

csináljuk jól!

energiahatékonysági sorozat

22.

Komlós Ferenc, Fodor Zoltán, Kapros Zoltán, Vaszil Lajos

HŐSZIVATTYÚZÁS



Energia Központ Kht.



Energy Centre Hungary

Az Energia Központ Kht. kiadványa
Budapest, 2008.



Gazdasági és
Közlekedési
Minisztérium



A borítón Handbauer Magdolna „Az energia velünk van, fűtés/hűtés földhővel” című grafikája látható



Tartalomjegyzék

ELŐSZÓ	4
1. A KIADVÁNYRÓL	5
1.1. A kiadvány rendeltetése	5
1.2. Földgázkazán vagy hőszivattyú?	6
1.3. Megújuló energiaforrások és a hőszivattyú	6
2. A HŐSZIVATTYÚ TÖRTÉNETE	8
3. KORSZERŰ MELEGVÍZÜZEMŰ KÖZPONTI FŰTÉSEK	9
4. ALAPFOGALMAK, KULCSSZAVAK	12
5. A HŐSZIVATTYÚ MŰKÖDÉSI ELVE	15
6. A HŐSZIVATTYÚK JELLEMZŐ TÍPUSAI	18
7. KOMBINÁLT HŐSZIVATTYÚS RENDSZEREK	20
8. HŐSZIVATTYÚS BERUHÁZÁS INDÍTÁSA. VIZSGÁLANDÓ SZEMPONTOK AZ ÖNKORMÁNYZATI BERUHÁZÁSOKHOZ	23
8.1. Az épület energetikai számítása	23
8.2. Meglévő vagy új fűtési rendszer áttekintése felhasználhatóság szempontjából	24
8.3. A hőszivattyús hőközpont kialakíthatóságának vizsgálata	25
8.4. A hőnyerési lehetőség meghatározása	26
8.5. Összehasonlító energetikai és várható megtérülési számítások	29
8.6. A várható környezeti hatások becslése	30
9. MEGVALÓSÍTÁSI TAPASZTALATOK	32
9.1. Rendszerszemlélet a hőszivattyú kiválasztásához	32
9.2. A hőszivattyús rendszer kiválasztási szempontjai	32
9.3. A pillanatnyi COP és a COP_{éves} közötti különbség	33
10. HAZAI MEGVALÓSULT RENDSZEREK, GYAKORLATI TAPASZTALATOK, ESETTANULMÁNYOK, MINTAPÉLDÁK	34
10.1. A földhős hőszivattyús rendszerek tervezési módszerei	34
10.2. A földhős hőszivattyúk COP_{éves} értékének alakulása	35
10.3. A földhős hőszivattyúk alkalmazásának hazai tapasztalatai	36
10.4. Az intézményi hőszivattyús átalakításra és beruházásra jellemző példák	37
11. ÜZLETI, GAZDASÁGOSSÁGI ÉS PÁLYÁZATÍRÁSI MEGFONTOLÁSOK, TEKINTETTEL AZ INTÉZMÉNYEK ELLÁTÁSÁRA	39
12. KÖRNYEZETI ÉS TÁRSADALMI HASZNOSSÁG	45
12.1. A légszennyezés-csökkentés egészségügyi igénye	45
12.2. A hőszivattyúk és a klímaváltozás	45
13. JOGSZABÁLYOK, SZABVÁNYOK	49
14. INTERNETES FORRÁSOK	52



ELŐSZÓ

Valamennyi energiahatékonysági beruházást (korszerűsítést) az energiaátvilágítás és veszteségfeltárás, az energiafogyasztás, a környezeti szempontok és a működési költségek tekintetében határoznak meg. Minden egyes energetikai fejlesztés előtt fontos a megfelelő felmérés és tervezés, a megfelelő technológiák kiválasztása, melynek két fontos feltétele a szakmai tudás és a helyi adottságok figyelembevétele.

A növekvő energia- és üzemeltetési költségek terhével párosuló energetikai célú beruházási források szűkössége az állami és önkormányzati intézmények gyakori jellemzője.

Ennek a szférának a támogatása érdekében indult 2001-ben az Energia Központ keretén belül a UNDP/GEF energiahatékonysági projekt, melynek fő célja az önkormányzatok energiahatékonyságának javítása, az energia-költségek csökkentése, ezzel hozzájárulva a kibocsátott üvegházhatású gázok csökkentéséhez és a tisztább környezethez.

A projekt igen komoly szerepet vállalt és teljesített az önkormányzati energiahatékonyság intézményi, pénzügyi, műszaki és kapacitásbeli korlátainak leküzdésében, az energiahatékony szemléletmód és az energiastratégia kialakításában, és hozzájárult az energiahatékonyság hosszú távon fenntartható piacának megteremtéséhez.

Eredményes eszközeinek bizonyultak a szakmai kiadványok és rendezvények sorozata, a több éve működtetett pénzügyi Audit Alap, amely sikerességét a több mint 1300

intézmény energetikai auditjának elvégzése támasztja alá, amellyel számos önkormányzati energiahatékonysági beruházás előkészítése jutott támogatáshoz.

A projekt keretében elindított „Csináljuk jól!” sorozat a szakmai tájékozódást és naprakész tudás biztosításának egyik fontos elemének bizonyult, a már megjelent kiadásokban olyan témákkal foglalkoztunk mint:

Energetikai felülvizsgálatok közintézményekben, Megvalósíthatósági tanulmányok — Energiahatékonysági beruházások elkészítése, Monitoring, Villamosenergia termelés szélenergiával, Közvilágítás, Villamosenergia liberalizáció, geotermikus energia, stb.

A sorozat legújabb kötetében – Hőszivattyúzás – bemutatásra kerülnek a hazai megvalósult rendszerek, gyakorlati tapasztalatok, tervezési módszerek, hőszivattyús átalakításra és beruházásra jellemző mintapéldák és gazdaságossági számítások.

Reméljük, hogy e kötetünk is, amely egyrészt energiahatékonyságot biztosító technológiát mutat be, másrészt a megújuló energiaforrások és a hulladékenergiák egyik hatékony hasznosítási eszközét jelenti, hasznos segéd-eszköze lesz a szakembereknek és döntéshozóknak a legnagyobb hatékonyságot eredményező beruházások megvalósításában.

Béres Antónia
UNDP/GEF Projekt menedzser



1. A KIADVÁNYRÓL

„Haszonkeresés nélkül semmi sem történik a világon, ne is kívánjuk az emberektől érdekeikkel ellentétes dolgot, de nem olyan alacsony vágy ez, csak adjunk neki józan irányt, fordítsuk nemes célra.”

Széchenyi István

1.1. A kiadvány rendeltetése

Épített környezetünkben a felhasznált energia mennyiségének csökkentése elengedhetetlen Magyarország energiamérlegének javításához, településeink, elsősorban városaink légszennyezés-csökkentéséhez. Ezért az ésszerű és hatékony energiagazdálkodás minden önkormányzatnak, fogyasztónak, felhasználónak közös érdeke. A magyar fogyasztó még nem élvezi a versengő energiapiac előnyeit: az áttekinthető kínálatot és a színvonalasabb szolgáltatásokat.

A „csináljuk jól!” energiahatékonysági sorozat „Hőszivattyúzás” című füzetének célja, hogy tisztelt olvasóink bepillantást nyerjenek a hőszivattyús technológiával kapcsolatos új kihívásokra, hiszen jövőbeli helyzetünket ez is nagymértékben befolyásolja. Célunk e kiadvánnyal nem tervezési segédlet szerkesztése volt, hanem iránymutatás az önkormányzatok számára az esetleges hőszivattyús átalakítás kezdőlépéseinek megtételéhez.

A hőszivattyús technológia szakmai szempontból nagy kihívást jelent. Adott hőigénynek kell megfelelni, a konkrét helyszínhez, az épülethez, a rendelkezésre álló energia-hordozóhoz, és a beruházó, az üzemeltető egyedi igényeihez igazodó, optimális megoldást kell találni. Az épületfűtés, az épülethűtés, a használati meleg víz előállítás, a szellőzés, a klimatizálás megoldását a természetes (napenergia, földhő), vagy az értékes hulladékenergia-forrás oldalától a hőleadás oldaláig teljes körben, rendszerszemléletben kell átgondolni, mérlegelni, és utána megtervezni, kivitelezni, beszabályozni, üzemeltetni, karbantartani és szervizelni. A szűk terjedelmi korláton belül igyekeztünk a felhasználhatóság oldaláról egyszerűen és közérthetően bemutatni az önkormányzati létesítményekre is hatást gyakorló hőszivattyús technikát. Ezt a hőszivattyús rendszerek elterjedéséhez szükséges önkormányzati példamutatás végett is célravezetőnek tartjuk.

A hőszivattyús rendszerek jól alkalmazhatók önkormányzati létesítményekhez, uszodákhoz, fürdőkhöz, középületekhez, műemlékeknél, lakó- vagy más szállásépületekhez (nyugdíjasházaknál, garzonházaknál, utak-, járdák-, kocsilehajtók jégmentesítésére), ipari és mezőgazdasági épületekhez: növényházakhoz, állattartási épületekhez;

öntözővíz-temperáláshoz; szárításhoz; élelmiszeripari célokra; távfűtésre és távhűtésre egyaránt. A hőszivattyúk nagy előnye, hogy hűtésre is kedvezően alkalmazhatók. A hűtés korunkban már elengedhetetlen komfortszükségleté vált. A földhős hőszivattyús rendszerek hűtéskor sokkal kevesebb hajtóenergiát használnak fel a hagyományos klímaberendezésekhez képest. Magyarország áramfogyasztásának már a 10%-át a klímaberendezések okozzák! Nemcsak a fejlett országokban, de már nálunk is egyre nagyobb problémát jelent a nyári villamos csúcspogyasztás, ami az egyre nagyobb számú „energiafálgó légkondiknak” köszönhető.

Ne feledkezzünk meg arról, hogy az EU a klímavédelem élharcosának számít, és könnyen igazolható, hogy nemcsak szavakban kötelezte el magát a megújuló energiaforrások mellett. Több milliárd eurót szánunk a nagyra törő célok elérésére, amit a tagországok saját forrásaikból természetesen kiegészítenek. Az Európai Unió tagországhoz hasonlóan Magyarországnak is jogszabályban kell szabályoznia a megújuló energiahordozókkal kapcsolatos politikáját.

Egy új műszaki megoldás hazai elterjedéséhez persze sohasem elég a szakemberek elszántsága. Ehhez olyan társadalmi-gazdasági környezet kell, amely kedvez a progresszív kezdeményezéseknek. Olyan környezet kell, ahol ezeket felkarolják, és gazdaságpolitikai, pénzügyi eszközökkel is segítik. A mai kormányzat gazdaságpolitikájában látható az a szándék, hogy a műszaki fejlesztés, energia-termelés, szolgáltatás és a környezetvédelem stratégiai fontosságú területeit pénzügyileg is támogassa. E támogatások között a hőszivattyús technikának jelentős helyet kell képviselni. Egyrészt a hőszivattyús rendszerek önkormányzati beruházóinak nagyobb pénzügyi támogatásával, másrészt alkalmazásuk népszerűsítésével. Ez az UNDP támogatással készült kiadvány is e célok elérését segíti. Mindazoknak hálával és köszönettel tartozunk, akik ennek megvalósítását támogatták, beleértve a lektorátus munkáját is, hogy erre vonatkozó észrevételeiket rendelkezésünkre bocsátották. Köszönjük!



1.2. Földgázkazán vagy hőszivattyú?

Már itt, kiadványunk elején célszerű ezt a leegyszerűsített kérdést feltenni. Természetesen nem gondoljuk, hogy erre a kérdésre tisztelt olvasóink mindannyian ugyanazokat a válaszokat adják, de azt mindenképpen reméljük, hogy az alábbi eszmefuttatás végére világosabban fogjuk látni a kérdés lényegét, ami a jövőre nézve sokat segíthet, ugyanis az energiaárakban viszonylag rövid idő alatt olyan jelentős változások is végbemehetnek, ami alapvetően megváltoztatja a jelenlegi energiapiaci helyzetet.

Az energia megtakarításának több lehetősége van, jellemzően:

- végenergia-csökkentés¹⁾ (pl. fűdém, padló és homlokzat hőszigetelése, nyílászáró cseréje),
- hatásfokjavítás (pl. régi, elavult kazán cseréje),
- kapcsolt energiatermelés (villany és hő egyidejű termelése),
- megújuló energiák hasznosítása (pl. hőszivattyúval).

Megújuló energiaforrásokkal a fosszilis energiaforrások (jellemzően az importált földgáz, kőolaj és szén – lásd az 1. táblázatot) felhasználását csökkentjük, elősegítve

költsége meghaladja a fűtési költséget. A műszaki fejlődés lehetővé tette, hogy az ember a növekvő komfortigényét egyre tökéletesebben kielégítse. Például a hűtés alkalmazásának elterjedése jóléti vívmány. A hűtőgépek nagyobbik része villamos energia felhasználásával működik. Az ehhez szükséges erőműépítés, kapacitásbővítés a nagyberuházások közé tartozik, költséges és időigényes. Alapvető érdekünk a hűtés villamosenergia-fogyasztásának csökkentése, az „energiafaló klímák” kiváltása!

A közismert három ún. „megújuló nagy” a nap-, a szél- és a vízenergia mellett a jövőben meghatározó szerep juthat hazánkban is a környezeti levegő hőtartalmának és a Föld felszíne hőtartalmának, amelyek szintén a napenergia hőtárolói. Ezek a környezetünkben lévő – természetesen ugyancsak – megújuló energiaforrások a hőszivattyú, mint eszköz segítségével gazdaságosan hasznosíthatók. Uniós és világtendencia a megújuló energia hőforrásokhoz való visszatérés. A nem áramfejlesztési célú felhasználások közül napjainkban a leggyakoribb piacképes csúcstechnológia az ún. földhős hőszivattyús energiahasznosítás. 2004. végére a hőszivattyúzás a közvetlen fűtési célú, földhős energiafelhasználásnak elérte az 1/3-ad részét.

1. táblázat: A hőszivattyú szerepe az energiahatékonyság növelésében

VÉGENERGIA-FELHASZNÁLÁS			
1. Hő	2. Villany	3. Tüzelőanyag	4. Üzemanyag
HATÉKONYSÁGNÖVELÉS			
1. Hatásfokjavítás	2. Kapcsolt energiatermelés	3. Hőszivattyúk	
PRIMERENERGIA-FELHASZNÁLÁS			MEGÚJULÓ ENERGIAHORDOZÓK
1. Földgáz	2. Kőolaj	3. Szén	

FORRÁS: Dr. Büki Gergely: „A biomassza energetikai értékelése” című vetített képes előadása, 2007. június 11.

ezzel szűkebb környezetünk tisztaságának megőrzését, és globálisan mérsékeljük az üvegházhatást kiváltó gázok kibocsátásának további növekedését, hozzájárulva ezzel a kiotói célok eléréséhez.

1.3. Megújuló energiaforrások és a hőszivattyú

Az építés célja, hogy az ember mindennapi életéhez megfelelően komfortos (fűtött, hűtött, szellőztetett) környezetet biztosítson. Fel kell figyelni arra, hogy hazánkban is egyre több irodaépületnek és középületnek a hűtési

Ez mintegy 71 országban kb. kétmillió hőszivattyús rendszert jelent, az összteljesítmény kb. 27,8 GW_{th}²⁾.

A hőszivattyú energiatakarékos és környezetbarát gép, beépítése megteremti az építés és a környezet harmóniáját, továbbá az építmények forgalmi értékének emelkedésével növeli a nemzeti vagyont. A megújuló energiaforrások és -hordozók az épületgépészet területén is egyre nagyobb

1) Nemcsak hővesztesség-csökkentésről van szó, hanem a végenergia-felhasználás csökkentéséről, ami egy energiastatisztikai kategória. Ebbe beletartozik a kisebb villamos fogyasztású berendezések alkalmazása, a kisebb fogyasztású gépkocsik használata stb. (Forrás: Büki Gergely: Kapcsolt energiatermelés. Műegyetemi Kiadó, 2007.)

2) „Jelenleg a világon 73 milliárd termál-kilowattóra az évi geotermális energiafelhasználás, 27800 MW beépített kapacitás van 71 országban.” Forrás: Prof. emeritus Gööz Lajos: A geotermális, vagyis a földhő energiahasznosítási lehetőségei a világban az antalyai kongresszus tükrében. <http://klima.kvvm.hu/index.php?id=36>. Háttéranyagként ajánljuk a szerző könyvét: Energetika jövőjében. Magyarország megújuló energiaforrásai. Lehetőség és valóság. Bessenyei György könyvkiadó, Nyíregyháza, 2007.



szerepet kapnak. Azt is jelezni kell, hogy az épületgépészet műszaki berendezései a nemzeti vagyon 20–25%-át képezik, és éves előállítási értékükkel ugyanekkora arányban vannak jelen a megtermelt GDP-ben.³⁾

A magyar épületgépészet szakemberei szorgalmazzák a hőszivattyús rendszerek elterjesztését. Ezt alátámasztja az a tény, hogy 2007. június 20-án megalakult az Építéstudományi Egyesület (ÉTE) Hőszivattyús Szakosztálya.⁴⁾

3) Forrás: Épületgépészeti ki-kicsoda szakkatalógus, 2003-2004. Hátsó borító: Az épületgépészet az új évezred küszöbén. Szerzője: Dr. Garbai László a BME Épületgépészeti Tanszék vezetője, egyetemi tanár.

4) Itt jelezzük a következő háttéranyagokat a részletesebb tájékozódáshoz: a ÖTM Önkormányzati Tájékoztató XV. évfolyam 2005/01., 02. és 03. száma három részletben közöl egy dolgot (e folyóirat az internetről is letölthető: <http://www.otm.gov.hu/belugy/belsajt.nsf/onkorm>), az Építésügyi Szemle XLVI. évfolyam 2004/01., /02., /04., a XLVII. évfolyam 2005/04., valamint a XLVIII. évfolyam 2006/01. számai, a Magyar Épületgépészet LVI. évfolyam, 2007/6. (<http://www.epgeplap.hu/epgeplap.php?page=szam&szam=70>), továbbá a Magyar Installateur 17. évfolyam 2007/június-júliusi számában számos cikk jelent meg a hőszivattyúzásról.



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.⁵⁾ 1938-ban, Zürichben létesült az első tartósan hőszivattyúval fűtött épület (a zürichi városháza). Az épület hőforrása a Limmat folyó vize lett.

A hőszivattyú múltjának magyar vonatkozásával kapcsolatban jelezni kell, hogy 1948-tól a *Heller László* (lásd az **1. képet**) közreműködésével kidolgozott kompresszoros hőszivattyú áttörést jelentett e technológia történetében.



1. kép: Dr. Heller László (1907–1980)

Világhírű professzor, akadémikus, a „Heller László terv, egy munkahelyteremtő kezdeményezés” című javaslat névadója. 1948-ban védte meg doktori disszertációját, amelynek témája a hőszivattyúk alkalmazásának technikai, gazdasági feltételei volt (Heller L.: Die Bedeutung der Wärmepumpe bei thermischer Elektrizitätserzeugung Universitätsdruckerei, Budapest, 1948)

Ezek után teljesen új eljárások ipari megvalósítására került sor, amelyek elsősorban a tüzelőanyagok hatékonyabb felhasználását és a környezetet szennyező anyagok mennyiségének csökkentését segítették elő. A hőszivattyús technika tehát alapvetően nem új, mégis a különböző országok energiaellátási politikájában az első energiaválságig alárendelt szerepet játszott, és számos helyen (házankban is) eddig jelentéktelennek tekintették. Napjainkban azonban egyre több országban nő a korszerű hőszivattyúkra és a különböző hőszivattyús rendszerekre alapozó energiaellátási megoldások száma.

A hőszivattyú csupán egy eleme a rendszernek, mégis az egészet meghatározza. Amíg ezt nem ismerték fel, a rendszerek hibás kialakítása számos problémát okozott.

5) Forrás: Dr. Stróbl Alajos: Energiatakarékos környezetkímélés hőszivattyúkkal, OMIKK Környezetvédelmi Füzetek 1999/8.

A műszaki tapasztalat rögzítése nagyban hozzájárult a „gyermekbetegségek” kinövéséhez. A legsúlyosabb probléma nem a hőszivattyús kereskedelem hanyatlása volt kb. 15–25 éve, hanem a szakértelem hiányosságából (gyártási, kivitelezési, szervizelési) adódóan a közvélemény bizalmának elvesztése a hőszivattyúkban, és az olajválságok után ehhez hozzákapcsolódott az olajár „rendező-dése” is.⁶⁾

Az ún. földhős hőszivattyúk erőteljes növekedése a világon az utóbbi évtizedben következett be. Bizonyára piaci megfontolások alapján, világszerte felismerték: a hőszivattyú egyre inkább megfelel annak a gazdasági követelménynek, 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 hőszivattyú beruházási többletköltségét. Az utóbbi 10 évben a fenti okok hatására a hőszivattyúk beépítési kapacitása 600%-kal növekedett.

Hőbányászattal foglalkozó hazai szakértőink európai szintű elismerését jelenti, hogy 2003. május 25–30. között Szegeden tartották az Európai Geotermikus Konferenciát (European Geothermal Conference 2003), ahol külön hőszivattyús szekció (Heat pump application) foglalkozott ezzel az utóbbi évtizedben rendkívül gyorsan fejlődő, környezetbarát technikával. Megvalósult példaként bemutatták a berlini Bundestag épületének fűtését és hűtését. Az itt beépített hőszivattyús berendezést úgy alakították ki, hogy megfelelő átkapcsolással télen fűtő-, nyáron pedig hűtőberendezésként üzemelhessen. Az USA-ban Idaho állam kapitóliumi épületét, a berlini parlamentéhez hasonlóan oldották meg, a hőszivattyú fűtést és hűtést szükség szerint szolgáltat. Ezekbe a kiemelt fontosságú középületekbe épített hőszivattyús rendszerek a széleskörű elterjesztés érdekében példamutató referenciának is tekinthetők. „A világon üzemben lévő összes hőszivattyú száma meghaladja a 100 milliót.” (Dr. Vajda György: Energiahasznosítás, Akadémia Kiadó, Budapest, 2004)

6) Ennek a káros tapasztalatnak alapján felhívjuk a szíves figyelmüket, hogy előzetes tanulmányt, ajánlatot csak hőszivattyús rendszereket forgalmazó, kivitelező referenciával rendelkező cégtől célszerű kérni. Azok a cégek, amelyek csak hőszivattyú-értékesítést végeznek, és mélységében nincsenek tisztában az alkalmazott műszaki lehetőségekkel és korlátokkal, alkalmatlanok a feladat elvégzésére, különös tekintettel a hőszivattyús technika hazai elterjedésének kezdeti időszakára.



3. KORSZERŰ MELEGVÍZÜZEMŰ KÖZPONTI FŰTÉSEK

Az energiaválság a fejlett országokban már korábban kikényszerítette az energiatakarékos hőszivattyú alkalmazását, és az emberközpontú, kishőmérsékletű, melegvízüzemű központi fűtéseket.⁷⁾ Nevezetesen az ún. felületfűtéseket: 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. A fűtési energiaszükséglet csökkentésének műszaki lehetősége az ún. sugárzó fűtés (illetve hűtés). A felületfűtések, felülethűtések sugárzó fűtések (hűtések), így a belső léghőmérséklet csökkentése (illetve növelése) révén 10–15%-os energiamegtakarítást érhetünk el ugyanolyan hőkomfort (hőérzet) mellett.⁹⁾

A hőfoklépcsők megváltozása és a fűtéshez felhasznált víz hőmérsékletének a csökkentése több okra vezethető vissza. Egyrészt a rendszer veszteségei magasabb hőmérsékleten lényegesen nagyobbak, másrészt az új technológiák energiamelege (pl. a kondenzációs, majd a hőszivattyús technika) a kívánt eredményt csak kishőmérsékletű rendszerekbe építve érhetik el. Így a megfelelő hőérzet és energiatakarékosság következtében a sugárzó fűtés-hűtés tudatos alkalmazása került előtérbe.⁹⁾

2. táblázat: Fűtési megoldások sugárzós és konvekciós hőleadásának megoszlása.

Tájékoztató értékek

Fűtési megoldás	Sugárzás %	Konvekció %
Infravörös sugárzó fűtés	90	10
Mennyezetfűtés	75	25
Falfűtés	50	50
Padlófűtés	30	70
Hagyományos radiátoros fűtés	15	85
Légfűtés	0	100

FORRÁS: Macskásy Árpád – Bánhidi László: Sugárzó fűtések. Akadémiai Kiadó, Budapest 1985.

A hőszigetelés jelentős javításával az épület hőforgalma csökken (hatására „nyáron nem jön be, télen nem megy ki

7) Dr. Günter Kraft: Fűtőberendezések kishőmérsékletű fűtőközeeggel. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.

8) Az ember közérzetét meghatározó hőérzet a belső léghőmérséklet és az őt körülvevő testek felületi hőmérsékletéből tevődik össze.

9) Theo B. Jannemann: A gázkondenzációs technika kézikönyve. Dialóg Campus Kiadó, 1998; Dr.-Ing. Joos Lajos: Gázfelhasználás a háztartásban és a kisfogyasztóknál. Frohner Bt., Pécs, 2005.

a meleg”), ami a hűtés, a fűtés, a környezet kisebb terhelése szempontjából is hasznos, lerövidíti a hűtési és fűtési időszakot (az üzemeltetési idő csökken). Kellemesebbé teszi a hőérzetet télen és nyáron egyaránt. A külső határolófelületek belső hőmérsékletének megváltozott, magasabb értékei a hőérzetet javítják.¹⁰⁾

Az önkormányzati létesítmények központi fűtései általában víz hőhordozóval működnek, a hőleadók pedig főleg radiátorok.

Az emberi szervezet bizonyos határok között képes szabályozni a test hőleadását: változtatja a bőrbe jutó vérmennyiséget, szélsőséges esetben pedig borzong, illetve fokozottan izzad. A helyiségben lehetnek olyan térrészek, 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 lég-hőmérséklet egyenlőtlen eloszlása.

A hagyományos hőlépcsőjű, ablak alá szerelt radiátorok hőátadása nagy részben hőáramlásos (konvekciós) (lásd az 1. és 2. ábrát). 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 kevésbé hőszigetelt épületekben, ahol a külső-fal belső falfelülete hideg, ez az érték általában nagyobb, mint 3 °C. Ha a helyiség hőmérsékletét a megfelelő hőkomfort elérése érdekében növelik, ez még nagyobb hőmérséklet-különbséget és még nagyobb energiavesztést okoz.

A padlófűtések, a falfűtések (hűtések) és a mennyezetfűtések (hűtések) sugárzó fűtések, amelyek alkalmazásakor a helyiségben a fűtésből, illetve

a hűtésből származó légmozgás minimális, és mellette az ember számára kedvezőbb a hőmérséklet-eloszlás is.

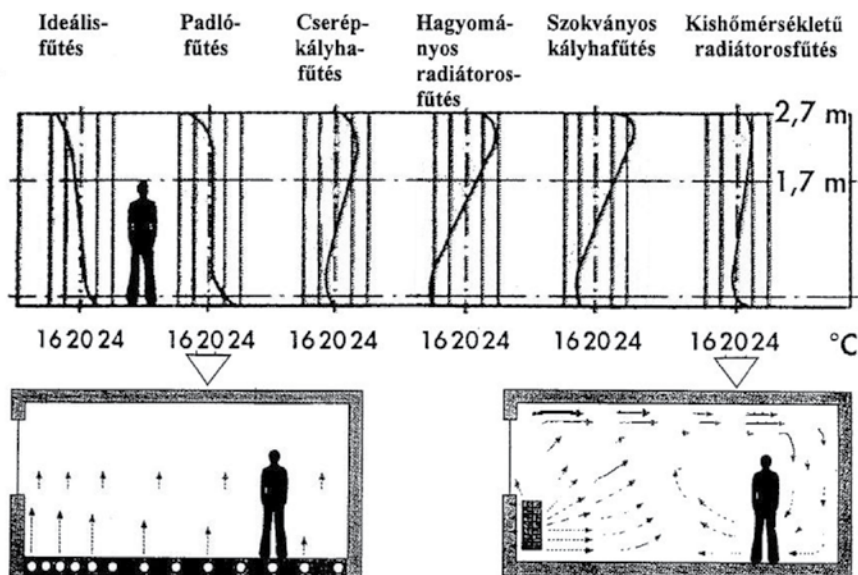
A hőérzet annál kedvezőbb, minél kisebbek az eltérések az egyes határolófelületek hőmérsékletei és a helyiség levegő-hőmérséklete között. Az ember mindig a tényleges térhőmérsékletet érzékeli, amely a levegő hőmérsékletéből és határolófelületek közepes sugárzási hőmérsékletéből

10) A külső határolófelületek belső hőmérséklete a hőszigetelés hatására télen nagyobb, nyáron kisebb lesz.



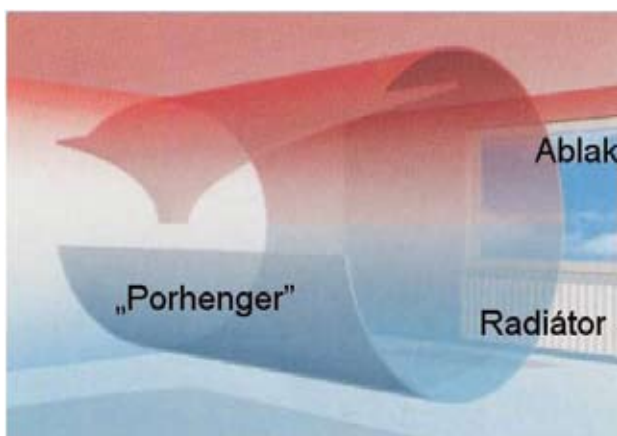
adódik. Ergonómiai és energia-takarékossági okból is célszerű az emberi test legnagyobb arányú hőleadását, a sugárzással leadott hőt csökkenteni úgy, hogy a határolófelületek közepes sugárzási hőmérsékletét megemeljük. Az emberi hőérzet is kellemesebb, ha a helyiségben a padló és/vagy a fal hőmérséklete magasabb, mint a levegő hőmérséklete (lásd a 3. és a 4. ábrát).

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 em-

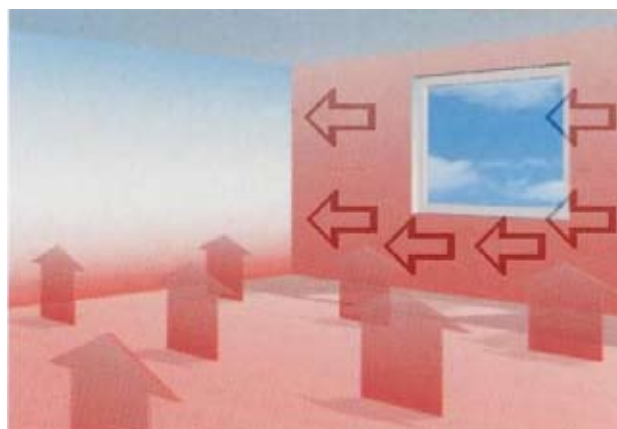


1. ábra: Fűtési megoldások függőleges irányú hőmérséklet-eloszlása (pontvonallal jelölve a boka- és a fejmagasság)

FORRÁS: Dr. Ing. A. Kollmar



2. ábra: Hagyományos hőlépcsőjű (pl. 90/70 °C-os) radiátoros fűtéséknél és természetesen a gázkonvektoros fűtéséknél is kialakul a helyiségben a hőleadó által gerjesztett légáram, az allergiás megbetegedést okozó ún. porhenger



4. ábra: Padló- és falfűtés hőeloszlása



3. ábra: Padlófűtés hőeloszlása

beri szervezetből, és az ember hőérzete továbbra is megfelelő marad.

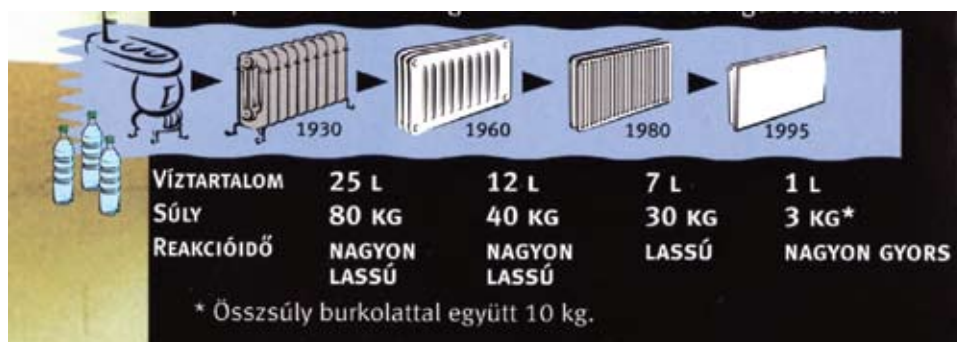
Ma már az 55/45 °C és a 40/30 °C hőlépcsőjű radiátoros fűtések terjednek, amihez a radiátorok szerkezeti kialakítását is meg kellett változtatni (lásd az 5. ábrát).

Az energiatakarékosság előtérbe kerülésével az épületek hőszigetelése is lényegesen jobb kialakítású – erre egy új uniós direktívát bevezető, korszerű hazai jogszabályunk van.¹¹⁾ A korábbiakhoz képest lecsökkent fűtési hőigény lehetővé teszi a kishőmérsékletű felületfűtések elterjedését (lásd a 6. ábrát).

Felületfűtések esetében kialakul az egyenletes térhő-

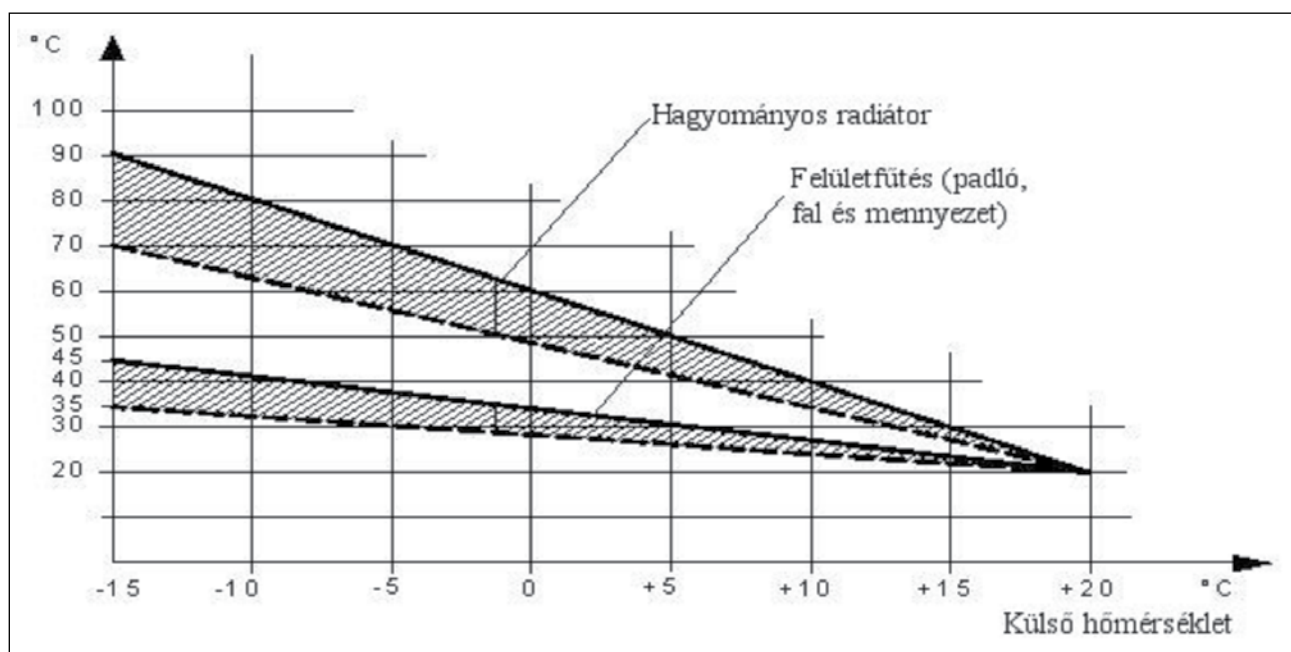
11) 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról.





5. ábra: Radiátorszerkezetek fejlődése

FORRÁS: JAGA cég



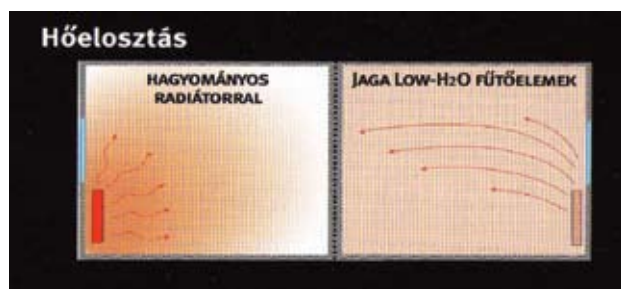
6. ábra: Régi és új épületek melegvíz üzemű fűtésének szabályozási jelleggörbéi (folytonos vonal a fűtési előremenő, szaggatott a fűtési visszatérő hőmérséklet)

FORRÁS: Dr. Kontra Jenő Ph.D egyetemi docens, tanszékvezető 2005.

mérséklet 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 (lásd a 7. ábrát).

Korszerű radiátoros fűtések esetében a fűtővíz előremenő hőmérséklete 45–50 °C, és egy körön belül kétszöves 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.



7. ábra: Hőelosztás hagyományos és korszerű radiátoros fűtésnél

FORRÁS: JAGA cég



4. ALAPFOGALMAK, KULCSSZAVAK

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 (látens) hőnek nevezzük. A hő tehát átadható érzékelhető vagy rejtett hő formájában is.

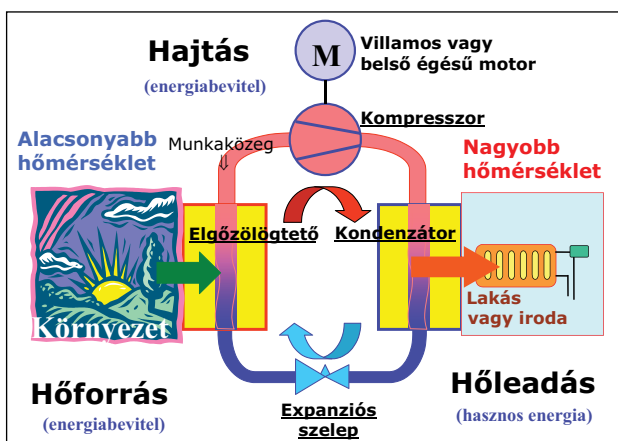
HŐSZIVATTYÚ

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.

A KOMPRESSZOROS HŐSZIVATTYÚ ELVI FELÉPÍTÉSE

A hőszivattyú elvi felépítését a fenti kompresszoros sűrítésű hőszivattyús rendszer rajzán mutatjuk be (lásd a 8. ábrát)



8. ábra: Kompresszoros sűrítésű hőszivattyús rendszer elvi vázlat¹²⁾

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

Hőszivattyú esetén a hűtőközeg neve nem hűtőközeg, hanem munkaközeg (környezetbarát anyag).¹³⁾

12) A következő ábrák az energiaszabályozást is szemléltetik:

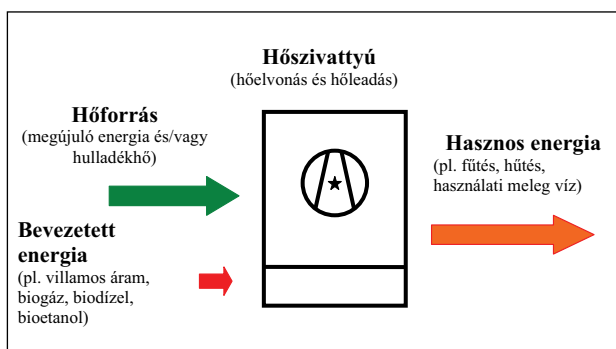
- A hőszivattyús rendszer elvi vázlat,
- Gázmotoros hőszivattyú energiaszabályozása,
- Kompresszoros hőszivattyús rendszer napkollektorral társítva.

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 (cseppfolyósítás) lép fel].

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 (lásd a 9. ábrát).



9. ábra: A hőszivattyús rendszer elvi vázlat

MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK

Megújuló energiaforrások alatt jellemzően azokat az energiahordozókat értjük, amelyek felhasználása során az energiahordozó forrása nem fogy el, mert az energiahordozó folyamatosan újratermelődik. Ezért primer energiahordozóknak is tekinthetők.¹⁴⁾

A HŐSZIVATTYÚS BERENDEZÉSEK MEGNEVEZÉSE

A berendezések megnevezésekor először az épületen kívüli hőcserélő hőátadó közegét, majd az épületen be-

13) „A hőszivattyú három üzemmódban dolgozhat: csak fűt, a fűtési tényező ϵ_f , csak hűt, a hűtési tényező ϵ_h , vagy egyszerre fűt és hűt, ekkor a fűtési/hűtési tényező ϵ_{f+h} . A fűtési és hűtési tényezőkre az angol nyelvű irodalom általánosan használja a „coefficient of performance” (COP) kifejezést és jelölést.” Forrás: Büki Gergely: Kapcsolt energiatermelés. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2007.

14) „A természetben sokféle munkavégzésre hasznosítható erő – primer energiaforrás található.” A primer energia lehet kimerülő vagy megújuló. Forrás: Vajda György: Energiapolitika. MTA, Budapest, 2001. Például egy energiaforrást akkor nevezünk megújulónak, ha a hasznosítás során nem csökken a forrás, a későbbiekben ugyanolyan módon termelhető belőle energia.



lülő hőcserélő hőátadó közegét kell feltüntetni (lásd a 3. táblázatot).¹⁵⁾

FŰTŐENERGIA

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

tó és megadott jellemzői elvárhatók. Ez az alkalmazási tartománynak többnyire csak egy része – az alkalmazási tartomány azon halmaza, melyen belül a készülék működik.¹⁶⁾

ALKALMAZÁSI TARTOMÁNY

A készülékgyártó által megadott működési tartomány, amelyet felső és alsó alkalmazási határok (pl. hőmérsék-

3. táblázat: A hőszivattyúk legáltalánosabb típusai

A hőátadó közeg		A hőszivattyúk megnevezése (a rövidítéssel)
Hőforrásoldali	Hőleadó-oldali	
levegő (A)	levegő (A)	levegő/levegő hőszivattyú (A/A) vagy légkondicionáló berendezés
víz (W)	levegő (A)	víz/levegő hőszivattyú (W/A) vagy légkondicionáló berendezés
Sólé (B)	levegő (A)	sólé/levegő hőszivattyú (B/A)
levegő (A)	víz (W)	levegő/víz hőszivattyú (A/W)
víz (W)	víz (W)	víz/víz hőszivattyú (W/W)
Sólé (B)	víz (W)	sólé/víz hőszivattyú (B/W)

FŰTŐTELJESÍTMÉNY

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 hőátadó közeg mozgató eszközök (pl. ventilátor, szivattyú) teljesítményfelvételének a hőátadó közeg szállítására eső része a hőszivattyún belül.

TELJES TELJESÍTMÉNYFELVÉTEL

A hőszivattyú összes tartozékának teljesítményfelvétele.

TELJESÍTMÉNYTÉNYEZŐ (COP, COEFFICIENT OF PERFORMANCE)

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

MŰKÖDÉSI TARTOMÁNY

A hőszivattyú gyártó által megadott azon működési tartománya, amelyet a felső és az alsó alkalmazási határok korlátoznak (pl. hőmérsékletek, légnedvesség, feszültség), amelyen belül a hőszivattyú rendeltetésszerűen használha-

let, légnedvesség, villamos feszültség) korlátoznak, amelyen belül a készülék rendeltetésszerűen 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 dé- 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.

HŐÁTADÓ KÖZEG

Olyan folyadék vagy gáz, amely szállítja a hőt a hőszivattyúhoz vagy a hőszivattyútól. *Megjegyzés: általában 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.¹⁷⁾

15) „Az alkalmazás körülményeit befolyásolja, hogy milyen fajta környezeti vagy hulladékhőt használunk fel, és milyen hőigényeket elégítünk ki. Energetikai szempontból fontos a hajtás módja, mert az határozza meg a felhasznált energiaforrást.” „A hőszivattyút hajthatjuk gázmotorral is.” „A kompressziós hőszivattyúk mellett többféle szorpciós (abszorpciós, reszorpciós) hőszivattyút is alkalmaznak.” Forrás: Büki Gergely: Kapcsolt energiatermelés. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2007.

16) Ha a gyártó által megadott működési tartományt nem veszik figyelembe, az ebből eredő hátrányos következményekért a gyártó nem vállal felelősséget. A forgalmazónak kötelessége a gyártó által leszállított előírásokat, dokumentációt a felhasználó részére magyar nyelven átadni (pl. a hőszivattyú gépkönyve, használati utasítása, létesítési előírásai).

17) Jelezzük, hogy a COP értékterrefel jogosított tanúsító intézetek ellenőrizhetik. A kivitelezett hőszivattyús rendszerek COP_{éves} értékét mérésrel lehet meghatározni.



LÉGKONDITIONÁLÓ BERENDEZÉS

Olyan csatlakozásra kész burkolattal ellátott szerkezeti egység vagy egységek, amely(ek) a kezelt levegőt egy zárt térbe (pl. szobába, irodába), vagy területre szállítják. Az egység(ek) villamos üzemű hűtőberendezést tartalmaz(nak) 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.

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 alkalmazhatók. 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.¹⁸⁾ Ennek a szétválasztási

módnak óriási előnye, hogy a zajosnak számító részek (ventilátor, kompresszor) a kültéri egységben helyezkednek el, így a beltéri egység csöndes. A beltéri egységet általában az oldalfalra szerelik, de megkülönböztetünk elhelyezés szempontjából álmennyezetbe süllyeszthető (kazettás), mennyezet alá szerelhető és parapetre szerelhető készüléket is.

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.

TELJES HŰTŐTELJESÍTMÉNY

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 HŰTŐTELJESÍTMÉNY (EER, ENERGY EFFICIENCY RATIO)

A készülék teljes hűtőtéljesítményének és effektív teljesítményfelvételének aránya.

18) A zaj- és az ún. „hólift” káros hatását el kell kerülni.



5. A HŐSZIVATTYÚ MŰKÖDÉSI ELVE

Az egyes hőszivattyús technológiák közül a legelterjedtebbek a kompresszoros gépek, ahol a kompresszort villamos motor hajtja.¹⁹⁾ A tisztán villamos fűtés (például ellenállásfűtés) jelentős üzemeltetési költsége miatt ma nem tekinthető energiahatékony módszernek. A hőszivattyús fűtéstechnika ezzel szemben a tisztán villamos fűtéshez használandó villamos energia töredékét használja fel arra, hogy a hőt a környezetből „beemelje” (felvegye és leadja).

A hőszivattyús technika és technológia fő célja, hogy a kisebb hőmérsékletű, közvetlenül nem hasznosítható hőmérsékletű hőenergiát nagyobb hőmérsékletű, hasznosítható hővé alakítsa. A hőszivattyúk megújuló energiahordozókat hasznosíthatnak, segítve a klímavédelmet, mivel a környezetből „beemelt” résznek nincs helyi (lokális) széndioxid (CO₂) és károsanyag-kibocsátása.

A hőszivattyú a következő energetikai feladatot végzi: a kishőmérsékletű környezetből (levegőből, vízből vagy földből) hőt von el, és azt egy nagyobb hőmérsékleten teszi felhasználhatóvá, pl. egy épületben. Így mondhatjuk: a környezetből a hőt – külső energia befektetése árán – „szivattyúzza” a hasznosítható hőmérsékletre. Szinte mindenütt van alkalmas környezeti hőforrás, amelyet csak hőszivattyúval lehet energetikailag kedvezően hasznosítani, ráadásul a hőhordozóját sem kell megvásárolni.

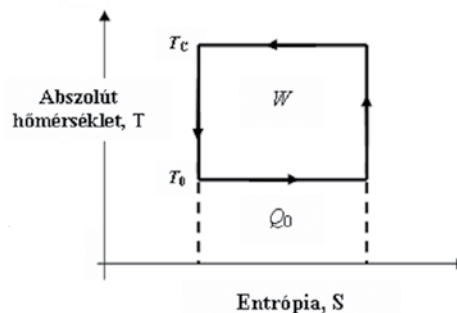
A hőszivattyúk egyes kivitelei energiatakarékosan nemcsak fűtési feladatra, hanem hűtésre is alkalmazhatók. Így ezzel a megoldással a klimatizáláshoz szánt – külön telepítendő – hagyományos klímagépcsoport költsége megta- karítható.

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.

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

$$Q_C = W + Q_0$$

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 (lásd a 10. ábrát). A hőszivattyúk elméleti működését a Carnot-féle termodinamikai körfolyamat (a körfolyamat az óramutató járásával ellentétes irányú) ábrázolja, amely négy megfordítható (reverzibilis) állapotváltozásból áll.



10. ábra: A Carnot-féle körfolyamat²⁰⁾

[Két izotermikus (elpárolgás, kondenzáció) és két izentrópikus (expanszió, kompresszió) állapotváltozás]

FORRÁS: MSZ EN 14511²¹⁾

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 az ún. két hőtartály (hőforrás és hőnyelő, illetve a hőszolgáltatás) abszolút hőmérsékletétől (T_C és T_0) függ, ahol

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

A hőszivattyúra jellemző elméleti ún. $CARNOT_{COP}$ a

19) A hőmérséklet-emelést végezheti kompresszor (kompresszoros hőszivattyúk) vagy termokémiai reakció (abszorpciós hőszivattyúk). Jelezzük, hogy a gázmotoros hajtásnak a villamos hajtáshoz képest az a lényeges előnye, hogy a gázmotor hulladékhője helyben jelenik meg, és hasznosíthatjuk is a hőszivattyú hőtermelésével összekapcsolva. (Forrás: Büki Gergely: Kapcsolt energia-termelés. Műegyetemi Kiadó, 2007.)

20) A hőszivattyú Carnot-körfolyamata reverzibilis ideális hőkörfolyamat (veszteségmentesen megfordítható elvi körfolyamat, ezért a munkafolyamatot határoló görbék egyenes vonalakból állnak).

21) Érdekességként említjük, hogy az első európai hőszivattyú-szabvány 1988 októberben lett kiadva (Hivatkozási száma: EN 255-1:1988).



kondenzátor és az elpárolgató hőmérséklet-adataiból ki-számolható:

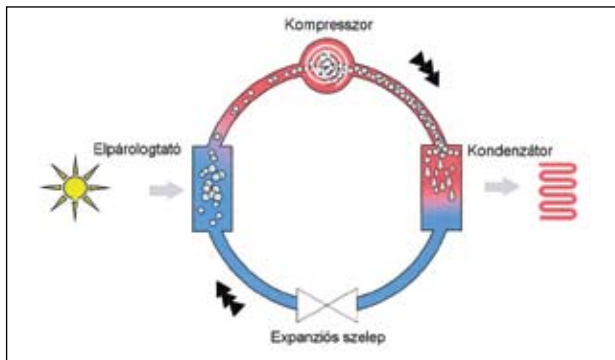
$$\text{CARNOT}_{\text{COP}} = T_{\text{KONDEZÁTOR}} / (T_{\text{KONDEZÁTOR}} - T_{\text{ELPÁROLOGTÁTO}})$$

Illetve a 10. ábra jelölésével:

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

A gyakorlati érték kb. az elméleti (maximális) hatásfok-nak 45–65%-a, de ez elsősorban a kompresszorok roha-mos fejlődése következtében állandóan javul. A kisebb értékek kisebb berendezésekre és nagyobb hőmérséklet-különbségekre, a nagyobb értékek pedig a nagyobb be-berendezésekre és kisebb hőmérséklet-különbségekre vo-natkoznak.

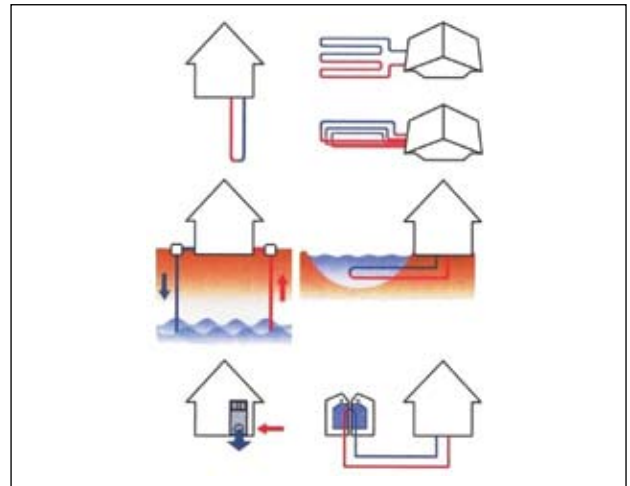
A gyakorlatban elérhető teljesítménytényező értéke függ az elpárolgási hőmérséklettől, amelyet a hőforrás hő-mérséklete határoz meg, a véges hőmérséklet-különbsé-gek nagyságától az elpárolgatónál és a kondenzátornál, az alkalmazott gép hatásfokától, a segédberendezések energiaszükségletétől stb. Természetesen az elpárolgás feltétele, hogy a hőforrás hőmérséklete a munkaközeg for-ráspontjánál nagyobb legyen (11. és 12. ábra)



11. ábra: Hőszivattyúzás

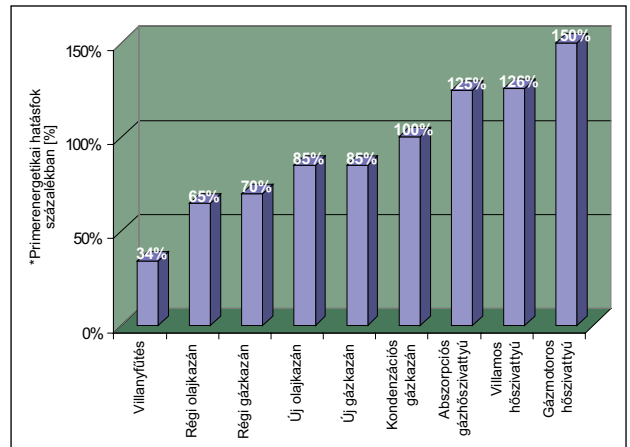
FORRÁS: VAILLANT cég

A fűtésre vonatkozó németországi tapasztalatokat mu-tatja az oszlopdigram (13. ábra), amely hazánkra is ér-telmezhető a hőtermelés megoldásainak energetikai ösz-szehasonlítására, az üzemeltetéshez szükséges (primer) energiára vonatkoztatott hasznos hőáram szemléltetésé-re. Jelezzük, hogy az oszlopdigram nem tartalmazza tel-jes körűen a lehetséges összes fűtési rendszereket, pl. az egyedi fűtések berendezéseit, az Ausztriában már elter-jedt ún. biokazánokat, a faelgázosító és a pelletüzelésű kazánokat. Az oszlopdigramból egyértelműen kiolvash-ató a különféle hőszivattyúk (a jobb oldali három osz-lop) használatának energetikai előnyei mellett az elavult hőtermelő eszközök cseréjének szükségszerűsége is!



12. ábra: A hőszivattyúk energiaforrása az ún. „zöldhő”: a felső há-rom vázlatrajz a földhő (talajhő), a középső kettő a talajvíz illetve fel-színi víz, az alsó kettő a levegő hasznosítását ábrázolja vázlatosan (előlnézetben vagy felülnézetben)²²⁾

FORRÁS: VAILLANT cég



13. ábra: A hőtermelés hagyományos megoldásainak és a különböző típusú hőszivattyús rendszereknek az energetikai értékelése²³⁾

* Primerenergia: a rendelkezésre álló és az energiaátalakításra felhasználható elsődleges energiaforrások gyűjtőneve (pl. kő-szén, kőolaj)

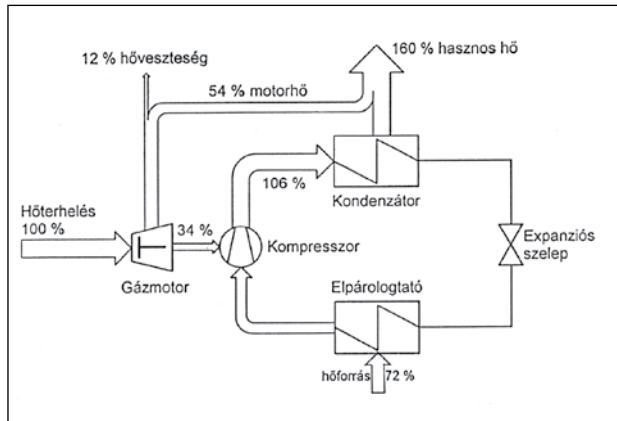
Az ábrát elemezve kiolvasható a hőszivattyúk fő jellemző-je: üzemeltetése során a bevezetett munkát megtöbbször-özve (3–6 szorosán) ad le hőt!

22) A sólé/víz hőszivattyú hőforrásának hasznosítása történhet ún. energiacölöppel, ha cölöpalapozást igényel az épület. A hőkivétel másik speciális változata az ún. masszív abszorber. Ennél a föld alatti vagy föld feletti beton- vagy téglafalban esetleg betonlemezben műanyag csőkégyőt helyeznek el. Az elemek lehetnek pl. szobor-szerű elemek vagy támfalak. A működés elve hasonló, a beton jól vezeti a hőt és alkalmas a hő tárolására. Segít a levegő, talaj, esővíz hőjének átvételében, a napsugárzást közvetlenül is hasznosíthatja. (A kiadvány néhány ábrájával jelezzük a hőkivétel sokféleségét.)

23) Forrás: Joos Lajos: Energiamegtakarítás a háztartások föld-gázfelhasználásában Magyar Épületgépészet, XLI. évfolyam, 2002/4. szám



A 14. ábrán a hőszivattyú kompresszorát nem a szokványos villamos motor, hanem földgázzal táplált belső égésű motor hajtja. Itt a motor és a kipufogógáz hőtartalma is felhasználható a kondenzátor hője mellett. Jelezzük, hogy a hajtóenergia lehet biogáz is. A működtető primer energiaforrásokat és technológiákat a 4. táblázat foglalja össze.



14. ábra: Gázmotoros hőszivattyú energiahasznosítása
 FORRÁS: Ruhrgas AG

4. táblázat: Kompresszoros hőszivattyú motorhajtásának energiaforrásai

A kompresszormotor hajtása	A működtető energiaforrás
Villamos motor	Fosszilis eredetű
	Atomenergia
	Megújuló energia
Belső égésű motor	Fosszilis eredetű
	Megújuló energia
Külső égésű motor (Stirling-motor, gőzmotor)	Fosszilis eredetű
	Megújuló energia

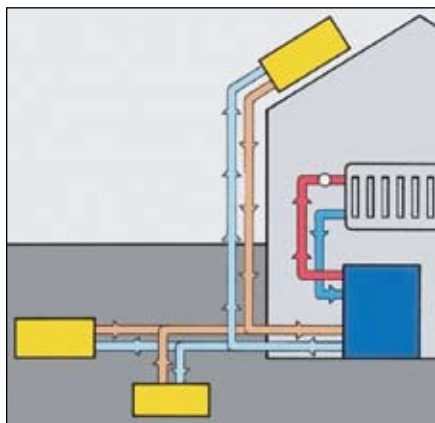
A földgáz hosszabb távon túlságosan értékes primerenergia-hordozó ahhoz, hogy elavult konvektorokban vagy hagyományos kazánokban kizárólag hőtermelés céljából eltűzeljük.



6. A HŐSZIVATTYÚK JELLEMZŐ TÍPUSAI

A hőszivattyú napjaink egyik leghatékonyabb műszaki eszköze annak, hogy jelentős energiát takarítsunk meg fűtéskor és hűtéskor, valamint a szén-dioxid- és károsanyag-kibocsátást csökkentsünk. Fő jellemzője, hogy a működésére bevezetett villamos energiát – a megújuló energia felhasználásával – megtöbbszörözi.²⁴⁾ Napenergiából, földhőből ésszerű eszközökkel általában 35–55 °C-os víz nyerhető, a felhasznált energia jelentős részét ilyen hőmérsékletű fűtési igényhez hasznosítjuk. Hőszivattyúzással a fűtésre nem alkalmas hőmérsékletű hőforrás illetve hőhordozó hőmérsékletét emeljük a fűtési célra alkalmas hőmérsékletre.

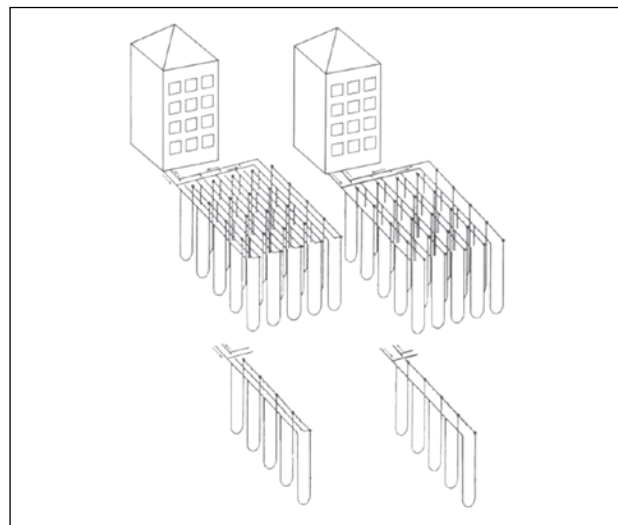
A hőszivattyú földszondái sekély mélységekből, környezetbarát módon, általában közvetett úton. zárt rendszerben, azaz hőcserélővel veszik ki a földkéregből a hőt (lásd a 15. ábrát). A fűróberendezés fotója e kiadványunk hátsó borítóján található. A függőleges elrendezésű földszonda mélysége a talajfelszíntől mérve általában 50–240 m (lásd a 16. ábrát). A helyi adottságtól és a teljesítményszükséglettől függ a földszondák száma, ami épületcsoportok esetén akár több száz is lehet. Ezek 5–30 °C hőmérsékletű talajok, illetve sekély víztartók hőtartalmát hasznosítják, a Lindal-diagram (Lindal, 1973) szerint legfeljebb 60 °C-ig. Sokszor viszont az ún. nyitott rendszer az előnyösebb, pl. megfelelő felszíni és felszín alatti vizek megléte esetén (lásd a 17. ábrát).



15. ábra: Sólé/víz (B/W) hőszivattyú kollektor-elhelyezésének vázlatja (a hőszivattyú a pincében látható)

FORRÁS: AWT Absorptions- und Wärmetechnik GmbH cég

24) Jelezzük, hogy a bevezetett energia nem mindig villamos – sőt sok esetben jobb lenne, ha gázenergia lenne, és nemcsak Magyarországon vonatkozásában. Még elterjesztésre vár a gázmotoros hőszivattyú, és a gázzal működő, ún. szorpciós hőszivattyú, különös tekintettel a nemzetközi összehasonlításban is kiemelkedően kiépített gázvezeték-hálózatunkra.



16. ábra: Földhős hőszivattyúval (B/W) fűtött/hűtött többszintes épület különféle csővezeték-rendszerei²⁵⁾

FORRÁS: ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE (EPRI)



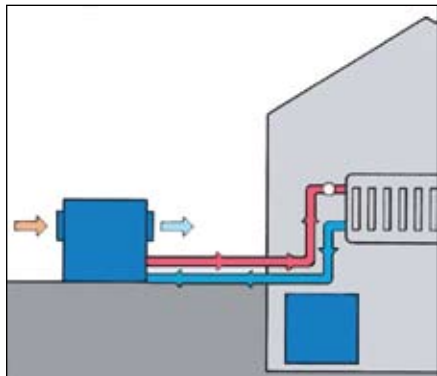
17. ábra: A berlini Bundestag épületének hőszivattyús rendszerű fűtése (300 m mély kút-pár) és hűtése (60 m mély kút-pár). A beépített hőszivattyús berendezést úgy alakították ki, hogy megfelelő átkapcsolással télen fűtő-, nyáron pedig hűtőberendezésként üzemelhessen.

25) Fontossága miatt jelezzük a Tichelmann-féle csővezeték-rendszert. Lényege, hogy a vezeték elrendezése nyomáskiegyenlítésre is szolgál, az azonos vezeték-hosszúság azonos nyomáskülönbséget eredményez, ezáltal épületfűtéskor a kollektorvezetékben egyenletes a hőelvonás illetve hűtés esetében a hőleadás. Ez a megoldás az elosztó- és a gyűjtővezeték szabályozását általában költségkímélővé teszi. Így ezt a csővezeték-rendszert sokszor alkalmazzák. Gyakran alkalmazott csőméretek: 20, 25, 32 és 40 mm.



A szondák méretezésének pontosításához szükséges a hidrogeológiai hőtani jellemzők helyszíni kimérése. Ez egy mobil laboratórium segítségével végezhető el.

A hőszivattyúk létesítésének egyik legolcsóbb, legegyszerűbb technológiája a **18. ábrán** szemléltetett levegős-víz rendszer.



18. ábra: Levegő/víz (A/W) hőszivattyú elhelyezésének vázlata (a hőszivattyú itt nem az épületbe van telepítve, de elhelyezhető a pincében is)

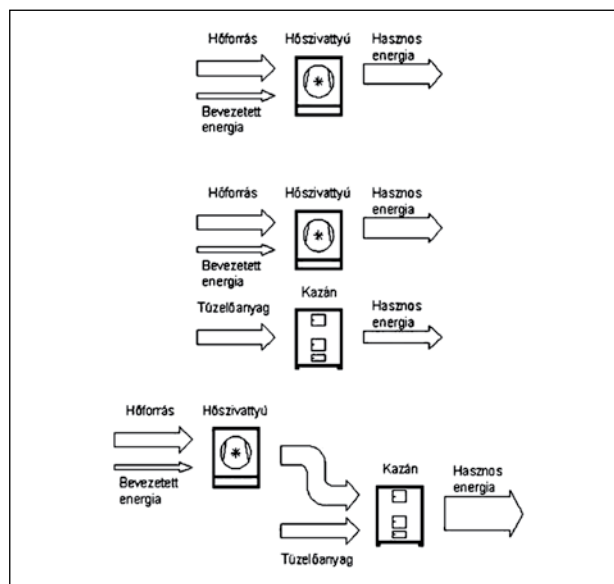
FORRÁS: AWT Absorptions- und Wärmetechnik GmbH cég

A hőszivattyúkat új épületeknél célszerű általában monovalens üzemmódú berendezésre tervezni (lásd a **19. ábrát**). Ilyenkor a külső falak, a padló, a mennyezet jó hőszigetelése, a hőszigetelt üvegezés és a kishőmérsékletű fűtési rendszer alkalmazhatósága jelenti a kedvező építési adottságokat. A hőszivattyúk üzemmódja elsősorban a meglévő hőelosztó rendszer által támasztott követelményektől és a hőforrástól függ. Monovalens üzemmód esetén a hőszivattyú a hőigényt egyedül is fedezni képes. Bivalens üzemmód esetén a hőszivattyú a hőigényt nem egyedül fedezi.²⁶⁾ Ennek az üzemmódnak három alapváltozata van:

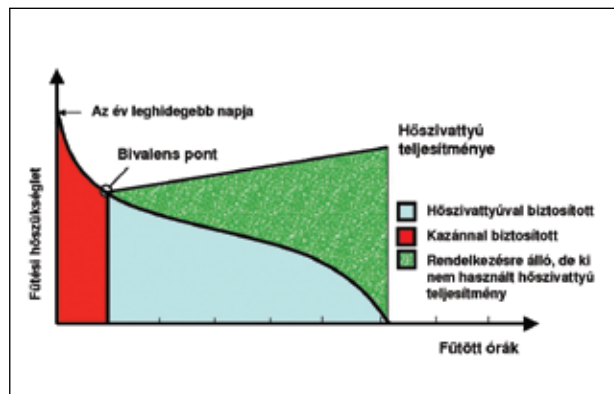
- Az „alternatív-bivalens” üzemmódban a hőszivattyú csak kis terhelésnél működik, és bizonyos terheléshatár fölött a kiegészítő fűtőberendezés veszi át a teljes szerepet. A kiegészítő fűtőberendezés teljesítménye ebben a kapcsolatban a maximális hőterhelés fedezésére is elegendő kell legyen (lásd a **20. ábrát**).
- A „soros-bivalens” üzemmódban a hőszivattyú viszi az alapterhelést, és a kiegészítő fűtés csak akkor kapcsolódik be, ha a hőszivattyú egyedül már nem képes a teljes feladatot ellátni. Ilyenkor a kiegészítő fűtés teljesítménye a fűtési hőszükséglet és a hőszivattyú fűtőtöeljesítménye közötti különbség.

26) Forrás: Dr. Jakab Zoltán: „Monovalens” vagy „bivalens” hőszivattyú? HKL Épületgépészeti Szaklap V. évfolyam 11-12. szám, 2007. november-december.

- A „alternatív/soros-bivalens” üzemmódban a fűtést a szezon kezdetén a hőszivattyú egyedül látja el. A hőszükséglet növekedésekor egy bizonyos határig a hőszivattyú és a kiegészítő fűtőberendezés soros kapcsolatban együtt üzemel, majd amikor a hőszivattyú a részterhelést nem képes már fedezni, lekapcsolódik, és a teljes fűtési hőterhelést a – maximális fűtési hőigény ellátására méretezett – kiegészítő fűtés veszi át.



19. ábra: Hőszivattyús rendszerek jellemző üzemmódjai



20. ábra: Levegő/víz (A/W) hőszivattyú bivalens alternatív üzemmódja (a bivalens pontot gazdaságossági számítással kell meghatározni)²⁷⁾

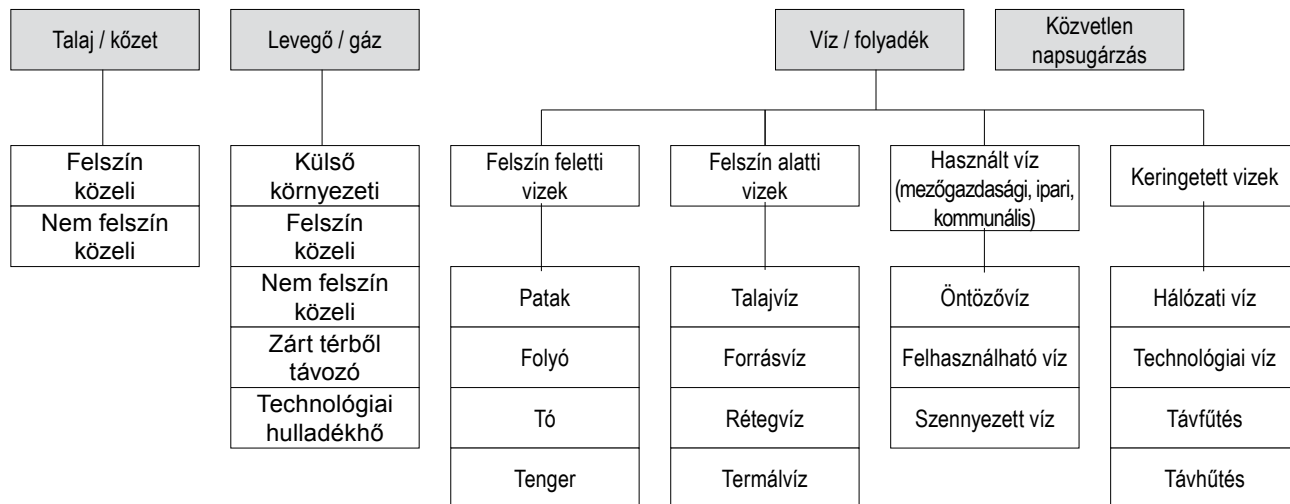
FORRÁS: DAIKIN cég

27) Ezúton jelezzük, hogy a jelen kiadvány elején említett ÖTM honlapján megtalálható Önkormányzati Tájékoztató (<http://www.otm.gov.hu/belugy/belsajt.nsf/onkorm> 2005/01, 02, 03) háttéranyagon kívül újabb háttéranyag van a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium honlapján. A „Klímapolitika” rovatban található a „Hőszivattyú lakossági tájékoztató anyag” (Kömlös Ferenc) <http://klima.kvvm.hu/index.php?id=48> (2007. október 8.)



7. KOMBINÁLT HŐSZIVATTYÚS RENDSZEREK

Ez a fejezet nem teljes körűen a legjellemzőbb megoldások rövid ismertetését tartalmazza. A **21. ábra** többféle hőhordozót illetve hőforrást csoportosítva mutat be.



21. ábra: Hőszivattyúk lehetséges hőhordozóinak illetve hőforrásainak csoportosítása

Adott alkalmazási helyen mindig részletesen vizsgáljuk meg, hogy melyik hőforrást válasszuk a helyi lehetőségek közül. Pl. a Genfi-tónál hőszivattyúval szállodákat és egyéb épületeket fűtenek. Érdeemes felfigyelni a csoportosításban szereplő, légmentes melegítő hulladékhőforrások jelentős mennyiségének lehetőségére. Ezeknek a hulladékhőforrásoknak a hasznosítása hőszivattyúval sok esetben megoldható lenne.²⁸⁾ Erre utalt Rybach László is az előadásában: „A Föld belseje óriási hőmennyiséget tárol; a földi hőáram globálisan 40 millió MW, ami 'használatlanul' kilép a világűrbe.”²⁹⁾

A hőszivattyús rendszerek alkalmazhatóságát jelentősen meghatározzák a primer (elérhető hőforrás) és a szekunder oldal (hőigény és az ehhez tartozó hőleadó rendszer) helyi körülményei (lásd a **22. ábrát**).

A helyi energiaforrások hasznosításának növelése iránti igénynek köszönhetően a decentralizált energiatermelés térhódítása várható, és ez jelentős változásokat hoz a hőellátással és a villamos energia előállításával foglalkozó szolgáltató ágazatokban. A hőszivattyú központi szerepet képes betölteni az optimumot célzó decentralizáció-centralizáció kérdéskörben (lásd a **23. ábrát**).

28) „A harkányi gyógyfürdő a 32–35 °C-os elfolyó vizet két 1100 kW-os hőszivattyúval a távhőszolgáltatás hasznosítja.” Dr. Mádlné Szónyi Judit: A geotermikus energia készletek, kutatás, hasznosítás. Grafon Kiadó, Nagykovácsi, 2006

29) Forrás: Dr. Rybach László budapesti (ELTE) előadása, 2005. április 5.

A hőszivattyús rendszerekkel felhasználható megújuló energiaforrásokat az 5. táblázat tartalmazza. Napjaink és a jövő technikájával kapcsolatban arra is fontos felhív-

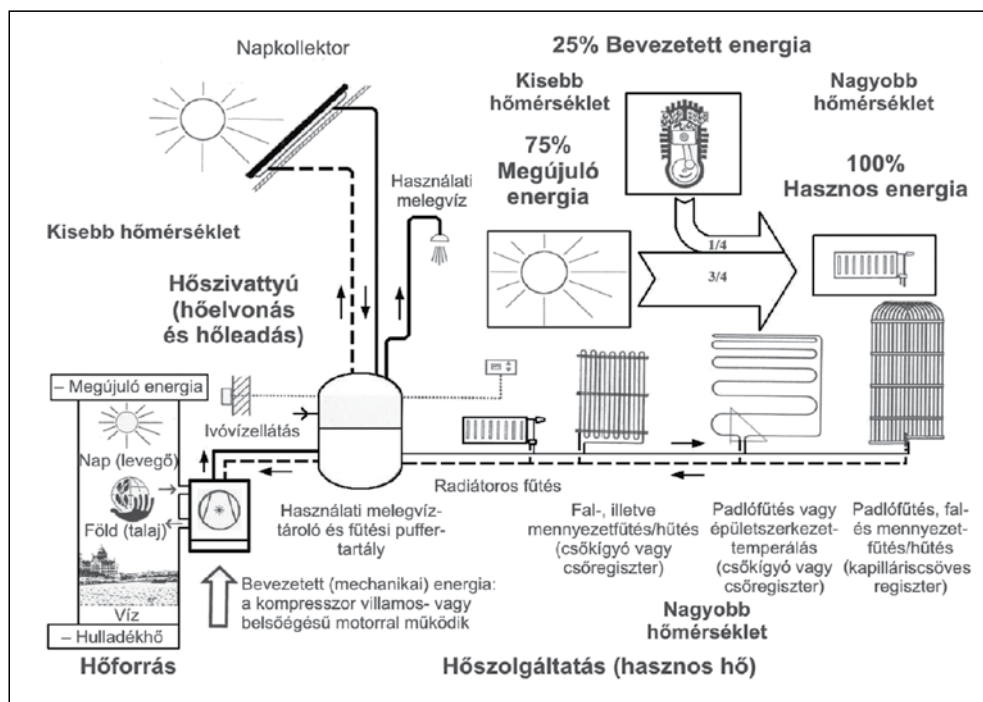
5. táblázat: A hőszivattyús rendszerekhez köthető megújuló energiaforrások

MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK ÉS –HORDOZÓK
<p>Nap beleértve a felmelegített földi légkör és a földfelszín (környezeti levegő, talaj, felszíni víz, talajvíz) hőtartalmának, valamint a sugárzási energia közvetlen és naperőművi felhasználását</p>
<p>Szél beleértve a szélenergiájának felhasználását (a levegő mozgási energiájának átalakítása)</p>
<p>Víz beleértve a vízerőművi felhasználását (a víz helyzeti és/vagy mozgási energiájának átalakítása)</p>
<p>Biomassza (szilárd, folyékony vagy gáznemű tüzelőanyag) beleértve az előállított folyékony vagy gázhalmazállapotú üzemanyag (bioetanol, biodízel, biogáz, biometanol, bio-dimetil-éter, bio-ETBE*, bio-MTBE**, szintetikus bioüzemanyagok, bio-hidrogén, tiszta növényi olaj) felhasználását és a villamos erőművi felhasználását</p>
<p>Földhő (geotermikus energia: a Föld belsejének hőtartalmának, amely túlnyomórészt a földkéreg és a köpeny hosszú felezési idejű radioaktív elemeinek bomlási hőjéből származik) beleértve a hévízben (felszín alatti víz) és a kőzetben tárolt hő, valamint a geotermikus erőművi felhasználását</p>

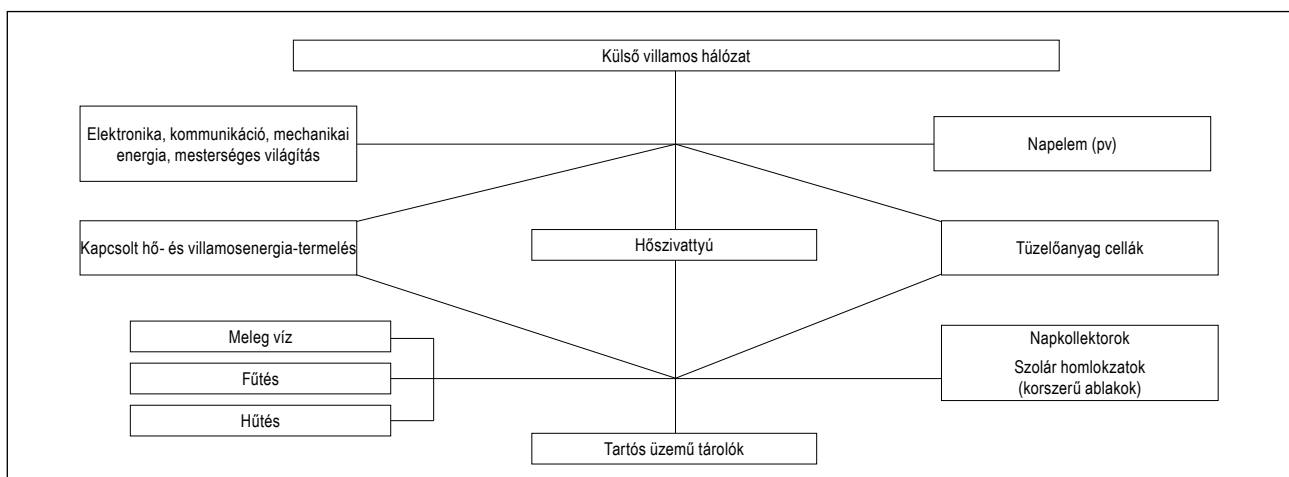
*bio-ETBE (etil-tercier-butil-éter): bioetanol alapon előállított etil-tercier-butil-éter, amelynek térfogatszázalékos bioüzemanyag-hányada 47%

**bio-MTBE (metil-tercier-butil-éter): biometanol alapon előállított üzemanyag, amelynek térfogatszázalékos bioüzemanyag-hányada 36%





22. ábra: Kompresszoros hőszivattyús rendszer napkollektorral társítva
 Az ábra jobb oldali felső részében napjaink átlagos hőszivattyús rendszerének energiaszámítás-ábrája (egy egységet fizet, de négy egységet a fogyasztó)



23. ábra: Épületekben kialakuló energiaszámítás
 Az igények az ábra bal oldalán, az előnyben részesülő megújuló energiaforrások az ábra jobb oldalán láthatók³⁰⁾

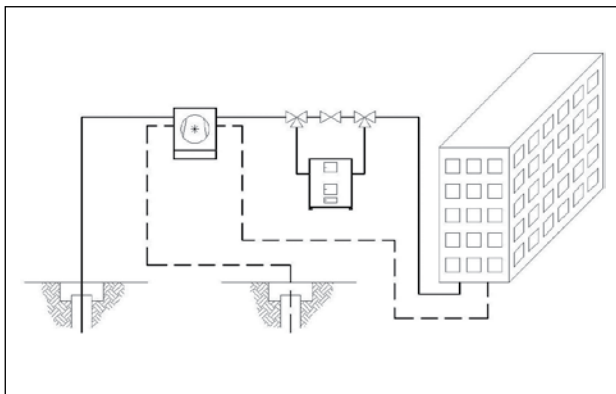
ni a figyelmet, hogy nemcsak a hőforrás, hanem a hőszivattyút működtető energia is származhat megújuló energiából. Itt jelezzük, hogy semmi sem kifogyhatatlan – ha a felhasználás sebessége meghaladja az újratermelés sebességét, akkor lokálisan hiány keletkezik. Hőszivattyús zónáknál sok méretezési hiba erre vezethető vissza. Pl. ha

a felhasznált terület felmelegedési (regenerációs) idejét a méretezésnél nem veszik jól figyelembe.

A komplex fűtési rendszerek közül kiemelt, hogy a távhőszolgáltatáshoz is jól illeszthetők hőszivattyús rendszerek (lásd a **24. ábrát**). Előnyös lehet a biomassza-tüzelésű csúcscsazán alkalmazása.

30) Forrás: Andreas Bühring – Angelika Heinzel – Joachim Luther – Hans-Lorenz Fritz: A kis energiaszámítású épületek energiaellátása. A napelemmel segített, távozó levegő hőszivattyútól a tüzelőanyag-cellás fűtőberendezésekig. Magyar Épületgépészet, LI. évfolyam, 2002/7. szám





24. ábra: Távhőellátás kapcsolási vázlatja
(termelő és visszasajtoló kúttal, hőszivattyúval, valamint csúcskazánnal)
FORRÁS: Dr. Kontra Jenő: Hévízhasznosítás. Műegyetemi Kiadó, 2004

Hivatkozunk néhány távhőszolgáltatáshoz kapcsolt hőszivattyús rendszerre:

„Stockholmban egy 260 MW-os hőszivattyús távfűtőmű gépei a tenger vizéből nyerik az energia 60%-át, és egy másik 150 MW-os távfűtőmű pedig a városi szennyvíz-te-

lepből nyeri az energia 80%-át. Kanadában az új lakások 95%-át már hőszivattyús fűtéssel tervezik.”³¹⁾ „A svédországi Lundban, a magyarországinál kedvezőtlenebb geotermikus adottságok mellett (800 m mély kútból 23 °C-os víz) épült ki egy kommunális, hőszivattyús fűtési rendszer. 47 MW hőszivattyú-kapacitással, hideg napokon gáztüzeléses ráfűtéssel és a gázturbinás erőmű hulladékhőjének hasznosításával a 90 000 lakosú város fűtési hőigényének 80%-át elégíti ki.”³²⁾

Ismeretes, hogy az olajválságok hatására a távhőellátás fejlődése általában azokban az országokban volt jelentős, ahol a viszonylag nagy fűtési hőigényeken felül az ország energiahordozókban szegény volt és a szénhidrogént importálni kellett, tekintettel arra, hogy a központosított távhőellátás esetén pl. a tüzelőanyag-csere végrehajtása könnyebben és gyorsabban megoldható. A távhőellátás segítheti az önkormányzatokat energiapolitikai programjuk megvalósulásában, a számukra előnyös és gazdaságos energiahordozó-struktúra kialakításában.

31) Forrás: Dr. Gööz Lajos: Energetika jövőidőben, Magyarország megújuló energiaforrásai, lehetőségek – és valóság. Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza, 2007

32) Forrás: Dr. Bobok Elemér – dr. Tóth Anikó: Megújuló energiák. Miskolci Egyetemi Kiadó, 2005



8. HŐSZIVATTYÚS BERUHÁZÁS INDÍTÁSA. VIZSGÁLANDÓ SZEMPONTOK AZ ÖNKORMÁNYZATI BERUHÁZÁSOKHOZ³³⁾

A következőkben szeretnénk a döntéshozóknak a döntés meghozatalához segítséget nyújtani a szükséges alapinformációk, célszerű eljárási módszerek, gazdasági és környezetvédelmi információk szemléltetésével az önkormányzati energiahatékonysági (hőszivattyús) beruházások elősegítésére.³⁴⁾

Ahhoz, hogy egy önkormányzati beruházás esetén – új építés vagy átalakítás – a képviselőtestület döntési helyzetbe juthasson, mindenképpen előzetes tanulmányt kell készíttetni a hőszivattyús hőközpont kiépítésével kapcsolatban. Az előzetes tanulmány célja az épületben a földhős hőszivattyús rendszer alkalmazhatóságának lehetősége, az energiaköltségek és a károsanyag-kibocsátás csökkentéséhez szükséges javaslat elkészítése. Itt a megbízó részéről azonnal felmerül a kérdés, hogy kivel készíttessük el az előzetes tanulmánytervet. Ez azért lényeges kérdés, mert egy előzetes tanulmányterv alapjaiban meghatározza, hogy megvalósul-e a beruházás, vagy sem.

Kiadványunkban közérthető módon azt vázoljuk, hogy egy önkormányzat hogyan kezdhet el gondolkodni egy hőszivattyús beruházás előkészítésén. Általában költségmentes, vagy minimális költségű előzetes tanulmányról beszélünk, amely nem helyettesítheti az auditon alapuló részletes megvalósíthatósági tanulmányt és tervezést, amely egy nagyléptékű beruházásnál már érzékelhető költségvonzattal jár. Ezen költség valószínűsíthető hasznosságáról azonban előzetesen a testületet meg kell győzni.

Itt azonnal a rendszerszemléletre kell hivatkoznunk – amit a következő 9. fejezetben részletesebben ki fogunk fejteni – amelynek lényege, hogy előzetes tanulmányt csak a *hőszivattyús rendszereket teljes szakmai mélységében ismerő, valamint átfogó szakmai tudással ren-*

delkező cégektől, szakemberektől érdemes kérni. Azok a cégek, amelyek csak hőszivattyú értékesítést végeznek, és mélységében nincsenek tisztában az alkalmazott műszaki lehetőségekkel és korlátokkal, alkalmatlanok a feladat elvégzésére. Önálló mérnökirodák szakmailag csak akkor javasolhatók, ha szoros munkakapcsolatban állnak forgalmazóval, gyártóval – fejlesztővel, és az adott rendszer tervezéséhez minden szükséges ismeret elérhető számukra. Azonban különösen a közbeszerzési kötelezettségek miatt a tervező-kivitelező és a döntést előkészítő tanulmányok készítője rendszerint nem lehet ugyanaz a személy, így a valóban hozzáértő előkészítő szakértő(k) megtalálása nehézségekbe ütközhet. Magánberuházások esetén az előkészítő tanulmányt író, tervező és kivitelező szervezet természetesen ugyanaz is lehet (ami szakmailag előnyösebb), de a közpénz védelme önkormányzatok esetében megköveteli a közbeszerzési elvárásoknak való megfelelést.

A kiválasztott és a szükséges beruházási értékeket, energetikai összehasonlító számításokat, energiamegtakarításokat és környezeti előnyöket tartalmazó hőszivattyús rendszerről készült előzetes tanulmány alapján lehetővé válik a képviselőtestületi döntés, az esetleges pályázati előkészítés, a pénzügyi lehetőségek számbavétele, végül a döntés a kiviteli tervek elkészítéséről.

Az előzetes tanulmány elkészítéséhez a tervezőnek át kell adni az épület építészeti és épületgépészeti műszaki terveit, a helyszínrajzot és az energiefelhasználási jelentést, mely az előző 1–2 év adatait tartalmazza.³⁵⁾

8.1. Az épület energetikai számítása

MEGLÉVŐ ÉPÜLETEK ESETÉBEN

Az előzetes tanulmány elkészítéséhez meglévő épületeknél az épületenergetikai számítást a fogyasztási adatokból kiindulva célszerű elvégezni, hiszen ezen előzetes tanulmányokat a legtöbb esetben döntés előkészítésre az egyes forgalmazók díjmentesen bocsátják az önkormányzat rendelkezésére, így részletes energetikai számításra ebben a fázisban nincs mód, és nem is lenne célszerű azt

33) Hangsúlyozzuk, hogy jelen kiadvány az önkormányzati beruházások elősegítésére készült. A magyarországi önkormányzati beruházások hőszivattyús kialakítása sajátosságokkal rendelkezik. A legtöbb meglévő épület, általában radiátoros fűtéssel, s emiatt speciális igények merülnek fel a hőszivattyúval kapcsolatban. Kiépített környezettel rendelkeznek, emiatt komoly elemzést igényel az alkalmazott hőnyerési mód. Éjszaka nem használatos üzemmód, folyamatos üzem miatti nehézkes belső átalakítás stb.

34) Minden beruházónak hasznos információkat közvetít ez a kiadvány, de törekedtünk az önkormányzati beruházások egyedi jellemzőit hangsúlyozni.

35) A beruházás előzetes tanulmányának előkészítéséhez nem a független szakember a kívánalom, hanem a hozzáértő szakember!



elvégeztetni. A célszerűnek látszó módszert az alábbi példa mutatja be (Békéscsaba, Megyeháza irodaépület).³⁶⁾

Kiindulási adatok

Az épület földgázfogyasztása:

- 2005-ben 200 000 Nm³/év,
- 2006-ban 170 000 Nm³/év.

A kazánrendszer valószínűsített éves hatásfoka $\eta_{\text{atl}} = 60\%$

Az épület fűtött alapterülete: 10 000 m²

Az épület fűtött légtérfogata: 28 000 m³

Számított adatok

Fűtésteljesítmény-igény:	630 kW
Éves fűtési energiafelhasználás:	1 079 870 kWh
Földgázfelhasználás:	190 655 Nm ³

Ellenőrző számítás közelítéssel

A tömbös beépítésnél szokásos fajlagos veszteséggel (20–25 W/m³)³⁷⁾ számítva, a szükséges fűtési teljesítmény: 28 000 m³ × 23 W/m³ = 644 kW. Ez alapján számításunk alkalmas egy hőszivattyús hőközpont várható költségének ±10%-on belüli meghatározásához. A szükséges hőszivattyú teljesítményének kiválasztását ezen csúcsteljesítmény-igény figyelembevételével célszerű elvégezni.

ÚJ ÉPÜLETEK ESETÉN

Az új hőtechnikai előírások megkönnyítik a hőszivattyús beruházásokhoz szükséges előzetes tanulmány elkészítését, mert az építészeti tervezéssel összhangban kell elkészíteni az épület energiatanúsítását [lásd: az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet]. A tervek nemcsak a fűtési-hűtési csúcsteljesítmény-igényt tartalmazzák, hanem az éves fűtési/hűtési/hmv³⁸⁾ energiafelhasználást is, így a hőszivattyús

36) Általában meglévő épületekről van szó, amelyek nincsenek energetikai szempontból auditálva. Egy előzetes tanulmány céljára nem valószínű, hogy azonnal auditálni fogják az épületet. Arra azonban mindenképpen fel kell hívni a figyelmet, hogy a további lépéshez, a tervezéshez az első lépés az energiaaudit elvégzése. Új épületeknél könnyebbéség a hőszivattyús rendszertervezők számára az előírt energiaaudit. Így a kiindulási alap ezen esetekben természetesen adott.

37) A fogyasztási adatokból kiinduló fajlagos hőveszteség számítását ellenőrzésképp indokolt összehasonlítani a fajlagos tapasztalati értékekkel. Az előzetes tanulmánynál ez csökkenti a melléfogás lehetőségét és rávilágít az elvégzendő energiaaudit szükségességére. A 25 W/m³ fajlagos hőveszteség felett hőszivattyúk alkalmazása előtt mindenképp a veszteségek csökkentése az elsődleges cél (európai viszonylatban ezen fajlagos értékek 15 W/m³ körül mozognak), hiszen általában ez kisebb költségekkel megoldható, mint túlzott hőszivattyús kapacitások beépítése. Ilyen megközelítésben a fajlagos értékekkel számolás nagy kockázatot nem jelent.

38) HMV illetve hmv: használati meleg víz

tyús hőközpont tervezőjének ezek a kiindulási adatok a rendelkezésére állnak.

Az éves fűtési/hűtési/hmv (kWh) energiaszükséglet ismerete megkönnyíti a földhős hőszivattyús rendszerek tervezését, például a szükséges földhőszondák számának előzetes meghatározását.

8.2. Meglévő vagy új fűtési rendszer áttekintése felhasználhatóság szempontjából³⁹⁾

Magyarországon az elmúlt 25–30 évben tervezett épületek, fűtési rendszerek sok esetben az alábbiaknak megfelelően épültek ki, ezért a következő példában levont következtetések általános érvényűnek tekinthetők. A példában szereplő készüléktípusok (Békéscsaba, Megyeháza irodaépület) nem tekinthetők irányadónak, csak a hitelesség kedvéért rögzítjük.

1. JELENLEGI ÁLLAPOT

Az épület fűtéséről és használatimelegvíz-ellátásáról a tetőtérben elhelyezett 10 db FÉG - Westal AF-105 típusú, 3 db fűtési és a szabályozóblokkot tartalmazó AF-105H gáztüzelésű modulkazán gondoskodik.

A kazánegység jellemzői

A névleges fűtési teljesítmény 1050 kW, amit a kazán 30 db, egyenként 35 kW névleges teljesítményű kazánegység egyidejű működése esetén adhat le. A szabályozóegység egy hagyományos keringtető szivattyú keverőszeleppel. Az égéstermék levezetése lemezkéményen keresztül vezet el.

Az épület fűtésének leírása

Kétcsöves, felső elosztású, meleg vizes fűtés. A hőleadók szokásos kiosztású lapradiátorok, nem minden esetben működőképes, kézi szabályozású radiátorszelepekkel.

A veszteségek eredete általában

A jelentős veszteségeket a következők okozhatják:

- **A kazánrendszer**

A kazánrendszer állapota nem teszi lehetővé a jó hatásfokú üzemeltetést. Ennek elsősorban az őr-lángos gyújtású, kétpontszabályozású atmoszférikus égőrendszer, másodsorban az egyes kazánok elhasználódott állapota az oka.

- **A fűtés hidraulikai beszabályozása**

Strangszabályzó szelepek nincsenek a rendszerbe építve. A fűtési rendszer hidraulikai beszabá-

39) Ebben a fejezetben nem a példa és annak számadatai a lényegesek és mérvadóak, hanem maga a metodika, s a levonható általános következtetések.



lyozása nem megfelelő. A szükségesnél nagyobb víztömegárammal üzemelő területeken túlfűtést okoz. Az épület valamennyi zónáját azonos előremenő hőmérsékletű vízzel fűtik, így a legnagyobb hőigényű terület kivételével minden más helyen túlfűtés van. A hőleadókat (a radiátorokat) nem szerelték fel termosztatikus szelepekkel.

2. HAGYOMÁNYOS GÁZFŰTÉSES RACIONALIZÁLÁS

AZ ENERGIAMEGTAKARÍTÁSI LEHETŐSÉGEK KIMUTATÁSA

Az energiamegtakarításnak és a környezetterhelés csökkentésének fűtéstechnikai oldalról lehetséges változatait elemezzük az alábbiakban.

A kazán cseréje

Célunk az érzékelhető energiamegtakarítás és a szennyezés csökkentése – ezért kondenzációs kazán alkalmazását javasoljuk.

A kondenzációs technika (kondenzációs kazán) kiemelkedő hatásfoka csak kisebb hőmérsékleten valósítható meg, emiatt a belső fűtési rendszer átalakításánál ugyanazt az átalakítást kell elvégezni, mint hőszivattyú alkalmazása esetében. Tehát mindenképpen szükséges fan-coil készülékek részleges beépítése.

A hőszivattyús technikához viszonyítva azonnal jelentkezik egy komoly hátrány, nevezetesen az, hogy a beépített fan-coil készülékek ugyan alkalmasak hűtésre, de ehhez a kazánrendszeren kívül nagyteljesítményű folyadékűtőt is a rendszerbe kell építeni! Ez jelentősen növeli a beruházási költséget!

Javaslat: 18 db 720 kW teljesítményű, egyenként 40 kW-os egységekből álló moduláris kazán.

Fűtési üzemmód: a pillanatnyi teljesítményt egy vezérlő mikroprocesszor határozza meg az igényelt hőmérséklet (vagy a külső szabályozás által számított hőmérséklet), és az előremenő ág globális hőmérséklete közötti összehasonlító paraméterek előre beállításával.

A fűtési rendszer optimalizálása

- Termosztatikus radiátorszzelepek beépítése (a bekapozott oldalon feltétlenül)
- A fűtési rendszer hidraulikai beszabályozása strangszabályozókkal.

3. A FÖLDHŐS HŐSZIVATTYÚS RENDSZER KIALAKÍTÁSA

Hőszivattyú esetében alapvető szempont, hogy a fűtést úgy alakítsuk ki, hogy az a lehető legkisebb hőmérsékleten működhessen.

- **Új építésű intézményi épületeknél** meg kell vizsgálni a sugárzó fal- és mennyezetfűtések

beépíthetőségének lehetőségét, hiszen ezzel a módszerrel oldható meg leggazdaságosabban a fűtés és a hűtés.

A sugárzó falfűtés maximális hőmérsékletének kialakításához mindenkor az adott hőszivattyú lehetőségét kell elsődlegesen figyelembe venni. Kishőmérsékletű (legfeljebb 45–50 °C) hőszivattyúk alkalmazásakor a sugárzó fűtési rendszerekhez – tapasztalataink alapján – a legfeljebb 42/35 °C-os (fűtési előremenő/fűtési visszatérő) hőmérsékletlépcsőt ajánljuk.

A padlófűtés kialakítása intézményi rendszerekben a fűtésszabályozásban okoz sokszor nehezen megoldható feladatot a rendszer nagy tehetetlensége miatt. A kifejezetten szakaszos üzemű intézményi épületek esetében emiatt, és a jelenlegi (2007. július) kedvezőtlen ártarifa miatt a padlófűtések alkalmazása gazdaságilag elfogadható megoldásként csak körültekintő mérlegelés alapján jöhet számba. Amennyiben az épület szerkezete, jellege nem teszi lehetővé sugárzó fűtések alkalmazását vagy az épületszerkezet temperálását, fan-coil rendszerek kialakításában célszerű gondolkodni.

- **Meglevő épületeknél** a sugárzó fűtések kialakítása költségtakarékos módon nehezebben megoldható feladat, hacsak nem az egész épület teljes felújítása van napirenden. Amennyiben csak hőszivattyús rendszerre kell állni és a belső fűtésen a legkisebb mértékben szükséges csak változtatni, akkor a radiátorok helyett fan-coil készülékek alkalmazását javasoljuk.

8.3. A hőszivattyús hőközpont kialakíthatóságának vizsgálata

Az intézményi épületek sajátossága a lakóépületekkel szemben, hogy nappali műszakban a helyiségek teljesen kihasználtak, az előírt hőmérsékleteket tartani szükséges, tehát a beépített csúcsteljesítményre a rendszer érzékenyebb.

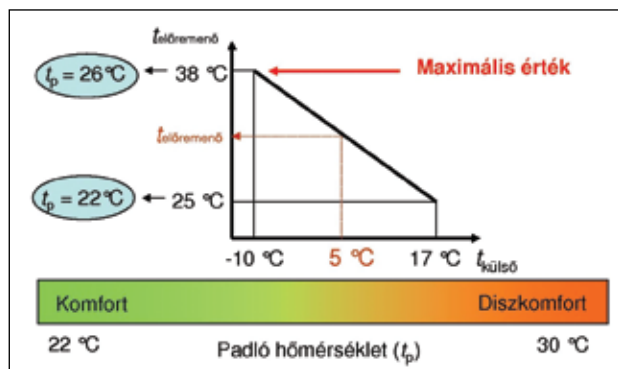
ÚJ ÉPÍTÉSŰ INTÉZMÉNYI ÉPÜLETEK

EI kell döntenünk, monovalens, vagy bivalens fűtési rendszert választunk. A magyarországi földhős viszonyokat elemezve, tapasztalataink alapján – környezeti hőmérsékleti adataink, a beruházási költségek és az energiamegtakarítások nagyságát a fosszilis alapú tüzelési rendszerekkel összehasonlítva – kijelenthetjük, monovalens hőszivattyús rendszerek gazdaságosan és üzembiztosan kialakíthatóak hazánkban is. A monovalens rendszerek felhasználhatósága azonban korlátozott.



A monovalencia korlátait mutatja, hogy a -15 °C külső lég-hőmérsékletre méretezett hőszivattyús rendszerek ennél alacsonyabb külső léghőmérsékletek esetén csak komfortcsökkenéssel képesek ellátni feladatukat.

Ezért monovalens hőszivattyús rendszerek esetében az esetlegesen előforduló rövid, de szélsőséges időjárási körülményekre, áramszünetekre stb. tekintettel a rend-



25. ábra: Időjáráskövető ($t_{\text{külső}}$) szabályozással a padló hőmérséklete (t_p) a lehető legalacsonyabban tartható

FORRÁS: DAIKIN cég

szerbe legalább 10% tartalékot célszerű beépíteni, hogy váratlan és jelentős hőkomfortcsökkenés ne fordulhasson elő (lásd a 25. ábrát). Ez lehet villamos és/vagy fosszilis alapú rásegítés is. A 10%-os hőszivattyús túltervezés – ami költségtöbblet – tapasztalataink alapján csak akkor ésszerű megoldás, ha a rásegítés megoldása valamilyen oknál fogva nem kivitelezhető.⁴⁰⁾

A meglévő intézményi épületek sajátossága az általánosan elterjedt melegvízüzemű fűtőrendszer földgáztüzeléses kazánnal (kazánokkal). A hőszivattyús hőközpont maximális teljesítményét ebben az esetben – a beruházási költségek csökkentése érdekében – a gyakorlati tapasztalatok alapján 0–20% között célszerű alátérvezni, és az esetlegesen szükséges 10–30% csúcsteljesítmény-hiányt a legjobb egy kondenzációs gázkazánal kiegészíteni.

A kiegészítő fűtés százalékos értékét minden esetben az adott rendszert tervező mérnöknek kell eldönteni, illetve javasolni. Vizsgálni kell a beruházási költségeket, a várható energiamegtakarításokat és a helyi pénzügyi lehetőségeket, de célszerű figyelembe venni az előre látható energiaár-változásokat is.

40) A bivalencia pontot minden adott beruházásnál elemezni szükséges! Csúcsidőszakokat többéves átlag külső hőmérsékleti adatok alapján számolnak a tervezésnél, s így az átlagtól eltérő anomáliák miatt a rendszert alátérvezni nem szabad. A puffertárolót 5–10 perces tárolásokra alkalmazva a kompresszor stabilan működtethető. Nagyobb rendszereknél a legtöbb esetben a csúcsidő lefaragását, s ezzel beépített teljesítmény csökkentését eredményező vizes tárolók beépítése költséges, helyigényes, és több veszteséggel, mint a haszonnal járna.

Példa

A rendelkezésünkre bocsátott fogyasztási adatokból és a jelenlegi hőközpont becsült hatásfokából kiindulva már korábban meghatároztuk a teljesítményigényt: 630 kW. A hőszivattyús hőközpontot 90%-os bivalens rendszerként terveztük. A meglévő földgáztüzeléses rendszer ugyanis lehetőséget teremt a beruházási költség csökkentésére úgy, hogy az üzemeltetési költség érezhetően ne növekedjen. A tervezett várható fűtési teljesítményigényt 6 db hőszivattyú kaszkád kapcsolásával valósítanánk meg, és így széles tartományban lehetőség lenne a kimenő fűtő-/hűtőtéljesítmény igényekhez illesztésre. A nyári hőterhelés szabta hűtési teljesítményigényt ugyanezekkel a hőszivattyúkkal a hőszivattyúk aktív hűtési üzemmódra átkapcsolásával oldjuk meg. A hőszivattyúk beépítését a tetőtérben jelenleg kialakított modul rendszerű hőközpont helyett nem tartjuk járható útnak a nagy földemterhelés miatt. (A hőszivattyúk, puffer- és hmv-tartályok súlya kb. 12 t!) Ez feltétlenül építészeti, statikai felülvizsgálatot tesz szükségessé. Ezért a hőközpont elhelyezésére elképzelhető, hogy alkalmasabb, teherbíróbb helyiségre van szükség.

A tervezett kazánelteljesítmény-igény: 60 kW. A fűtési csúcsteljesítmény-igény a 6 db földhős hőszivattyúval és a kondenzációs gázkazánokkal így megoldható.

8.4. A hőnyerési lehetőség meghatározása

ÚJ INTÉZMÉNYI, ÖNKORMÁNYZATI ÉPÜLETEK

A fentebb vázolt hőnyerési módok környezetvédelmi, gazdaságossági, műszaki összehasonlítása alapján látható, hogy hazánk földhős adottságait figyelembe véve az a hőnyerési mód hozza a legmegfelelőbb eredményt, amely ezt az igen kedvező lehetőséget hasznosítani tudja. *Esetünkben két hőszivattyús rendszer jöhet számításba, az ún. kétkutas rendszer (nyitott rendszer) és a zárt hurkos földhőszondás rendszer (lásd a 26., 27. ábrát és a 3. képet).*

Felhívjuk a figyelmet arra, hogy nem szabad elfeledkezni a hulladék hő-hasznosítás lehetőségéről, hiszen ez a leg hatékonyabb hőnyerési mód, de csak egyedi esetekben alkalmazható (pl. fürdő, intézményi konyhai hulladék hője).⁴¹⁾

A kétkutas rendszer alkalmazása megfelelő hőmérsékletű, minőségű és tömegáramú víz esetén a hőszivattyú COP értékében jobb is lehet, mint a földhőszondás rendszer. Viszont a víz kiemeléséhez, visszajuttatásához adott esetben lényegesen nagyobb szivattyúzási munka is tartozhat, amely a $COP_{\text{éves}}$ értéket csökkentheti. Alkalmazásának

41) Természetesen minden olyan esetben meg lehet vizsgálni a hővisszanyerés módját, amikor hulladék hő képződik. A beruházási költségek alakulását és a várható energiamegtakarítást azonban minden esetben vizsgálni szükséges.



egyrésről korlátot szab az, hogy csak olyan területeken jöhet szóba az alkalmazása, ahol 30–100 m-en belül megfelelő mennyiségű és vegyi összetételében nem agresszív víz áll rendelkezésre. Másrésről a rendszer COP értékét erősen befolyásoló tényező, hogy a statikus vízszint a kútban mekkora mélységben van, hiszen ez a szivattyúzáshoz szükséges teljesítményfelvételt lényegesen befolyásolja.

Tévedés, amikor azt feltételezzük, hogy a kutas és földhőszondás rendszerek COP értékét a kút feljövő vízhőmérséklete és a furat talphőmérséklete alapján össze lehet hasonlítani! Egy nyitott kutas rendszer pillanatnyi COP értékét – az áramlási veszteségek figyelmen kívül hagyásával – egy adott kondenzációs hőmérsékleten, a feljövő vízhőmérséklet közel állandó értéke miatt könnyű meghatározni. A földhőszondás rendszernél azonban a pillanatnyi COP értéket a furat talphőmérsékletén kívül számos tényező (a talaj hővezető-képessége, szondaterhelés, a tömedékelés ellenállása stb.) befolyásolja, amelyek hatására a földhőszonda közelében a talaj hőmérséklete s így a feljövő közeg hőmérséklete minden percben változhat! Ezért összehasonlításra csak az éves átlagos COP értékek alkalmasak!⁴²⁾

A gazdaságosság további befolyásoló tényezője, ha a hőszivattyún átengedett víz egy részét ivóvíz céljára is felhasználhatunk, akkor a rendszerbe egy közben lévő hőcserélő beépítése is szükséges, hogy havária esetén a hűtőközeg az ivóvízzel közvetlenül ne érintkezhesen. Ez a megoldás a rendelkezésre álló hőmérsékletet legalább 3–5 °C-kal csökkenti. – Természetesen viszonylag nagy, 20 °C feletti vízhőmérséklet esetén ennek nagy jelentősége nincs, csak a kút tömegáram-szükséglete növekszik. Kisebb hőmérsékleteknél azonban egyértelműen csökken az elérhető $COP_{\text{éves}}$ érték. *Hőigény (pl. hmv-igény) esetén az önkormányzatokhoz tartozó vízműveknek is lehetősége van az ivóvíz hőjének hasznosítására, ha ennek a szolgáltatott ivóvíz-hőmérsékletre nincs kedvezőtlen hatása!*

A kétkutas rendszerek alkalmazhatósági lehetőségeit minden esetben meg kell vizsgálni. Olyan helyeken például, ahol természetes vízfolyás, tó van és a partjától nem messze hőszivattyús rendszert kívánunk telepíteni, számolni lehet 15–30 m mélységű, parti szűrésű kutak kialakításának a lehetőségével. Ha az illetékes vízügyi hatóság is enge-

délyezi, megoldható a kinyert víz visszaengedése a természetes vízfolyásba (a 30 °C alatti, környezetre nem ártalmas víz visszaengedhető). Ezzel a módszerrel is hatékony, nagy $COP_{\text{éves}}$ értékű hőszivattyús rendszert alakíthatunk ki.

Kétkutas rendszereknél a kút élettartama korlátozott lehet. A vízminőségből adódóan a rendszernél karbantartási költségek merülhetnek fel, a kút vízadó képessége változhat, amely újabb karbantartási költségekkel járhat. További kockázat a vízminőség változásának hatása a hőszivattyú hőcserélőjére.

A zárt földhőszondás rendszer előnyei: élettartama minimum 50 év, karbantartási költség nincs, gyakorlatilag bárhol megvalósítható, ahol 50–100 m mélységű fúrásokra engedélyt ad az illetékes Bányakapitányság. (Lásd a 2. képet és a hátsó borítón a fúróberendezést).⁴³⁾ Helyigénye új épületeknél gyakorlatilag nincs, hiszen ebben az esetben a fúrások illetve a függőleges földhőszondák telepítése az épület alatt is kivitelezhető.⁴⁴⁾

A Kárpát-medence geológiai sajátosságai miatt energetikai szempontból – precíz tervezés mellett – a ma használatos földhős hőszivattyúkkal fűtési üzemmódban $COP_{\text{éves}} = 4,0\text{--}4,5$ érhető el, hűtési üzemmódban $COP_{\text{éves}} = 5,5\text{--}7,5$ amelyben már szerepel a primeroldali keringtető szivattyú teljesítményszükséglete is. A keringtető szivattyú teljesítményigényét lehetőleg minél kisebbre szükséges megválasztani, ezért a gerincvezetékét a 26. ábrán látható módon, az ún. Tichelmann-elv alapján célszerű megvalósítani, valamint ügyelni kell a megfelelő csőátmérőkre, és csatlakozásoknál a minimális ellenállásokra. A Tichelmann-féle csővezetékrendszer lényege, hogy a vezeték elrendezése nyomáskiegyenlítésre is szolgál, az azonos vezeték hosszúság azonos nyomáskülönbséget eredményez.⁴⁵⁾ Hátrányai a nyitott rendszerrel szemben, hogy ter-

43) A fúrás, engedélyezés bányakapitányságonként változó követelményeket támaszt a tervezővel szemben. Sajnos volt már példa rá, hogy a szondatelepítéshez bizonyos területeken a szakhatóságok nem járultak hozzá. Bányajáradék-fizetési kötelezettség 30 °C alatti hőelvétel esetében, földhős hőszivattyús rendszereknél nincs.

44) Új épületeknél általánosságban igaz, hogy az épület alatt a földhőszondák elhelyezhetők. Általánosságban az is igaz, hogy az épület mellett Tichelmann rendszerben telepített szondáknak a telepítés után helyigényük nincs, mert 2 m mély a gerincelés.

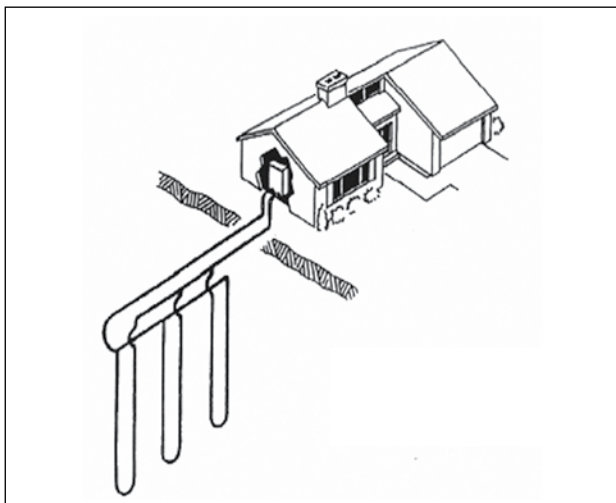
45) Nem tudunk egyetérteni azzal az állásponttal, hogy a szabályozószelepes és Tichelmann-ba kötött szondák hidraulikai ellenállása közel azonosnak tekinthető! Szabályozószelepes megoldás esetén a 100 m-re telepített szondák hossza a vízszintes elhúzás miatt lényegesen hosszabb, a beépített szabályozószelepek áramlási ellenállása alaphelyzetben is viszonylag nagy, és ehhez jön még a fojtás okozta veszteség. Az osztóba be- és kilépésnek, a csatlakozó idomoknak szintén van vesztesége. Ezen veszteségek összeadódva a Tichelmann rendszerrel nem összehasonlítható veszteséget okoznak. S ekkor még nem beszéltünk arról a gondról, hogy a 20 db szondaszám feletti rendszereket a kivitelező képes hidraulikailag fojtással összehangolni! Hangolás hiányában a rendszer jelentősen csökkenti az elérhető $COP_{\text{éves}}$ értéket!

42) Igaz ez a nyitott rendszerekre is, hiszen a primeroldali keringtető szivattyú teljesítményfelvételét mindig a rendszer részeként kell tekinteni, és ez minden projekttnél más. A külső hőmérséklet alapján szabályozott kondenzációs hőmérséklet az éves átlagos COP értéket jelentősen módosítja a pillanatnyi – maximális kondenzációs hőmérsékletre alapozott – COP értékhez képest. Ezen paraméter elméleti meghatározása csak az adott bemeneti talaj és terhelési paraméterek, külső és belső hőmérsékleti adatok stb. alapján lehetséges, amely minden projekttnél másképp alakul. Erre alkalmasak a speciális számítógépes szoftverek. Folyamatos méréssel és adatrögzítéssel az elmélet ellenőrizhető.



vezése nagyobb hozzáértést, tervezői tapasztalatot igényel, a kivitelezése eszközigenyes, beruházási költsége pedig ezek miatt nagyobb.

A fentiek alapján tehát a mi viszonyaink között, a legtöbb esetben – kis és közepes rendszerek esetén – minden szempontot figyelembe véve, a zárt hurkos földhőszondás rendszer adja környezetvédelmi és energetikai szempontból a legjobb eredményt! Új építéseknél ezért elsősorban a zárt hurkos földhőszondás rendszerek kiépítését tartjuk a legjobb megoldásnak.



26. ábra: Földhő hasznosítása zárt hurkos, földhőszondás csövezéssel



2. kép: Mobil fúróberendezés



3. kép: Két szondacső párhuzamos hurokba kötve a bentonitos ki-töltéssel⁴⁶⁾

MEGLÉVŐ INTÉZMÉNYI, ÖNKORMÁNYZATI ÉPÜLETEK

Ebben az esetben is szükség van a helyszín ismeretében elemzésre a hőnyerési mód meghatározásához. Elképzelhetőek olyan körülmények, hogy a nyitott kutas rendszer objektív okok (pl. vízhiány) miatt nem valósítható meg, és helyszűke miatt nincs elég hely a függőleges zárt földhőszondák kiépítéséhez a szükséges fűtési teljesítményszükséglet 80–100%-os kielégítésére. Ilyen esetben a tervezőnek meg kell határozni a gazdaságosan megvalósítható hőnyerési lehetőséget, és azt, hogy ezzel egy bivalens (földhős hőszivattyú + földgáztüzeléses) rendszert energiamegtakarítási és környezeti hatásokat vizsgálva érdemes-e kialakítani.

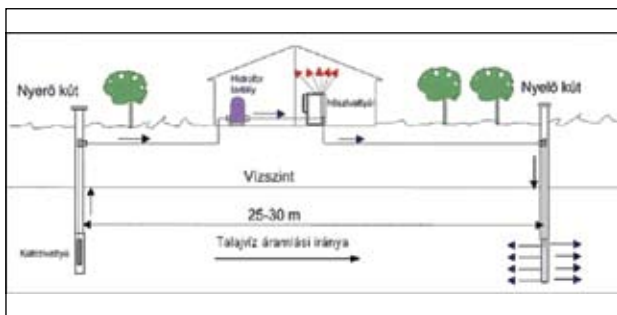
Példa (Békéscsaba, Megyeháza)

Jelen esetben egy meglévő épületről van szó, amelynek viszonylag kicsi, részben burkolt, parkosított udvara van. Ilyen helyen a zárt hurkos földhőszondás rendszer kialakítása túl nagy rombolással járó megoldás lenne, és a rendelkezésre álló terület sem elegendő a szükséges teljesítmény kiépítéséhez.

Ilyen esetben mindenképpen a földhős energiahasznosítás másik formáját, a nyitott kutas hőnyerési mód alkalmazhatóságát kell megvizsgálni. A vízügyi szakértő és a felelős tervező vízügyi létesítési terve alapján a tervezett területen a létesülő kútba 83–93 m közötti vízadó réteg beszűrőzése javasolt. Ez a réteg a környező vizsgált kutakban egyaránt kimutatható, a kútkiképzéshez szükséges vastagságot eléri. A vízminőség tekintetében a hőszivattyús alkalmazáshoz várhatóan elfogadható minőségű víz szolgáltat. A kútvíz-hőmérséklet 15–16 °C.

46) A kép a tömedékelést is szemlélteti, melynek elmaradása, vagy a megfelelő tömörségű és az adott helyhez illeszkedő jó hővezető képességű anyag hiánya súlyos károkat okozhat. A különböző talajokhoz más-más tömedékelési mód tartozik.





27. ábra: Nyitott rendszerű vízkútpáros hőszivattyús fűtésre/hűtésre
 FORRÁS: GEOWATT Kft.

A tervezett hőszivattyú szükséges vízdali tömegárama 16 °C-os feljövő víz esetében: 307 l/min (ha ez az érték téli viszonyok között biztonsággal tartható!).

A tervezett 6 db hőszivattyút megvizsgáljuk arra az esetre, amikor a primer oldalon 2 x 3 db szivattyút sorba kötünk, és így a három hőszivattyúhoz csak 1/3-ad tömegáramot kapunk.

A víz szükséges tömegárama $6 \times 307 \text{ l/min} = 1842 \text{ l/min}$, ezzel szemben: $2 \times 307 \text{ l/min} = 614 \text{ l/min}$.

Ez a megoldás lényegesen csökkenti a beruházási költséget, és egy elfogadható $COP_{\text{éves}}$ értéket ad.

Hőmérsékletlépcsők	Fűtőteljesítmény $T_c = 45 \text{ °C}$ esetén	COP
I. fokozat: 16 °C/11,6 °C	118 kW	4,9
II. fokozat: 11,6 °C/7,8 °C	106 kW	4,4
III. fokozat: 7,8/3,9 °C	96 kW	4,0
Összesen:	$320 \text{ kW} \times 2 = 640 \text{ kW}$	4,43

Az átlagos COP-érték nem kiegyenlített felhasználás esetében:

$$COP = 4,4 \text{ (a keringtető szivattyú teljesítményigényét nem számolva).}$$

Kiegyenlített felhasználás esetében a várható éves átlagos:

$$COP_{\text{éves}} = 4,6 \text{ (a keringtető szivattyú teljesítményigényét is számolva).}$$

Kiegyenlített felhasználás alatt a külső levegő-hőmérséklet alapján történő fűtési előremenő víz hőmérséklet szabályozását értjük.

Amennyiben a 16 °C-os kúthőmérséklet téli üzemmódban biztonsággal nem tartható, és a víz 0 °C-ra, vagy 0 °C alá hűlhet, célszerű a 3 x 2 db hőszivattyút sorba kötni.⁴⁷⁾ A víz szükséges tömegárama ebben az esetben: $3 \times 307 \text{ l/min} = 921 \text{ l/min}$.

47) 0 °C alatt a víz halmazállapot-váltáson megy keresztül, jég képződik, amely az elpárologtatót roncsolhatja.

Hőmérsékletlépcsők	Fűtőteljesítmény $T_c = 45 \text{ °C}$ esetén
I. fokozat: 14 °C/9,9 °C	112 kW
II. fokozat: 9,9 °C/6,2 °C	103 kW
Összesen:	$215 \text{ kW} \times 3 = 645 \text{ kW}$

Az átlagos COP-érték nem kiegyenlített felhasználás esetében:

$$COP = 4,45 \text{ (a keringtető szivattyú teljesítményigényét nem számolva).}$$

Kiegyenlített felhasználás esetében a várható éves átlagos:

$$COP_{\text{éves}} = 4,7 \text{ (a keringtető szivattyú teljesítményigényét is számolva).}$$

8.5. Összehasonlító energetikai és várható megtérülési számítások⁴⁸⁾

A becsülhető beruházási költségek kondenzációs gázkazán esetében

A kazánház átalakítása, kémény, szivattyúk cseréje: 13 000 000,- Ft + ÁFA

Fan-coil rendszerre átalakítás: 10 000 000,- Ft + ÁFA

Folyadékűtés szerelvényei 200 kW: 20 000 000,- Ft + ÁFA

Strangszabályozók: 6 000 000,- Ft + ÁFA

Tartalék keret: 2 000 000,- Ft + ÁFA

Tervezés és mérnöki szolgáltatások: 1 000 000,- Ft + ÁFA

Összesen: 52 000 000,- Ft + ÁFA

A becsülhető beruházási költségek földhős hőszivattyús fűtő-hűtő rendszer esetében

Hőszivattyús hőközpont: 64 356 000,- Ft + ÁFA

Villamos beruházási költségek: 2 000 000,- Ft + ÁFA

Fan-coil rendszerre átalakítás: 10 000 000,- Ft + ÁFA

Strangszabályozók: 6 000 000,- Ft + ÁFA

Tartalék keret: 2 000 000,- Ft + ÁFA

Tervezés és mérnökszolgáltatások: 1 000 000,- Ft + ÁFA

Összesen: 85 356 000,- Ft + ÁFA

48) Az esettanulmányhoz tartozó konkrét adatok 2007. első fél-éves árak. Az árfolyamok, szolgáltatói árak, s a beruházás számolt költségei nem iránymutatók, hanem olyan egyszerű módszert mutatnak, amellyel egy beruházási döntést elő lehet segíteni.



A megtérülési idők meghatározása kondenzációs gázkazán esetében

Kondenzációs gázkazán esetében	$\eta_{\text{kond}} = 104\%$
A meglévő kazános rendszer hatásfoka:	$\eta = 60\%$
Éves gázfogyasztása:	200 000 Nm ³ /év.

Költségmegtakarítás

A jelenlegi éves fűtési energiaköltség	18 684 198,- Ft
A kondenzációs gázkazán éves fűtési energiaköltsége	10 779 345,- Ft
A fűtési energia megtakarítása:	7 904 853,- Ft
A hűtési energia várható éves költsége: (a megtakarítás hűtésnél nem jelentkezik) ⁴⁹⁾	3 127 633,- Ft

A kondenzációs gázkazán kiépítésének megtérülési ideje

A beruházás teljes költsége:	52 000 000,- Ft
Évenkénti megtakarítás:	7 904 853,- Ft
Megtérülési idő:	6,58 év.

A megtérülési idők alakulása földhős hőszivattyús rendszer esetében

A földhős hőszivattyú teljesítménytényezője: $COP_{\text{éves}} = 4,6$ (új fejlesztésű hőszivattyú esetén 5,5 – fejlesztése folyamatban van)⁵⁰⁾

A meglévő kazános rendszer hatásfoka:	$\eta = 60\%$
Éves gázfogyasztása:	200 000 Nm ³ /év.

Költségmegtakarítás földhős hőszivattyú alkalmazásakor

A jelenlegi éves fűtési/hűtési energiaköltség	21 811 831,- Ft
Földhős hőszivattyús rendszer éves energiaköltsége	7 570 998,- Ft
Fűtési/hűtési energiamegtakarítás	14 240 833,- Ft

A hőszivattyús beruházás megtérülési ideje

A beruházás teljes költsége:	85 356 000,- Ft
Évenkénti megtakarítás:	14 240 833,- Ft
Megtérülési idő:	5,99 év

(új típusú hőszivattyú esetén 5,57 – fejlesztése még folyamatban van)

49) Kondenzációs kazán beépítése esetén megtakarítás hűtési üzemmódban nem jelentkezik.

50) Új fejlesztésű illetve új típusú alatt a GEOWATT Kft. által kifejlesztett és szabadalmaztatott hőszivattyút értjük. Szabadalmi szám: U0600213, publikálva pl.: <http://www.epiteszforum.hu/files/NEMZETKOZI%20KONFERENCIA%202007%20május%2028-30.ppt>; http://www.epiteszforum.hu/files/angol_nyelvu_aloadas.doc

KÖVETKEZTETÉSEK

E példából látható, hogy a vizsgált irodaépület esetében – ha cél a rendszer jelentős energiamegtakarítással és környezeti előnyökkel járó átalakítása, és emellett a hőszivattyú az egész épület hűtését is biztosítja a hőkomfort növelésével –, mindenképpen a vázolt földhős hőszivattyús rendszer előnye emelkednek ki! Jelenlegi energiaárakon vizsgálva a rendszereket (és állami támogatás nélkül) a hőszivattyú megtérülési ideje a bemutatott esetben tehát még kedvezőbb is, mint a gáztüzeléses rendszeré, amelynek éves hatásfokát talán kissé túlságosan is előnyösre választottuk ($\eta_{\text{kond}} = 104\%$).

Sőt az energiaárak látványos emelkedése folyamatosan a hőszivattyú javára billenti a mérleget, hiszen az energia ¾-ed részét ingyen energiaként a talajból nyerjük, így az energiaárak várható növekedésével a megtérülési idő öt év átlagában még erőteljesebben a földhős hőszivattyús rendszer helyzetét javítja.

8.6. A várható környezeti hatások becslése

6. táblázat: A békéscsabai megyeháza épületegyüttese által a gázkazános rendszerrel kibocsátott szennyezőanyagok (CO₂, NO_x, CO) jelenlegi mennyisége

Év	2008
Fűtésienergia-felhasználás [GWh]	2,18
CO ₂ -kibocsátás [m ³]	258 752
NO _x -kibocsátás [t]	0,654
CO-kibocsátás [t]	0,327

Megjegyzés: A CO₂-kibocsátás meghatározásánál alapul vettük, hogy 10 m³ földgáz elégetésekor 11,13 m³ CO₂ keletkezik. Az NO_x-ot a DIN-szabvány által megengedett érték (200 mg/kWh) 1,5 szeresével, a CO-ot szintén a DIN-szabvány által megengedett érték (100 mg/kWh) 1,5 szeresével számoltunk.

7. táblázat: A kondenzációs kazán beépítésével csökkentett szennyezőanyag-mennyiség (hűtéssel együtt)

Év	2008
Fűtésienergia-felhasználás [GWh]	1,64
CO ₂ -kibocsátás [m ³]	158 575
NO _x -kibocsátás [t]	0,492
CO-kibocsátás [t]	0,246



8. táblázat: A földhős hőszivattyús rendszerrel csökkentett szennyezőanyagok (CO₂, NO_x, CO) „esetleges” globális mennyisége magyarországi erőművek esetén

A hőtermelő megnevezése	Hőszivattyú	Új fejlesztésű hőszivattyú
A GHP-k működtetéséhez szükséges éves villamos energia [GWh]	0,273	0,234
Erőművi energiaszükséglet $\eta = 30\%$ [GWh]	0,91	0,78
CO ₂ -kibocsátás [m ³]	107 291	82 627
NO _x -kibocsátás [t]	0,273	0,234
CO-kibocsátás [t]	0,136	0,117

A helyi károsanyag-kibocsátás = 0 (vagyis nincs helyi szennyezés).

9. táblázat: A globális szennyezőanyag-kibocsátás csökkenése

A hőtermelő megnevezése	CO ₂ -kibocsátás-csökkenés [M ³ /év]	NO _x -kibocsátás-csökkenés [t/év]	CO-kibocsátás-csökkenés [t/év]
Kondenzációs gázkazán (helyi)	100 177	0,162	0,081
Hőszivattyú (erőművi)	151 461	0,381	0,191
Új fejlesztésű hőszivattyú (erőművi hálózat)	176 125	0,42	0,21

KÖVETKEZTETÉSEK

Amennyiben a hőszivattyús rendszer alkalmazását összességében, a szennyezőanyagkibocsátás-csökkenés figyelembevételével vizsgáljuk, akkor a rendszer előnyei még szembeötlőbbek.

Amellett, hogy a helyi károsanyag-kibocsátás „0” – amely egyáltalán nem elhanyagolható szempont egy város levegőminőségében – az erőművi kibocsátás is jelentősen csökken! A fenti csökkenés, mint azt az előzőekben kifejtettük, a minimális érték, hiszen a technika fejlődésével az erőművi hatásfok várhatóan nálunk is növekedni fog (pl. kapcsolt energiatermelés) és a csúcson kívüli energia felhasználása tovább csökkenti a számított kibocsátást.

Látható, hogy a megfelelő szinten tervezett és kivitelezett, jó COP értékű hőszivattyús rendszerek nemcsak helyi, hanem nemzetgazdasági szinten is jelentős primer-energiahordozó-megtakarítást, és ezzel párhuzamosan jelentős „károsanyag” kibocsátás-csökkenést hoznak létre, ezért elterjesztésük indokolt!



9. MEGVALÓSÍTÁSI TAPASZTALATOK

9.1. Rendszerszemlélet a hőszivattyú kiválasztásához

Az előző pontokban vázolt előzetes megvalósíthatósági tanulmány(ok) alapján a képviselőtestületnek két fő dologban kell döntenie:

- a., A beruházás megvalósításáról, vagy elvetéséről
- b., A betervezendő hőszivattyús rendszerről

A hőszivattyús rendszer döntési mechanizmusa ellentétes a gázkazános rendszereknél megszokott pályázati rendszerrel, amikor egy független tervező cég elkészíti a kiviteli terveket, és a kivitelezés alkalmával a fővállalkozó, vagy önkormányzat megpályáztatja a készüléket, és a kedvezőbb árút (az olcsóbbat) minden műszaki probléma nélkül be lehet építeni a tervezett helyébe. A nagy $COP_{\text{éves}}$ értékű rendszerek megvalósítása érdekében – az önkormányzatnak már ebben a fázisban dönteni, pályáztatni szükséges, és a pályázati kiválasztást követő döntés alapján a hőszivattyús rendszerre tervezési megbízást kell kiadni!

Ez a szempont azért nagyon lényeges, mert minden hőszivattyús készüléknek adott elpárolgási és kondenzációs hőmérsékleten más és más paramétere, szabályozási tulajdonsága, tömegáram-szükséglete van, és ez a legjobb $COP_{\text{éves}}$ érték elérése érdekében sajátos tervezési és kivitelezési módszert tesz szükségessé. E sajátosságokat csak azok a forgalmazók ismerhetik meg, és dolgozhatják ki a saját műszaki irányelveiket a gyártók segítségével, akik műszakilag is felkészültek ezen az összetett, tudományos ismereteket is igénylő szakterületen. Ezeket az adott körülményekre kifejlesztett hőszivattyús rendszerekre vonatkozó ismereteket később azután a külső tervezőkkel és kivitelezőkkel meg tudják osztani.

Különösen igaz ez a zárt hurkos földhős hőszivattyús rendszerek esetében. A földhőszondás rendszert csak egy adott típusú hőszivattyúhoz lehet méretezni! Az egyes hőszivattyúkhöz a tervezett azonos értékű $COP_{\text{éves}}$ érték eléréséhez lényegesen nagyobb, illetve kisebb földhőszondaszám is elképzelhető. Sajnálatos módon ezzel egyes esetekben sem a tervezők, sem a forgalmazók, sem a beruházók nincsenek tisztában, és egy adott típusú hőszivattyús rendszerhez tervezett földhőszonda rendszerre előfordul, hogy a tervezettől eltérő, más típusú hőszivattyút telepítenek. Ennek következménye, hogy olyan hőszivattyús rendszerek is megvalósulhatnak, amelyek nem erősítik a beruházó önkormányzatok és a hőszivattyús szakma hőszivattyús rendszerekbe vetett hitét.

9.2. A hőszivattyús rendszer kiválasztási szempontjai

Magyarországon a hőszivattyús technika elterjedésével rohamosan nő azon cégek száma, amelyek hőszivattyút kínálnak eladásra, és ezzel párhuzamosan nő a felkínált hőszivattyúk típusainak száma is. Sajnos a hőszivattyús technika sajátosságai miatt a megrendelők nehezen tudnak dönteni az egyes hőszivattyú típusok – jobb esetben hőszivattyús rendszerek között. Az alábbiakban ehhez a döntéshez kívánunk segítséget adni.

A hőszivattyúk összehasonlítása csupán a publikus adatok alapján többnyire nem elégséges a döntés meghozatalához.

Az (MSZ) EN 255 európai szabványra hivatkozással a gyártók 0/50 °C – folyadék/víz hőmérsékletekre megadnak COP értékeket, vagy csak a felvett és a leadott teljesítményeket.

– Mi ennek a szépséghibája? – Az, hogy ebben a formában a készülékek valódi összehasonlítása nem lehetséges! Az adott hőmérsékletekhez a COP értékeket ugyanis szépíteni lehet, ha a kondenzátoroldali Δt (fűtési előremenő/visszatérő) értékeket a gyártó nem bocsátja rendelkezésre, illetve a COP értékhez tartozó Δt értéket nem adja meg! Az összehasonlításnál gondot jelent az is, hogy a gyártók nem adják meg azt a hőmérséklet-tartományt, amelyre a hőszivattyús készüléket optimalizálták.

Sajnos az (MSZ) EN 255 szabvány 0/50 °C-os, és 0/35 °C-os bevizsgálási hőmérséklet-tartománya a mi hőmérsékleti viszonyainkra túlságosan alacsony! Talajhőmérsékleti viszonyaink között általában 4 °C az a legkisebb talajhőmérséklet, amelyre méretezni célszerű, és átmeneti időszakban sugárzó fűtésnél 30 °C a legkisebb fűtési előremenő hőmérséklet. – Az átmeneti időszakokban azonban a talajhőmérséklet is emelkedik: 6–8 °C-ra.⁵¹⁾

51) A földhőszondás rendszereket gyakorlatilag nem lehet úgy méretezni, hogy egy kollektor hőkivétele a talajból összhangban legyen a talaj hőáramával, s így a hőkivétel hatására a talaj hőmérséklete ne változzon. Példaként: egy 16 kW hőveszteségű épülethez alkalmazott NORDIC Wec-65-típusú hőszivattyúhoz alföldi viszonyok között 3 db 100 m mélységű szonda szükséges, amennyiben 5 °C-ig engedjük lehűlni a talajt a legintenzívebb működés (–15 °C külső hőmérséklet, 4,5 évi COP) közben. Ugyanilyen paraméterek között amennyiben a talaj hőmérsékletét 12 °C-on szeretnénk tartani akkor ehhez a rendszerhez 10 db 100 m-es talajszondára lenne szükség! A szondatöbblet megduplázná a mostani bekerülési összegeket, s ez így gazdaságtalan beruházást eredményezne. A helyzet azonban ennél is bonyolultabb, hiszen a tervezett hőkivétel intenzitása sok tényező függvénye (fűtési határhőmérséklet tartása, külső átlaghőmérsékleti eltérések, belső hőmérséklet tervezettől eltérő alakulása, hőfokhidak stb.), emiatt sok esetben a tervezettől eltérően nagyobb a talajhőmérséklet ingadozása a kollektor 3 m átmérőjű körzetében.



A valóságban – a magyarországi hőmérsékleteken – az (MSZ) EN 255 szabványban előírt hőmérsékletekhez képest a hűtőközeg tömegáramok lényegesen nagyobbak. Amennyiben a szivó- és nyomóvezetékeket a készülék tervezésekor a szabványos hőmérsékletekhez tartozó teljesítménytartományra optimalizálták, esetleg arra is szűken – akkor ezek a készülékek a mi hőmérsékleteinken csak jelentős veszteséggel fognak üzemelni. Ezek a készülékek természetesen adott viszonyok között a legjobbak között vannak, de mivel korlátaikat nem hozzák nyilvánosságra, a mi viszonyaink között az igen biztató, szabványban meghatározott hőmérsékleti értékekre adott pillanatnyi COP értékek az éves átlagos COP értékekben nem realizálódnak, azon egyszerű oknál fogva, hogy a részterheléseknél jelentkező COP értéknövekedést elvesztik a nagyobb csúsúlódás által.

KÖVETKEZTETÉSEK

A készülékek vásárlásánál a vevőnek igen körültekintően kell eljárni. A hőszivattyúknál is igaz a közmondás: „Nem mind arany, ami fénylik.”

A legmegbízhatóbb megoldás az, ha tájékozódunk a piacon, hogy melyik az a rendszer, amelyikkel az üzembentartók többsége meg van elégedve. Ha azonban műszaki beállítottságú, akkor lehetőleg követelje meg a forgalmazótól, hogy teljes körű – bevizsgáláson alapuló, CE minősítésű és Eurovent minősítésű – teljesítménytáblázatot adjon a készülékéhez! Egy ilyen táblázat, amely 3–5 °C-os hőmérsékletlépcsőben a készülék minden paraméterét mutatja, már összehasonlítási alapot képezhet az egyes készülékek között, és a számítógépes tervezőprogramokhoz megfelelőbb alapot ad.

Ezzel a felhasználók számára leglényegesebb és értékelhető mutatót a COP_{éves} értéket a hőszivattyú tervezésében járatos mérnökök meg tudják határozni. Természetesen a készülékek adott hőnyerési viszonyoknak legmegfelelőbb megválasztása csak lehetőség, hogy egy jól működő hőszivattyús rendszer jöjjön létre.

A „meghatározott paraméterek teljesülése” – főleg zárt földhőszondás hőnyerési módok esetében – a hozzáértő tervezésen, a megfelelő szabályzáson, az épület terv szerinti hőtechnikai megvalósulásán, a felhasználói magatartáson túl, egy sor műszaki követelményt is magában foglal. Sajnálatos, hogy ezekre a műszaki követelményekre egységes műszaki irányelvek, szabványok hazánkban idáig nem lettek kidolgozva, és minden hőszivattyús cég (tervező, kivitelező) a saját, esetenként téves elgondolás alapján építi ki rendszereit, gyakran a rendszer hatásosságát háttérbe szorítva.

Elgondolkodtató például, amikor azt látjuk, hogy cégek versenyhelyzetük megtartása, vagy felszínes ismeretek

miatt a csak fűtési célra tervezett hőszivattyúkat fűtő és hűtő üzemmódban telepítenek külső körfolyamat megfordítással úgy, hogy mind a föld-, mind a fűtési oldalra külön hőcserélőt építenek be! Ez a megoldás a hőmérsékleteket mintegy 10 °C-kal eltolja, és gazdaságossági szempontból a legjobb készülék COP_{éves} értéke is elfogadhatatlanul kicsi lesz.⁵²⁾

Sajnos a megvalósult hibás kivitelek az elterjedőben levő hazai hőszivattyús technikára és technológiára is visszahatnak. (Ezzel növekedhet a tábora a megújulóenergiaforrás-hasznosító eszközök ellenzőinek!)

Ennek elkerülésére alkalmas a létrejött magyar hőszivattyús szervezet, amelynek alapítói a hőszivattyús piacon érdekelt cégek, tervezők, kivitelezők, forgalmazók, akik/ amelyek azon munkálkodnak, hogy minőségi munkájukkal elősegítsék a fenti probléma megoldását.

9.3. A pillanatnyi COP és a COP_{éves} közötti különbség

Hőszivattyús alkalmazások esetén, mint előzőleg említettük, az egyes készüléktípusok összehasonlítására – gyakran az egyes forgalmazók egymást felüllicitálva – adnak meg COP értékeket. Azonban sok esetben még az adott pillanatnyi COP értékhez tartozó folyadék-/vízhőmérsékleteket sem közlik. Egy készülék pillanatnyi COP értéke azonban csak akkor értelmezhető, ha megadják a hozzá tartozó folyadék-/vízhőmérséklet értékeit. Azt a forgalmazót, aki ettől eltérően adja meg értékeit, a beruházónak eleve fenntartással kell fogadnia, hiszen feltehetően még a rendszer alapfogalmaival sincs tisztában.⁵³⁾

Az összehasonlításra igazi alapot a COP_{éves} értékek adnak, hiszen fűtés közben a pillanatnyi COP értékek a puffertartály, a talaj és a fűtési előremenő víz hőmérsékletétől függően állandóan változnak. Ennek megállapítása az adott helyre érvényes paraméterekkel elvégzett számításokkal lehetséges. A számítás figyelembe veszi a hőszivattyú és a hőnyerési oldal paraméterein kívül az átlagos külső hőmérsékleti adatokat is. Ezzel a módszerrel – helytálló bevitt paraméterek esetén – igen jól megközelíthetők a később gyakorlatban megvalósuló értékek.

A megvalósult projektek COP_{éves} értékének meghatározása a rendszerbe épített hőmennyiségmérővel és a hőszivattyúhoz szerelt villamos almérővel lehetséges a fűtési/hűtési időszak mérési átlagának értékelése alapján.

52) Fontosnak tartjuk, hogy ebben az anyagban a sarkalatos COP értéket romboló megoldások kiemelten említésre kerüljenek. Lehet, hogy a nem szakember tisztelt olvasó nem fogja első olvasásra érteni, de felkelti az érdeklődését és bizonyosan rá fog kérdezni a rendszer kiépítésekor.

53) A hőszivattyúpiac helyes irányba terelése miatt hangsúlyozzuk ezt.



10. HAZAI MEGVALÓSULT RENDSZEREK, GYAKORLATI TAPASZTALATOK, ESETTANULMÁNYOK, MINTAPÉLDÁK

10.1. A földhős hőszivattyús rendszerek tervezési módszerei

Zárt hurkos, földhőszondás hőszivattyús rendszerek tervezési módszerei

Az adott típusú földhős hőszivattyúhoz szükséges földszondák hosszának megállapítása, a hidraulikai paraméterek kiszámítása a fűtés és hűtéstechnikai ismereteken túl geológiai ismereteket is feltételez, valamint olyan számítási módszert, amely tapasztalatokon, kísérleteken alapul. A szoftveres tervezés figyelembe veszi:

- A talajból kivett éves hőmennyiség (kWh) nagyságát
- A geotermikus gradiens helyi értékét
- A talaj átlagos hővezetési tényezőjét
- A földhőszonda rendszer paramétereit (csőminőség, méret, furatátmérő, távtartók, földhőszonda távolság, tömedékelés, mélység)
- A tervezett $COP_{\text{éves}}$ értéket
- Az átlagos külső hőmérsékleti viszonyokat
- Az alkalmazott hőszivattyú paramétereit

A szoftveres tervezés lehetővé teszi, hogy a zárt földhőszondás rendszereket biztonságosan tervezni lehessen, a tervezési határok között ne forduljon elő a talaj túlmelegése és a rendszer leállása.

A tervezés lényeges sajátossága, hogy a tervezés alapja a talajból kivett éves hőmennyiség (kWh) szolgál, és nem csupán a gázkazános rendszereknél megszokott csúcsteljesítmény-szükségletet (kW) kell meghatározni. A tervezési eltérés azzal magyarázható, hogy a talajban a hő teljes visszapótlása viszonylag lassú folyamat, heteket, hónapokat vesz igénybe.⁵⁴⁾

54) A talajból egy fűtési szezon alatt kivett hőmennyiség viszonylag lassan, de folyamatosan csökkenti az átlagos szondahőmérsékletet. A visszamelegedés mintegy 50%-60%-ig viszonylag gyors, percek, órák alatt végbemegy. A talaj eredeti hőmérsékletének helyreállása azonban a nemzetközi hőszivattyús szervezet (IGSHPA) tanulmányai szerint is közel azonos a hőkivétel időtartamával, tehát több hónapot vesz igénybe. Természetesen a helyi talajviszonyok, talaj hőáramok némileg befolyásolják a mérési eredményeket, de döntő mértékben a visszapótlás üteme nem változik! Nagyon lényeges ezzel tisztában lenni, különösen a nem lakóépület jellegű földhőszondás hőszivattyús rendszerek kiépítésénél, ahol nem az éves 4500 h körüli fűtési óraszámmal számolhatunk, hanem esetlegesen – ugyanolyan teljesítménynél – ennek a duplájával, és jelentős mértékben növelt szondaszám képes csak a feladata ellátására ugyanolyan COPéves szinten.

Amennyiben tehát a talajból egy fűtési szezonon belül a tervezettnél lényegesen több energiát veszünk ki, a talaj folyamatosan lehül, csökken a $COP_{\text{éves}}$ érték, és szélső esetben a túlmelegés a rendszer leállításához vezethet. A fentiek alapján tehát egy épület éves fűtési energiateljesítményének pontos meghatározása alapvető hatással van a rendszer $COP_{\text{éves}}$ értékére!⁵⁵⁾

A leírtak alapján az is látható, hogy adott gazdaságos hőszivattyús rendszerek kiépítésének műszaki, technológiai és tervezési oldalról minden lehetősége adott. Azonban ehhez tervezői, kivitelezői, és nem utolsósorban felhasználói oldalról meg kell ismerni a rendszer sajátosságait, és ennek alapján maximálisan ki lehet használni a hőszivattyús rendszer adta kedvező lehetőségeket.

Kutas hőszivattyús rendszerek tervezési módszere

A kutas rendszerek tervezési szempontból lényegesen kevesebb problémát vetnek fel.

A kút feljövővíz-hőmérsékletének, -tömegáramának és a tervezett hőszivattyú paramétereinek figyelembevételével könnyedén kiválasztható az a hőszivattyú, amelyet a meglévő kút ki tud szolgálni. A kiválasztott gép paramétereinek ismeretében a kimenő csúcsteljesítmény meghatározható. Ebben az esetben az éves kWh mennyiségek alakulása nem befolyásolja a $COP_{\text{éves}}$ alakulását. A $COP_{\text{éves}}$ érték alakulását ebben az esetben elsősorban a fűtési hőmérséklet befolyásolja. Ezért ebben az esetben is gondot kell fordítani a belső hőleadó rendszer pontos hőtechnikai és hidraulikai méretezésére, hogy a hőleadó rendszer illeszkedjen az alkalmazott hőszivattyú optimális fűtési hőmérsékletéhez. Figyelembe kell venni tervezéskor a vízhozam változásának kockázatát is.

A $COP_{\text{éves}}$ meghatározásához pontos számítást kell végezni a hőnyerő oldal hidraulikai ellenállására, a kútvíz szivattyúzási energiaigényére, mert ezeknek a paramétereknek az alakulása lényeges hatással lehet a $COP_{\text{éves}}$ értékre.

55) A szabályozás jelentősége, például a kútlejtetés szükségessége vagy a kútlejtetés elkerülésével történő szabályozás (amikor részterhelésnél nem léptetünk kútat, a rendelkezésre álló összes szondát alkalmazzuk, elérve azt az állapotot, amikor a kollektor teljesítménye összhangban van a talaj hőáramával) szintén fontos, projektenként megvizsgálandó kérdés. Ezzel elérhető, hogy részterhelésnél érzékelhető hőfokcsökkenés ne következzen be, így a rendszer folyamatosan az elérhető legnagyobb COP értéken dolgozzon.



10.2. A földhős hőszivattyúk $COP_{\text{éves}}$ értékének alakulása

A hőszivattyús rendszerek tervezésében, kivitelezésében szerzett tapasztalatunk alapján úgy véljük, hogy ha ma Magyarországon valaki hőszivattyút, hőszivattyús rendszereket említ, akkor nem a környezetvédelmi technikát, a komfortnövelés lehetőségét, az ellátás biztonságát látja, hanem kizárólagosan az energiamegtakarítás, az energiaköltség csökkentésének lehetőségét! Kizárólag ez alapján ítélik meg az alkalmazás lehetőségét, szükségességét, mind felhasználói, mind döntéshozói szinten. Ezért Magyarországon kényszerítő erő a $COP_{\text{éves}}$ érték minél nagyobb értékre emelése, hiszen ez „legalizálhatja” a hőszivattyúk szélesebb körű alkalmazását.⁵⁶⁾ Ez a kényszerítő erő – az energiapiac hazánkétól eltérő összetétele miatt – az Európai Unió területén és a tengerentúlon nem jellemző.⁵⁷⁾

Minden rosszban van azonban valami jó! Ez a jelenlegi helyzet meg kell mozgassa a témával foglalkozó magyar mérnökök fantáziáját. Meg kell vizsgálni, hogy milyen lehetőségek vannak a jelenlegi technikák és technológiák alkalmazásakor, illetve továbbfejlesztésekor a $COP_{\text{éves}}$ érték növelésének!

A COP érték javításának technológiai tényezői közül meg kell említenünk a „kiegyenlített hőfelhasználási” módot, amely a hőszivattyús rendszerek hatásosságát alapjaiban határozza meg, és ez alapján értelmezhetőek azok az állítások, hogy a jelenlegi földhős hőszivattyúkkal a zárt földhőszondás hőnyerési mód alkalmazásával elérhető $COP_{\text{éves}} = 4,5-5,6!$

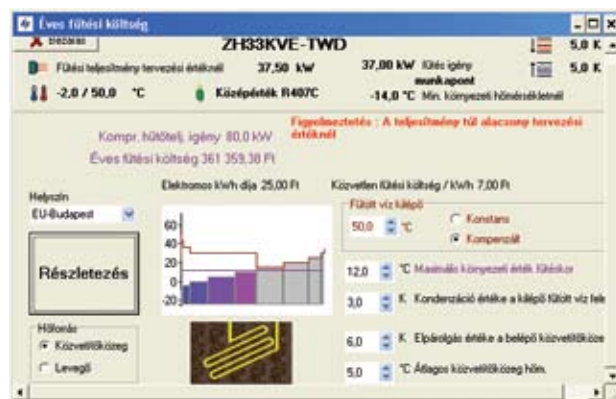
Kiegyenlített felhasználás alatt értjük a külső levegőhőmérséklet alapján történő fűtési előremenő hőmérséklet szabályozását. Ezt a módszert egy új generációs scroll kompresszornál a **28. ábrán** láthatjuk. Az előremenő fűtővíz hőmérséklete 50 °C-os

5 °C-os feljövő talajvíz, és 12 °C-os fűtési határhőmérsékletnél a budapesti átlaghőmérsékleti adatokkal számolva egy jól tervezett hőszivattyúval optimális eset-

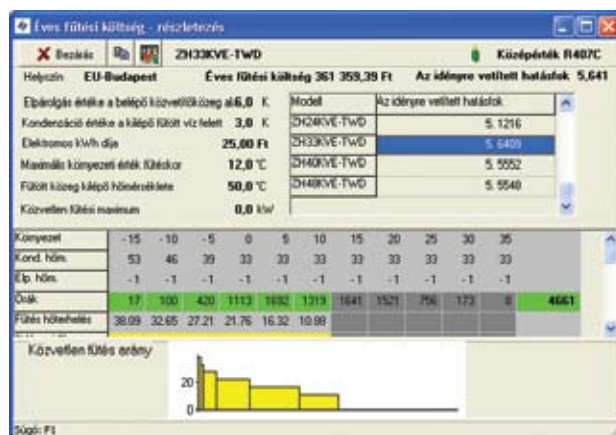
56) A globális nemzetgazdasági szintű gazdaságossági elemzés elkészítését fontosnak tartjuk (pl. a „Heller-program” című javaslat keretében. Itt jelezzük, hogy az Önkormányzati Tájékoztató 2007/07-08 száma 24-26 oldalán közöl egy témához kapcsolódó publikációt. Címe: A hőszivattyús rendszerek önkormányzati szerepe. A folyóirat az ÖTM honlapján megtalálható: <http://www.otm.gov.hu/belugy/belsajt.nsf/onkorm>.

57) A környezetvédelmi szemlélet lehet, hogy változni fog Magyarországon, de az igény, amely a mind magasabb COP értékek irányába hat, meggyőződésünk, hogy erősödni fog, nemcsak nálunk, de az EU-ban is, hiszen ez összhangban van a környezetvédelmi szemlélet erősödésével is! Nem érthetünk egyet azokkal a nézetekkel, hogy bármilyen COP értékkel működő hőszivattyús rendszer kiépítése energia- és környezetbarát megoldás!

ben az elérhető $COP_{\text{éves}}$ érték a **29–30. ábrán** követhető nyomon.

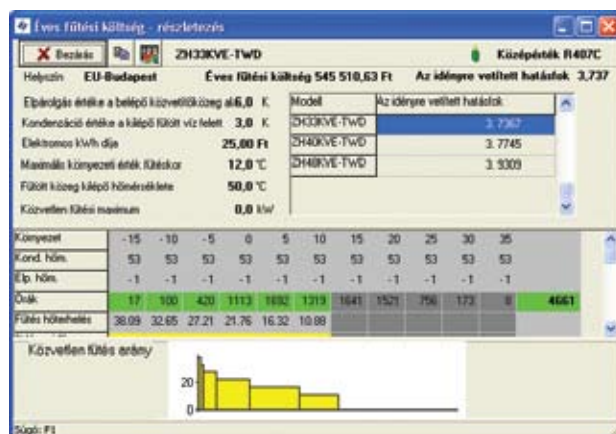


28. ábra: Éves fűtési költség, munkalap (1)



29. ábra: Éves fűtési költség, munkalap (2)

MEGJEGYZÉS: a munkalapon „Az idényre vetített hatásfok 5,641” alatt $COP_{\text{éves}} = 5,641$ -et kell érteni.



30. ábra: Éves fűtési költség, munkalap (3)

MEGJEGYZÉS: a munkalapon „Az idényre vetített hatásfok 3,737” alatt $COP_{\text{éves}} = 3,737$ -et kell érteni.



A bevitt alapadatok alapján látható, ha a kondenzációs hőmérsékletet a külső hőmérséklet függvényében 33–53 °C között változtatjuk, akkor optimális esetben elérhető az átlagos $COP_{\text{éves}} = 5,6$ érték (a keringető szivattyút is beleszámítva $COP \approx 5,3\text{--}5,4$)! Nem kiegyenlített felhasználás esetében azonban – kedvező talajviszonyok esetében – az átlagos $COP_{\text{éves}} = 3,7$ körüli érték!⁵⁸⁾

A fentiekből látható, hogy a hőszivattyús tervezést a COP-érték optimalizálása érdekében körültekintően, a belső fűtési rendszerrel összhangban kell megvalósítani!

10.3. A földhős hőszivattyúk alkalmazásának hazai tapasztalatai

A hazai gyakorlattól elvárható, hogy monovalens hőszivattyús rendszerek is készüljenek. Kedvező talajviszonyaink között, zárt földhőszondás rendszerekre már vannak hazai példák.

A legnyilvánvalóbb eltérések egy gázkazános rendszerhez képest a következők:

- Gázkazános fűtési rendszer tervezésénél az épület szerkezeti elemei alapján a tervező meghatározza a -11 °C , -13 °C és -15 °C külső hőmérséklethez, illetve a szabványos belső hőmérsékletekhez tartozó hőveszteségértéket. Ez egy szükséges gázkazán teljesítményértéket (kW) határoz meg!
- Amennyiben egy ilyen gázkazán kerül beépítésre, akkor nincs korlátja (csak a felhasználó pénztárcája) annak, hogy részterheléseknél mekkora belső hőmérsékleteket tart a megrendelő, illetve a fűtési szezonban hány üzemórát üzemel a készülék!
- Ez az elvárás a gyakorlatnak megfelelően hőszivattyús rendszerek esetében is – de ez nincs összhangban a zárt földhőszondás hőnyerési móddal kombinált hőszivattyús rendszerek sajátosságával.

Az első sajátosság az, hogy a hőszivattyús rendszerek túltervezése – ellentétben a gázkazános rendszerekkel – igen költséges, és megtérülés szempontjából értelmetlen megoldás. A pontos hőtechnikai tervezés ezért elengedhetetlen. A hőmérsékleti szélsőségek áthidalása ilyen esetekben vagy a komfort csökkentésével (nem használt helyiségek hőmérsékletének csökkentése, légcsera csökkentése), vagy a beépített villamos puffer igénybevételével lehetséges. Ez a megrendelők részéről általában érthető és elfogadott sajátosság.

58) Az elméleti számítással a kiegyenlített (kompenzált) hőfelhasználási, szabályozási mód előnyét igyekeztünk szemléltetni, bemutatni.

A második sajátossága a rendszernek az, hogy míg a gázkazános rendszert teljesítményre (kW) kell méretezni, addig egy hőszivattyús rendszernél a talajból egy fűtési szezon alatt kivett kWh energiát kell meghatározni, amely megszabja a hőszivattyú fűtési szezonban futott óráinak számát! Ezt speciális tervezőprogram segítségével lehet – a talajviszonyok pontos ismeretében – meghatározni!

A fenti sajátosságokból keletkező problémát egy viszonylag nagy hőszivattyús rendszeren keresztül mutatjuk be.

A kecskeméti 41 lakásos társasház (lásd a 4. képet) függőleges zárt hurkos földhőszondás hőszivattyús rendszerénél alkalmazott készüléknek a fűtési szezonban 1745 h-t kell működnie. A magyar szabványok alapján készült hőtechnikai számítást figyelembe véve ezalatt a talajból 94 332 kWh energiát kell kivennie (a társasháznál két db hőszivattyú van beépítve).

A hőtechnikai tervezés dokumentált, a kapott építészeti rajz alapján készült.



4. kép: A kecskeméti 41 lakásos társasház

A hibajelenség a második fűtési szezonban következett be, amikor a kollektor rendszer túlhűlt, és a leghidegebb napokban teljes terheléssel nem volt képes dolgozni. A rendszerbe kisegítő gázkazánt kellett beépíteni. Ekkor a szakértői reakciók is azt támasztották alá, hogy a kollektor rendszer alá lett tervezve. A harmadik fűtési szezont már kisegítő gázkazánnal és egy új szabályozóberendezéssel fűtötte a társasház. Az új berendezés regisztrálta a készülékek futási idejét (a hőszivattyúk pillanatnyi teljesítményét bemértük), és ez alapján a rendszerben levő két készülék a 2×1745 h-hoz képest közel *háromszor* annyit üzemelt!

Tehát a kollektor rendszer kibirta a tervezetthez képest háromszor nagyobb terhelést, de ez természetesen lényegesen COP érték csökkenéssel járt!

A probléma gyökere tehát a kivitelezett épület, és esetlegesen a felhasználói magatartás tervezettől való elté-



résében keresendő. A példát azért hoztuk, mert ez tükrözi a zárt földhőszondás hőszivattyús rendszerek alkalmazásának legnagyobb problémáját, hogy ezen rendszereket, mint azt már az előzőekben említettük, éves kivett kWh-ra és futási időre kell méretezni és nem kW-os teljesítményre. A talajban ugyanis folyamatos hőáram van, de a hő terjedési sebessége igen lassú, a teljes regenerációhoz esetleg hosszabb időre van szükség. Az átlagos kollektor terhelhetőséget a hőszivattyú gyártók ennek ellenére általában kW/100 m-ben adják meg. – Ez egy nagyon bizonytalan meghatározás, hiszen az épület jellegét, a hőfelhasználás módját nem veszi figyelembe!

A rendszerek e sajátosságát a felhasználók csak nagyon nehezen veszik tudomásul. A probléma ott jelentkezett, hogy a tervtől lényegesen eltért a megvalósulás. Jelen esetben például a külső hőszigetelés hiányzott a házról, ezért a falfűtést nem a külső fal belső falfelületére, hanem a belső válaszfalakra szerelték fel!

A rendszerek pillanatnyi megítélésében a fentiek miatt még gondot jelenthet az új épületek kiszáradási fázisa! Ehhez tapasztalataink alapján három év szükséges, és ez alatt a három év alatt egy folyamatosan csökkenő fűtési energiaigénnyel számolhat a használó. Tehát a tervben előre jelzett futási időhöz és ezzel összefüggő COP értékhez valójában a harmadik fűtési szezonban ér el a hőszivattyús rendszer.

A 2008-2009-ben Magyarországon is hatályba lépő energiatanúsítási EU-direktíva (2002/91/EK) is elősegítheti a hőszivattyús rendszerek elterjedését! Erre irányult az UNDP-támogatási folyamat, aminek fő célkitűzése az energetikai auditok és a megvalósítási tanulmányok készítésének támogatása az önkormányzatok számára.

10.4. Az intézményi hőszivattyús átalakításra és beruházásra jellemző példák

Az ATIKÖFE Szegedi irodaháza hőszivattyús rendszerre (5. és 6. kép)



5. kép: ATIKÖFE szegedi irodaházának főbejárata



6. kép: ATIKÖFE szegedi irodaház hőszivattyús hőközpontja

Cím: Szeged, Felső Tisza-part 17.

A meglévő radiátoros fűtési rendszerű irodaépülethez új szárny épült. Az új szárny fan-coil rendszerrel lett tervezve, a meglévő szárny pedig fan-coil rendszerre lett átalakítva.

- Fűtési hőszükséglet: 160 kW
- Aktív hűtési igény: 130 kW
- A beépített hőszivattyúk:
„NORDIC” Wec-250-HACW (fűtő/aktív hűtő/HMV) 2 db
- A belső fűtési rendszer fan-coil-os, amely 35/24 °C-on három éve üzemel a beruházó megelégedésére

A fűtési és hűtési igényt 18 db 100 m mélységű, kétcsöves, zárt hurkos földhőszondával oldotta meg a tervező-kivitelező cég.

Budapesti társasház (Eszterház) hőszivattyús rendszerre (7. és 8. kép)

Cím: Budapest, VII. kerület

Az Eszterházba 4 db IDM TERRA MAX 100 kW-os, 2 db IDM TERRA 45 kW-os hőszivattyú, és 4 db 2000 l-es Hygienik tartály lett beszerelve.

A társasház lakásainak száma: 88 + 10 üzlet

- Szintek száma: 6
- Lépcsőházak száma: 3
- Lakások alapterülete: 50–100 m²
- Fűtési teljesítmény: 400 kW-ig
- HMV: ~90 kW
- HMV átfolyós rendszer: Hygienik
- Puffertartály: használati meleg vízre 8000 l, fűtésre 4000 l





7. kép: Budapesti 88 lakásos társasház homlokzatai



9. kép: Sátoraljaújhelyi Betegellátási és Prevenció Központ homlokzatai



8. kép: Budapesti 88 lakásos társasház hőszivattyús hőközpontja



10. kép: Sátoraljaújhelyi Betegellátási és Prevenció Központ hőszivattyús hőközpontja

Sátoraljaújhelyi Betegellátási és Prevenció Központ hőszivattyús rendszere (9. és 10. kép)

Cím: Sátoraljaújhely, Mártírok u. 9.

A tervezett létesítmény földszint + két emelet + egy tetőtér kialakításban épült hagyományos falazott szerkezettel, magastetős kivitelben. A belső hőleadó rendszer ún.

„GeoWall” falfűtés, amely az épület hűtési igényét is biztosítja a léghűtés egészségügyi kockázata nélkül.

A létesítményben a fűtési/hűtési és a HMV igényt egy Nordic WEC-175-HACW és egy WEC-175-HW típusú hőszivattyú biztosítja a 42/35 °C-os fűtési rendszerben.



11. ÜZLETI, GAZDASÁGOSSÁGI ÉS PÁLYÁZATÍRÁSI MEGFONTOLÁSOK, TEKINTETTEL AZ INTÉZMÉNYEK ELLÁTÁSÁRA

Az intézmények energetikai ellátására gyakran jellemző, hogy nem tudnak elég figyelmet fordítani az optimalizált költségű energiahasználat kialakítására. Jellemző eset például, hogy egy intézményegyüttes több villamos szolgáltatói szerződéssel, több vízórával rendelkezik, vagy a lekötött energiahordozó-kapacitás (távhő, földgáz) jelentősen túlméretezett. Így az intézmények a túlzott teljesítménydíjak, alapdíjak formájában gyakorlatilag sok esetben, még a közüzemi feltételek mellett is, feleslegesen túlfizetnek.

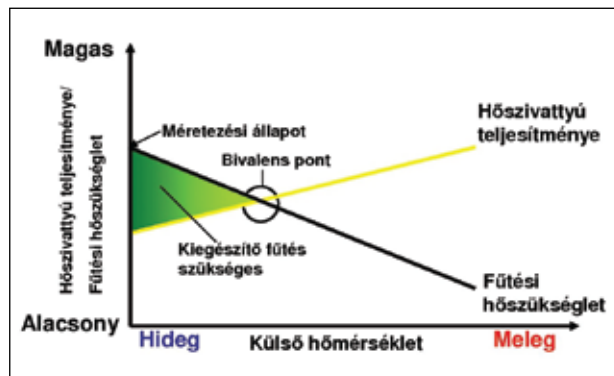
Az intézmények energiahatékonyságának javítása gyakran kimerül a nyílászárók vagy a radiátorszelepek cseréjében, holott sok esetben a beszabályozatlan, elhasznált berendezésekkel üzemelő és így túl nagy energiavesztéseket okozó rendszerek üzemeltetési költségein ez jelentősen nem segít. Az öletszerű energiatakarékossági intézkedések helyett javasolható az amúgy is előbb-utóbb elkerülhetetlen, átfogó energiahatékonysági projekt megvalósítása.

Az anyagi megszorítások és a dráguló energiaköltségek az önkormányzati intézményeket rászorította az energetikusi szemlélet elmélyítésére, mind az új, mind a régi épületek, intézmények esetében. A hőszivattyú alkalmazása, különösen a liberalizálódó energiapiacra, egyre inkább ajánlható technológiává válik.

Egy villamos hőszivattyús projekt gazdasági megítélése a beruházási költségeken túl alapvetően az egységnyi villamos energiával kiváltott földgáz vagy távhő mennyiségén és fajlagos költségén múlik.

A bivalens fűtési rendszerek alkalmazásának gazdasági értelme két eltérő módon jelentkezik különböző típusú hőszivattyúk alkalmazáskor. A tisztán külső levegős (vagy némelyik vizes) hőszivattyúk esetén, amelyek a legolcsóbb berendezések, a COP tényezőt a külső hőmérséklet alapvetően befolyásolja, és egy bizonyos külső hőmérséklet alatt e tényező már annyira lecsökken, hogy nem éri meg alkalmazni. Így például -1 °C vagy -2 °C elérésekor gazdaságosabb lehet a hőszivattyút leállítani, és az alternatív fűtési berendezést elindítani egy szabad levegős hőszivattyú esetén. Ekkor már nincs értelme a párhuzamos üzemnek. (lásd a 31. ábrát).⁵⁹⁾

59) Konkrét esetben a bivalens pont egy COP határérték elérésekor adódik, melyet esetenként meg kell határozni.



31. ábra: Levegő/víz (A/W) hőszivattyú üzemmód váltása a bivalens pontnál („alternatív-bivalens” üzemmód)

FORRÁS: DAIKIN cég

Földhőszondás rendszerű hőszivattyú esetén a bivalens rendszerek létesítésének gazdasági értelme alapvetően eltér az előzőektől. A felvehető földhős energia nagysága nem függ jelentősen a külső hőmérséklettől, így nincs gazdasági határa a folyamatos üzemeltetésnek. Beruházási oldalról viszont a szondák illetve a fúrások száma és mélysége meghatározó költségtényező, ezért a gazdaságosság a kihasználtságon múlik.

A párhuzamos üzemben működő alternatív energetikai berendezés továbbfűti a hőszivattyú által előállított meleg vizet. Ezzel a lekötött fosszilis vagy távhős csúcsteljesítmény-igények jelentősen csökkenthetők, és ennek az értékelését a gazdaságosság megítélésénél nem szabad figyelem nélkül hagyni.

A gazdaságosság megítélését tehát mindig rendszer szinten kell elvégezni, és tisztában kell lenni a tényleges döntési helyzettel.

Az alábbiakban egy példán keresztül szemléltetünk egy hőszivattyús gazdaságossági számítást:

Egy projekttervben 9000 GJ/év földgázigényű gázkán létesítése helyett, 520 MWh/év bruttó villamosenergia-igény és valószínűsíthetően 880 GJ/év (csúcsüzemi) földgázigény keletkezik.

Azaz a földgázigény éves változása

$$\Delta Q_{fg} = 880 - 9000 = -8120 \text{ [GJ/év];}$$

A villamosenergia-igény éves változása



$$\Delta Q_{\text{vill}} = 520 \text{ [MWh/év]} \times 3,6 \text{ [GJ/MWh]} = 1872 \text{ [GJ/év]};$$

A teljes projekt fajlagos energetikai mutatója tehát

$$\epsilon_{\text{projekt}} = -\Delta Q_{\text{fg}} / \Delta Q_{\text{vill}} = 8120 / 1872 = 4,34$$

Tehát összességében egy energiaegységnyi helyi villamos energia felhasználásával 4,34 energiaegységnyi helyi fosszilis földgáz energiafelhasználást váltunk ki a tervezett projekt révén.

A földgáz közüzemi átlagköltségek ÁFÁ-val és energiaadóval együtt a nem lakossági, közép fogyasztók szektorban: 111,06 Ft/m³. Az átlagos fűtőérték végfelhasználói adatok szerint 34,05 MJ/Nm³. A kiváltott földgáz fajlagos költsége, mint a projekt fajlagos nyeresége realizálódik:

$$c_1 = 111,06 \text{ [Ft/Nm}^3\text{]} / 34,05 \times 10^{-3} \text{ [GJ/Nm}^3\text{]} = 3349,8 \text{ [Ft/GJ]}$$

A többlet villamosenergia-igény várható költsége ÁFÁ-val és energiaadóval együtt 32,5 Ft/kWh. A becsült éves átlaggal:

$$C_2 = 32,5 \text{ [Ft/kWh]} \times 520 \text{ 000 kWh/év} = 16 \text{ 900 [eFt/év]}$$

A fajlagos villamosenergia-költség így

$$c_2 = 16 \text{ 900 [eFt/év]} / (520 \text{ [MWh*év]} \times 3,6 \text{ [GJ/MWh]}) = 16 \text{ 900} \times 10^3 / 1872 = 9027,8 \text{ [Ft/GJ]}$$

A két fajlagos költség hányadosa: $9027,8 / 3349,8 = 2,695$

A hőszivattyús projekt gazdaságosságát a fenti példában az biztosíthatja, hogy az éves energiaigényt 4,34 részére csökkentjük a „csak” 2,695-ször drágább energia-hordozó (villamos energia) felhasználásával.

A fajlagos energiaköltség csökkenés a kiváltott földgáz költségére vonatkoztatva a következő

$$c_{\text{en}} = 1 - (1 / 4,34) \times 2,695 = 1 - 0,6210 = 0,379 = 37,90\%$$

A gazdaságossági számításnál további pénzáramként lehet figyelembe venni a beruházás megvalósítása érdekében kapott támogatásokat (C_{vnt}), valamint az éves működés többlet nyereségének és az éves amortizáció különbségének hatását az éves adófizetési kötelezettségekre ($C_{\text{adó}}$).

A beruházási költségek illetve a változatok összevetésénél, új telepítés esetén, elkerült beruházási költségként figyelembe kell venni a példában, hogy a hőszivattyú-ka-

zán párhuzamos üzemeltetése miatt a kisebb gázteljesítmény csúcsigényű kazánberendezés rendszer telepítése is elegendő, amely így pozitív pénzáramot okoz. A fenti példában ez nagyjából az alábbiak szerint becsülhető (vizes hőszivattyú, élményfürdő) ÁFA nélkül.

$$C_0 = -(C_{0,\text{hősz}} - C_{0,\text{csak gáz}} + C_{0,\text{kis gáz}}) = \\ = -(70 \text{ millió Ft} - 20 \text{ millió Ft} + 15 \text{ millió Ft}) = \\ = -65 \text{ millió Ft}$$

A gazdaságossági megítélést tovább és jelentősen javítja, ha a hőszivattyús rendszert klímagépként hűtésre is használják. Ekkor nem csak a hagyományos klímagépek üzemeltetési, főként villamos energia költségének közel ¾-ed része takarítható meg, de újabb jelentősebb beruházási költségek kerülhetnek el.

A meglévő rendszerek lecserélési szükségessége, vagy jelentős felújítási igénye a fentiekből is láthatóan megadhatja az indítólökést a hőszivattyús technológia figyelembevételéhez. A többlet beruházási költséget jelentő hőszivattyús rendszer műszakilag és pénzügyileg ésszerű megvalósításával az intézmények likviditási helyzete jelentősen javul a további évekre (a fenti példából a 37–40%-os éves fűtési energiaköltség-csökkentés, az egyenletesebb, tervszerűbb gazdálkodást is könnyítheti).

A projektek gazdaságossági vizsgálatához dinamikus módszer, a nettó jelenérték (NPV) alapján történő értékelés az ajánlott (amelyek elkészítését ma már a pályázatok által megkövetelt üzleti tervek is megkövetelnek). E szerint akkor tekinthető gazdaságosnak egy beruházás, ha a meghatározott időhorizont alatti pénzáramok diszkontált értékeinek (jelenértékeknek) az összege legalább nulla. A diszkontálással az azonos kockázatú befektetésektől általában elérhető hozamok ki nem használását mutató ún. alternatív tőkeköltséget veszik figyelembe. Így ha az NPV = 0 Ft, a beruházás a kockázatnak megfelelő piaci nyereséget biztosítja, így az éppen gazdaságos. Az NPV tényleges értéke gyakorlatilag megadja azt a többletpénzt, amit a projekt az alternatív kockázatú befektetésekhöz képest hoz.

A nettó jelenérték módszer a beruházási vizsgálatok gazdasági értékeléséhez a leginkább elterjedőben lévő és talán a legjobbnak tartott módszer az alábbi okokból:

- Figyelembe veszi a pénz időértéke szabályt;
- Értéke csak a tőke alternatív költségétől és a jövőbeni pénzáramoktól függ;
- Egyetlen eredményre vezet (míg például a belső megtérülési ráta számításának több eredménye is lehetséges);
- Additív tulajdonsága révén több, együtt megvalósítandó beruházás értékelésére is alkalmas.



A számításhoz az időhorizonton belül, amely elfogadottan általában 10–15 év, illetve maximum a várható műszaki élettartam, meg kell határozni, becsülni az évenkénti költségeket, jövedelmeket, megtakarításokat. Azonban itt csak a tényleges pénzáramokat szabad figyelembe venni, így például a számviteli amortizációs költséget nem, hiszen csak így lehet elkerülni, hogy az NPV meghatározásakor a beruházási költséget ne többszörösen értékeljük (de már az adótörvények szerint elszámolható amortizáció miatt csökkent társasági adóteher elvileg már értékelhető, mint megtakarítás).

A beruházás nettó jelenértéke (NPV) képletszerűen tehát azonos a beruházás jelenértékének és a beruházási kiadások különbségével:

$$NPV = PV - C_0;$$

ahol a beruházás jelenértéke (PV) azonos a jövőbeni pénzáramlások összege diszkontált értékével (optimális időtávon belül):

$$PV = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

A gazdaságosságot az NPV-módszeren kívül a következő jellemzőkkel is szokás értékelni:

BELSŐ MEGTÉRÜLÉSI RÁTA (IRR):

Definíció szerint az IRR azzal a diszkontrátával egyezik meg, mely esetben az NPV az időhorizont végére ép-

pen nulla lesz. Az IRR-nek matematikailag általában több megoldása is lehetséges, azonban jellemzően ezek közül egy reális eredménynek tekinthető megoldás. Az IRR a projekt fajlagos jövedelmezőségét, a befektetett pénz profittermelő hatékonyságát, biztonságosságát jellemzi. Ha a befektetők által elvárt pénzügyi megtérülés a megtérülési rátánál nagyobb, a projekt nem hozza meg az elvárt eredményt, ha megegyezik, a projekt megfelel az befektetői elvárásoknak.

A nagyobb IRR fajlagosan jobb beruházást jelent, de a különböző projektek összehasonlításai, rangsorolásai során az IRR-módszer az NPV-módszerhez képest néha eltérő rangsorhoz vezet.

DINAMIKUS MEGTÉRÜLÉSI IDŐ:

A statikus és általában alkalmazott megtérülési időnél hosszabb, mivel a számításánál figyelembe vesszük, hogy a későbbi pénz értéke kisebb. A projekt dinamikáját jellemzi, de valójában nem mond semmit a projekt értékéről vagy a fajlagos gazdaságosságáról. Azt az időpontot mutatja, amikor a befektetett tőke és annak az adott időpontig elvárt hozama éppen megtérül.

PROFITABILITÁS (DINAMIKUS):

Megadja, hogy a beruházott tőke hányszorosan térül meg a diszkontált hozamokból az időhorizont végéig.

Egy minta számítás menetét tartalmazza a következő táblázat, mely a korábbi példa adatait tartalmazza jó kihasználású hőszivattyús párhuzamos bivalens rendszer telepítése esetén.



10. táblázat: Élményfürdő hőszivattyú példa projekt. Gazdaságossági vizsgálat / Támogatás nélküli megvalósítás/ ÁFA leírás esetén

Év sorszáma	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Az éves pénzáramok becsült inflációja		7,00%	3,00%	6,00%	4,00%	5,00%	3,00%	4,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Inflációs tényező (bázisviszonszám)	100,00%	107,00%	110,21%	116,82%	121,50%	127,57%	131,40%	136,65%	140,75%	144,98%	149,32%
FELMERÜLŐ BERUHÁZÁSI KÖLTSÉGEK [ezer Ft/év] (nominális értéken)											
C₀ Felmerülő beruházási többletköltségek	-65 000,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ÜZEMELTETÉSI pénzáramok [ezer Ft/év] (nominális értéken)											
C _{en} Energiaköltség csökkenés	10 409,2	11 137,8	11 471,9	12 160,3	12 646,7	13 279,0	13 677,4	14 224,5	14 651,2	15 090,7	15 543,5
C _{karb} Karbantartási többletköltség	-809,0	-865,6	-891,6	-945,1	-982,9	-1 032,0	-1 063,0	-1 105,5	-1 138,7	-1 172,9	-1 208,0
Cüzem. Üzemeltetési pénzáramok	9 600,2	10 272,2	10 580,3	11 215,2	11 663,8	12 247,0	12 614,4	13 118,9	13 512,5	13 917,9	14 335,4
FIZETENDŐ ILLETVE ELKERÜLT ADÓK [ezer Ft/év]											
Adóalap eltérés amortizáció nélkül		10 272,2	10 580,3	11 215,2	11 663,8	12 247,0	12 614,4	13 118,9	13 512,5	13 917,9	14 335,4
7 éves leírási rész	45 000	6 428,6	6 428,6	6 428,6	6 428,6	6 428,6	6 428,6	6 428,6	6 428,6	6 428,6	6 428,6
25 éves leírási rész	13 000	520,0	520,0	520,0	520,0	520,0	520,0	520,0	520,0	520,0	520,0
50 éves leírási rész	7 000	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0
Amortizációs költség eltérés összesen		7 088,6	7 088,6	7 088,6	7 088,6	7 088,6	7 088,6	7 088,6	7 088,6	7 088,6	7 088,6
Adóalap eltérés a két változatnál		3 183,6	3 491,8	4 126,6	4 575,2	5 158,4	5 525,8	6 030,4	6 428,6	6 852,5	7 257,9
Cadó. Fizetendő illetve elkerült adók	16%	-509	-559	-660	-732	-825	-884	-965	-2 056	-2 121	-2 188
CF. ÖSSZESEN [ezer Ft/év]	-65 000	9 763	10 022	10 555	10 932	11 422	11 730	12 154	11 456	11 797	12 147
Diszkont. tényező (10,32%/év)	1,0000	0,9065	0,8217	0,7448	0,6751	0,6120	0,5547	0,5028	0,4558	0,4132	0,3745
Éves CF jelenértéken	-65 000	8 850	8 234	7 861	7 380	6 990	6 507	6 111	5 222	4 874	4 549
Kumulált jelenérték	-65 000	-56 150	-47 916	-40 055	-32 675	-25 685	-19 178	-13 066	-7 845	-2 971	1 578

A projekt nettó jelenértéke: NPV = 1 578 e Ft

Belső megtérülési ráta (nominális): IRR = 10,863 %

Dinamikus megtérülési idő: DPP = 9,65 év

Profitabilitás: Profitabilitás 102%



Tapasztalatok alapján a mai viszonyok közötti helyzetet jól jellemzi a 10–12 év körüli dinamikus megtérülési idő, abban az esetben azonban, amikor klimatizálási, hűtési igények kielégítése is fontos, a megtérülési paraméterek jelentősen javulnak (általában 5–6 évre ill. 18–20%-os IRR-értékre).

A fenti számítás nem vette még figyelembe, de a szabad villamosenergia-piacon, részben köszönhetően az ÉTE Hőszivattyú Szakosztály szakmai tevékenységének is, hőszivattyús áramdíjak megjelenése várható. A villamos szolgáltatók illetve kereskedők részére a hőszivattyús rendszerek elterjedése jelentős piaci lehetőségeket rejt magában, hiszen jellemzően a helyi földgázfogyasztást csökkentve lehet új villamos piacot nyerni. A kedvező díjak a gazdaságosságot tovább javítják. *Az intézményeknek, önkormányzatoknak nemcsak a különböző kedvezményes díjakat szükséges figyelemmel kísérni, de villamos szolgáltatójuk kiválasztási eljárásában (közbeszerzés) is célszerű a külön hőszivattyús tarifát megkövetelni (legalább 10% kedvezmény) illetve az ajánlatok pontozásánál ezt értékelni.* A hőszivattyúk fogyasztási jellemzői és új piaci terméke miatt a villamos szolgáltatók biztosítani tudják a kedvező tarifát. A fentiek miatt a gazdaságossági potenciál még inkább javulhat.

A fentiekben említett Építéstudományi Egyesület (ÉTE) Hőszivattyú Szakosztálya 2007. június 20-án alakult meg. A szervezet felvállalt legfontosabb feladatai:

- Az Európai Hőszivattyús Szövetséghez való csatlakozás kapcsán a magyar akcióterv elkészítése, a Heller-program legfontosabb gondolatainak felhasználásával.
- Szakmai, stratégiai tanulmányok készítése az EU társszervekkel együttműködve, a hazai engedélyező hatóságok és a törvényhozás részére.
- Koordináció és minőségellenőrzés bevezetése a hőszivattyú forgalmazók és kivitelezők, fűrészi vállalkozások, tervezők munkájához.
- Oktatási programok, továbbképzések, munkaértekezletek (workshopok) szervezése.
- Piaci és kereskedelmi információk összefogása, adatbázis létrehozása, kommunikációs- és marketinganyagok készítése.

A hőszivattyús technológia fontos és meghatározó jellemzője, hogy nemcsak energiahatékonyságot biztosító technológiát jelent, hanem a megújuló energiaforrások és a különben elvesző hulladékenergiák (földhő, épületekben felmelegített, illetve lehűtött használt levegő, elfolyó használt víz, a talajt felmelegítő napenergia) egyik legcélszerűbb hasznosítási módját jelentik. A technológia jól kombinálható egyéb megújuló hasznosítási for-

mákkal, sőt elterjedésüket kifejezetten ösztönzi (napkollektor, biomassza – biogáz csúcskazan, biogáz-motor, Stirling-motor stb.). Továbbá a hőszivattyú, mint technológia lehetővé teszi a helyi kémény nélküli és racionális megvalósításokat is, amelyek révén az önkormányzatok ténylegesen zero károsanyag-kibocsátású, tiszta területeket hozhatnak létre.

A fentiek alapján a hőszivattyús technológiák megvalósítása a különböző pályázati lehetőségeken jó eséllyel indulhat vissza nem térítendő támogatás elnyerése, illetve kedvezményes hitelek megszerzése érdekében.

A várható pályázati lehetőségek és esélyek összefoglalása előtt fontos kiemelni, hogy az energiahatékonyság fejlesztése és a megújuló energiák részarányának növelése, főként a klímapolitikához való kapcsolódás miatt az egyik legfontosabb prioritássá vált az Európai Unióban és egyre inkább Magyarországon is. Ez azt jelenti, hogy az energiahatékonyság, a megújuló növelése nemcsak konkrét projekteken keresztül támogatható, hanem azt is, hogy a stratégiaalkotási és a konkrét végrehajtási szinteken is megjelenik.

Az integrált, horizontális megjelenés miatt minden fejlesztési, felújítási javaslat előtt külön célszerű megvizsgálni bármely komplex projekt hőszivattyús alkalmazással történő kibővítésének lehetőségét, hiszen bármely komplex megoldás támogathatóságát, elismertségét egyre alapvetőbben befolyásolja (sok esetben előírt módon is) az alternatív energiatechnológiák hatékony alkalmazásának a megléte. A hőszivattyú így bármely, nem közvetlenül energetikai, hanem településfejlesztési, turizmusfejlesztési, vállalkozás- illetve agrárfejlesztési, munkahely-teremtési projektnek javasolható részese lehet. Tehát önkormányzati szinten is integráltan kell gondolkodni és cselekedni, pályázni egyaránt.

(Lásd pl. KEOP, AVOP, ROP, határ menti együttműködési programok.)

Komplex energetikai (energiahatékonysági, megújuló energetikai) integrált projekteket természetesen önállóan is érdemes létrehozni és egységesen megvalósítani. Egyre több önkormányzat készít helyi klímastratégiát, amelyben a globális környezetvédelmi feladatokat részben a helyi lehetőségek szintjére konvertálnak a település és vidék megtartása, fejlesztése szempontjából. Alapvető, hogy ilyen fejlesztési stratégiáknak, terveknek, programoknak részesei legyenek az indokolt hatékonyságú hőszivattyús projektek is. Egy ilyen komplex stratégiára építő program megvalósítására egységesen illetve részeiben is nagyobb eséllyel lehet pályázni, forrást szerezni, különösen, ha innovatív elemekkel is bővülnek.

(Lásd pl. Altener (Intelligens Energia), Norvég Alap, Svájci Alap.)



Természetesen elérhetőek lesznek közvetlenül, csak egy-egy hőszivattyús projekt megvalósítását célzó lehetőségek is, amelyek közül a KEOP és a regionális szervezetek által indított célzott megújulás pályázati lehetőségek (pl. Pólus programok, a kiemelt projektek (pl. Homokhát-ság nagyprojekt) különös figyelmet érdemelnek.

A KEOP esetében fontos, hogy támogatási szükséglet és a megvalósítással járó környezeti előnyök finomabb hangolását teszi lehetővé, mint a korábbi KIOP pályázati rendszer (pl. a támogatási intenzitások a projekt gazdaságosságától is függenek).



12. KÖRNYEZETI ÉS TÁRSADALMI HASZNOSSÁG

12.1. A légszennyezés-csökkentés egészségügyi igénye

Az elmúlt évszázadban az energiaárak országunkban mérsékeltek voltak, és nem tükrözték az energia valós értékét, így az energia hatékony felhasználására nem ösztönözték a felhasználókat, a tulajdonosokat, a beruházókat. A dráguló energia viszont megemeli a megtakarítás értékét, és megrövidíti a beruházások megtérülési idejét. A szokványos, hagyományos hőszolgáltató berendezésekhez képest az új technika más, mint a megszokott, de ez is szakszerű tervezést, kivitelezést, üzemeltetést kíván. Nem kell félelmetes földgázkazán, illetve légszennyező (füstölő), drága kémény. Nincs szükség szintén helyfoglaló és további árnövelő tüzelőanyag-tárolóra, nem kell földgázvezeték, és biztonságos, mert nincs szén-monoxid mérgezési és robbanásveszély, különös tekintettel a minden évben növekvő balesetek számára.

Városaink levegőszennyezettségének káros hatásait pénzben igen nehéz meghatározni. A földgáztüzelésre való áttérés ellenére így ma reflektorfénybe kerül a hőszivattyúk alkalmazása. Ismeretes, hogy a széntüzelés idejében pl. Budapest épületeit a ráakódott por, korom „patinássá” tette, vagyis jól befüstölte.

Az emberiség nem mond le a műszaki fejlődés áldásáról ill. a kényelemtől (a komfortról), ugyanis a nagy részéről nem is mondhat le, de a káros mellékhatásokat fokozatosan csökkenteni kell, és amennyire lehet, kiváltással megszüntetni. Jelentős követelmény: az energiahatékonyság növelése az energiatermelés és az energiafelhasználás minden fázisában.

A korszerű hőszivattyús (villamos és gázüzemű) rendszer szinte minden meglévő meleg vizes központi fűtéshez csatlakozható. Figyelemmel a hőszigetelés fontosságára, a monovalens, a bivalens és a multivalens hőszivattyús rendszerekre. Alkalmazásával emberbarát ún. sugárzófűtési és hűtési rendszerek (pl. 30 Celsius-fok alatti fűtéselőremenővíz-hőmérséklettel!) valósíthatók meg! Így a környezet terhelésének mérsékelésével javulhat a lakosság egészsége, életminősége.

Ha meg akarunk maradni egészségesen élő közösségi lényeknek, akkor ökológiailag érzékeny gondolkodásra van szükségünk. Változtatni szükséges a környezetet kizsákmányoló magatartásunkon, és ne higgyük, hogy pénz nélkül semmire sem mehetünk.

12.2. A hőszivattyúk és a klímaváltozás

Amikor egy energetikai rendszer hasznosságát értékeljük, ma már elsődleges fontossággal kell figyelembe venni

a környezetvédelmi hatást. Ezért ma elsősorban a klímavédelemhez való kapcsolódás került a figyelem középpontjába, de hasonlóan fontos a lokális környezetvédelem is, a helyi levegőszennyeződés csökkentése (különösen az intenzíven növekvő gépjárműforgalom és az egyre gyakrabban előforduló szén-monoxid-mérgezések miatt).

További fontos, energiastratégiaileg értékelendő szempont az energiainport-függőség csökkentése, a fosszilis biztonsági készletezési szükségletek csökkentése, a kiegyensúlyozottabb hatékony hasznosítással kombinált villamosenergia-fogyasztási igény megteremtése.

Önkormányzati szinten a helyi energiaforrások hatékonyabb felhasználása, a jövedelmek megőrzése, a tiszta környezet mindenütt kiemelt szempont. A társadalmi hatások közül fontos megvizsgálni, hogy az új technológia üzemeltethetősége, fenntarthatósága mennyire költséges, illetve mennyire biztosítható. Továbbá lényeges szempontként jelentkezik a helyi munkahelyteremtések, a kistérségi szinten meghatározó innovatív vállalkozások sikeressége. A fentiek elérését országos szinten a Heller-terv, önkormányzati szinten a tudatos és hatásos energetikai fejlesztések és helyi programok segíthetik.

A hőszivattyús berendezés által kiváltott szén-dioxid meghatározásánál egyrészt a közvetlenül kiváltott fosszilis tüzelőanyag révén megtakarított kibocsátás elkerülését kell figyelembe venni, másrészt a hőszivattyú körfolyamat munkavégzéséhez szükséges befektetett energia fosszilis energiatarományát kell értékelni. Abban az esetben, ha ehhez a munkához villamos energia szükséges, általában az országos energiamérlegekben villamosenergia-termelésre felhasznált primer energiahordozók arányából kiindulva szokták értékelni az energiaegységre jutó CO₂-terhelést. Természetesen a munkavégzéshez (kompresszióhoz) szükséges energiát helyi autonóm megújuló energiatermelő rendszerekből (szél, nap, Stirling-motor, biogázmotor, növényiolaj-motor stb.) nyerve CO₂-semleges rendszereket is létre lehet hozni. Illetve villamos motor helyett gázmotor is hasznosítható, ebben az esetben a CO₂-kibocsátás egyértelműen meghatározható.

Az alábbiakban a tipikus villamos hőszivattyú CO₂-kibocsátáscsökkentő hatását szemléltetjük:

A tüzelőanyag 1 kg széntartamából a mólsúlyok ismeretéből adódik, hogy 3,67 kg_{CO2}/kg_C keletkezik. 2005-ben a villamosenergia-termelés részaránya primer energiahordozók szerint a következő volt (11. táblázat).



11. táblázat: Országos erőművi adatok (2005)

Tüzelőanyag neve	Lignit	Szén	Folyékony	Földgáz	Urán	Megújulókból és hulladékból
Jellemző karbontartalom, átlagos [kg _{karbon} / kg _{tüzelő}]	0,3	0,5	0,85	0,75	0	0
Jellemző fűtőérték [MJ / kg _{tüzelő}]	9	18	42	44 (34 MJ/m ³)		
Jellemző fűtőérték [kWh / kg _{tüzelő}]	2,5	5	11,7	12,2		
Fajlagos szén-dioxid kibocsátás [kg _{CO₂} / kg _{tüzelő}]	1,1	1,83	3,12	2,75 (2,1 kg _{CO₂} /m ³)	0	0
Fűtőértékre eső CO ₂ -kibocsátás [kg _{CO₂} / kWh]	0,44	0,366	0,267	0,225	0	0
Villamosenergia-termelés 2005-ben [GWh/év]*	6 977		466	12 337	13 834	2 131
Erőművi tüzelőanyag-felhasználás 2005-ben [GWh/év]*	23 200		1 734	36 726	40 936	8 968
Erőművi tüzelőanyag-felhasználás aránya 2005-ben [%]	19,5		1,3	34,5	38,7	6,0
Erőművi termelés átlagos hatásfoka [%]	30,1		26,9	33,6	33,8	23,8
Termelt villamos-energiára jutó CO ₂ - kibocsátás 2005-ben [kg _{CO₂} /kWh]	1,395 (0,42/0,301)		0,993	0,670	0	0

Megjegyzés: *a Magyar Energetikai Hivatal 2005-re vonatkozó éves jelentése szerint (www.eh.gov.hu)

Az átlagos erőművi összh hatásfok:

$$\eta_{\text{erőmű}} = 30,1 \times 19,5\% + 26,9 \times 1,3\% + 33,6 \times 34,5\% + 33,8 \times 38,7\% + 23,8 \times 6,0\% = 32,3 \%$$

Az erőművi átlagos szén-dioxid-kibocsátás a termelt villamos energiára tekintve tehát:

$$1,395 \times 19,5\% + 0,993 \times 1,3\% + 0,670 \times 34,5\% \approx 0,516 \text{ [kg}_{\text{CO}_2}\text{/kWh]}$$

A villamos hálózati hatásfok 90%-ra becsülhető. Az elfogyasztott villamos energia egységére jutó CO₂-kibocsátás tehát átlagosan: 0,516 / 0,90 = 0,573 [kg_{CO₂}/kWh]

A mostanában lezajlott illetve zajló fejlesztéseket (Mátrai Erőmű hatásfoknövelése, Paksi Erőmű kapacitásbővítése, biogázmotorok számának jelentős gyarapodása stb.) tekintve a fenti fajlagos érték még további javulása várható, ami a hőszivattyúk környezeti megítélésének és hasznának további javulását eredményezi.

A konkrét környezeti hasznot egy földszondás hőszivattyús berendezésre jellemző összetett átlagos COP = 4,5 [kWh_{hő}/kWh_{el}] értékű hőszivattyúval szemléltetjük. Eszerint a berendezés fajlagos szén-dioxid-kibocsátása:

$$0,573 \text{ [kg}_{\text{CO}_2}\text{ / kWh}_{\text{el}}] / 4,5 \text{ [kWh}_{\text{hő}}\text{/kWh}_{\text{el}}]} = 0,127 \text{ [kg}_{\text{CO}_2}\text{ / kWh}_{\text{hő}}];$$

A hőszivattyúval azonos hőteljesítményű földgáztüzelésű hőenergia-termelés esetén a kibocsátott szén-dioxid fajlagos mennyisége a következő módon számolható.

Alapadatok:

Éves tüzelőanyag fűtőértékére vonatkoztatott kazánhatásfok: 85%;

Földgáz fűtőérték: 9,44 kWh/m³;

Az 1 kWh fűtési hőmennyiség előállításának földgáz-igénye:

$$1 / (9,44 \times 0,85) = 0,125 \text{ [m}^3\text{/kWh]}$$

1 kWh földgázkazánnal történő fűtési hőtermelés fajlagos CO₂-kibocsátás értéke:

$$E_g = 2,1 \text{ [kg}_{\text{CO}_2}\text{ / m}^3] \times 0,125 \text{ [m}^3\text{/kWh]} = 0,263 \text{ [kg}_{\text{CO}_2}\text{ / kWh]}$$

A fűtési célú hőszivattyú a fenti példa esetén, az alternatív kazán villamos segédenergia igényét elhanyagolva:

$$\Delta E_{\text{fűtés}} = 0,127 - 0,263 = -0,136 \text{ [kgCO}_2\text{/ kWh]}$$

Tehát 0,079 kg_{CO₂}/ kWh kibocsátás kiváltása érhető el. Abban az esetben, ha a fűtési rendszer a technológiának megfelelően megváltozik, tehát padló illetve fali sugárzó fűtések épülnek a hagyományos radiátorok helyett, a tech-



nológiaaváltás miatt a hőigény is csökken, ami további megtakarítást eredményez.

A hűtési célú felhasználás esetén az alternatív légkondicionáló berendezések fajlagos energiaigényével is össze kell hasonlítani a hőszivattyús rendszer összes energiaigényét és az EER értékét (a COP tényezővel ekvivalens a hűtésre vonatkoztatva). Például, ha 30%-kal több a hőszivattyús rendszer teljes energiaigénye (hulladékhő vagy hidegenergia + villamos energia együtt) és a hűtésre – EER tényező 3,5; akkor a hűtési folyamat kibocsátásának kiváltása a következő:

$$\Delta E_{\text{hűtés}} = 0,573 / 3,5 - 0,573 / 1,3 = -0,277 \text{ [kg}_{\text{CO}_2} / \text{kWh}_{\text{hideg}}]$$

Minden projekt esetén megállapítható az a kritikus COP érték, amely fölött CO_2 -csökkentés érhető el. A fenti példa esetén, ha csak fűtési célú felhasználás van, akkor a

$$\Delta E_{\text{fűtés}} = E_{\text{hősziv}} - E_{\text{gáz}} = E_0 / COP - E_{\text{gáz}}$$

egyenletet $\Delta E_{\text{fűtés}} = 0$ -ra felírva és rendezve a kritikus COP érték az általános esetekre:

$$COP_{\text{krit},1} = E_0 / E_g = 0,573 \text{ [kg}_{\text{CO}_2} / \text{kWh}_{\text{el}}] / 0,263 \text{ [kg}_{\text{CO}_2} / \text{kWh}] = 2,179$$

tehát 2,179-es COP érték esetén a mai valóságban már szén-dioxid-kibocsátás kiváltásra képes a hőszivattyús technológia, csak fűtési célú hasznosítás esetén is. Környezetvédelmi szempontból tehát, már ekkor megtérül a hőszivattyú alkalmazása.

Energetikai szempontból akkor indokolt a villamos hőszivattyú alkalmazása, ha a COP tényező értéke:

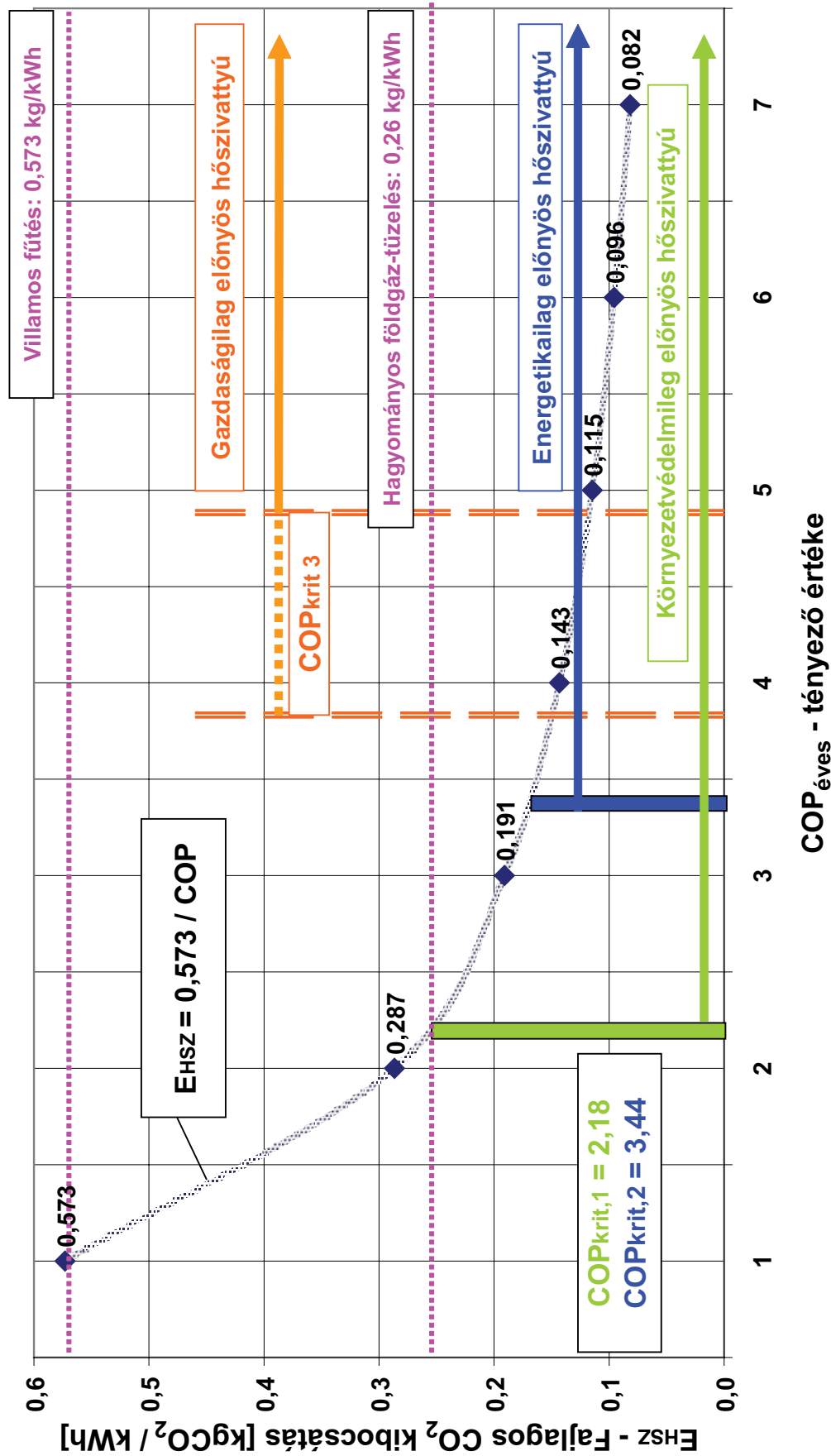
$$COP_{\text{krit},2} \geq 1 / (\eta_{\text{erőmű}} \times \eta_{\text{hálózat}}) = 1 / (0,323 \times 0,90) = 3,44$$

A COP harmadik kritikus értéke a gazdaságosság szempontjából fontos. Talán előbb-utóbb a Heller-tervnek köszönhetően kialakul egy olyan támogatási struktúra, ami a költséghatékony és minősített megvalósítások esetén a gazdaságilag kritikus $COP_{\text{krit},3}$ tényezőt legalább olyan értékre leviszi, hogy az a $COP_{\text{krit},2}$ értékkel megegyező legyen, de a klímavédelem miatt, akár nagyobb mértékű támogatás is indokolt lenne. Támogatás nélkül a $COP_{\text{krit},3}$ gazdasági megtérülést is biztosító érték a technológia fajtájától (levegős, szondás), felhasználás módjától (hűtés?), a telepítés jellegétől (új épület, régi rendszer kiváltása), a tökeelvárásoktól is jelentősen függő érték, konkrét értéke csak aktuálisan dönthető el. Általában a nyári-téli folyamatos üzemű szondás hőszivattyúk esetén ez a kritikus tényező 4,5–5-re becsülhető.

A fajlagos szén-dioxid-kibocsátást a hőszivattyú COP tényezője függvényében az alábbi görbén ábrázoljuk, melyen a földgázzal és a villamos energiával történő fűtés kibocsátás hatását is jelöljük.

A hőszivattyú alkalmazása a lokális szennyezés mértékét is jelentősen csökkenti. Villamos hőszivattyú esetén a lokális szennyezés (NO_x , CO , por, SO_2 , PAH, stb.) mértéke nullára csökkenthető, míg gáztüzeléses hőszivattyú esetén a kapcsolt jellegű termelés előnyei és a hőszivattyú komplex előnyei miatt érhető el a lokális szennyezettég csökkentése. Ezzel párhuzamosan az épületek biztonságosabbá válnak, a szén-monoxid okozta mérgezések esélyei, a gyakran lakótérbe visszajutó füstgáz káros hatásai (asztma) megszüntethetők.





32. ábra: Villamos hőszivattyú alkalmazásának környezetvédelmi, energetikai és gazdasági indoklottsági tartománya



13. JOGSZABÁLYOK, SZABVÁNYOK

Várható, hogy 2008-ban megjelenik az épületek fűtéséről és hűtéséről szóló EU-irányelv, amely a hőszivattyúk elterjedését nagyban segíteni fogja. Magyarországon rendkívül bonyolult és drága engedélyezési eljárás van érvényben a földhős hőszivattyúknál. Az engedélyezési eljárások egyszerűsítése és a díjak állami átvállalása szükséges azért, hogy a korszerű hőtermelő berendezések azonos piaci feltételek között versenyezhesse (pl. új épületnél a kéményépítést meg kellene tiltani, ez alól kivétel csak a biokazán vagy a kandalló lehessen).

ÉRVÉNYBEN LÉVŐ JOGSZABÁLYOK:

- 1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról
- 2005. évi XVIII. törvény a távhőszolgáltatásról
- 118/2003. (VIII. 8.) Korm. rendelet a szilárd ásványi nyersanyagok és a geotermikus energia fajtágos értékének, illetve az érték számítására vonatkozó szabályoknak a megállapításáról
- 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszín alatti vizek védelméről
- 264/2004. (IX. 23.) Korm. rendelet az elektromos

és elektronikai berendezések hulladékainak visszavételéről

- 10/1995. (IX. 28.) KTM rendelet a környezetvédelmi termékdíjról, továbbá egyes termékek környezetvédelmi termékdíjáról szóló 1995. évi LVI. törvény végrehajtásáról.
- 96/2005. (XI. 4.) GKM rendelet a bányafelügyelet hatáskörébe tartozó sajátos építményekre vonatkozó egyes építésügyi hatósági eljárások szabályairól
- 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról (ez a 2002/91/EK EU-irányelvet bevezető első jogszabályunk)

Az 1980-as évektől kezdve a hőszivattyúkkal szemben támasztott követelményeket és vizsgálatokat nemzeti és nemzetközi szabványokban is rögzítették. Jelenleg érvényben van 21 db nemzeti: MSZ és MSZ EN (közülük csak tíz magyar nyelvű), illetve 6 db nemzetközi ISO-, illetve IEC szabvány (közülük csak egy van honosítva).

12. táblázat: Magyar (és európai) szabványok

	Hivatkozási szám	Szabványcím
1.	MSZ EN 255-1:1994 Visszavonva!	Hőszivattyúk. Villamos hajtású kompresszoros fűtő vagy fűtő és hűtő hőszivattyúegységek. 1. rész: Fogalommeghatározások és megnevezések
2.	MSZ EN 255-1:2000 Visszavonva!	Villamos kompresszoros légkondicionáló berendezések, folyadékűtők és hőszivattyúk. Fűtés. 1. rész: Szakkifejezések, fogalommeghatározások és megjelölések
3.	MSZ EN 255-2:2000 Visszavonva!	Villamos kompresszoros légkondicionáló berendezések, folyadékűtők és hőszivattyúk. Fűtés. 2. rész: A helyiségűtő berendezések vizsgálata és megjelölésének követelményei
4.	MSZ EN 255-3:2000	Villamos kompresszoros légkondicionáló berendezések, folyadékűtők és hőszivattyúk. Fűtés. 3. rész: Használati melegvíz-termelő berendezések vizsgálata és megjelölésének követelményei
5.	MSZ EN 255-4:2000 Visszavonva!	Villamos kompresszoros légkondicionáló berendezések, folyadékűtők és hőszivattyúk. Fűtés. 4. rész: Helyiségűtő és használati melegvíz-termelő berendezések követelményei
6.	MSZ EN 378-1:1997 Visszavonva!	Hűtőberendezések és hőszivattyúk. Biztonságtechnikai és környezetvédelmi követelmények. 1. rész: Általános követelmények
7.	MSZ EN 378-1:2000/ A1:2004 Angol nyelvű!	Hűtőrendszerek és hőszivattyúk. Biztonsági és környezetvédelmi követelmények. 1. rész: Alapkövetelmények, fogalommeghatározások, osztályozás és kiválasztási kritériumok
8.	MSZ EN 378-1:2002	Hűtőrendszerek és hőszivattyúk. Biztonsági és környezetvédelmi követelmények. 1. rész: Alapkövetelmények, fogalommeghatározások, osztályozás és kiválasztási kritériumok



	Hivatkozási szám	Szabványcím
9.	MSZ EN 378-2:2001	Hűtőrendszerek és hőszivattyúk. Biztonsági és környezetvédelmi követelmények. 2. rész: Tervezés, gyártás, vizsgálat, megjelölés és dokumentáció
10.	MSZ EN 378-3:2000/ A1:2004 Angol nyelvű!	Hűtőrendszerek és hőszivattyúk. Biztonsági és környezetvédelmi követelmények. 3. rész: A telepítés helye és a személyek védelme
11.	MSZ EN 378-3:2002	Hűtőrendszerek és hőszivattyúk. Biztonsági és környezetvédelmi követelmények. 3. rész: A telepítés helye és a személyek védelme
12.	MSZ EN 378-4:2000/ A1:2004 Angol nyelvű!	Hűtőrendszerek és hőszivattyúk. Biztonsági és környezetvédelmi követelmények. 4. rész: Üzemeltetés, karbantartás, javítás és hasznosítás
13.	MSZ EN 378-4:2002	Hűtőrendszerek és hőszivattyúk. Biztonsági és környezetvédelmi követelmények. 4. rész: Üzemeltetés, karbantartás, javítás és hasznosítás
14.	MSZ EN 814-1:2000 Visszavonva!	Villamos kompresszoros légkondicionáló berendezések és hőszivattyúk. Hűtés. 1. rész: Szakkifejezések, fogalom meghatározások és megjelölések
15.	MSZ EN 814-2:2000 Visszavonva!	Villamos kompresszoros légkondicionáló berendezések és hőszivattyúk. Hűtés. 2. rész: Vizsgálatok és megjelölési követelmények
16.	MSZ EN 814-3:2000 Visszavonva!	Villamos kompresszoros légkondicionáló berendezések és hőszivattyúk. Hűtés. 3. rész: Követelmények
17.	MSZ EN 1736:2000 Angol nyelvű!	Hűtőberendezések és hőszivattyúk. Hajlékony csövek, rezgésszigetelők és kompenzátorok. Követelmények, tervezés és beépítés
18.	MSZ EN 1861:2000 Angol nyelvű!	Hűtőberendezések és hőszivattyúk. A rendszer folyamatábrája, cső- és készüléktervek. Elrendezés és jelképek
19.	MSZ EN 12055:2000 Angol nyelvű! Visszavonva!	Villamos kompresszoros folyadékű hűtők és hőszivattyúk. Hűtés. Meghatározások, vizsgálatok és követelmények
20.	MSZ EN 12178:2004	Hűtőrendszerek és hőszivattyúk. Folyadékszintjelző készülékek. Követelmények, vizsgálat és megjelölés
21.	MSZ EN 12263:2000	Hűtőberendezések és hőszivattyúk. Biztonsági kapcsolókészülékek nyomáshatároláshoz. Követelmények és vizsgálatok
22.	MSZ EN 12284:2004	Hűtőrendszerek és hőszivattyúk. Szelepek. Követelmények, vizsgálat és megjelölés
23.	MSZ EN 12309-1:1999 Angol nyelvű!	Gáztüzelésű, legfeljebb 70 kW nettó hőterhelésű abszorpciós és adszorpciós légkondicionáló és/vagy hőszivattyús berendezések. 1. rész: Biztonság
24.	MSZ EN 12309-2:2000 Angol nyelvű!	Gáztüzelésű, legfeljebb 70 kW névleges hőterhelésű, abszorpciós és adszorpciós légkondicionáló és/vagy hőszivattyús berendezések. 2. rész: Hatékony energiafelhasználás
26.	MSZ EN 13136:2003	Hűtőrendszerek és hőszivattyúk. Nyomáslefúvató készülékek és kapcsolódó csővezetékeik. Számítási módszerek
25.	MSZ EN 13136:2001/ A1:2005 Angol nyelvű!	Hűtőrendszerek és hőszivattyúk. Nyomáslefúvató készülékek és kapcsolódó csővezetékeik. Számítási módszerek
27.	MSZ EN 13313:2003	Hűtőrendszerek és hőszivattyúk. A személyzet felkészültsége
28.	MSZ EN 14276-1:2006 Angol nyelvű!	Nyomástartó berendezések hűtőrendszerekhez és hőszivattyúkhöz. 1. rész: Edények. Általános követelmények
29.	MSZ EN 14511-1:2004 Angol nyelvű!	Helyiségfűtő és -hűtő villamos kompresszoros légkondicionáló berendezések, folyadékű hűtők és hőszivattyúk. 1. rész: Szakkifejezések és fogalom meghatározások



	Hivatkozási szám	Szabványcím
30.	MSZ EN 14511-2:2004 Angol nyelvű!	Helyiségfűtő és -hűtő villamos kompresszoros légkondicionáló berendezések, folyadékűtők és hőszivattyúk. 2. rész: Vizsgálati feltételek
31.	MSZ EN 14511-3:2004 Angol nyelvű!	Helyiségfűtő és -hűtő villamos kompresszoros légkondicionáló berendezések, folyadékűtők és hőszivattyúk. 3. rész: Vizsgálati módszerek
32.	MSZ EN 14511-4:2004 Angol nyelvű!	Helyiségfűtő és -hűtő villamos kompresszoros légkondicionáló berendezések, folyadékűtők és hőszivattyúk. 4. rész: Követelmények
36.	MSZ 2355:1988	Kompresszoros hűtő- és hőszivattyú-berendezések vizsgálata
37.	MSZ ENV 12102:2000 Angol nyelvű!	Villamos kompresszoros légkondicionálók, hőszivattyúk és légnedvesség-csökkentők. Légzajkibocsátás mérése. A hangteljesítményszint meghatározása
38.	MSZ EN 60335-2-40:2003 Angol nyelvű!	Háztartási és hasonló jellegű villamos készülékek. Biztonság. 2-40. rész: Villamos hőszivattyúk, légkondicionálók és légszárítók egyedi előírásai (IEC 60335-2-40:2002, módosítva)
39.	MSZ EN 60335-2-40:2003/ A1:2006 Angol nyelvű!	Háztartási és hasonló jellegű villamos készülékek. Biztonság. 2-40. rész: Villamos hőszivattyúk, légkondicionálók és légszárítók egyedi előírásai (IEC 60335-2-40:2002/A1:2005, módosítva)
40.	MSZ EN 60335-2-40:2003/ A11:2005 Angol nyelvű!	Háztartási és hasonló jellegű villamos készülékek. Biztonság. 2-40. rész: Villamos hőszivattyúk, légkondicionálók és légszárítók egyedi előírásai
41.	MSZ EN 60335-2-40:2003/ A12:2005 Angol nyelvű!	Háztartási és hasonló jellegű villamos készülékek. Biztonság. 2-40. rész: Villamos hőszivattyúk, légkondicionálók és légszárítók egyedi előírásai



14. INTERNETES FORRÁSOK

Szervezet neve	Weblap cím
Energiaközpont Kht.	www.energiakozpont.hu
Magyar Energia Hivatal	www.eh.gov.hu
Zöldtech Magazin	www.zoldtech.hu
Magyar Szabványügyi Testület	www.mszt.hu
Geowatt Kft.	www.geowatt.hu
Hidro-Geodrilling Kft.	www.Hgd.hu
HÉV-Sugár Kft.	www.hev-sugar.hu
Hexaplan Kft.	www.hxp.ini.hu
Regale Klímatechnika Kft.	www.regale.hu/klima/site.php?inc=kezdo
Natura Környezetvédelmi Kft.	novanatura@t-online.hu (drótpostacím)
EU Energy Projects Web Sites	www.cres.gr/kape/links_energy_uk.htm
IEA Heat Pump Centre	www.heatpumpcentre.org
International Geothermal Association	www.iga.igg.cnr.it/index.php
KvVM	www.klima.kvvm.hu/index.php?id=36
GKM	www.gkm.gov.hu/data/cms1339828/energiahatekonysag.pdf
Magyar Épületgépészet	www.epgeplap.hu/epgeplap.php?page=cikk&cikk=650&PHPSESSID=d9df620ed381a26399ede397f7923b8d
Építészfórum	www.epeteszforum.hu
Geothermal Heat Pumps (US Department of Energy)	www1.eere.energy.gov/geothermal/heatpumps.html
EREC – European Renewable Energy Council	www.erec.org
Geothermal Energy Council	www.egec.org
Építéstudományi Egyesület	www.eptud.org









Kiadó: Energia Központ Kht., UNDP-GEF projekt
Írták: Komlós Ferenc, Fodor Zoltán, Kapros Zoltán, Vaszil Lajos
Lektorálta: Ádám Béla
A kiadásért felel:
ENERGIAHATÉKONYSÁGI, KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS ENERGIA
INFORMÁCIÓS KÖZHASZNÚ TÁRSASÁG
1092 Budapest, Ráday u. 42-44.
ISSN: 1419-466-X
ISBN: 978-963-06-4499-0