ingatlanon belül
(forrás: google maps)

A készülék elhelyezkedése az ingatlan területén

A készülék elhelyezkedése a telken belül az alábbi képen látható (16. ábra).



*16. ábra: a készülék elhelyezkedés
(forrás: saját fotó)*

A fotón látható, hogy a méréseimhez használt készülék közelében határoló falak nem találhatóak. Elhelyezése párhuzamos az oldalsó kerítéssel. Az oldalkerítéstől a távolság: 1 m, a lakóépülettől pedig: 3m.

A légmozgást egyetlen tényező befolyásolhatja – a természetes légmozgástól eltekintve, amellyel kapcsolatosan fontos megállapítást teszek dolgozatomban – az pedig a szomszéd, által felszerelt háló, amellyel a szomszéd azt a célt kívánta elérni, hogy a telkekre ne lehessen átlátni.

3.5 Mérhető adatok

Az alábbi mérhető paramétereket azonosítottam:

1) Hőmérsékleti adatok, ezen belül

a) Környezeti

b) Beszívott

- c) Kifűjt
- 2) Szélsébség
- 3) Készülék áramfelvétele
- 4) Melegvízkészítés és a fűtés aránya

3.6 A vizsgálat során mért adatok

Hőmérsékleti adatok

Méréseim során a hőmérséklet mérését végeztem el és ezen adatokból következtettem az elemzésem során.

Szélsébség

Szélsébséget azért nem mértem, mert feltételeztem, hogy a készülék elhelyezésénél figyelembe vették.

Készülék áramfelvétele

Nem mértem, mert úgy gondoltam, hogy a kapott adatokból is tudok következtetni a teljesítmény adatokra, azonban, ha az áramfelvételei adatokat is mértem volna, úgy még pontosabb eredményeket kaphattam volna az elemzés során, illetve összevettem volna az által leszűrt következtetéseket a valós energiafogyasztással is.

Ebből következik, hogy jobban ki tudtam volna szűrni a melegvízkészítés a fűtés arányát, mivel elméletileg a készülék melegvíz készítéskor maximális teljesítményen dolgozik.

Melegvízkészítés-fűtés aránya

Ezt az adatot abban az esetben tudtam volna mérni, hogy ha a rendelkezésre álló mérőeszköz a kültéri egységgel kompatibilis eszköz lett volna. Ebben az esetben lehetőségem lett volna hozzáférni a gép által mért melegvíz-fűtési arányhoz.

3.7 A vizsgálat során használt mérőeszközök

Elitech RC-4 – Hőmérséklet adat gyűjtő



17. ábra: Elitech RC-4
(Elitech)

Az Elitech RC – 4 PDF hőmérsékleti adatgyűjtő többfunkciós LCD kijelzővel, rendelkezik, elemes és szükség esetén hangjelzést is be lehet állítani. A készülékről az Elitech adatkezelő szoftveren keresztül PDF vagy Excel formátumban tudtam exportálni az adatokat.

Az Elitech ezeket a hőmérsékleti adatgyűjtőket belső és opcionális külső hőmérséklet-érzékelővel is lehetett volna alkalmazni (17. ábra). Azonban a külső érzékelő csatlakoztatásával a belső hőmérő adatait nem veszi figyelembe. Az adatgyűjtő nem IP védett, ezért külső érzékelőt használtam, a készülékeket pedig egy IP védett dobozban tároltam a készülékhez közel.

Az adatgyűjtő széles hőmérsékleti skálán tud mérni és rengeteg adatot képes rögzíteni (1. táblázat).

Ezt a típusú adatgyűjtőt használtam a készülék által beszívott és kifújt levegő hőmérsékletének mérésére.

Az adatgyűjtő használható egyéb más területeken is:

- gyógyszeripar,
- élelmiszeripar,
- orvosi szekrények,
- laboratóriumok,

- hűtve tárolás.

Az adatgyűjtő tulajdonságai:

*1. táblázat. Elitech-RC-4 adatrögzítő tulajdonságai
(Elitech)*

Hőmérsékleti tartomány belső érzékelő esetén	-30 °C ~ 60 °C
Hőmérsékleti tartomány külső érzékelő esetén	-40 °C ~ 85 °C
Páratartalom mérés	nincs beépítve
Hőmérséklet lépcső	0,1 °C
Rögzítendő adatsorok száma	16.000

EIB – 300



*18. ábra: EIB 300 típusú adatgyűjtő
(Ebro)*

Az EBI 300 elsősorban rugalmas és nem helyhez kötött ellenőrző mérésekre használható. Ez az adatgyűjtő rendelkezik egy belső és csatlakoztatható külső hőmérővel és párhuzamosan a két adatot rögzíti (18. ábra).

A rendelkezésemre álló adatgyűjtő nem tudott páratartalmat mérni, de e-mellett is széles hőmérsékleti skálán tud mérni és rengeteg adatot képes rögzíteni (2. táblázat). Az adatgyűjtőt

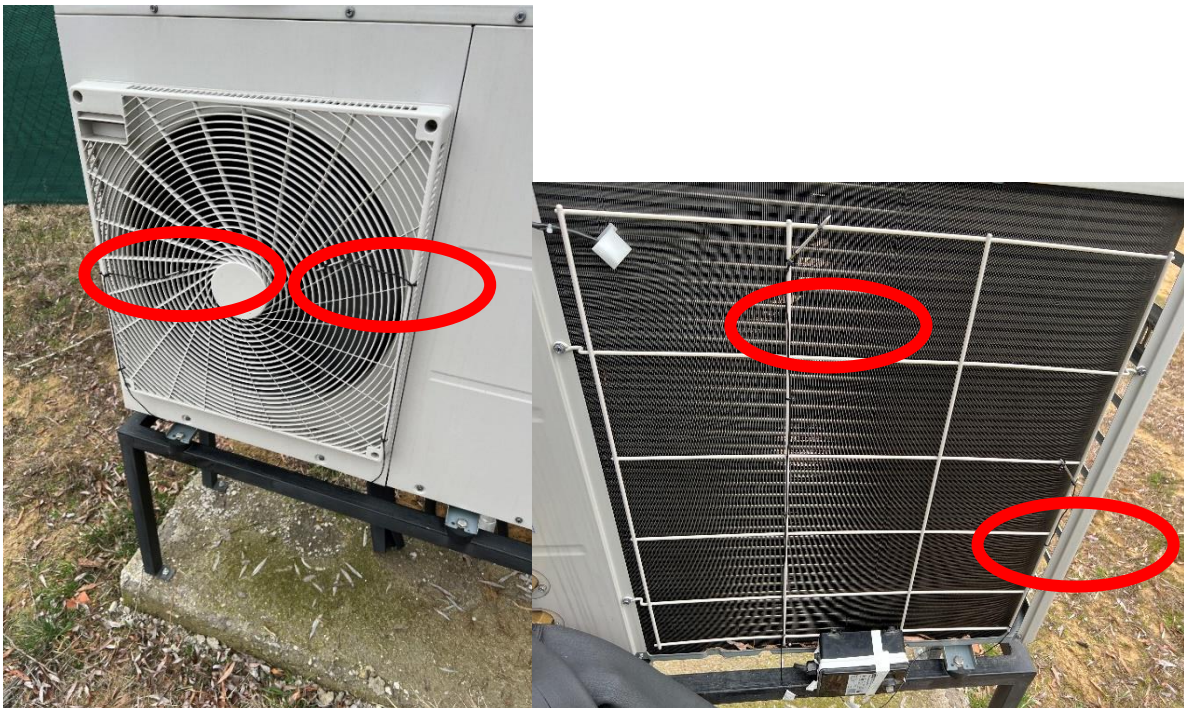
könnyen tudtam csatlakoztatni számítógéphemhez, melyről saját szoftverén keresztül töltöttem le az adatokat pdf formátumban. A készülék beprogramozását szintén a saját szoftverén keresztül tudtam elvégezni.

2. táblázat. EIB-300 adatgyűjtő tulajdonságai
(Ebro)

Hőmérsékleti tartomány	-30 °C ~ 70 °C
Páratartalom mérés	nincs beépítve
Hőmérséklet lépcső	0,1 °C
Rögzítendő adatsorok száma	40.000

3.8 Az adatgyűjtők elhelyezése:

A készülékre összesen 4 db Elitech RC – 4 típusú adatgyűjtőt szereltem fel, melyeket külső érintkezőkkel használtam. A külső érintkezőkből 2 db-ot előre a kifújó oldalra és 2 db-ot a beszívó oldalra szereltem fel (19. ábra).



19. ábra: Hőmérséklet érzékelők elhelyezése a készüléken
(forrás: saját kép)

Az adatgyűjtőket a készülék hátuljánál elhelyezett IP65 védettségű dobozban helyeztem el, ahová a külső hőmérséklet érzékelők vezetékének csatlakozói is elérnek.

Referencia hőmérsékletnek 1 db EBI – 300 Típusú adatrögzítőt helyeztem el a készüléktől távolabb, az épületen található csatornára rögzítve (20. ábra)



20. ábra: Környezeti hőmérséklet érzékelő elhelyezése
(forrás: saját kép)

3.9 A kültéri egység eltérő elhelyezésének szimulációja:

A kültéri egység különböző elhelyezésének szimulációját végeztem el a mérések során. A szimulációk során ideiglenes falakat építettem a készülék szükséges oldalai mentén. A falakat laminált forgácslapból csavaroztam össze, összesen 3 falat építettem és ezek variációival 4 különböző építményt emeltem a gép oldalainál a mérésekhez.

A falakat szimuláló lapok méretei:

- 2 db 170 cm x 170 cm
- 1 db 270 cm x 170 cm

A méreteket meghatározásánál az alábbi szempontokat vettem figyelembe: a gép magasságától és szélességétől 30 cm-el magasabb és 30 cm-el szélesebbek legyen mindkét oldalon.

A méréseket összesen 5 darab, eltérő falelrendezésben végeztem:

1. mérés: Szabadon telepített gép, semmilyen akadály, takarás nincs a kültéri egység közelében (16. ábra).
2. mérés: A gép hátuljának falhoz való telepítését szimulálja (21. ábra).



21. ábra: 2. mérés szimulációja
(forrás: saját kép)

3. mérés: A gép falsarokba való telepítését szimulálja (22. ábra).



22. ábra: 3. mérés szimulációja
(forrás: saját kép)

4. mérés: A gép két épület közötti elhelyezését szimulálja, ahol még egy fal is van hátul, így 3 oldalról határolt a telepítés (23. ábra).



23. ábra: 4. mérés szimulációja
(forrás: saját kép)

5. mérés: A gép egy nyitott tárolóban való elhelyezés esetét szimulálja, ahol a tároló tetővel ellátott és 2 oldala nyitott (24. ábra).



24. ábra: 5. mérés szimulációja
(forrás: saját kép)

3.10 Mérések időpontjának kiválasztási szempontjai

A mérési időpontok kiválasztása során ügyeltem arra, hogy a teljes mérési időtartam a fűtési időnyre essen.

A mérés a kora őszi időszakra esett, azért választottam ezt az időpontot, mert arra számítottam, hogy a mérés során nem lesznek kifejezetten szélsőséges időjárási körülmények. Továbbá azt is próbáltam figyelembe venni, hogy a külső hőmérséklet a 0-20 Celsius fokos hőmérsékleti sávba essen. Ennek az volt az oka, hogy esetlegesen vizsgálhatóvá váljon a készülék hatékonysága a 0 fok körüli tartományban, illetve a 20 fok körüli tartományban. Ennek az az

oka, hogy a hőszivattyúk működési hatékonysági a hőmérséklet csökkenésével párhuzamosan csökken.

Érdeemesnek látom egy másik dolgozat keretében megvizsgálni a készülék hatékonyságát hűtési üzemmódban is, a 20-40 Celsius fokos külső hőmérsékleti tartományban. Hiszen ebben az esetben a külső hőmérséklet növekedése teljesítmény csökkenéssel jár együtt.

A mérések időpontjai:

1. Mérés időpontja: 2024.02.24-2024.02.28
2. Mérés időpontja: 2024.02.28-2024.03.02
3. Mérés időpontja: 2024.03.02-2024.03.06
4. Mérés időpontja: 2024.03.23-2024.03.30
5. Mérés időpontja: 2024.03.18-2024.03.23

Az időpontoknál látható, hogy a mérések nem időrendi sorrendben történtek, ennek az az oka, hogy a 4 mérést meg kellett ismételnem, mivel a külső hőmérsékleti adatrögzítő valamilyen ismeretlen okból kifolyólag nem rögzített adatokat. Így felmerült, hogy a külső hőmérsékleti adatokat más forrásból szerezzem be, de azt nem tekintettem a helyszínre vonatkozó pontos adatnak, így a mérést inkább újból megismételtem.

3.11 Mérési adatok elemzési szempontjai

A mérések kiindulási értékeinek az alábbi táblázat értékeit vetem alapul. A táblázatban megtalálható a vizsgált készüléknek a gyártó által megadott hatékonysági mutatói különböző környezeti hőmérsékletek mellett (3. táblázat). A készülék fűtővíz hőmérséklet beállított értéke 45°C.

3. táblázat. LG Therma V - Gyártói adatok
(forrás: LG Hőszivattyú Tervezési segédlet)

HM091MR U44

Temperatura zewnetrzna	LWT 30°C		LWT 35°C		LWT 40°C		LWT 45°C		LWT 50°C		LWT 55°C		LWT 60°C		LWT 65°C	
	TC	COP	TC	COP	TC	COP	TC	COP	TC	COP	TC	COP	TC	COP	TC	COP
-25°C DB	6,20	1,97	6,20	1,82	6,20	1,68	6,20	1,53								
-20°C DB	7,60	2,50	7,60	2,31	7,60	2,17	7,60	1,93	7,22	1,74						
-15°C DB	9,00	2,73	9,00	2,40	9,00	2,27	9,00	2,32	8,55	2,09	8,55	1,85				
-7°C DB	9,00	3,50	9,00	3,10	9,00	3,00	9,00	2,96	9,00	2,65	9,00	2,17	9,00	2,03		
-4°C DB	9,00	3,79	9,00	3,50	9,00	3,38	9,00	3,20	9,00	2,86	9,00	2,52	9,00	2,19	9,00	1,85
-2°C DB	9,00	4,20	9,00	3,70	9,00	3,58	9,00	3,36	9,00	3,01	9,00	2,66	9,00	2,30	9,00	1,95
2°C DB	9,00	4,61	9,00	4,10	9,00	3,99	9,00	3,70	9,00	3,31	9,00	2,92	9,00	2,54	9,00	2,15
7°C DB	9,00	5,13	9,00	4,60	9,00	4,48	9,00	4,11	9,00	3,68	9,00	3,26	9,00	2,83	9,00	2,40
10°C DB	9,00	5,72	9,00	5,27	9,00	4,85	9,00	4,36	9,00	3,91	9,00	3,46	9,00	3,00	9,00	2,55
15°C DB	9,00	6,26	9,00	5,77	9,00	5,29	9,00	4,78	9,00	4,28	9,00	3,79	9,00	3,29	9,00	2,80
18°C DB	9,00	6,59	9,00	6,07	9,00	5,55	9,00	5,03	9,00	4,51	9,00	3,99	9,00	3,47	9,00	2,95
20°C DB	9,00	6,80	9,00	6,27	9,00	5,73	9,00	5,20	9,00	4,66	9,00	4,12	9,00	3,59	9,00	3,05
35°C DB	9,00	8,43	9,00	7,77	9,00	7,11	9,00	6,44	9,00	5,78	9,00	5,12	9,00	4,46	9,00	3,80

3.12 Időjárási adatok, körülmények, külső hőmérséklet

A következő ábrán (25. ábra) az 1. mérés időtartama alatti léghőmérsékletváltozást látjuk. Az ábráról jól leolvasható, hogy 4°C és 20°C között változott a léghőmérséklet, amiből február lévén napos időre következtek. Az 1. mérés 4 napig tartott

I



25. ábra: 1. mérés idején a környezeti hőmérséklet változása
(forrás: saját mérés)

Az ábrán (26. ábra) a 2. mérés időtartama alatti léghőmérsékletváltozást mutatja. Az ábráról jól leolvasható, hogy az egyik melegebb napon 4°C és 20°C között változott a léghőmérséklet a többi napon rosszabbra fordult az időjárás, azonban éjszakára sem hűlt le annyira a hőmérséklet., amiből február lévén napos időre következtek. Ez a mérési ciklus 3 napig tartott.



26. ábra: 2. mérés idején a környezeti hőmérséklet változása
(forrás: saját mérés)

Az ábrán (27. ábra) a 3. mérés időtartama alatti léghőmérsékletváltozást mutatja. Az ábráról jól leolvasható, hogy az egyik melegebb napon 3°C és 26°C között változott a léghőmérséklet. Az ábrán jól látható, hogy a mérés közel 4 napig tartott.



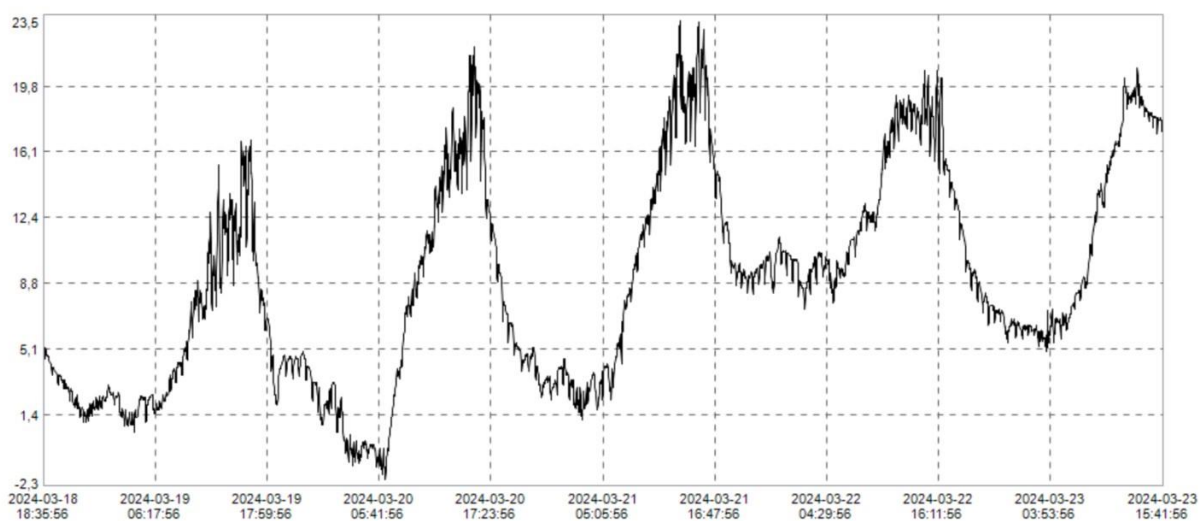
27. ábra: 3. mérés idején a környezeti hőmérséklet változása
(forrás: saját mérés)

A következő ábrán (28. ábra) a 4. mérés időtartama alatti léghőmérsékletváltozást mutatja. A mérés 7 napig zajlott itt szélesebb skálán mozgott a hőmérséklet. Az ábráról jól látható egy mérési hiba, melyet bekarikáztam. Ez a kiugróan magas érték az érzékelő felmelegedése miatt lehetett, ilyenkor a léghőmérséklet majdnem 40°C volt. Azonban március elején nem szokott ilyen meleg lenni, valamint az árnyékosabb helyen lévő érzékelők nem mutattak ilyen magas hőmérsékletet



28. ábra: 4. mérés idején a környezeti hőmérséklet változása
(forrás: saját mérés)

A következő ábrán (29. ábra) az 5. mérés időtartama alatti léghőmérsékletváltozást látjuk. Az ábráról jól leolvasható, hogy 4°C és 24°C között változott a léghőmérséklet, a mérés 5 napig tartott. Az utolsó 2 napon enyhe volt az éjszakai hőmérséklet.

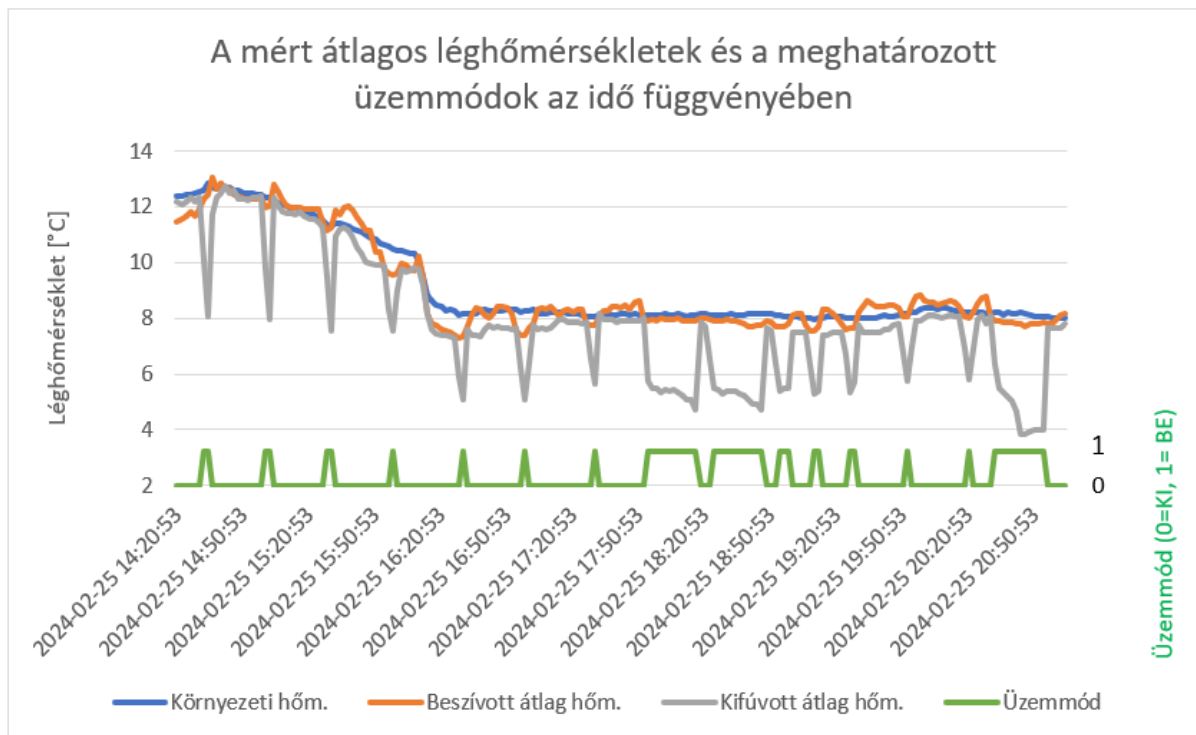


29. ábra: 5. mérés idején a környezeti hőmérséklet változása
(forrás: saját mérés)

3.13 A gép üzemidejének vizsgálata

Az ábrán (30. ábra) nyomon követhető az üzemállapot meghatározására szolgáló logikai feltétel működése. A szürkével jelzett kifúvott levegő hőmérséklete időről-időre hirtelen lényegesen

alacsonyabbra kerül, mint a narancssárgával jelzett beszívott levegő hőmérséklete. (Minden esetben a két alkalmazott hőmérő eredményeinek átlagát használtam.)



30. ábra: Az üzemállapot meghatározására szolgáló logikai feltétel működése (forrás: saját munka)

Ez a hirtelen hőmérséklet különbség változás a két oldal között arra enged következtetni, hogy a berendezés üzemelt, hőelvonás történt a környezetből. Az adatok elemzése során 1,5K hőmérséklet különbséget határoztam meg a bekapcsolt üzemállapot jellemzésére. Tehát ha a kifűvott levegő 1,5K-nel hidegebb, mint a beszívott, akkor biztosra vehető, hogy a gép üzemel. Ezzel a logikával az adatpontok közül ki lehetett válogatni azokat, amelyek esetén a gép üzemelt, ezeket az időszakokat a zöld görbe mutatja. A kiértékelés további lépéseit az ily módon meghatározott üzemelési és üzemszüneti állapotokra végeztem.

A diagramon az is megfigyelhető, hogy az üzemszünetekben a beszívott- és kifűvott levegő átlaghőmérséklete (bár ekkor a ventilátor nem üzemelt), jól közelíti a géptől távol mért környezeti hőmérséklet értékeit, melyet a diagramon a kék görbe mutat. Ennek megfelelően azt a modellt állítottam fel, hogy a COP változását az egyes telepítési körülmények hatására legjobban az üzem közben beszívott levegő és az üzemszünetekben mért átlagos léghőmérséklet különbsége adja. Tehát, az egyes telepítési módszerek hatására eltérés fog mutatkozni a valós beszívott levegő hőmérséklete és a referencia hőmérséklet között, melyet a gyártó adatlapjának megfelelően vettem figyelembe. Ha a gyártó 7°C külső hőmérséklet esetére

közül egy COP értéket, akkor azt az általam felállított modell szerint korrigálom a telepítési környezet hatását figyelembe vevő, mérési eredményekből meghatározott hőmérséklet különbséggel. Így meg tudom határozni a hőszivattyú módosított COP jelleggörbáját a teljes üzemi hőmérséklet tartományra, továbbá értékelni tudom az egyes telepítési körülmények hatását az épület éves energia felhasználására.

A gép üzemidejét azért érdemes vizsgálni, mert ez információt ad arra vonatkozóan, hogy az épület energiaigényének megfelelően van-e méretezve. A gép üzemidejének vizsgálatával kapcsolatban korábbi 3.3 számú fejezetben már említettem, hogy az ingatlan, a közel állandó belső hőmérséklet miatt ideális alanyként tekinthető.

A táblázatban szereplő százalékos értékek megmutatják a gép üzemállapotának arányát a teljes mérési időtartamhoz viszonyítva (4. táblázat).

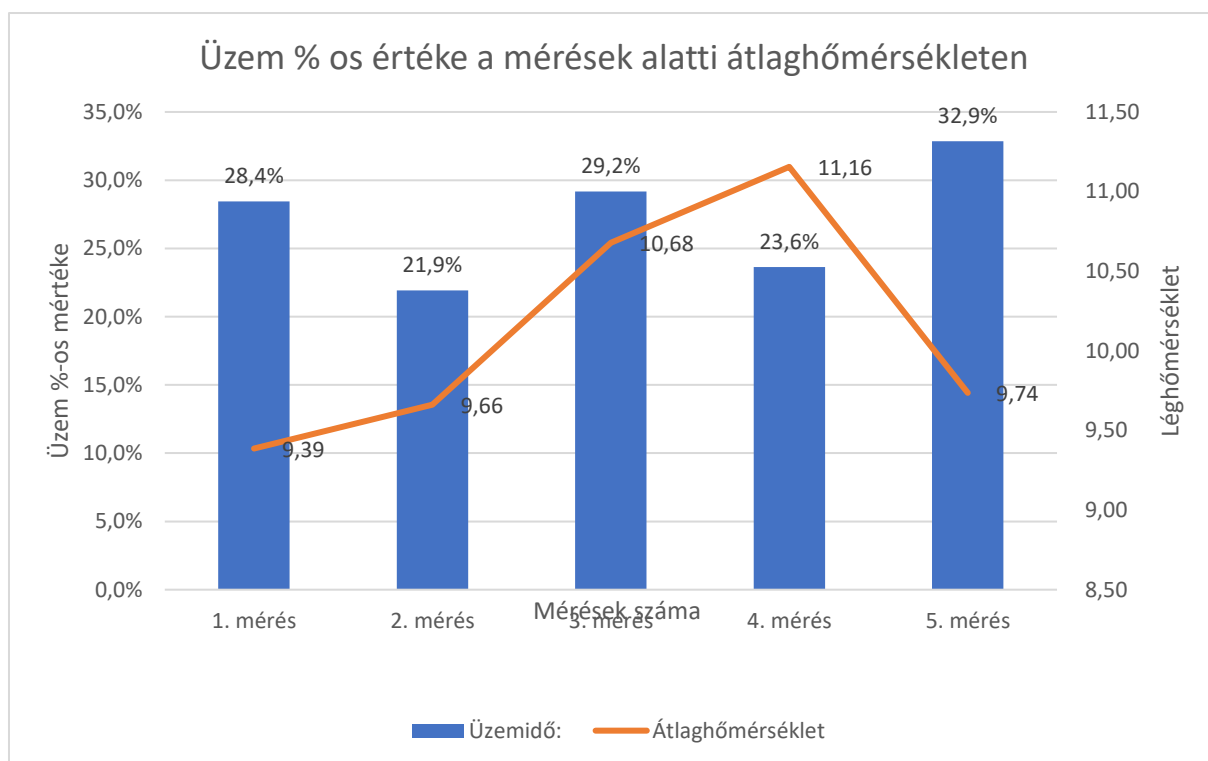
4. táblázat: A készülék üzemelése és az átlaghőmérséklet a mérések alatt
(forrás: saját munka)

	1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés	5. mérés	átlag
Üzemidő:	28,4%	21,9%	29,2%	23,6%	32,9%	27,2%
Átlaghőmérséklet	9,39 °C	9,66 °C	10,68 °C	11,16 °C	9,74 °C	10,12 °C

Az üzemidő vizsgálatból megállapítható, hogy a gép méretezése megfelelő, az üzemidő optimálisnak tekinthető.

Az alábbi ábra segítségével azt vizsgáltam, hogy befolyásolja-e a gép üzemidejét a külső hőmérséklet változása. Élttem azzal a feltételezéssel, hogy amennyiben a külső hőmérséklet növekedik, úgy az üzemidő csökken. Ideálisan a 20°C körüli külső hőmérséklet mellett a gép hatékonysága a legmagasabb kellene legyen a mért hőmérsékleti tartományban, továbbá ez a hőmérsékleti érték is közel áll az ingatlan belső, elvárt hőmérsékletéhez, amely az ingatlan tulajdonosa szerint közel állandó, 23°C-ra volt beállítva.

Az alábbi grafikonon illusztrálja, hogy az üzemidők a mérési ideje alatt mért átlaghőmérséklet függvényében hogyan változtak (31. ábra).



31. ábra: A készülék üzemelése és az átlaghőmérséklet ábrázolása
(forrás: saját munka)

A készülék üzemidejének vizsgálatokor nem választottam külön a fűtési üzemet és a HMV termelést, aminek az idejét a bent tartózkodók száma befolyásol. Nem vizsgáltam, hogy volt-e napsütés és ha igen, akkor mennyi volt a szoláris nyereség. Mindez azt mutatja, hogy az üzemidő nem csak a külső hőmérséklettől függ, hanem azt befolyásolhatja szoláris nyereség, HMV termelés és felhasználói szokások is melyek lehetnek a szellőztetés és mosogatásis.

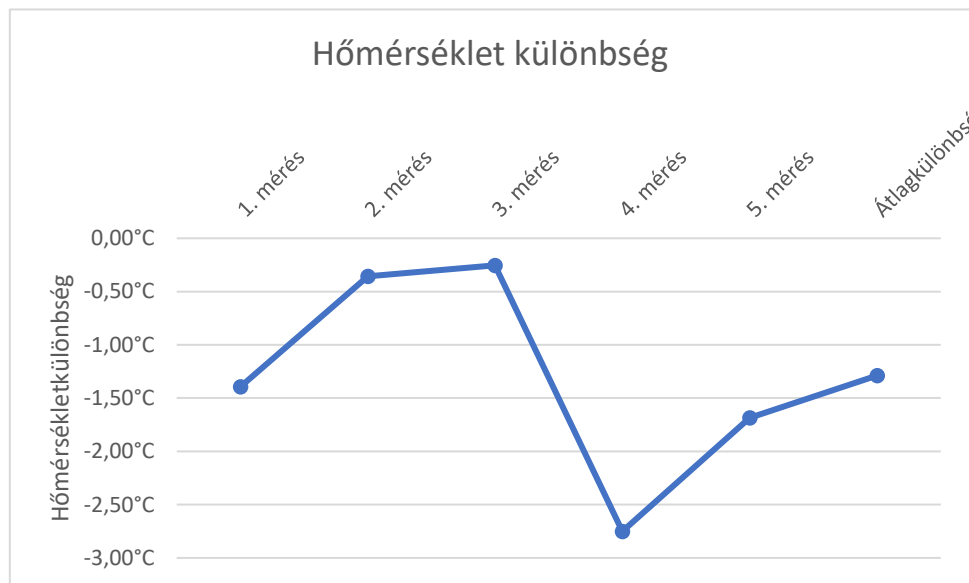
3.14 Készülék hatékonyságváltozása a külső hőmérséklet függvényében

A méréseimnek köszönhetően vizsgálni tudtam, hogy a készülék 0 °C és 23 °C között mely a következőképpen alakult (5. táblázat). Számításaim során feltételeztem, hogy a hőmérsékletkülönbség állandó, ezért az egész hőmérséklet tartománynál ezeket az eltéréseket vettem figyelembe.

5. táblázat: A beszívott és környezeti hőmérséklet különbségek átlaga a mérések ideje alatt
(forrás: saját munka)

	1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés	5. mérés	Átlagkülönbség
Hőmérséklet különbség	-1,39°C	-0,36°C	-0,25°C	-2,75°C	-1,69°C	-1,29°C

A beszívott és a környezeti hőmérsékletkülönbségek alakulását vonaldiagramon is ábrázoltam, mely jobban szemlélteti az eredményeket (32. ábra).



32. ábra: A beszívott és környezeti levegő hőmérsékletkülönbségének ábrázolása a mérések alatt (forrás: saját munka)

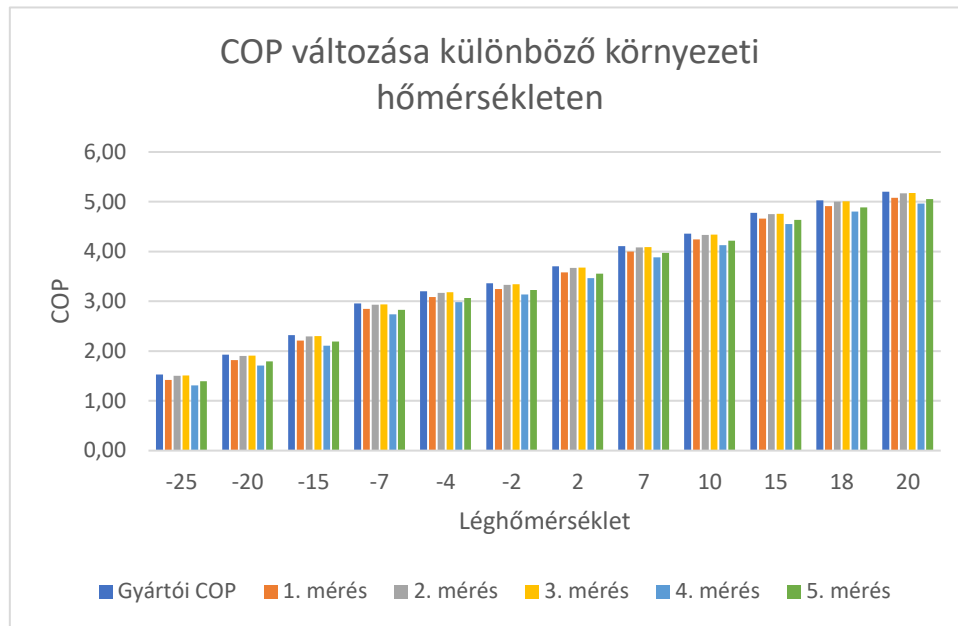
Méréseim során kialakult hőmérséklet különbségek változása alapján készítettem egy táblázatot a COP alakulására (6. táblázat), melye egy grafikonon ábrázoltam (33. ábra)

6. táblázat: COP változása a mérések alatt különböző környezeti hőmérsékleten (forrás: saját munka)

Léghőmérséklet	Gyártói COP	1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés	5. mérés
-25	1,53	1,42	1,50	1,51	1,31	1,40
-20	1,93	1,82	1,90	1,91	1,71	1,80
-15	2,32	2,21	2,29	2,30	2,11	2,19
-7	2,96	2,85	2,93	2,94	2,74	2,83
-4	3,20	3,09	3,17	3,18	2,98	3,07
-2	3,36	3,25	3,33	3,34	3,14	3,23
2	3,70	3,58	3,67	3,68	3,47	3,56
7	4,11	4,00	4,08	4,09	3,88	3,97
10	4,36	4,24	4,33	4,34	4,13	4,22
15	4,78	4,66	4,75	4,76	4,55	4,64
18	5,03	4,91	5,00	5,01	4,80	4,89
20	5,20	5,08	5,17	5,18	4,97	5,06

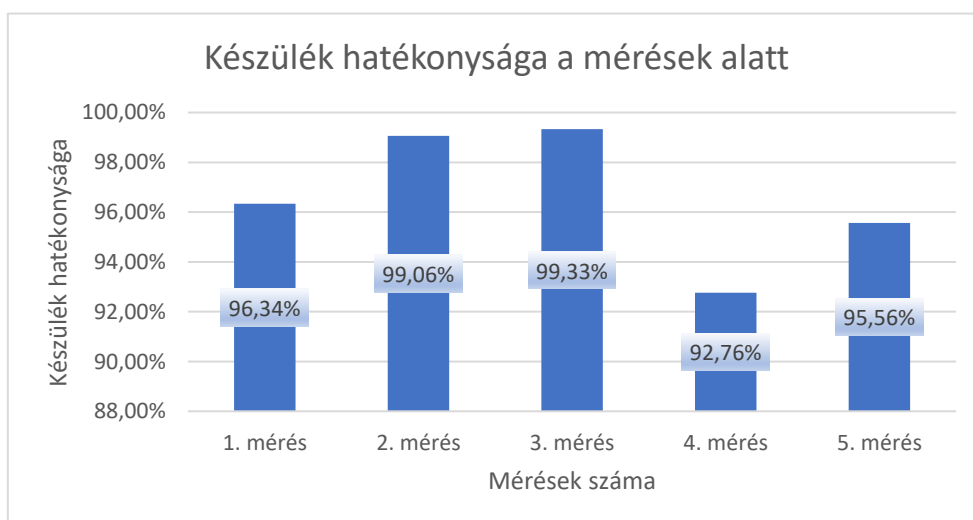
A táblázatban és a grafikonokon szereplő hatásfok változások számításánál a gyártó által közölt adatokat vettem alapul, ahol figyelembe vették, hogy 20°C fölött nem kell fűtenünk, de HMV

termelés van, ezáltal kevesebb lesz az üzemidő ezért kedvezőbben alakul a készülék hatásfoka is.



33. ábra: COP változásának ábrázolása
(forrás: saját munka)

A készülék energiahatékonyságát 10°C-on, Magyarország átlagos középhőmérsékletén ábrázoltam (34. ábra). Méréseim alatt 10,12°C volt az átlagos léghőmérséklet. Az ábrán a gyártó által megadott katalógusértékhez viszonyítva, mennyi a és a mérési környezetből kiadódó COP %-ban. Tehát ez a diagram jól szemlélteti az egyes telepítési körülmények éves energiafogyasztásra gyakorolt hatását adott épület és épületgépészeti rendszer esetén.



34. ábra: A készülék energiahatékonyság ábrázolása a mérések ideje alatt
(forrás: saját munka)

3.15 Mérési hibák

Mint minden mérés során, jelen méréseim esetében is előfordultak mérési hibák. Ezek a mérési hibák az adatok elemzése során váltak észlelhetővé. Egy megismételt mérés esetén a jelenlegi mérési adatok elemzése során több olyan módszert is azonosítottam, amelyekkel a mérési hibák egy következő mérés esetén korrigálhatókká válnak.

A nagy mennyiségű gyűjtött adatban a mérés során felmerült mérési hibák számossága és mértéke nem szignifikáns, így nem éreztem kritikus fontosságúnak, hogy ezek a mérési hibákat korrigáljam. Természetesen kivételt képez az az eset, amely során a teljes 4. mérési ciklust megismételtem.

A mérések során két fő mérési hibát okozó tényezőt nem vettem figyelembe. Ezek az alábbiak:

- Napsugárzás okozta érzékelő hőmérséklet ingadozás (a készülék benapozott oldalára elhelyezett fém hőmérséklet érzékelőt az tűző nap hatására magasabb értéket mértek)
- Szélsebesség, szélirány (feltételeztem, hogy a készülék a gyártói ajánlások szerinti szélcsendes helyre kerül telepítésre, mint az az adatok elemzése során, valamint a helyszíni felmérésen kiderült, a készülék egy szélcsatornában található. Ez szintén befolyásolhatja a mérési eredmények. Hiszen a szél képes a hőmérők anyagának hőmérsékletének befolyásolására, valamint a készülék hatékonyságát is befolyásolja mindez.)

3.16 A mérési hibák kiszűrése

Benapozás okozta mérési hiba

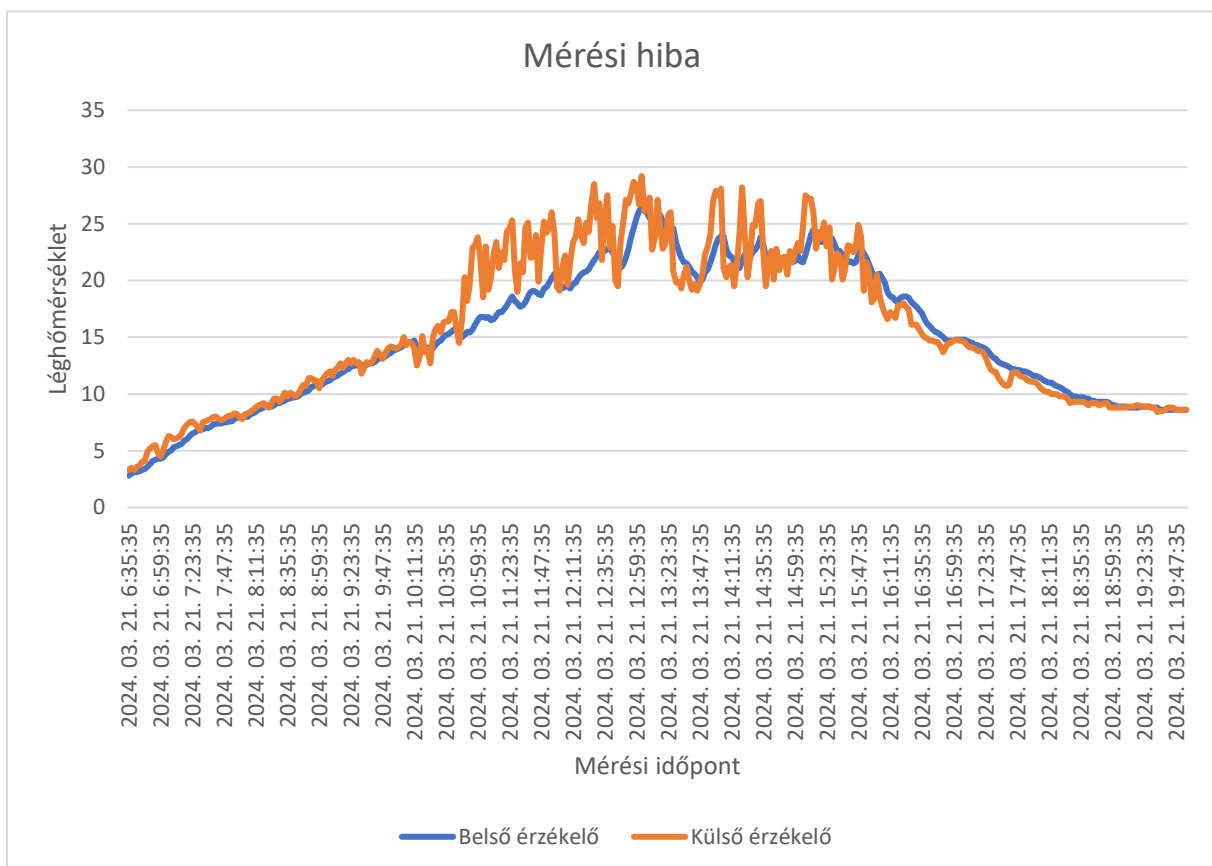
A benapozás okozta mérési hibákat a grafikonok vizuális elemzésén kívül más módszerrel is ki lehet szűrni. Például, ha a gép üzemelési időszakán kívüli értékeket összehasonlítjuk a környezeti hőmérséklettel és a benapozott érzékelők hőmérsékletével. A vizuális elemzést jól szemlélteti a (28. ábra) bekarikázott rész, ahol feltűnően megemelkedett a hőmérséklet, miközben a környezeti hőmérséklet 20°C körül alakult.

Az 5. mérés esetén a teljes készülék árnyékolt volt a tetőlap által, emiatt az összes, gépen elhelyezett mérőeszköz mérési adatait a napsugárzás nem befolyásolhatta.

A benapozás a külső hőmérséklet mérését végző eszközt is befolyásolta, ez szintén azonosítható volt a grafikonokról.

A benapozás által okozott mérési anomáliákat azzal tompítottam, hogy átlagoltam az EIB 300 mérőeszköz belső beépített hőmérője és a külső, csatlakoztatott hőmérő által mért értékeket.

Az alábbi ábra szemlélteti, hogy a külső érzékelő és a belső hőmérő által mért értékek között eltérés volt (35. ábra).



35. ábra: Hőmérséklet eltérés a napsugárzás hatására a beépített és külső érzékelő között (forrás: saját munka)

Szél által okozott mérési hiba

A szél hűtő hatása által okozott mérési hiba nem kiszűrhető, mert a mérőeszköz elhelyezése nem szélvédett helyen volt, ennek következtében a mért külső hőmérsékleti adatokat ugyanúgy befolyásolhatta. Viszont ez mérési hiba az összes érzékelő esetében fennállt, hiszen minden mérőeszköz a szélcsatornában volt elhelyezve az 1. számú mérés esetében. A többi mérés esetén a külső hőmérsékletmérő ugyanúgy szélcsatornában volt, viszont a többi érzékelő szélvédett volt.

4 KONKLÚZIÓ

A méréseim egyértelműen igazolták, hogy a kültéri egység elhelyezése különböző építmények, épülethatárok közelében szignifikánsan befolyásolja a készülék hatékonyságát, hatásfokát, ezáltal pedig a készülék energiafelhasználását. Utóbbi téma napjaink egyik meghatározó témája, lévén az energiaárak fluktuációja jelentős, és az egész világon kritikus kérdés, a lakóépületek energiafelhasználása. Különösen, ha figyelembe vesszük azt, hogy a lakóépületek szigeteléséhez felhasznált anyagok költsége az elmúlt évek során sokszorosára növekedett.

A méréseim igazolták, hogy az elhelyezkedés függvényében az energiahatékonyságban akár 7,24%-os eltérés is előfordulhat 10°C évi átlaghőmérséklet mellett.

A 10°C hőmérsékletet azért választottam referencia értéként, mert ez Magyarország éves középhőmérsékletének megfelelő érték [24].

Méréseimből egy további fontos konklúziót is sikerült levonni, ezt pedig az, hogy megállapítható vált az is, hogy a vizsgált készülék elhelyezkedése nem ideális. Ezt igazolta az, hogy a 2. és 3. mérések esetén – ahol a készülék mögött került elhelyezésre egy fal – a készülék jobb hatásfokkal képes üzemelni. Az 1. számú mérésnél a referenciaméréshez képest 3,66%-os csökkenés, míg a 2. és 3. mérések esetén pedig 0,94%-os és 0,67%-os csökkenés volt mérhető.

A 4. mérés esetén 7,24 %-os volt a hatásfok csökkenés, ez az elhelyezés hozta a legrosszabb eredményt. Kijelenthető, hogy ez az elhelyezés a legrosszabb a készülék hatásfoka szempontjából.

Az 5. mérés eredményét tekintve a hatásfokcsökkenés 4,44 %-os volt. Még ez is ideálisabb elhelyezési körülmény, mint a 4. mérés alatt.

Egyértelműen kijelenthető, hogy a kültéri egységek elhelyezésénél a gyártói ajánlások figyelembevétele kritikus fontosságú.

Ahogy azt dolgozatomban Hőszivattyú telepítésének sajátosságai fejezetében is írtam, a gyártó ajánlása szerint a készülékeket nem szabad olyan helyszínen elhelyezni, ahol jelentős mértékű a szélmozgás. Méréseim is alátámasztják ezt, hiszen a mérések során olyan kiugró értékváltozások is azonosíthatók voltak, amelyekre a rendelkezésemre álló számadatok nem adnak magyarázatot, viszont a helyszínen megállapítható volt az, hogy a vizsgált készülék egy

szélcsatornában áll. Így javasolt lehet méréseimet újra elvégezni, immáron úgy, hogy a környezeti szél sebességét is figyelembe veszem.

5 IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Theo B. Jannemann: A gázkondenzációs technika kézikönyve. Dialóg Campus Kiadó, 1998;
- [2] Dr. Günter Kraft: Fűtőberendezések kishőmérsékletű fűtőközeggel. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
- [3] TNM rendelet 7/2006 - az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
- [4] Pattantyús: Gépész- és Villamosmérnökök Kézikönyve: 3. kötet. 1961.
- [5] Komlós Ferenc – Fodor Zoltán – Kapros Zoltán – dr. Vajda József – Vaszil Lajos -
HŐSZIVATTYÚS RENDSZEREK
- [6] Dr. Stróbl Alajos: Energiatakarékos környezetkímélés hőszivattyúkkal, OMIKK
Környezetvédelmi Füzetek 1999/8
- [7] Gyakorlati Hűtéstechnikai alapismeretek - Juhász László, Maiyaleh Tarek, Vadász József,
Vasáros Zoltán 2020
- [8] Épületgépészet 2000 - Fűtéstechnika II. 2001 – Hőszivattyúk alkalmazása a
fűtéstechnikában 833 – 856. oldal
- [9] Hőenergiát (elsősorban napenergiát) közvetlenül hasznosító szorpciós-kompressziós
hűtőgép kifejlesztése ÉMOP-1.3.1-12-2012-0050 PUBLIKÁCIÓ
- [10] Magyar Épületgépészet, LXX. évfolyam, 2021/12. szám - Levegő hőforrású hőszivattyú
leolvasztási módszerei
- [11] Beke János (2000): Műszaki hőtan mérnököknek, Szaktudás Kiadóház Rt.
- [12] Büki Gergely: Kapcsolt energiatermelés. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2007.
- [13] Toshiba hőszivattyúk tervezési segédlet
- [14] dr. Harmat András: Termodinamika műszakiaknak. Budapest: Műszaki. 1982.
- [15] Baumann Mihály (2012): Épületenergetika, Edutus Főiskola, Budapest
- [16] LG Levegő- Víz Hőszivattyú Telepítési Kézikönyv

- [17] Vaillant Hőszivattyúk általános tervezési segédlete 2020/1
- [18] Épületgépész XI. évfolyam – 2022. június
- [19] Épületgépész XII. évfolyam – 2023. május – Klíma- és légtechnikai melléklet
- [20] Magyar Épületgépészet, LXXII. évfolyam, 2023/4. szám
- [21] Magyar Épületgépészet, LXX. évfolyam, 2021/10. szám
- [22] Magyar Épületgépészet, LXXI. évfolyam, 2022/5. szám
- [23] Épületgépész XI. évfolyam – 2022. október – A jó szabályozás a hűtőberendezés lelke
- [24] https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto
- [25] https://www.periodni.com/gallery/carnot_cycle.png/.
- [26] <https://www.klima-energy.hu/>
- [27] www.elitecheu.com
- [28] www.ebro.com

5.1 Ábrajegyzék

1. ábra: Emberi hőérzet különböző hőleadók esetén (forrás: Építészfórum; Leier)	7
2. ábra: Hőszivattyú működése (Klima-energy)	13
3. ábra: Carnot féle körfolyamat (Perodini gallery).....	15
4. ábra: Gázmotoros hőszivattyú rendszere (forrás: Épületgépészet 2000)	16
5. ábra: Monovalens hőszivattyú hidraulikus kapcsolása (forrás: LG Hőszivattyú telepítési kézikönyv)	19
6. ábra: Bivalens párhuzamos üzem (forrás: Épületgépészet 2000)	19
7. ábra: Magyarország hőfokgyakorisági görbéje (forrás: Baumann Mihály – Épületenergetika 2012).....	21
8. ábra: Talajvíz és talajhőmérséklet alakulása (forrás: Épületenergetika alapjai 2009)	22
9. ábra: Talajvíz alkalmazása hőforrásként (forrás: Épületgépészet 2000)	23
10. ábra: Talajkollektoros hőszivattyú talajcsövezés (forrás: Rehau)	24
11. ábra: Teljesítmény jelzőszám a hőmérséklet különbség függvényében (forrás: Vaillant Hőszivattyú tervezési segédlet).....	31
12. ábra: Ajánlott telepítési távolságok (forrás: Vaillant Hőszivattyú tervezési segédlet).....	34
13. ábra: LG Therma V telepítési utasítás (forrás: LG Hőszivattyú telepítési kézikönyv)	36
14. ábra: Az ingatlan elhelyezkedése (forrás: google maps).....	38
15. ábra: Kültéri egység elhelyezkedése az ingatlanon belül (forrás: google maps).....	38
16. ábra: a készülék elhelyezkedés (forrás: saját fotó)	39

17. ábra: Elitech RC-4 (Elitech)	41
18. ábra: EIB 300 típusú adatgyűjtő (Ebro).....	42
19. ábra: Hőmérséklet érzékelők elhelyezése a készüléken (forrás: saját kép)	43
20. ábra: Környezeti hőmérséklet érzékelő elhelyezése (forrás: saját kép).....	44
21. ábra: 2. mérés szimulációja (forrás: saját kép).....	45
22. ábra: 3. mérés szimulációja (forrás: saját kép).....	45
23. ábra: 4. mérés szimulációja (forrás: saját kép).....	46
24. ábra: 5. mérés szimulációja (forrás: saját kép).....	46
25. ábra: 1. mérés idején a környezeti hőmérséklet változása (forrás: saját mérés)	48
26. ábra: 2. mérés idején a környezeti hőmérséklet változása (forrás: saját mérés)	49
27. ábra: 3. mérés idején a környezeti hőmérséklet változása (forrás: saját mérés)	49
28. ábra: 4. mérés idején a környezeti hőmérséklet változása (forrás: saját mérés)	50
29. ábra: 5. mérés idején a környezeti hőmérséklet változása (forrás: saját mérés)	50
30. ábra: Az üzemállapot meghatározására szolgáló logikai feltétel működése (forrás: saját munka) ..	51
31. ábra: A készülék üzemelése és az átlaghőmérséklet ábrázolása (forrás: saját munka)	53
32. ábra: A beszívott és környezeti levegő hőmérsékletkülönbségének ábrázolása a mérések alatt (forrás: saját munka)	54
33. ábra: COP változásának ábrázolása (forrás: saját munka)	55
34. ábra: A készülék energiahatékonyság ábrázolása a mérések ideje alatt (forrás: saját munka).....	55
35. ábra: Hőmérséklet eltérés a napsugárzás hatására a beépített és külső érzékelő között (forrás: saját munka)	57

Táblázatjegyzék

1. táblázat. Elitech-RC-4 adatrögzítő tulajdonságai (Elitech)	42
2. táblázat. EIB-300 adatgyűjtő tulajdonságai (Ebro)	43
3. táblázat. LG Therma V - Gyártói adatok (forrás: LG Hőszivattyú Tervezési segédlet).....	48
4. táblázat: A készülék üzemelése és az átlaghőmérséklet a mérések alatt (forrás: saját munka).....	52
5. táblázat: A beszívott és környezeti hőmérséklet különbségek átlaga a mérések ideje alatt (forrás: saját munka)	53
6. táblázat: COP változása a mérések alatt különböző környezeti hőmérsékleten (forrás: saját munka)	54

NYILATKOZAT

diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Holló Gábor _____
A Hallgató Neptun kódja: n7jt22 _____
A dolgozat címe: Hőszivattyú telepítésének sajátosságai _____
A megjelenés éve: 2024 _____
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet _____
A konzulens tanszékének a neve: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék _____

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

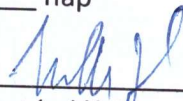
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: _____ 2024 _____ év _____ 04 _____ hó _____ 29 _____ nap



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Holló Gábor (hallgató Neptun azonosítója: n7jt22) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védésre **javaslom / nem javaslom**¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: _____ 2024 _____ év _____ 04 _____ hó _____ 29 _____ nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.