

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Tudományos Diákköri Dolgozat

Építészmérnöki Kar
Épületgépészeti szekció

Energiatakarékos épületgépészet

Készítette: Horváth Zoltán Attila
építészmérnök hallgató

Témavezető: Viczai János
egyetemi adjunktus
Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék

2008. november

Előszó

Dolgozatomban főként a családi házakban és sorházakban megvalósítható energiatakarékosság aktív gépészetével foglalkozom. Napjainkban Magyarországon még mindig csak a passzív takarékoság terjedt el. A családi házak építése vagy felújítása során csak a – jó esetben kellően vastag – hőszigetelésre és jó hőszigetelési képességű, kiváló légzárású ablakok beépítésére törekednek. Néhány esetben győzhető csak meg az építető a kedvező tájolású épület tervezésének fontosságáról, azaz célszerűen a déli homlokzat felé való megnyílásról.

Azonban az épületgépészetben az – amúgy igényes szerkezetekhez ragaszkodó – építető is nagyot szeret „spórolni”. Ennek következményeit legtöbbször nem is igazán a fűtésszámla, hanem az épület szerkezetei, a belső levegő minősége – tehát a ház lakói – szenvedik meg.

Nem arról van azonban szó, hogy szigetelőanyag és nyílászáró helyett a gépészetre költjük a pénzt. Arra kellene törekedni, hogy az épületek szerkezeteit és kiszolgáló gépészetét egymással összefüggésben kezeljük.

A következő oldalakon sorra veszem az alkalmazható gépészeti berendezéseket, vázlatosan bemutatom működésüket, majd egy utólagosan hőszigetelt családi ház igényeinek felmérése után „összeválogatom” az épület üzemeltetéséhez használható, egy esetleges épületgépészeti felújítás során beépíthető egységeket.

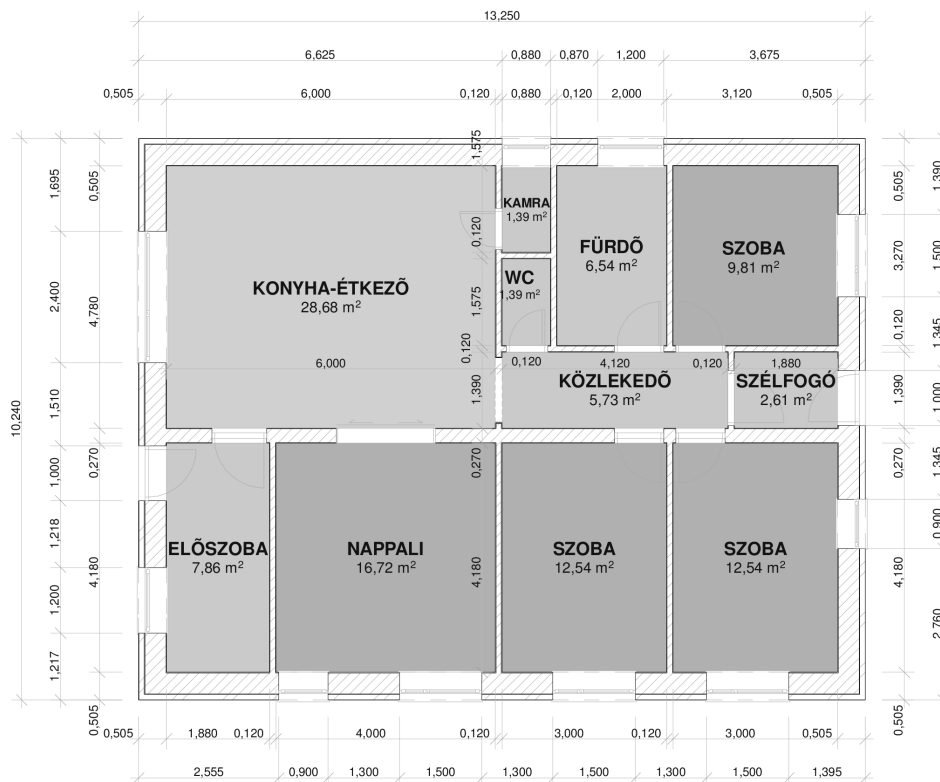
Tartalomjegyzék

1 Bevezető.....	5
1.1 Fűtési energiaigény.....	6
1.2 Mesterséges szellőztetés.....	7
1.3 Használati melegvíz igény.....	8
2 Fűtés.....	9
2.1 Kondenzációs gázkazán.....	9
2.1.1 A kondenzációs gázkazán története.....	10
2.1.2 A kondenzáció fizikai-kémiai tartalma.....	10
2.1.3 A csatlakozó szerelvényekről.....	11
2.1.4 A kondenzációs elven működő gázkazán energia-előállítási hatékonysága.....	12
2.2 Faelgázosító kazán.....	13
2.2.1 A faelgázosító kazán működési elve.....	14
2.2.2 A mintaépület igényei faelgázosító kazán esetében.....	15
2.3 Pellettüzelésű kazán.....	15
2.3.1 A pellettüzelésű kazán működése.....	16
2.3.2 A környezetbarát pellet.....	17
2.3.3 A mintaépület igényei pelletkazán esetében.....	17
2.4 Hőszivattyú.....	18
2.4.1 A hőszivattyú rövid története.....	18
2.4.2 A hőszivattyú működési elvei.....	19
2.4.3 A hőszivattyú típusai hőforrás alapján.....	20
2.4.4 A kompresszoros hőszivattyú típusai.....	22
2.4.5 A mintaépület energiaigénye hőszivattyú esetében.....	23
3 Használati melegvíz ellátás.....	24
3.1 Napkollektorok.....	24
3.1.1 A napkollektorok típusai.....	24
3.1.2 Napkollektorok energianyeresége.....	26
3.1.3 A mintaépület energianyeresége napelemes rendszerek alkalmazása esetén.....	26
4 Légellátás, légtechnika.....	29
4.1 A szellőzőművek.....	30
4.1.1 A szellőzőművek típusai.....	30
4.1.2 A szellőztető berendezés kiegészítői.....	32
4.1.3 A mintaépület energiamegtakarítása hővisszanyerős szellőztető központ alkalmazása esetén.....	32
4.2 Csőkollektor.....	33
4.2.1 Felépítése és működési elve.....	33
4.2.2 Működési korlátjai.....	34
4.2.3 Energianyereség.....	34
4.3 Szoláris hűtésre alkalmas berendezések.....	35
4.3.1 Alternatív léghűtésre alkalmas berendezések.....	35
4.3.2 Az alternatív hűtési módszerek megoldása.....	38
4.3.3 Az alternatív hűtési módszerek energiamegtakarítása.....	39
4.4 Talajvíz használata hűtésre.....	39

5 Áramellátás.....	40
5.1 Házi szélkerék.....	40
5.1.1 A szélgenerátor története.....	40
5.1.2 A szélgenerátor technológiája.....	40
5.1.3 A szélkerekek alkalmazásának korlátai.....	41
5.2 Fotovoltaikus rendszerek – a napelem.....	41
5.2.1 A napelemek elterjedt típusai.....	42
5.3 Az elektromos energia felhasználásának és tárolásának problémái.....	43
5.3.1 Visszatáplálás.....	43
5.3.2 Akkumulátoros tárolás.....	43
5.3.3 Helyzeti energia alakjában történő tárolás.....	43
6 Javasolható épületgépészeti rendszerek.....	45
6.1 Meglévő fűtési rendszer megtartása.....	45
6.2 Radiátoros fűtőfelületek esetén.....	46
6.3 Meglévő, vagy újonnan kialakítandó felületfűtés.....	47
7 Értékelés.....	50
Következtetések.....	51

1 Bevezető

A lakóház, aminek igényeit fogom felmérni, egy 111 m²-es, négyszobás, '80-as években épült földszintes, utólagosan hőszigetelt családi ház. A régi nyílászárókat korszerű szerkezetekre cserélték, a felújított 38 cm vastag Rába falazóblokkból készült falra 10 cm-es, polisztirol hőszigetelő rendszer került megfelelő méretű túllógatással. Az E gerendás, kerámia béléstestos födémre 20 cm üveggypot tekeresztet fektettek.



A mintaépület alaprajza

A családi ház – energetikai számításokhoz szükséges – alapadatai a következők:

- nettó alapterület: 111 m²
- belmagasság: 2,7 m
- belső kerület: 44,12 m
- ajtók felülete: 4,8 m²
- ablakok felülete: 17,01 m²
- ajtók-ablakok kerülete: 62,2 m
- falak hőveszteség-tényezője: 0,254 W/m²K
- födém hőveszteség-tényezője: 0,195 W/m²K
- ablakok hőveszteség-tényezője: 1,4 W/m²K
- bejárati ajtók hővesztesége: 1,8 W/m²K
- padló kerületmenti hőhídja: 1,05 W/mK

1.1 Fűtési energiaigény

A fellépő fűtési energiaigényt az új épületenergetikai szabályozásban meghatározott eljárás alapján számítom ki annyi különbséggel, hogy abból a szellőztetés energiaigényét kihagyom és azt külön tételként határozom meg. A számított hőveszteség 1 K hőmérséklet-különbség hatására (1 másodperc alatt):

- ajtókon-ablakokon távozó hő: 34,34 W/K
- födémen át távozó hő: 25,81 W/K
- homlokzati falon távozó hő: 42,58 W/K
- padlómenti hőveszteség: 46,33 W/K
- Összesen: 149,05 W/K másodpercenként.

Az épület téli összes sugárzásos nyereségére a

$$Q_{sd} = \varepsilon \sum_{i=\text{észak}}^{\text{nyugat}} A_i Q_{i, TOT} g$$

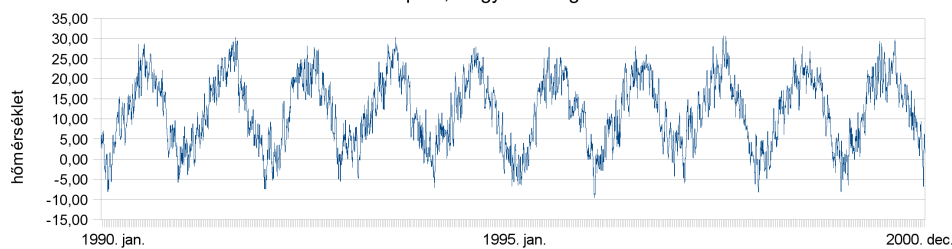
összefüggés alapján, a keleti és déli nyílásokat benapozottnak feltételezve $Q_{sd} = 1850,40 \text{ kWh/a}$ adódik.

A számításnál fontos tudnunk, milyen $t_i - t_e$ hőmérséklet-különbséget tudnak áthidalni az épület belső (hulladékhő) és külső (sugárzásos) hőnyereségei:

$$\delta t_b = \frac{Q_{sd} \times A_N q_b}{\sum AU \times \sum I\Psi \times 0,35 nV} + 2,$$

ahol Q_{sd} az épület sugárzásos, q_b a hulladékhőből származó fajlagos hőnyereség, a nevezőben szerepeltetett mennyiségek pedig a felületi, a vonalmenti és a szellőztetés során fellépő hőveszteségek; n az épület átlagos légcsereszám (számítása később). Behelyettesítés után $\delta t_b = 15,07 \text{ °C}$.

Éves középhőmérséklet alakulása
Budapest, Magyarország



1990. január 1-től 2000. december 31-ig

Napi középhőmérséklet alakulása (adatok: www.met.hu)

A fűtéshez szükséges energiaigény számításához a szabvány egy ún. éves fűtési hőfokhíd mennyiséget használ. Ez a mennyiség a szabvány alapján meghatározható egyensúlyi hőmérséklet-különbségből (δt_b) és a meteorológiai adatokból származtatható, ezt a pontosabb számítás érdekében a Meteorológiai Szolgá-

lat 1991 és 2000 között mért adatainak segítségével számoltam ki. A számítás során a $t_i - \delta t_b$ hőmérséklet alatti napi középhőmérsékletű napokat tekintve az éves fűtési hőfokhíd:

$$H = \int_1^{n_f} t_i - t_e d(t_f),$$

ahol n_f a fűtésigényes napok száma, t_f pedig a fűtési idő. Az integrál eredményére a 10 évnyi adat (tehát 10 fűtési szezon) átlagát tekintve $H = 1886,22 \text{ napK}$, azaz 45 269 óraK adódik, a fűtésigényesnek jószolt napok száma $Z_F = 98$.

Az éves nettó fűtési energiaszükséglet értékére a szellőztetés nélkül a

$$Q_F = HVq\sigma - Z_F A_N q_b$$

formula alapján $Q_F = 1869,94 \text{ kWh/a} = 6 731,77 \text{ MJ}$ adódik.

1.2 Mesterséges szellőztetés

A szellőzésigény számításához szükséges adatok:

- 5 lakó által kibocsátott pára: 250 g/h
- 20 cserepes virág páratelhelése: 160 g/h
- 4,5 kg száradó ruha: 100 g/h
- belső levegő páratartalma (20 °C, 65%) 11,18 g/m³
- külső levegő páratartalma (0 °C, 90%) 4,37 g/m³
- épület térfogata: 299,7 m³
- levegő sűrűsége: 1,24 kg/m³
- levegő hőkapacitása: 1,01 kJ/kg*K

Ebből számítva:

- az épület fajlagos páratelhelése: 1,7 g/m³h
- szükséges fajlagos légcserre: 0,25 l/h,
azaz $111 \text{ m}^3 * 0,25 \text{ l/h} = 74,83 \text{ m}^3/\text{h}$

Az emberi tevékenységhez szükséges frisslevegő-igényt az MSZ 04. 135/1-1982 szabvány 20 m³/h*fő-ben határozta meg. Bár a később megjelenő pontosítás a tevékenységek alapján csoportosította a biztosítandó légmennyiséget, az érték jól használható a lakóépületekben biztosítandó optimális légcserre megállapítására. Ennek alapján a szükséges légcserre:

$$20 \frac{\text{m}^3}{\text{h} \text{ fő}} \times 5 \text{ fő} = 100 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}.$$

Látható, hogy ez az érték a páramentesítéshez szükséges mennyiséget meghaladja, ezért ezzel számolok tovább.

A H értéke szellőztetés esetében is megegyezik a korábban kiszámítottal.

Napi átlag 15 órás működést tekintve (munkanapokon 12, hétvégén 20 órás bent tartózkodást feltételezve) a kicserélendő levegő mennyisége:

$$15 \frac{h}{nap} \times 100 \frac{m^3}{h} = 1500 \frac{m^3}{nap},$$
$$1500 \frac{m^3}{nap} \times 1,24 \frac{kg}{m^3} = 1842,29 \frac{kg}{nap}$$

A szükséges mennyiségű szellőztetés esetén pótolandó átlagos éves hőmennyiség tehát:

$$1842,29 \frac{kg}{nap} \times 1886,24 napK \times 1,01 \frac{kJ}{kgK} = 3\,492,33 MJ = 970,09 kWh$$

1.3 Használati melegvíz igény

Az átlagos napi használat (és zuhanyzásos tisztálkodás) esetén számítható HMV igény 50 °C vizet szolgáltatva 50 l/fő. Ennek alapján a mintaépületben:

- HMV igény (50 °C): 50 l/fő*nap
- víz fajhője 25 °C-on: 4,18 kJ/l*K
- vezetékes víz átlagos hőmérséklete: 18 °C

Az éves HMV előállításra fordítandó energia az előállítás során fellépő veszteség nélkül:

$$5 \text{ fő} \times 50 \frac{l}{nap \cdot \text{fő}} \times (50^\circ C - 18^\circ C) \times 4,18 \frac{kJ}{l \cdot K} \times 365,25 \text{ nap} = 12\,217,76 MJ,$$
$$12\,217,76 MJ = 3\,392,83 kWh.$$

2 Fűtés

A mai kor kazánjainak jellemző módon több feladatnak és kényelmi szolgáltatásnak kell megfelelniük. Az alapfunkción felül már a kazánnal állítjuk elő a használati melegvizet is. Jó néven vesszük, ha a készülék állítgatása nélkül – szükség esetén – az automatikusan indul; ha nem, vagy ha csak ritkán kell a tüzelőanyag pótlásáról gondoskodnunk; ha nem kell „várunk” a meleg vízre; ha a termosztáton beállított fűtési hőmérsékletet telefonon, vagy az interneten keresztül módosítani tudjuk.

Ezek a kényelmi szempontok az elmúlt években – csekélyebb árak és a tüzelőanyag (államilag támogatott) olcsósága miatt – rendre a gázüzemű kazánok felé terelték az építetőköt.

Ebben a témakörben azokat a fűtésre alkalmas berendezéseket veszem sorra, amelyek használata esetén a hagyományos fűtési módokhoz képest jelentős energiamegtakarítás érhető el, illetve amelyek – részben vagy egészében – megújuló energiát hasznosítanak.

„A fűtőkazánok csak fűtéshez szolgáltatnak meleg vizet, de a használati melegvíz termelés (HMV) indirekt melegvíz-termelőn keresztül megoldható.” [KG-CseIs]

2.1 Kondenzációs gázkazán

A kondenzációs kazánok a legjobb hatásfokkal hasznosítják a földgázban lévő energiát és a károsanyag-kibocsátásuk az elérhető minimumot közelíti meg. „A kondenzációs kazánokkal a hagyományos jó minőségű kazánokhoz viszonyítva éves szinten legalább 20% energiát lehet megtakarítani, a már régebbi kazánokhoz, illetve konvektorokhoz viszonyítva 30%-ot is.” [KG-JeJa] Azonban meg kell jegyezni, hogy ezen készülékek alkalmazása ökológiai szempontból csupán kisebb szennyezőanyag kibocsátást jelent, megújuló energiát csupán a szolgáltatott gázba kevert biológiai eredetű gáztermék esetén tud csak – részben – hasznosítani.

A kémény kialakításakor a zárt égésterű kazánoknál bevált saválló tömítéseket és saválló, többnyire műanyag csöveket használunk.

A kondenzációs gázkazánok ventilátoros (turbós), zárt égésterű készülékek. Az égéshez szükséges levegőt az épületen kívülről szívják és az égés folyamata során keletkező füstgázokat tömített csöveken keresztül juttatják az épületen kívülre.

A kondenzáció kazánok mintegy 25-40%-al drágábbak, mint a hagyományos kazánok. Ez ugyan a beruházás szempontjából többletköltséget eredmé-

nyez, azonban a kisebb gázfogyasztásából viszonylag rövid idő alatt megtérül. „A mai gázárak és az olcsóbb készülékek figyelembe vételével a kondenzációs kazánra fordított többletköltség kéményes kazán esetében 5 év, zárt égésterű kazán esetében pedig 4 éven belül térül meg.” [KG-JeJa]

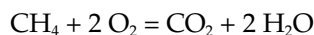
2.1.1 A kondenzációs gázkazán története

„A tüzelőanyag (energia-) megtakarítás egyik igen korszerű, a hollandok által 1978-ban szabadalmaztatott és a fejlett országokban azóta igen gyorsan elterjedt módszere, az ún. kondenzációs technika.” [KG-Rem]

A '90-es évek közepén Hollandiában túlsúlyba kerültek a kondenzációs kazánok, ma ott az eladott gázkazánok közel 100%-a ilyen készülék. Ez a térhódítás aztán elterjed Európában. „Mára Németországban 50% felett van a kondenzációs kazánok aránya, Ausztriában és Angliában meghaladja a 25%-ot.” [KG-JeJa] Ma Magyarországon 2 és 3% a gázkazánokon belüli arányuk, de az új kazánok vásárlásánál már itthon is emelkedő tendencia tapasztalható.

2.1.2 A kondenzáció fizikai-kémiai tartalma

A földgáz üzemű fűtőberendezések működtetésekor jelentős mennyiségű vízgőz keletkezik. A lakosság által fogyasztott földgáz túlnyomó része (körülbelül 97-99%-a) metán (CH_4). Ennek tökéletes égése során keletkező minden egyes CO_2 molekula mellett kettő H_2O molekula keletkezik:

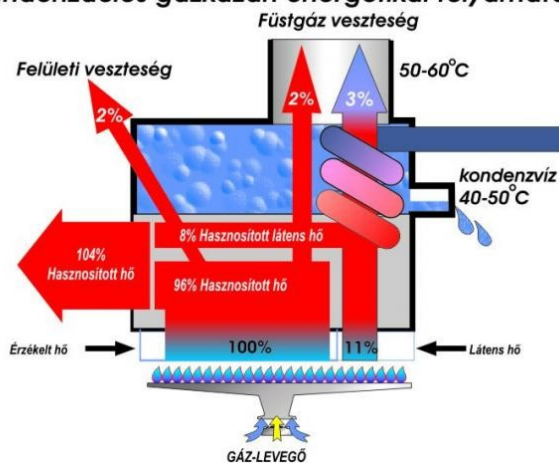


A fűtés során elégetett fűtőanyag jobb hasznosítása abban rejlik, hogy a keletkező égéshőnek lehető legnagyobb részét hasznosítsuk, s így minél csekélyebb energiatartalmú füstgázt engedjünk ki a környezetbe. A kondenzációs fűtőkészülékek a fűtőanyag hidrogéntartalmának égésekor keletkező vízgőz lehűtésével – ezzel a vízgőztartalom kicsapatásával – megnyerhető annak jelentős nagyságú forrás¹ és minimális mennyiségű fajhője². Emellett „a hőcserélőben lecsepegtő kondenzátum füstgáz-mosóként funkcionál, kimossa a füstgázban lévő szennyezők java részét, és azok a kondenzatív vízben feloldva híg savként kerülnek a kazánra és szifonra keresztül a szennyvízhálózatba. A kondenzátum pH-értéke 3,5–5,3 között mozog. (...) A savas kondenzátum tulajdonképpen hasznos. Ugyanis a szennyvíz mindig lúgos, és azt a tisztítóműben semlegesíteni kell. A savas kondenzátum a csatornában elősemlegesítést végez.” [KG-JeJa]

1 A víz forráshője 2,26 MJ/kg

2 A víz fajhője (hőkapacitása) 4,18 kJ/kg·K; 20°C hőmérséklet-változást tekintve 83,6 kJ/kg

Kondenzációs gázkazán energetikai folyamata



A kondenzációs gázkazán hőtermelésének megoszlása

A mai technológia a füstgáz lehűtését és a lecsapatott víz energiájának hasznosítását a fűtőkör visszatérő ágával valósítja meg. A kazánba visszatérő fűtőközeg lehűti a gáz halmazállapotú égéstermékeket, eközben önmaga felmelegszik. Így „előmelegítve” kerül a tűztérben található csőkiágóba úgy, hogy a víz kondenzációja során nyert hő jelentős mennyiségét felvette.

„A füstgáz harmatponti hőmérséklete a tüzelőanyag összetételétől és a levegőfeleslegtől függően 53-57 °C között mozog. Ha a kazán hőcserélője jó hővezető-képességű alumíniumból készül, 50 °C alatti visszatérő fűtővíz-hőmérsékletnél már megindul a kondenzáció. Annál intenzívebb lesz, minél alacsonyabb ez a vízhőmérséklet. Mivel padló- és falfűtésnél a visszatérő vízhőmérséklet mindig jóval 50 °C alatt van, e fűtési rendszereknél nagyon jó, 108% körüli hatásfokkal számolhatunk.” [KG-JeJa] A kondenzációs üzem hatásfoka annál jobb, minél alacsonyabb visszatérő vízhőmérséklettel tudjuk hűteni a füstgázokat, azaz minél kisebb hőmérsékletű égéstermékkel juttatunk a környezetbe.

A kondenzáció során felszabaduló hőmennyiség pontosan az égéshő és a fűtőérték különbsége. Éppen itt érhető „tetten” a látszólag 100% feletti hatásfokok magyarázata: a klasszikus számítás ugyanis nem az anyag égéshőjét, hanem a fűtőértékét tekintette az energia elméletileg megnyerhető maximumának.

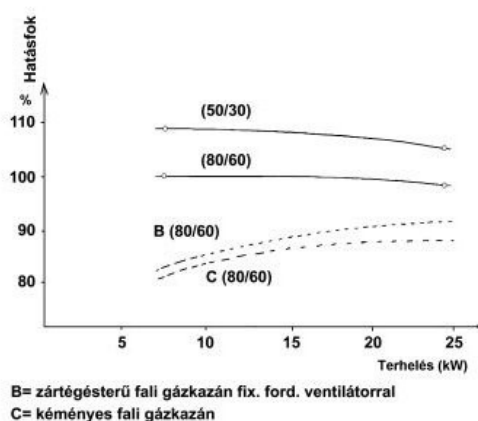
2.1.3 A csatlakozó szerelvényekről

Sajnos elég széles körben elterjedt az a nézet, hogy radiátoros fűtőfelületek esetén nem érdemes kondenzációs kazánt vásárolni. Ez azonban nem teljesen igaz. Külső levegőhőmérséklet-érzékelők alkalmazásával ugyanis a probléma egyszerűen megoldható. Ilyenkor a készülék csak akkor emeli a fűtőkör (és ezzel a visszatérő ág) hőmérsékletét a kondenzáció létrejötté szempontjából kedvező hőmérséklet fölé, amikor az épület hővesztesége azt indokolja, tehát nagyon

alacsony külső hőmérsékletek esetén. „Ha a nemzetközi és a magyar előírások szerint is ajánlott 75/65/20 °C-ra méretezik a radiátorokat, csak -5 °C-nál alacsonyabb külső hőmérsékletnél nincs kondenzáció, a többi esetben igenis van. Ez azt jelenti, hogy a magyar éghajlati viszonyok mellett a fűtési szezon több mint 90%-ában kondenzációs üzemben működik a kazán. A régebben szokásos 90/70/20 °C-ra méretezett radiátoroknál a fűtési szezon mintegy 60-70%-ában számíthatunk kondenzációs üzemre. Ha figyelembe vesszük a szokásos túlméretezést és az utólagos épület-hőszigeteléseket, ablakcseréket, még ennél is jobb a végeredmény a 90/70/20 °C-ra méretezett radiátoroknál.” [KG-JeJa]

„Kondenzációs üzem szempontjából a legkedvezőtlenebbek a feltételek a HMV előállításnál. Itt átlagban 98-100%-os hatásfokkal számolhatunk. Megjegyzem, az utóbbi időben már nagy hőcserélő felülettel rendelkező, ún. kondenzációs indirekt fűtésű tárolókat ajánlanak és forgalmazznak, amelyeknél jelentős kondenzációs hőnyereséget lehet elérni.” [KG-JeJa]

2.1.4 A kondenzációs elven működő gázkazán energia-előállítási hatékonysága



Hagyományos és kondenzációs kazánok hatásfokának alakulása a terhelés függvényében

A grafikon a hagyományos és a kondenzációs kazán terhelés függvényében ábrázolt hatásfokát mutatja. „A kondenzációs kazán nagy előnye, hogy a terhelés csökkenésével nő a hatásfoka. Ezzel szemben a hagyományos kazánoknál a terhelés csökkenésével a hatásfok is csökken.” [KG-JeJa] Tudvalevő, hogy a kazánokat mindig csúcsterhelésre méretezik: azonban az év döntő részében részterheléssel működnek. Így az éves hatásfoknál jóval nagyobb az eltérés a kondenzációs kazánoknál a hagyományosakhoz viszonyítva, mint a maximális terhelés melletti hatásfoknál. Ezért nyilván csak az éves hatásfok összehasonlítása adhat reális képet: így a különbség 20% felett van, jóval nagyobb, mint a névleges teljesítménynél. Egyébként a kazánok hatásfoka nem kondenzációs üzemben 97-98%.

Kondenzációs kazánoknál a költséges megoldás a használati melegvíz előállítás megoldása. Ilyen esetben 98-100%-os hatásfokra számíthatunk. A hatásfok magasan tartása érdekében alkalmazható indirekt melegvíztermelési rendszer, azonban ez – a kazán költségéhez képest – már drága megoldás, megtérülésével nem lehet számolni.

A mintaépület igényei kondenzációs gázkazán esetében

- Fűtési energiaigény:
 $6\,731,77\text{ MJ} * (111\%/104\%) = 7\,185\text{ MJ}$
- Indirekt bojlerrel történő HMV előállítás energiaigénye:
 $12\,217,76\text{ MJ} * (111\%/98\%) = 13\,838\text{ MJ}$

2.2 Faelgázosító kazán

A faelgázosító kazánok a vegyes tüzelésű kazánok fejlesztési eredményeinek köszönhetően jöttek létre és érték el mai színvonalukat. Ezeknél a készülékeknél nincsen szükség a tüzelőanyag szinte folyamatos pótlására. A felső tűztér megrakása után lezárt ajtó mögött a huzatszabályozó és a ventilátor szabályozza az égést.

„A tapasztalatok szerint egy családi házat kiszolgáló kazánt naponta egyszer-kétszer kell megrakni fával vagy a választott egyéb tüzelőanyaggal. A kazán többféle anyag elégetését is lehetővé teszi, ugyanakkor a tapasztalatok szerint az a legelőnyösebb, ha minden betáplálásnál mintegy 60%-os részesedéssel faanyagot is helyeznek a tűztérbe. Többnyire faipari hulladékot szoktak még a fa mellett kiegészítő anyagként alkalmazni. Leszámítva a műanyagot, mindenféle éghető anyag (háztartási szemét, fahulladék stb.) alkalmas a kazán működtetésére.” [FK-HaTa]

A faelgázosító kazánok ma már igen magas hatásfokú működéssel és korszerű szabályozástechnikai lehetőségekkel rendelkeznek. Ugyanis a fa égésekor keletkező égéstermék jelentős része olyan gáznemű anyagból áll, ami még éghető tulajdonságú elemeket tartalmaz. A fa pirolízisével, előégetésével olyan összetételű égéstermék állítható elő, ami levegő hozzáadásával ismét elégethető. Ezen kettős égési folyamat által magasabb hatásfokú tüzelőanyag-hasznosítás érhető el.

Egy családi házat kiszolgáló kazánt elég akár naponta csupán egyszer fával vagy akár más tüzelőanyaggal. Az ilyen kazán ugyanis többféle anyag elégetését is lehetővé teszi. Mérésai tapasztalatok szerint azonban a legelőnyösebb, ha minden betáplálásnál mintegy 60%-os részesedéssel faanyagot is helyeznek a tűztérbe. „A magyarországi szabványok szerint az igen nagy mennyiségben rendelkezésre álló forgácslap-hulladékot nem lehet felhasználni a faelgázosító kazánoknál, mindazonáltal Németországban olyan méréseket végeztek, misze-

rint a 40%-ban forgácslap-hulladékkal kiegészített tüzelőanyag nem befolyásolta a károsanyag-kibocsátást, mivel alkalmazásával inkább csak fokozódott a füstgáz elégetésének intenzitása.” [FK-HaTa].

A készülékekben a szabályozás az előremenő víz hőmérsékletének változtatásával zajlik. Egy mechanikus huzatszabályozó ezen adatnak alapján szabályozza az égéstérbe jutó levegő mennyiségét, így változtatva az előállított hőmennyiséget. Az elektromosan vezérelt kazánok ventilátora pedig beépített érzékelő segítségével szabályozza füstgáz áramlását.

„Fontos hangsúlyozni, hogy ezekkel a faelgázosító kazánokkal ugyanolyan komfort biztosítható, mint a gáztüzelésű kazánokkal. Amennyiben ehhez hozzágondoljuk a gázárak - feltehetően az elkövetkező periódusban még intenzívebb - emelkedését, akkor igazán vonzóvá válhat ennek a fával, mint megújuló energiaforrással működő kazántípusnak a beszerzése.” [FK-HaTa]

2.2.1 A faelgázosító kazán működési elve

A kazánokban kettős tűzteret képeznek ki. A fa és az esetlegesen behelyezett más éghető anyagok először a felül elhelyezkedő kerámiaelemen³ égnak el. Ezután a beépített ventilátor az itt keletkező égésterméket átszívja az alsó tűztérbe, ahol újabb adag égési levegő hozzáadagolásával a keletkező (éghető anyagokat tartalmazó) keverék is elég.



Faelgázosító kazán robbantott rajza

Ezzel a kettős eljárással 90%-os hatásfok érhető el az égési folyamatban. Természetesen ezt a hatásfokot csak akkor lehet produkálni, ha nem lép közbe a szabályozás, azaz a ventilátor nem csökkenti az alsó tűztérbe kevert levegő mennyiségét.

Az üzemi előremenő hőmérsékletet egy külön szabályozó-szettel kell szabályozni. „Ez először is tartalmaz egy 76 °C-nál nyitó termoszelepet (az ezt megelőző hőmérsékleti tartományban csőtermosztáttal történik a keringtető

3 A két tűzteret elválasztó kerámiatesten lyukakkal biztosítjuk a füstgáz távozását

szivattyúk üzemeltetése, amely 55-60 °C-on lép működésbe). Ezen túlmenően a kiegészítő szettben van egy belső keverőszelep, amely arról gondoskodik, hogy a visszatérő víz hőmérséklete nem lehet 60 °C alatt (kazánvédelem).” [FK-HaTa] A jól szabályzott faelgázosító kazán 80-90 °C-os előremenő és 60-65 °C-os visszatérő vízhőmérséklettel működik. „Ezek az adatok már jelzik a puffer-tartály jelentőségét is, hiszen közismert, hogy az előremenő vízhőmérséklet a gyakorlatban általában a 60 °C-ot is alig éri el.” [FK-HaTa]

Az elektronikusan szabályozott kazánok hátránya, hogy áramszünet esetén leállhat a készülék, ilyenkor nem lehet fűteni. Ilyen esetben mutatkozik meg a mechanikus huzatszabályzó előnye: az ilyen szabályzással felszerelt kazánok áramkimaradás esetén is üzemeltethetők, „amikor pedig a puffer-tartály hőmérséklete is elérte a kívánt értéket – tekintettel arra, hogy a kazán és a tartály közötti összeköttetésnél nagyobb dimenziókban »gravitációval« is történik az áramlás –, akkor gond nélkül lezár a huzatszabályozó.” [FK-HaTa]

2.2.2 A mintaépület igényei faelgázosító kazán esetében

Faelgázosító kazán beépítése esetén felületfűtéssel és radiátoros rendszerrel is fűthetünk, a rendszert erősen javasolt puffertartállyal szerelni. A használati melegvíz előállítására indirekt bojlerrel oldható meg.

- Fűtési energiaigény:
 $6\,731,77 \text{ MJ} / 80\% = 8\,414,7 \text{ MJ}$
- Indirekt bojlerrel történő HMV előállítás energiaigénye:
 $12\,217,76 \text{ MJ} / 80\% = 15\,272,2 \text{ MJ}$

2.3 Pellettüzelésű kazán

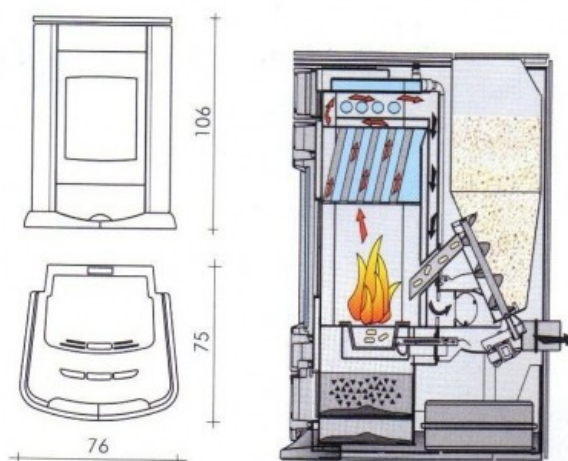
A cellulóz alapú tüzelőanyagok (fa, fahulladék, fűrészpor, energiafűvek stb.) égésének automatizálása azok változatos méret- és formaszórása miatt nehezen oldható meg. A viszonylag jól automatizáltnak tekinthető faelgázosító kazánok tűzterét is legalább napi egyszer fel kell tölteni. Erre az automatizálási nehézségre nyújtott megoldást a pellet, illetve a pelletgyártás kifejlesztése.

Ezt a folyékony fának is nevezett préselt tüzelőanyagot 20–25 évvel ezelőtt fejlesztették ki német nyelvterületen és Skandináviában. A fűtéstechnikában használt pellet kicsiny, 6 mm átmérőjű, 2-5 cm hosszúságú. Ennek a formának az ellenőrzött adagolását már relatíve egyszerűen tudták automatizálni. „Az ötlet megszületése után először természetesen külföldön indult meg a pellettüzelésű, zárt tágulási tartályos kazánok gyártása, de ma már hazánkban is készítenek ilyen készülékeket (jellemző, hogy nagyrészt exportra, pl. Skandináviába, Ausztriába). Használatuk kényelmes, a pellettől függően 15-30%-kal olcsóbb a gázkazá-

nokénál, és nem mellékesen megújuló energiát vesz igénybe. Kézi üzemmódban – amikor kedvünk tartja és időnk engedi, átkapcsolhatunk – fával, háztartási (szerves) hulladékkal is tüzelhetünk.” [PK-VeBe]

2.3.1 A pellettüzelésű kazán működése

A pelletkazánok legjelentősebb főelemei a pellettartály, a speciális (a választott pellettípushoz kifejlesztett) égőfej, valamint egy hőcserélő.



Pelletkazán metszete

A kazán működésének lényeges megoldása a fűtőanyag biztonságos adagolásában rejlik, ami egy továbbító csiga segítségével történik. Mivel a pellet tüzelőanyag szilárd halmazállapotú, elkerülhetetlen, hogy a pellettartályban ne legyen levegő. Ezért az adagolást kell úgy kialakítani, hogy visszaégés ne következzen be. „Ezt úgy oldják meg a berendezégyártók, hogy az az adagoló, amely közvetlenül a tartályból szállítja a pelletet, teljesen elrekesztelt a kazánban lévő továbbító csigával, amelynek a végén már az égés történik. Továbbá a kazánban lévő csiga illesztése nagyságrendekkel szorosabb, mint az adagoló csigáé, a visszaégést pedig az is akadályozza, hogy a két csiga olyan műanyag tömlővel van összekötve, amely már 150 °C-on elolvad.” [PK-KaAt]

A pelletkazánok másik lényeges – bár nem egyedi – megoldása a lángszabályzás lehetősége. Ezt a készülék a tüzelőanyag-adagolás sebességének változtatásával éri el. Ha csökken az égőfejhez kerülő pellet mennyisége, az kisebb lángon fog égni. Ezzel a túlfűtés és az azzal járó veszteség lehetősége megszűnik.

„A füstgáz hőmérsékletét lehet nagyon alacsonyan, 70°C-on tartani.” [PK-KaAt] A fapellettel üzemelő kazán lángja 800-1000 °C hőmérsékletű. Ha figyelembe vesszük a füstgáz hőmérsékletét, láthatjuk, hogy a rendszer hatásfoka nagyobb, mint 90%.

A kazán vezérlése – lévén friss fejlesztés – minden esetben mikroproceszorok által történik. Ez azért lényeges, mert így a berendezés üzemeltetése semmilyen szakirányú tudást nem igényel. „A felhasználónak a hőmérséklet beállításán kívül semmilyen paraméter külön beállítását nem kell elvégeznie. A berendezés vezérlése a beállított hőmérsékletet előállítja egy, a beüzemelés végző által beállított hiszterézissel⁴. Amikor a készülék eléri a beállított hőmérsékletet, ami például 75 °C, a berendezés kikapcsol, és kezd kihűlni, amennyiben hőelvételre kerül sor, és ha a hiszterézis 15 °C-ra volt beállítva, a készülék automatán, amikor lehűlt 60 °C-ra, újraindul.” [PK-KaAt] A fűtési hőmérsékletet a fűtőkör keringető szivattyújának szobatermosztáttal való szabályozásával állíthatjuk be, amely az épület belsejében optimalizálja a hőmérsékletet. A pelletkazán aztán a hőelvétel függvényében áll le illetve indul be.

2.3.2 A környezetbarát pellet

A pelletfűtés környezetbarát, megújuló energiát használ. A préselés miatt nélkülözhetetlen aprítás miatt a kisebb átmérőjű gallyak is hasznosíthatóak, nem marad a fa (energiafű) feldolgozása után használhatatlan faapríték.

A nagy nyomáson történő sajtolásos előállítás még egy lényeges tulajdonsághoz juttatja a pelleteket: a természetes állapotú nyersanyagának, a tűzifának az átlagos 40%-os nedvességtartalma helyett a pellet körülbelül 10%-os víztartalommal rendelkezik. Emiatt az égés során csupán negyedannyi vizet kell elpárologtatnunk. Ez az alapanyag⁵ és a fapellet⁶ fűtőértékének összehasonlításánál tapasztalható különbség egyik oka. A hagyományos fatüzelésű kazánokkal összehasonlítva a szabályozott égés miatt természetesen a károsanyag kibocsátás is alacsonyabb, „a fosszilis tüzelőkkel (gáz, szén) összehasonlítva pedig egyenesen elenyésző - a pellet elégetésével csak annyi szén-dioxid kerül a levegőbe, amennyit a fa élete során megkötött.” [PK-KaAt]

2.3.3 A mintaépület igényei pelletkazán esetében

Pelletüzemű fűtési rendszer alkalmazása esetén felületfűtéssel és radiátoros rendszerrel is fűthetünk. A használati melegvíz előállítása azonban csak indirekt bojlerrel oldható meg.

4 Hiszterézis: egy jel szűrése oly módon, hogy a kimenet késleltetve reagál a bemenet változására a bemenet történetét is figyelembe véve. Használják a késleltetés mennyiségére értelmezve is.

Például egy vízmelegítőt szabályozó termosztát bekapcsolja a melegítőt, ha a víz hőmérséklete 75 °C fok alá esik, de nem kapcsolja ki amíg nem emelkedik 85 °C fölé. Ez a rendszertulajdonság akadályozza meg a gyors ki-be kapcsolást. Ebben az esetben a hiszterézis nagysága 10 °C.

5 A tűzifa átlagos fűtőértéke 14,5-16 MJ/kg.

6 A fapellet fűtőértéke 18 MJ/kg.

- Fűtési energiaigény:
6 731,77 MJ / 90% = 7 479,7 MJ
- Indirekt bojlerrel történő HMV előállítás energiaigénye:
12 217,76 MJ / 90% = 13 575,3 MJ

2.4 Hőszivattyú

2.4.1 A hőszivattyú rövid története

A klasszikus, abszorpciós működési elvű hőszivattyú feltalálása a XIX. század derekáig, gyakorlati alkalmazása a XX. század első feléig nyúlik vissza. „Az angol James Joule és William Thomson (Lord Kelvin) 1852-ben alkotta meg a hőszivattyú elvét.” [HSz-StAl] Ezt az elvet és a francia Carnot termodinamikai leírásait a gyakorlatba ültetve az osztrák Peter Ritter von Rittinger alkotta meg a világ első ipari hőszivattyúját. Ennek eredménye nyomán aztán „1938-ban, Zürichben létesült az első tartósan hőszivattyúval fűtött épület (a zürichi városháza). Az épület hóforrása a Limmat folyó vize lett.” [HSz-KoFe]

A hőszivattyú fejlődésének jelentős momentuma a magyar Heller László közreműködésével 1948-tól folytatott kutatás során megalkotott kompresszoros hőszivattyú, amely igazi áttörést jelentett a technológia felhasználhatóságában.

A hőszivattyú tehát nem új találmány, de az energiaellátásban világszerte alárendelt szerepet játszott az első, 1973-as energiaválságig. Napjainkban azonban már jelentősen nő a korszerű hőszivattyús rendszereket alkalmazó 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. 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 (...) adódóan a közvélemény bizalmának elvesztése a hőszivattyúkban.” [HSz-KoFe]

A talaj hőtartásával működő hőszivattyúk rohamos elterjedése az előző évtizedben következett be. Ma már (a nem gázártámogatott piacokon) az ilyen hőszivattyúk beszerzési többletköltségét fedezi, vagy meg is haladja az ebből származó energiamegtakarítás. „Az utóbbi 10 évben a fenti okok hatására a hőszivattyúk beépítési kapacitása 600%-kal növekedett.” [HSz-KoFe]

2.4.2 A hőszivattyú működési elvei

2.4.2.1 Abszorpció

Napjainkban újra kutatják az abszorpciós hőszivattyúkat fűtésre (is) használni, bár ezen berendezések jósági foka igen kicsi, 0,7-es. Viszont csak hűtési funkció esetén érdemes lehet alkalmazni. (Lásd később: 4.2.1.3 Abszorpciós hűtés.)

“Residential absorption heat pumps use an ammonia-water absorption cycle to provide heating and cooling. As in a standard heat pump, the refrigerant (in this case, ammonia) is condensed in one coil to release its heat; its pressure is then reduced and the refrigerant is evaporated to absorb heat. If the system absorbs heat from the interior of your home, it provides cooling; if it releases heat to the interior of your home, it provides heating.

The difference in absorption heat pumps is that the evaporated ammonia is not pumped up in pressure in a compressor, but is instead absorbed into water. A relatively low-power pump can then pump the solution up to a higher pressure. The problem then is removing the ammonia from the water, and that's where the heat source comes in. The heat essentially boils the ammonia out of the water, starting the cycle again.”[HSZ-USDE-AbHP]

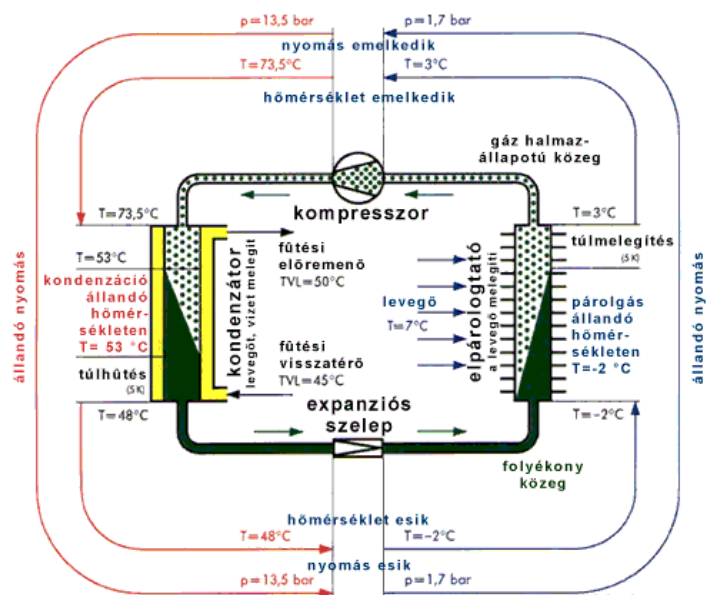
(A lakossági abszorpciós hőszivattyúk egy ammóniás-vizes abszorpciós kört használnak a fűtéshez és hűtéshez. Hasonlóan a normál hőszivattyúkhöz, a hűtőközeg (ebben az esetben az ammónia) egy csőtekercsben kondenzálódik, leadva hőtartamát; nyomását aztán lecsökkentik és a hűtőközeget elpárologtatják, miközben az hőt vesz fel. Ha a rendszer a hőt a lakótérből vonja el, akkor hűt; ha a hőt a lakótérbe adja le, akkor pedig fűt.

Az abszorpciós hőszivattyú annyiban tér el (a kompresszorostól), hogy az elpárologtatott ammónia nyomását nem növeli meg egy kompresszor, hanem az ehelyett vízbe abszorbeálódik. A viszonylagosan kis teljesítményű szivattyú aztán az ammónia vizes oldatának növeli meg kissé a nyomását. Ezután a probléma annyi, hogy az ammóniát ki kell vonni az oldatból – ekkor jön a képbe a hőforrás. A hő lényegében kiforralja az ammóniát a vízből, ezzel újraindítva a körfolyamatot.)

2.4.2.2 Kompresszoros működés

A kompresszoros hőszivattyú – elnevezéséből kitalálható – egy kompresszorral keringeti a munkaközeget, ami két hőcserélőn és az azokat összekötő körvezetékben halad. A munkaközeg igen alacsony forráspontú, csak nagy nyomás alatt cseppfolyósodó anyag.

A hideg oldali hőcserélő előtt a még folyékony halmazállapotú munkaközeg nyomását egy nyomáscsökkentő szelep lecsökkenti körülbelül 1,7 bar-ra. Ekkor a munkaközeg a hőcserélőbe belépve elpárolog, -2°C-ra lehűl. A párologáshoz szükséges hőt a hőcserélővel érintkező közegből (levegőből, vízből, termálvízből, szennyvízből stb.) vonjuk el.



Kompresszoros hőszivattyúk körfolyamata

A hőcsere után a kissé (3 °C-ra) felmelegedett munkaközeget a kompresszor elszívja és 13,5 bar nyomásra sűríti. Ettől a termodinamika törvénye miatt a lecsapódó (folyékony halmazállapotúvá váló) munkaközeg felmelegszik körülbelül 70 °C-ra. A lecsapódás után megjelenik az a hőmennyiség, amelyet a környezetből elvontunk, illetve az az energia, amit a kompresszorba betápláltunk és abban hővé alakult.

Ezt az energiát aztán a másik hőcserélőn keresztül átadjuk a fűtési rendszerben keringő fűtőközegnek, ezek után pedig a még mindig nagy nyomású, de már alacsonyabb hőmérsékletű munkaközeg ismét eljut a nyomáscsökkentő szelepig; a körfolyamat pedig újraindul.

2.4.3 A hőszivattyú típusai hőforrás alapján

2.4.3.1 Talaj

A talajban rendelkezésre álló hőenergiát alapvetően két módszerrel hasznosíthatjuk:

- A talajkollektor több száz méter hosszú speciális kemény PVC köpennyel ellátott réz, vagy polietilén csövekből 1-2 m mélyen fektetett csőháló, ahol az egymással szomszédos ágak távolsága célszerűen minimum 1 m. Ezzel a módszerrel 20-30 W/m² energiát lehet nyerni. Az ebből a mélységből döntően a napsugárzásból származó, a talaj által „eltárolt” energiát nyerjük ki.
- Talajszonda létesítése akkor célszerű, ha kevés a rendelkezésre álló, szabad telekfelület, vagy nem szeretnénk, hogy a kollektor hűtőha-

tása miatt a földfelszínen később zöldüljön ki a fű, később keljenek ki a tavaszi virágok. A talajszonda két pár, körülbelül 15 cm átmérőjű, 50-200 méter hosszú szondából áll. A leszálló hideg és felszálló melegebb ágakat hőszigetelő anyaggal választják el egymástól. Ez a módszer azt a jelenséget használja ki, hogy a föld nagy mélységben évszaktól függetlenül állandó, Magyarországon 17 °C hőmérsékletű. „Lehet két- vagy háromkörös rendszer, attól függően, hogy a szondában közvetlenül a hűtőközeg áramlik, vagy fagyálló folyadék adja át közvetetten hőjét a hűtőközegnek.” [HSz-FÖKA]

Az ilyen hőforrást hasznosító hőszivattyú COP⁷ értéke a kihasználtságtól függően 4-5 között mozog.

2.4.3.2 Talajvíz

Meglévő fúrt kútból, újonnan készített talajvízkútból, vagy egy felszíni vízbe (tóba) fektetett csőkollektorból búvárszivattyúval juttatjuk az átlagosan 7–12°C-os vizet a hőszivattyúhoz. Ezután a lehűtött vizet egy másik kútba, felszíni vízbe (patak, tó, folyó) engedjük, vagy a talajba fektetett dréncsövekkel elszikkasztjuk.

A vizek hőtartamát közvetlenül, vagy közvetett módon, munkaközeget (csőhálózatban cirkuláltatott hőátadó közeget – például fagyállóval kevert vizet) alkalmazva is kinyerhetjük. Javasolt a közvetett módon történő hőszállítás, mivel ebben az esetben ellenőrizhetőbb a hőátadó közeg ásványi anyag és iszaptartalma.

Az ilyen hőforrást hasznosító hőszivattyú COP értéke a kihasználtságtól függően 5-6 között mozog.

2.4.3.3 Levegő

Ebben az esetben a külső, környezeti levegőt használjuk hőforrásul. Sajnos a levegő hőmérséklete nem állandó, emiatt a rendszer hatékonysága is változó (a hőszivattyúk között itt a legalacsonyabb, 3–3,5 körüli a maximális COP érték), főleg télen jelentős az eljegesedés veszélye.

„Központi szellőztető rendszerrel ellátott, légmentesen szigetelt ház esetén a kifúvásra kerülő elhasznált levegő is használható hőforrásként, vagy a befúvásra kerülő levegőt melegítve, vagy a fűtési rendszerre rásegítve.” [HSz-FÖKA] A passzívházak gépészeti központja például a kifúvott, hőcserélőn már keresztülhaladt levegő hőtartamát használja HMV előállításra egy kis teljesítményű, 1,5 kW energiafelhasználású hőszivattyúval.

⁷ COP (Coefficient Of Performance) A COP a fűtőrendszerek energiahatékonysági mutatója, „fűtési jóság foknak” is hívjuk. Értéke a leadott fűtőteljesítmény és az ehhez felvett elektromos teljesítmény hányadosa. Dimenziója W/W. Minél magasabb ez az érték, annál jobb hatásfokú, energiatakarékosabb a berendezésünk.

Az ilyen hőforrást hasznosító hőszivattyú COP értéke a kihasználtságtól függően 3-4 között mozog.

2.4.3.4 Hulladékhő

„Számításba jöhet hőforrásként a szennyvíz, az elhasznált termálvíz. Előbbire magyarországi példa a szekszárdi húskombinát, ahol a 22°C-os szennyvíz a hőforrás, míg utóbbira a harkányi gyógyfürdő, melynek 32-35 °C-os elfolyó vizét használják fel két egyenként 1100 kW-os hőszivattyúval.” [HSz-FÖKA]

A COP érték ebben az esetben a nagy hőmérsékletű hőforrás miatt nagy, annak hőmérsékletétől függően 6-8 körüli.

2.4.4 A kompresszoros hőszivattyú típusai

2.4.4.1 Elektromos kompresszor

Az elektromos kompresszorral szerelt hőszivattyúknál nem kell a helyben keletkező kipufogógázok elvezetéséről gondoskodni. Környezetvédelmi szempontból azonban nem tud jó hatásfokú lenni a villamosenergia-előállítás nagy előállítási és hálózati vesztesége miatt.

Alacsony környezeti hőmérséklet esetén a levegőből szivattyúzós típusoknál a lehűtött levegőből kicsapódó és megfagyó pára miatt eljegyedik a hőszivattyú hűtő ága, ami az ilyen berendezések esetén rendszeres jégtelenítést igényel. A légjáratba belefagyó pára szűkíti a keresztmetszetet, ezzel csökkenti az egységnyi energiával (egységnyi idő alatt) „kiszivattyúzható” hő mennyiségét, így csökkentve a hatásfokot. A jégtelenítés során a kompresszor (és a folyamat is) leáll, és kissé felfűti a kilépő hűtött levegő csatornáját, de ez is energiaveszteséget jelent. „Emiatt a teljesítménycsökkenés miatt az elektromos hőszivattyús berendezés túlméretezésére kényszerülünk, tehát nagyobb és egyben drágább berendezést kell beépítenünk, hogy a fűtési igényt fedezni tudjuk. (...) A VRV rendszerek és egyéb külső 0 °C alatt fűteni képes elektromos üzemű hőszivattyúk (levegőből szivattyúzós típusok) egy hátrányos tulajdonsága a szakaszos fűtési üzem.” [HSz-Ais]

2.4.4.2 Gázmotoros kompresszor

„A gázmotoros hőszivattyúknál is tapasztalható némi teljesítménycsökkenés, de ennek mértéke elhanyagolható, kb. 5%, ezért nem kell nagyobb teljesítményű berendezést válasszunk.” [HSz-Ais] A csekély mértékű eljegyedésnek az a magyarázata, hogy a gázmotor által termelt hővel – ami más körülmények között veszteségnek számítana – felmelegíthető a beszívott levegő, így csökken annak relatív páratartalma, emiatt pedig csekélyebb a kicsapódó pára mennyisége és ezáltal az eljegyedés veszélye.

2.4.5 A mintaépület energiaigénye hőszivattyú esetében

Hőszivattyú alkalmazása esetében mindenképpen felületfűtéssel (padló- és falfűtés) kell temperálni az épületet. A használati melegvíz előállítása vagy önálló (fűtési rendszertől függetlenül működő) megoldással, vagy indirekt bojlerrel oldható meg.

Levegő-víz hőszivattyúval (COP=3,0)

- Fűtési energiaigény:
 $6\,731,77 \text{ MJ} / 3,0 = 1923,4 \text{ MJ}$
- Indirekt bojlerrel történő HMV előállítás energiaigénye:
 $12\,217,76 \text{ MJ} / 2,5 = 3\,490,8 \text{ MJ}$

Víz-víz hőszivattyúval (COP=4,5)

- Fűtési energiaigény:
 $6\,731,77 \text{ MJ} / 4,5 = 1224 \text{ MJ}$
- Indirekt HMV előállítás energiaigénye:
 $12\,217,76 \text{ MJ} / 3 = 2\,221,4 \text{ MJ}$

3 Használati melegvíz ellátás

3.1 Napkollektorok

A napkollektor a legismertebb és legnépszerűbb megújuló energiát hasznosító alternatíva. Megfelelően méretezett rendszerrel akár az éves HMV előállítás energiagigényének 80%-át is előállíthatjuk. A napkollektorrendszerek teljesítményére szakszerű összeállítás és szerelés esetén legalább 20-25 évig különösebb problémák nélküli üzemelésre számíthatunk.

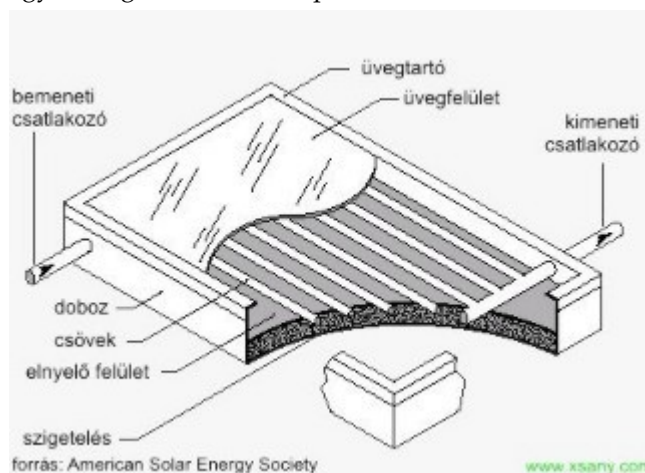
Ami a napkollektorok ellen szól, az leginkább a beruházás középtávú (10-15 év körüli) megtérülési ideje. A frissebb fejlesztésű, magasabb hőmérsékleten működő vákuumcsöves kollektoroknál és néhány olcsóbb síkkollektornál is a napsugárzás elnyelését szolgáló abszorberréteg váltál gyorsabb öregedésére, ezáltal a kollektorok teljesítményének csökkenésére kell számítani.

Mindezek ellenére megfelelően hőszigetelt, korszerű fűtési és szellőztetési berendezésekkel felszerelt épületekben már érdemes erre pénzt áldozni. A kollektorfelületek rendszeres tisztításával, minőségi és esetleg jégeső-álló üvegezésű panelek beépítésével jelentős mennyiségű energia megtakarítható.

3.1.1 A napkollektorok típusai

3.1.1.1 Síkkollektor

A síkkollektorok egészen leegyszerűsítve egy üvegtáblából, az alatta lévő, napsugárzást elnyelő (abszorber-)lemezből és az ez alá forrasztott csőkégyéből állnak, amit egy hőszigetelt dobozba építenek bele.

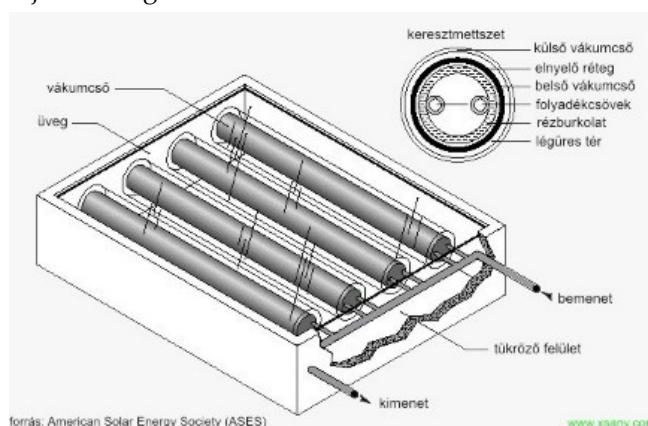


Síkkollektor felépítése

Jól alkalmazhatóak használati melegvíz előállítására, medencevíz fűtésére, alacsony hőfokú fűtési rendszerek támogatására a tavaszi és őszi évszakban.

3.1.1.2 Vákuumcsöves kollektor

A napjainkban alkalmazott vákuumcsöves kollektorok vákuumcsövei egy 58 mm átmérőjű csőbe belenyúló 47 mm átmérőjű belső üvegcsőből épülnek fel. A belső cső külső felületére hordják fel az abszorber réteget, ami befelé tükrös felületű, kifelé pedig közel „abszolút fekete”. A két üvegcső közti vákuum fokozására a csövek alján elhelyezkedő gyűrűbe báriumot juttatnak. Ez – a hő hatására történő elpárolgásakor – megköti a szivattyúzás után még fellelhető gázmolekulák nagy részét. A báriumgőz fémes csillogású; ha a cső megreped, fehér színűvé válva jelzi a meghibásodást.



Vákuumcsöves napkollektor felépítése

A vákuumcsöves napkollektorok síkkollektorokkal szembeni előnye, hogy nem merőleges napsugárzás esetén hasznosítják maximálisan a napsugárzást. Ugyanis a napsütés a napszak alakulása során a csöveket mintegy „körbenyalja”. A napfény a vákuumcsöveken való tükrözése miatt (a csövek irányára merőleges síkban mért) 45°-os beesési szög esetén a hasznosított napsugárzás 40%-al nagyobb, mint 90°-os beesési szögnél.

Hátrányuk, hogy ha nem szállítjuk el a keletkező hőmennyiséget, akkor hamar kialakul az „üresjárás” jelensége, ami ennél a kollektortípusnál rendkívül gyors amortizációhoz vezet. A vákuumcsöves kollektorok nem is üríthetőek le; berepedésük esetén a fűtőközeg eltávozik és ilyen esetben csak a javítás után használhatóak ismét.

3.1.1.3 Nap-levegő kollektorok

Ez a kollektor a legegyszerűbb típus. Tulajdonképpen egy fekete dobozon (csöveken) átvezetett, felmelegített levegőt szellőztet be a lakásba. Felépítését később tárgyalom.

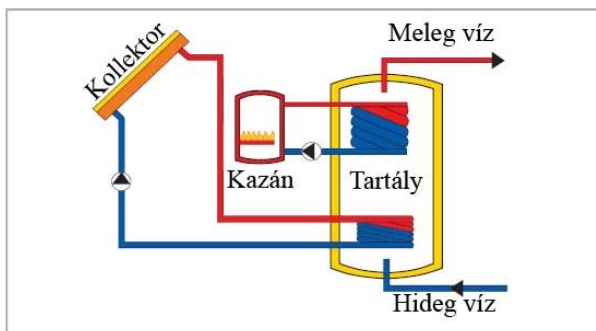
3.1.2 Napkollektorok energianyeresége

A napkollektorok paneleként típustól függetlenül négyzetméterenként évente átlagosan 550 kWh hőmennyiséget (paneleként 800-1300 kWh-t) adnak át a fűtőközegnek elhasználtságuktól és a napsütéses órák számától függően. Ez az érték már a kollektorok, a csövezés és az indirekt melegvíz tároló veszteségeit is tartalmazza.

3.1.3 A mintaépület energianyeresége napelemes rendszerek alkalmazása esetén

3.1.3.1 Síkkollektor alkalmazása csak HMV előállításra

Erre a célra mindkettő típus megfelelő, azonban a vákuumcsöves kollektor ősszel tovább, tavasszal korábban kezdi meg a produktív napenergia-hasznosítást.



HMV előállító napkollektor rendszer működési sémája (www.acrux.hu)

A használati célú melegvizet közvetett úton állítjuk elő: hasonló (néhány esetben azonos) indirekt vízmelegítővel, mint amit például kondenzációs kazán esetében használunk. Annyi a különbség, hogy – hacsak nem elektromos kiegészítő fűtést alkalmazunk – a melegvíz tárolóban nem egy, hanem két csőkégyő található: az alsón a napkollektorok, a felsőn pedig a kazán felől érkező fűtőfolyadékot szivattyúzzuk át.

Csak használati melegvíz előállítására a mintaépület esetében (4-6 személy) minimális túlméretezéssel 3 paneles síkkollektoros rendszer javasolható 300 literes indirekt HMV tárolóval.

A HMV termelés energianyeresége:

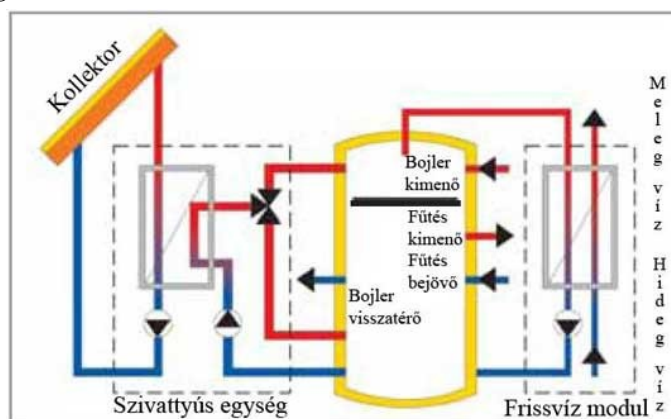
$$3 \cdot 2 \text{ m}^2 \cdot 550 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot 3,6 \frac{\text{MJ}}{\text{kWh}} = 11\,880 \text{ MJ}$$

Az éves szinten jelentkező 12 717,76 MJ használati melegvíz előállítására fordítandó energiaigényt egy három paneles napkollektoros rendszer esetében csupán 1000-1500 MJ nem megújuló energiával kell kiegészíteni.

3.1.3.2 Vákuumcsöves napkollektor alkalmazása HMV előállításra és fűtéskiegészítésre

A napkollektorokat abban az esetben célszerű fűtésrészegítésként is használni, ha az illető épületben valamilyen felületfűtés van kiépítve.

Vákuumcsöves napkollektor-rendszer fűtéskiegészítésre (is) való alkalmazása esetében elkerülhetetlen a túlméretezés. Ez a jelenség a nyári hónapokban válik problémává, mivel a kellő mennyiségű melegvizet gyorsan előállítják a kollektorok. Ezután sokat „járnának üresen”, amit ezek a panelek nem bíznak, mivel a jelenség az idő előtti elhasználódásukhoz vezet. Az üresjárás jelenségét a panelek megfelelő részének letakarásával, illetve a keletkező hőfelesleg medence-fűtésre vagy abszorpciós/adszorpciós klimatizálásra való felhasználásával előzhetjük meg.



Fűtésrészegítéses napkollektor rendszer működési sémája (www.acrux.hu)

A dolgozatban a méretezést nem pontosan végzem; megelégszem az épületgépészeti „ökölszabály” alkalmazásával is, ami a konkrét méretezéssel összevetve 5-10%-os eltérést mutathat. Természetesen ez a gyakorlatban nem engedhető meg, de a tájékozódáshoz nagyszerűen megfelel: „fűtés rászegítésnél a figyelembe vett terület minden fűtendő 10 m²-ére válasszunk (...) 0,5-0,9 m² vákuumcsöves kollektort, és ehhez válasszunk ki minden beépített nettó 1m²

$$\frac{110 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2} \times 0,65 \text{ m}^2 = 7,215, \approx 7,2 \text{ m}^2 ;$$

$$7,2 \text{ m}^2 * 60 \text{ l/m}^2 = 432, \text{ 400 liter ,}$$

kollektor felülethez 50-70 l puffertároló-térfogatot.” [NK-Em]

azaz 4 db 1,8 m²-es, 12 csöves panelre (48 db 1800 mm-es vákuumcsőre) és 400 literes puffertárolóra van szükség.

A fűtéskiegészítésre alkalmas kollektorrendszer az összegyűjtött energiának éves szinten 80%-át fordítják HMV előállítására és 20%-át fűtésre.

A fűtéskiegészítés úgy történik, hogy az átmeneti hónapokban (a tavasz és az ősz közepén) csak a napkollektorok fűtenek. 2-3 hétnyi ideig még jelentősen rásegít a rendszer a fűtésre, azonban alacsonyabb napsugár-beesési szögek esetében már nem számottevő, illetve egyáltalán nem jelentkezik a napkollektorok hatása.

A megtakarított energia:

Az éves szinten jelentkező energianyereség:

$$4 \cdot 1,8 m^2 \cdot 550 \frac{kWh}{m^2} \cdot 3,6 \frac{MJ}{kWh} = 14\,256 MJ$$

- **Megtakarítás a fűtési energiából nagyjából:**
 $14\,256 MJ \cdot 20\% = 2\,851,2 MJ$
Marad:
 $14\,256 MJ - 2\,851,2 MJ = 11\,404,8 MJ$
- **Hozzávetőleges megtakarítás a HMV előállításban:**
 $14\,256 MJ \cdot 80\% = 11\,404,8 MJ$
Pótolandó energiamennyiség:
 $12\,217,76 MJ - 11\,404,8 MJ = 813 MJ$

4 Légellátás, légtechnika

Az ember legalapvetőbb szüksége a levegőhöz, azon belül is a megfelelő mennyiségű oxigénhez való hozzájutás. Étel nélkül akár hetekig, víz nélkül napokig kibírjuk; az élethez szintén nélkülözhetetlen oxigént azonban csupán pár percig nélkülözhetjük tartós károsodás elszívése nélkül.

Friss levegőre az épületeken belül is szükségünk van. Anyagcserénk a belélegzett oxigént elégeti; a számunkra használhatatlan nitrogénen kívül széndioxidot és vízgőzt lélegzünk ki. Pára szabadul fel, miközben a kitergetett ruháink száradnak, párát termelnek a szobanövényeink a fotoszintézis során felhasznált öntözővízből. Vízgőz keletkezik mosogatáskor, mosáskor, tisztálkodáskor. Ha nem szellőztetünk, azaz nem cseréljük az elhasznált levegőt megfelelő rendszerességgel: felgyülemlik az épületben keletkező CO₂, a talaj repedéseiből a földszintre beszivárgó radon, az építőanyagokból, TV-ből, számítógépből, a könyvespolcokon tárolt házi könyvtárunkból felszabaduló oldószerek, mérgezőanyagok, és a lebegő por. Megfelelő hőszigetelésű épületünkben még a vízgőztartalom sem tud kijutni. Ilyenkor fájdul meg a fejünk, levert hangulatunk lesz és a tapasztalatok alapján a betegségekre is hajlamosabbak leszünk. Ezt a jelenséget angol rövidítése nyomán SBS-nek, magyarul beteg épület szindrómának⁸ nevezzük.

Sajnos a magyar építőipari gyakorlatban még alig-alig ismert a légtechnika fontossága. Társasház építéseknél – ahol az épületgépész tervezői közreműködése elkerülhetetlen – még kevésbé rossz a helyzet, de magánépítkezéseken gyakran előfordul, hogy senki sem gondol a friss levegő utánpótlásának szükségességére. Gyakorlatilag előbb szerelnek be split klímát az épületbe, minthogy az egyik legalapvetőbb emberi szükségletet kielégítsék.

Ebben a központi szellőzőműveket mutatom be: ezek olcsón üzemeltethető, egyszerűen szabályozható szellőztetési alternatívák, amellyel nem mellékesen legalább az üzemeltetéshez szükséges energiát megtakaríthatjuk. Mivel a központi szellőzőművek mellett szükség lehet aktív léghűtésre is a magasabb igény szint miatt, néhány energiatakarékos hűtési megoldást is körüljárok; valamint elemzem az egyik legegyszerűbb, akár házilag is megépíthető szoláris „energianyerésre” alkalmas gépészeti berendezést, a csőkollektort.

Meg kell azonban jegyezni azt is, hogy a nyári hővédelem a leggazdaságosabban még mindig csak az építészeti jellegű, külső árnyékoló szerkezetekkel oldható meg, ráadásul ez a megoldás segédenergiát sem igényel.

8 Sick Buildig Syndrome (SBS): 1986 óta a WHO által is elismert „betegség” neve. Konkrét kiváltó okai egyelőre ismeretlenek, de ezek összefüggésbe hozhatóak a „beteg” épületekben kialakuló egészségtelen fizikai környezettel. Leggyakrabban légkondicionált középületekben fordul elő, például ahol több számítógép, nyomtató, fénymásoló működik, illetve ahol nagyobb mennyiségű iratot iktatnak és nem történik kellő minőségű és mennyiségű frisslevegő-bevezetés. Tipikus tünetei a letargia, koncentrációzavarok, fejfájás, nyálkahártya irritáció. Ezek az épület mikroökonómiajától való elszakadás esetén csillapodnak, vagy gyakrabban teljesen megszűnnek.

4.1 A szellőzőművek

A magyarországi, kontinentális éghajlaton jelentős hővesztéssel jár a téli szellőztetés. Egy fűtött helyiség nyílásait kitarva a betóduló friss, de hideg levegő szinte „lenullázza” az addigi kellemes hőmérsékletet. „Modern, jól tömített épületeink energiatakarékos szellőztetésére kezdtek (főleg Németországban) gyártani azokat a komplett hővisszanyerős szellőztető központokat, amelyekkel minden »bajt« egyszerre kezelhetünk.” [SzM-KeIs]

Az ilyen szellőzőművek lényege a hővisszanyerő, és az azon keresztülhaladó, elhasznált és friss levegőt mozgó egy-egy radiális ventilátor. A befújás és elszívás kialakítását az általános szellőztetési elveknek megfelelően javasolt itt is kialakítani: a vizes és szagterhelt helyiségekből elszívunk, a szobákba, ebédlőbe befúvunk. „Zsíros elszívást e berendezésekre kötni nem javasolt, mert a makacs lerakódások hosszú távon eltömítik a rendszert, lerontják a hővisszanyerő hatásfokát.” [SzM-KeIs] A berendezések 200 és 2000 m³/h közötti légszállítási teljesítmény között kaphatók. Évente egyszer a készülékekben található por- és pollen-szűrőket cserélni, a kondenzvíztálcát és legalább a friss levegőt szállító csőszakaszt tisztítani kell.

A központi szellőztetők hővisszanyerésére több mód kínálkozik. Leggyakoribb a beépített hőcserélő alkalmazása. A lecserélt használt levegő hőtartalmának az olcsóbb, ún. lemezes hőcserélővel 65-75, az igényesebb (és drágább) ellenáramú megoldással 90%-a adható át a friss levegőnek; mindez természetesen anélkül, hogy az elhasznált és a friss levegő keveredne.

Ritkább megoldás, ha a kifűjt levegő hőtartamát egy kis teljesítményű hőszivattyú hasznosítja indirekt HMV előállításra és/vagy fűtésre. Ilyen megoldással leginkább a speciálisan a passzívházak gépészeti ellátására szánt ún. passzívház-kompaktkészülékeknél találkozhatunk.

A berendezéseket működtető ventilátoroknak is két fajtája terjedt el. Az olcsóbb, váltóárammal működő és a korszerűbb, egyenáramú motorok közötti különbség akkor válik jelentőssé, ha szabályozni szeretnénk azok fordulatszámát. Amíg az egyenáramú ventilátorok áramfelvétele a fordulatszám csökkenésével egyenesen arányosan csökken, addig a váltóáramú motoroknál alig tapasztalható energiamegtakarítás.

4.1.1 A szellőzőművek típusai

4.1.1.1 Hőcserélős szellőztető berendezések

A hőcserélős szellőzőgépek működésének lényege nyilvánvaló, „gazdaságossági szempontból a leglényegesebb adat azonban nem egyedül maga a termikus hatásfok, hanem annak aránya a felhasznált elektromos energiához viszo-

nyítva. Mai készülékeknél az 1:15-20 érték sem ritka.” [SzM-DeZo] Vagyis egy kWh elektromos áram betáplálásával akár 20 kWh-nyi hőenergia is „megtmenthető”.



Ellenáramú hőcserélős szellőztető berendezés eltávolított burkolattal (www.atrea.hu)

Ezt a magas jóságú fokot a szellőztetőberendezést működtető kettő egyenáramú ventilátor alacsony fogyasztásának köszönhetjük. Egy átlagos, nem túl drága készülékben a két ventilátor teljesítményfelvétele összesen 0,38 Wh/m³h. 100 m³/h légcseres esetén ez 38 W, egy nap alatt 38 W * 24 h = 0,912 kWh. Amennyiben a szellőztetőberendezés csak azokon a napokon használjuk, amelyeken fűtünk is, a szellőztetés éves energiaigénye 0,912 kWh/nap * 193 nap = 176 kWh, mai energiaáron számolva (43,20 Ft/kWh) ez 7603 Ft-os költséget jelent évente. Eközben pedig a szellőztetés energiavesztésének 90%-át, 4931 MJ = 1370 kWh fűtési energiát takarítottunk meg.

4.1.1.2 Hőszivattyúval szerelt szellőzőgépek

A passzívház-kompaktkészülék „első példányát az osztrák Christof Drexel fejlesztette ki 1997-ben.” [SzM-DeZo] Ezeket a berendezéseket a passzívházakban szokás (és érdemes) alkalmazni. Lényegük, hogy egyben megoldják a fűtést, a szellőztetést és a melegvíz készítest.



Passzívház-kompaktkészülék eltávolított burkolattal (www.atrea.hu)

A passzívház-kompaktkészülékek „alapja” egy hővisszanyerős központi szellőztető berendezés. Ezekben azonban a hőcserélőn áthaladt, távozó használt levegő maradványhőjét egy kis teljesítményű hőszivattyú kivonja, majd az elvont

hőenergiát a friss levegő 40-50 °C-ra való felfűtésére és a berendezésbe integrált (indirekt) bojlerben használati melegvíz-előállításra használja.

„Egy kompaktkészülék szellőztetésre és fűtésre nagyságrendileg 1500 kWh teljesítményt vesz fel egy év alatt, míg egy légkomfort-szellőztetőgép tisztán elektromos utófűtéssel ennek a négyszeresét.” [SzM-DeZo] Ez természetesen azt jelenti, hogy mai energiaárakon számolva 64 800 Ft-ból finanszírozzuk egy passzívház fűtés, melegvíz és szellőzés „számláját”.

4.1.2 A szellőztető berendezés kiegészítői

4.1.2.1 A szellőzőmű talajkollektora

A hővisszanyerős szellőztetőberendezésbe, illetve a passzívház-kompakt-berendezésbe belépő levegőt célszerű előmelegíteni. Minél nagyobb határfokkal működik a szellőztetőközpont, annál magasabb külső hőmérsékleten fagyhat meg a légcserre során kicsapódó kondenzvíz. „Általános irányérték, hogy -3 °C-nál ne legyen alacsonyabb a beérkező levegő hőmérséklete.” [SzM-DeZo]

Ezt a minimális beérkező frisslevegő-hőmérsékletet egy talajkollektorral tudjuk biztosítani. A központi szellőztetőkhöz kapcsolódó talajkollektor nagyban különbözik a hőszivattyú talajkollektorától. Amíg a hőszivattyúhoz több száz méter hosszúságú csőháló kell építeni, addig a szellőztetőközponthoz egy 200 mm-es átmérőjű, 25-30 m hosszú csőkiágást érdemes használni. Ezt a csőrendszer (rövidsége miatt) nem kell hálószerűen fektetni; egyenes vonalban, 1,5-2 méter mélyen célszerű fektetni. A csövet minimum 2%-kal a pince felé kell lejtetni, ahol a nyári üzemeltetés esetén keletkező kondenzvíz gyűjtése és elvezetése megoldható. Ha nincsen pince, akkor kavicsal kitöltött szivárgó aknát kell létesíteni a csőszakasz szellőzőközpont felőli oldalán, amiből kis teljesítményű búvárszivattyúval lehet a kicsapódott vizet a földfelszínre vagy a csatornarendszerbe juttatni. „A levegő a földbe egy levegőszűrő dobozon keresztül jut be, így biztosítva a rendszer higiéniját már a belépési ponttól elkezdve.” [SzM-DeZo]

4.1.3 A mintaépület energiamegtakarítása hővisszanyerős szellőztető központ alkalmazása esetén

Az éves szinten jelentkező energianyereség a szükséges szellőztetés esetében adódó energiavesztéséből számítható.

4.1.3.1 Lemezes hőcserélővel, talajkollektor nélkül (70%-os hatásfok)

- Megtakarítás a szellőztetésből fakadó veszteségből:
 $3\,492 \text{ MJ} \cdot 70\% = 2\,444,5 \text{ MJ}$,
azaz a pótlólagos energiaigény: 1047,6 MJ

4.1.3.2 Ellenáramú hőcserélővel, talajkollektorral (93%-os hatásfok)

- Megtakarítás a szellőztetésből fakadó veszteségből:
 $3\,492 \text{ MJ} \cdot 93\% = 3\,247,6 \text{ MJ}$,
Pótlólagos energiaigény: 244,4 MJ

4.2 Csőkollektor

A csőkollektornak is nevezett levegős napkollektorok olyan kollektorok, amelyek a meleg vizet előállító panelekkel szemben nem folyadékba, hanem a nagy keresztmetszetű csöveken áthaladó levegőbe gyűjti a hasznosított napsugárzást. Magyarországon is gyorsan terjed a „híre”, népszerűsége egyre nő, ami egyszerű, házilag is összeszerelhető felépítésének köszönhető. A hőgyűjtő csövekké összeragasztható használt alumínium üdítős és sörös dobozok után sörkollektornak is nevezik. „Jelentős fűtési költség megtakarításra tehetünk szert vele. Átmeneti időszakban a szoba fűtésére, télen a szoba hőmérsékletének megtartására alkalmas.” [CsK-JuEd]

Házilagos összeszereléséhez és telepítéséhez több magyar weboldalon található útmutatást a téma iránt érdeklődő. Egyik legjelentősebb ilyen közösségi oldal a www.sorkollektor.hu, ahol a magyar autodidakta kollektorépítők osztják meg egymással tapasztalataikat, ötleteiket. Ez év tavaszára elkészített TDK dolgozat keretében pedig az ELTE két környezetmérnök hallgatója, Juhász Edina és Pongó Veronika mérte le a házilag elkészített sörkollektoruk teljesítményét, több alumínium doboz előkészítési módszert számba véve. A dolgozat elérhető a http://ion.elte.hu/~akos/tezisek/tdk/sorkoll_tdk.pdf címen a témavezető, Horváth Ákos oldalán.

4.2.1 Felépítése és működési elve

„A kollektor valójában egy fadoboz, amelynek előlapja egy átlátszó, 6 mm vastag, légkamrás víztiszta polikarbonát lemez.” [CsK-JuEd] Ebben található a matt feketére festett abszorber, amely alumínium vagy réz csövekből, illetve sörös dobozokból összeragasztott csövekből áll. A kollektor hát- és oldalfalára szálás,

általában kőzetgyapot szigetelést ragasztanak. Alulra egy elosztó, felülre egy gyűjtő doboz kerül.



György Károly és Horváth Zoltán napkollektora építése közben

A kollektor működésének lényege, hogy a fűteni szánt helyiség levegőjét átvezetik a kollektor csövein. A csöveken áthaladó levegő áramlása közben „lenyalja” a dobozok felületéről a meleget, és a már felmelegedett levegőt egy ventilátorral egy szűrővel ellátott csövön át visszafújja helyiségbe.

Elképzelhető olyan kialakítás is, amikor a kollektorral nem egy szobát fűtünk fel, hanem a házba bejuttatni szándékozott friss levegőt melegítjük elő, ezzel megoldva egyfajta kompresszív, decentralizált szellőztetést.

4.2.2 Működési korlátjai

A téli napsugárzás gyengesége és a nappalok rövidege erősen korlátozza a használhatóságot. A leghidegebb téli napokon alig jelentkezik hasznossága. Itt is költséges szabályozó rendszerre van szükség, érdemes hőmérséklet-érzékelőt beépíteni, amivel össze lehet kötni azt a szabályzó elektronikát, ami a kollektorokban lévő levegő cseréjét végző ventilátort vezérli.

4.2.3 Energianyereség

Juhász Edina és Pongó Veronika dolgozata alapján az ideális áramlási sebesség a csövek belsejében 0,32 m/s körüli. Ez azt jelenti, hogy egy 18*15 db sörös dobozból álló, 3 m²-es kollektor átszellőztetésére egy óránkénti 140-180 m³/h csúcsteljesítményű ventilátort javasolt választani, szem előtt tartva annak lehető legkisebb fogyasztást.

A közelítő energianyereség számításához szükséges átlagos sugárzás a mintaépület esetében 98 napos fűtésidény alatt az elmúlt évek mérései alapján: 176 331 Wh/m² (forrás: *www.naplopo.hu*). A megtakarítható fűtési energia a kollek-

$$52,89 \text{ kWh/m}^2 \cdot 6 \text{ m}^2 \cdot 3,6 \frac{\text{MJ}}{\text{kWh}} = 1142,4 \text{ MJ}$$

tor 30%-os hatásfokával számolva: $176,3 \text{ kWh/m}^2 \cdot 30\% = 52,89 \text{ kWh/m}^2$, tehát 6 m²-nyi sörkollektorral

fűtésre vagy szellőztetési veszteség pótlására használható energiát lehet összegyűjteni.

A kereskedelmi forgalomban kapható egyik legkedvezőbb fogyasztású ventilátor 170 m³/h maximális légszállítási teljesítmény (és minimális áramlási ellenállás) esetén 15 W elektromos teljesítményt vesz fel. Ennek szakaszos, nappali üzemeltetése a téli idény alatt a két kollektorban összesen

$$2 \times 0,015 \text{ kW} \cdot 83 \text{ nap} \cdot 7 \frac{\text{h}}{\text{nap}} = 17,43 \text{ kWh}$$

elektromos energia betáplálását kell megfizetnünk.

4.3 Szoláris hűtésre alkalmas berendezések

Az általános igény szint növekedése és az alacsony (ár)szívnálú légkondicionáló berendezések megjelenése miatt egyre több helyen szerelnék fel és üzemeltetnek a nyári napokon klímaberendezést. Sajnos nem igazán ismert a szoláris légkondicionálás lehetősége, pedig az elképzelés igen leleményes: a magas környezeti hőmérsékletet használjuk fel hűtésre! Ezzel nem csupán energiát spórolhatunk, hanem olyan „önszabályzó” rendszert építhetünk napkollektorokból, indirekt HMV tárolókból és szoláris hűtőkből, amelyeknél a nagy hőségben a kollektoroknál jelentkező hőfelesleget hasznosan, a komfortérzetünk növelésére fordíthatjuk.

A szoláris léghűtés működtetése esetén nincs szükségünk hosszútávú tároló kapacitásra, mint a melegvíz-előállítás esetében: a Nap intenzív sugárzása mindaddig rendelkezésünkre áll, amíg helyiségeinket hűteni szeretnénk.

4.3.1 Alternatív léghűtésre alkalmas berendezések

4.3.1.1 Kompresszoros hűtés

Elképzelhető a split klímákhoz, kompresszoros központi klímákhoz és a hűtőszekrényekhez hasonló, kompresszoros működtetésű hűtés gazdaságos működtetése, ha a kompresszor meghajtása ún. Stirling-féle gőzmotorral⁹

⁹ A Stirling motor egy 1816-ban feltalált, de még ma is fejlesztett külső égésű motor. Működése során

megoldható lesz. Azonban napjainkban a nagy teljesítményű Stirling-motorok jelenleg kiépítetlen, szigetszerű gyártása miatt ez a lehetőség a jövőben még megoldásra vár.

A motort már például az ausztriai Admontban egy demonstrációs EU projekt keretében már tesztelik egy CHP (kogenerációs)¹⁰ rendszer részeként.



400 kW ORC berendezés – Ausztria, Admont. Forrás: BIOS Bioenergy Systems

Kicsiny teljesítményű motorokat azonban régóta gyártanak és forgalmazzanak: a skót lelkész által feltalált hőgép működése ugyanis megfordítható. A Stirling motor tengelyét meghajtva a folyamat a henger megfelelő helyét lehűti, másik pontját pedig felfűti. Ezt a működését – kiemelkedő gazdaságossága miatt – nagyon régóta ipari méretekben használják fel folyékony nitrogén előállítására.

a nyomás (tehát a fűtési hőmérséklet) fokozásával az ideálisnak tekintett Carnot körfolyamatot közelíti meg. Ennek során a motor hengerének erre kijelölt pontját fűtve és egy másik (hasonlóan kijelölt) helyét hűtve a dugattyúk hajtókarjára kötött tengely forrásba lendül.

A Stirling-féle gőzmotor fő problémái a tömítések nyomásállósága és ezzel összefüggően a munkaközeg „elszökése”, a viszonylag lassú indulás és a kis fordulatszámú működés.

- 10 *A klasszikus erőművek a termelő hő többnyire hulladékhőnek tekintik és hűtőtornyokon a hűtővíz elpárologtatásával és hűtésével elvezetik. Természetesen a hűtés így további energia- és vízvesztést okoz.*

A CHP rendszerek a logikusan is egymáshoz kapcsolható tevékenységeket összepárosítják. Jellemzően fűtőanyag elégetésével keletkezett gőzt turbinákra vezetik, villamos áramot termelnek, majd a megmaradó hő hőcserélőkön keresztül fűtési célra is felhasználják. A technológia részleteiben eltérések adódhatnak, például a turbinát helyettesíthetik Stirling motorokkal, többkörös túlhevítést alkalmazhatnak, de a maradványhő hűtési funkcióra is használható (adszorpciós, abszorpciós hűtés, fordított működetésű Stirling motor). Hazánkban a CHP rendszereket kogeneráció névvel illetik, vagy ha az abszorpciós rendszer is jelen van a rendszerben, akkor a technológia trigeneráció névre hallgat.

A villamosáram- és távhő együttes előállítására szolgáló erőműveink is kogenerációs erőművek.

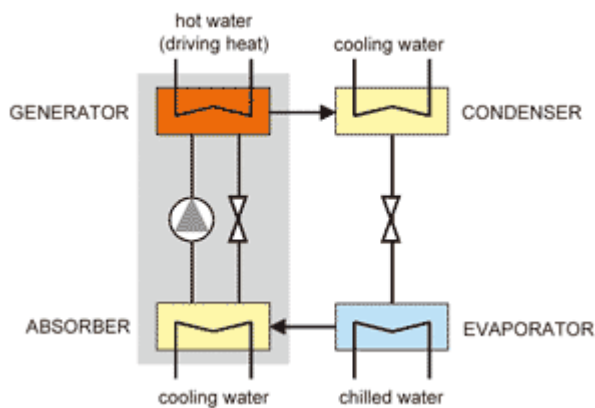


Folyékony nitrogén előállítására használt, kereskedelemben kapható kétlépcsős Stirling motor: az első hűtési kör során 80 K-es, a második után akár 20 K-es (-253 °C) nitrogéngáz készíthető

Megfelelő fejlesztési irány esetén egy kis teljesítményű elektromos motorral összekötve nagy valószínűséggel egyszerű hűtésre is alkalmazható lenne a berendezés.

4.3.1.2 Abszorpciós hűtés

Az abszorpciós elven működő hűtők a legelterjedtebb hőszivattyúk. A háztartásokban még helyenként megtalálható, kis hűtött térfogattal rendelkező, kompresszor nélküli hűtőgépek is abszorpciós elven működnek. Azonban a léghűtéshez szükséges 0 °C fölötti hőmérsékletű víz előállításához nem ammónia, hanem lítiumbromid (LiBr) használatos.



Abszorpciós körfolyamat működési sémája

Az abszorpciós elven, hűtésre használt hőszivattyú fő elemei a kazán, a kondenzátor, az elpárolgató és az oldótér. Az elpárolgatóból „induló” LiBr gőz halmazállapotban az oldótérbe jut, ahol a gőzt a víz elnyeli: a víz a lítiumbromid gőzt „elszívja” az elpárolgatóból, és megköti azt. A keletkezett lítiumbromid-víz keverék a kazántérbe jut, ahol hőt közlünk vele. A hevítéssel kiforraljuk a vízből a lítiumbromidot, ami a kondenzátorba áramlik. Eközben a fűtés miatt megnő a nyomása is. A forró LiBr-gőz a kondenzátoron keresztül leadja forráshőjét a környezetnek. Ezután a lítiumbromid cseppfolyósodik, a fojtószelepen

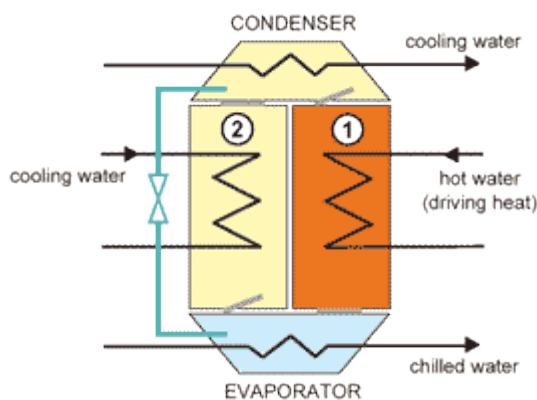
keresztül az elpárologtatóba jut, ahol elpárolog, hőt vonva el környezetétől. Innen újraindul a körfolyamat.

A legtöbb rendszerben egy belső szivattyú keringteti a folyadékot, aminek minimális az energiaigénye. A kondenzátoron történő hőleadást azonban szabályozni szükséges, hogy elkerüljük a LiBr vizes oldatának kristályosodását.

„Az abszorpciós hűtők eddig tipikusnak tekinthető hűtő-kapacitása több száz kW volt. A meghajtásukhoz szükséges forróvíz hőmérséklete az egykörös rendszerek esetében 80 °C körül van, jóságai fokuk 0,6–0,8 közötti. Azonban létezik már 50 kW alatti teljesítményű készülék is, amely 65 °C vízhőfokkal 0,7 COP mellett alkalmasak a napkollektorral való működtetésre.” [AA-ISTP]

4.3.1.3 Adsorpciós hűtés

A kevésbé elterjedt adszorpciós hűtés esetében szilárd elnyelő anyagot alkalmaznak. A mai, kereskedelemben már itt-ott beszerezhető rendszerek vizet párologtatnak és szilikon zselét használnak szorbensként. Ma még csak néhány ázsiai gyár forgalmaz ilyen berendezést. Ezekkel „tipikus körülmények között, kb. 80 °C meghajtási vízhőfok mellett a rendszer 0,6 COP hatékonysággal üzemel, de képes működni akár 60 °C mellett is. A kapacitásuk 50 és 500 kW között van.” [AA-ISTP]



Adszorpciós körfolyamat sematikus rajza

Az adszorpciós hűtők egyszerű felépítésük és strapabíróságuk miatt olcsón üzemeltethető és karbantartható hűtőberendezések. Nem áll fenn az abszorpciós hűtőknél a lítiumbromid hűtőközeg kristályosodásának veszélye és szivattyúra sincsen szükség. Rendkívül halk berendezések, azonban nagy méretűk és még magasabb árak miatt jelenleg nem igazán versenyképesek.

4.3.2 Az alternatív hűtési módszerek megoldása

A léghűtés során – a bevezetett hűtött levegő páramentesítésének ésszerű igénye miatt – sajnos kénytelenek vagyunk „rontani” a hűtési rendszerünk hatásfokán. Ugyanis a páramentesítést csak úgy tudjuk megoldani, hogy a levegőt

tűlhűtjük a kívánt hőmérséklet alá, majd a lezajló kondenzációs folyamat után fűtjük „vissza” a kívánt hőmérsékletre.

Egy erre alkalmas beépített kaloriferrel rendelkező szellőzőmű hőcserélő „előtti” befúvó ágának friss levegőjét lehűtjük a kiválasztott alternatív hűtőgéppel. A levegő visszafűtése a szellőzőmű ellenáramú vagy lemezes hőcserélőjében több-kevesebb hatásfokkal megtörténik, a páramentesítés során keletkező csapadék eltávolítását pedig az erre felkészített légmű gyári kialakítása oldja meg.

4.3.3 Az alternatív hűtési módszerek energiamegtakarítása

Mivel a hűtőgépek működtetéséhez szükséges hőmennyiség napkollektorokkal probléma nélkül megtermelhető, ezért úgy tekintem, hogy a cirkulációs szivattyú (és az abszorpciós berendezés szivattyújának) működtetéséhez szükséges villamos áramon kívül nincsen szükség nagy mennyiségű energia betáplálására.

Meg kell jegyezni, hogy ezek a hűtési módok a hűtőberendezések nagyon magas árak miatt családi házak esetében jelenleg még nem tekinthetők életszerű alternatívának.

4.4 Talajvíz használata hűtésre

Ezt a hűtési módot a legcélszerűbb használni kicsiny teljesítményigény esetén (például esetünkben). A lényege, hogy a hűtési teljesítménynek megfelelő számú, 60 m mély talajszondát készítenek, amibe kettős csőrendszert helyeznek. A falban lévő fűtőcsövekben a talajszondákban 14 °C-ra lehűtött hűtőközeget cirkuláltatják. Rendkívül egyszerű és gazdaságos, üzemeltetése során csak a keringető szivattyúk fogyasztását kell megfizetni. A hűtőteljesítmény szabályozása a szivattyút szabályozó termosztáttal megoldható.

Olyan esetben célszerű alkalmazni, ha az épület nyári árnyékolása nem megoldható, illetve ha abban már egy elkészült falfűtéses rendszer működik.

5 Áramellátás

5.1 Házi szélkerék

5.1.1 A szélgenerátor története

„1890-es évekig sok ezer szélmalom épült és működött Európában. A századforduló éveiben Magyarországon 700-nál is több szélmalom működött.” [SzE-ToLa]

Az első világháború alatt a vadászrepülőgépek fejlesztése során felismerték és megoldották a légcsvár működése során fellépő áramlástanai problémákat. Ez a háború után a szélenergia hasznosításának kérdésében is fejlődést jelentett. Az örvényelméletben – részben Kármán Tódor által – elért eredmények hozzájárultak a legkisebb veszteségeket felmutató légcsvarprofilok kialakításához.

A II. világháború után – az ötvenes években – Angliában épült két 100 kW-os erőmű, 1957-ben Dániában egy 200 kW-os turbinát állítottak üzembe, Franciaországban pedig egy 800 kilowattos berendezés prototípusát építették meg. „A dán kereskedelmi forgalomban először 1976-ban jelentek meg a szélturbinák.” [SzE-ToLa]

5.1.2 A szélgenerátor technológiája

A szélkerekek egyik típusa a szél kinetikus energiáját közvetlenül hasznosítja; azt szivattyúk hajtására használja fel. Ezekkel vagy víztárolók tölthetők fel, vagy légtartályokat feltöltő légsűrítő berendezéseket lehet velük hajtani. Az így tárolt energiát a későbbiekben akár villamosenergia-termelésre lehet felhasználni.

A szélerőművek másik változatánál a kinetikai, majd mechanikai energiát már a szélerőműben villamos energiává alakul át.

„A kicsi, és a közepes különálló (un. szigetüzemű) turbinákat akkumulátor töltésre, fűtésre használják (0,5-50 kW tartományban). Ezek a villamos hálózatoktól távol eső helyeken gazdaságosság szempontjából a legsikeresebbek. Jelenleg 200 000 akkumulátortöltő szélturbina üzemel a világon.” [SzE-ToLa]

Egyes szélgenerátor típusok nem egy, hanem két aszinkron generátorral üzemelnek: a kisebb teljesítményű alacsony, a nagyobb pedig 16-20 km/h feletti szélsébségnél lép működésbe (a két generátor soha nem működik egyszerre).

Ha a szélesség eléri a 8-11 km/h-t, a generátor automatikusan bekapcsol. Ezen sebesség alatt a légszár „üresen forog”. A kétgenerátoros kivitelek-nél a kis generátor 18-25 km/h szélességig, a nagy generátor 55-80 km/h szélességig működik.

Ennél nagyobb szélességek esetén működésbe lép a viharokot megelőzésére szolgáló teljesítmény szabályozó rendszer. Ez a lapátvégek befordításával, a lapátok kicsiny elfordításának aerodinamikai fékhatásával, vagy a lapátok teljes elfordításával történhet. „A fékezés után a viharos szélkészek végéig tengelyfékkel rögzítik a már leállt szél-turbina-tengelyt. Amennyiben a szélesség ismét a megengedett határ alá kerül, úgy a turbina automatikusan újra bekapcsol.” [SzE-ToLa]

5.1.3 A szélkerekek alkalmazásának korlátai

Ma Magyarországon külön szolgáltatói engedély nélkül csupán a maximum 1 kW teljesítményű szélgenerátorok telepíthetők és maximum 10 m talajfelszín feletti magasságra. Emiatt a háztartási energiatermelésben a kis teljesítményű berendezésekre jellemző egygenerátoros, aszinkron rendszerek vannak jelen (elégé piciny számban).

Megkérdőjelezhető a szélgenerátor alkalmazása abban az esetben is, ha napi gyakorisággal lenne szükségünk elektromos energiára. Azonban olyan területeken, ahol nincsen hálózati áram és megoldható az energia átmeneti tárolása is, ott ez az egyik legjobb, leggyorsabban megtérülő villamos energia termelési alternatíva.

5.2 Fotovoltaikus rendszerek – a napelem

A napelemek régóta gazdaságosan használhatóak rendkívül alacsony, időszakosan jelentkező teljesítményigények kielégítésére, mint például a napelemes zsebszámológépeknél, LED fényforrású kerti kislámpákban, fénymérő készülékekben. Bár a nagyobb panelek gyártása jóval drágább és a panelek megtérülési ideje is 20 év feletti, a szélgenerátorokhoz hasonlóan sziget-szerű telepítés esetén ez is alternatíva lehet.

A napelemekből kinyerhető teljesítmény a fény beesési szögétől, a napsugárzás intenzitásától és a napelemre csatolt terheléstől is függ. Érdemes figyelni a panelek tisztítására is. A besugárzás mértéke több okból is változik: lenyugszik a Nap, beborul az ég. Emiatt a panelt érő fény intenzitását kevésbé tudjuk befolyásolni, azonban a többi tényező viszonylag könnyen módosítható. Amennyiben a napelemet napkövető mechanikával telepítjük, növelhetjük az energiatermelés idejének hosszát.

Egy fix telepítésű napelemmel legfeljebb 6 órán keresztül lehetséges érdeemben termelni. Ha a nappalok folyamán megfelelő módon állítjuk a napelem vízszintes és függőleges tengelyét (úgy, hogy a napsugár beesési szöge a lehetőleg ne térjen el a merőlegestől), a nappal majdnem teljes időtartama alatt hasznosíthatjuk a napenergiát. Ehhez azonban plusz elektronikát és mechanikus elemeket kell felhasználni és a napelem elhelyezését is úgy kell megoldanunk, hogy minél kevesebb napsugárzási szög esetén legyen takart állapotban.

5.2.1 A napelemek elterjedt típusai

A világszerte legelterjedtebb napelemtípusok az egykristályos és a polikristályos Si napelemek, valamint az amorf Si napelemek.

Egy- és polikristályos szilícium (Si) napelemek

Drága, de hatékony fotovoltaiikus bevonattípus. Készítése során a vegyileg megtisztított szilícium alapanyagot egykristállyá húzzák, polikristályos szerkezetnél grafit-, vagy kerámiaformába öntik, majd szeletelik. „A kedvezőbb hatásfokot reflexiócsökkentő bevonattal (...) és felületi textúrálás alkalmazásával érik el.” [NE-EnK]

A kereskedelmi forgalomban kapható egy- és polikristályos szilícium napelemek hatásfoka 15-17 % körül alakul, élettartamuk legalább 30 év. A monokristályos Si bevonat fajlagosan nagyjából 30-40%-al drágább a polikristályos kialakításnál, azonban a mechanikai hatásokra kevésbé érzékeny.

Amorf szilícium napelemek

Az amorf szerkezetű típust ún. vékonyréteg technológiával gyártják. Ez a gyártástechnológia olcsóbb napelemek előállítását teszi lehetővé, azonban az előállított panelek hatásfoka csupán 4-6 %.

Emiatt a megtermelhető energia és a befektetés arányát tekintve nem mondható sokkal olcsóbbnak, mint a polikristályos Si technológia, csupán 10-15 %-kal kerül kevesebbe az amorf szilícium pannellel előállított elektromos áram. Azonban az ilyen panelek csúcsterhelés esetén a névlegesnél kisebb (22,5 helyett 13-18 Voltot) áramerősséget szolgáltatnak – azaz kiszámíthatatlanabbak. Emiatt mégis a látszólag drága polikristályos napelemek érdemes választani.

5.3 Az elektromos energia felhasználásának és tárolásának problémái

5.3.1 Visszatáplálás

Az áramszolgáltató rendszerébe való visszatápláláshoz a szolgáltató engedélyére van szükség. A visszatáplálást lehetővé tevő inverterek és az erre szolgáló mérőóra felszerelésének költsége magas, és a törvényi szabályozás lehetőséget ad a szolgáltatónak arra is, hogy 100 kWh/hónap teljesítmény alatt megtagadja az áram – egyébként alacsony, 24,7 Ft/kWh áron való – visszavásárlását.

Ennek a „viselkedésnek” az az oka, hogy az energiatermelés kiesésének kockázata szélkerekek esetében nagy, és ezt a teljesítményingadozásból származó kockázatot a villamoshálózat üzemeltetőjének kell viselnie.

Megoldás lehet egyfajta közös kockázatviselésű hálózati különág megszerzése (szélerőmű és napelem együtt, vagy külön-külön) és ezzel együtt a gyorsan – körülbelül egy óra alatt – beüzemelhető regionális gázerőművekkel való megállapodás.

1 kW-nál nagyobb csúcsteljesítményű napelemrendszer esetében azonban az inverter megvásárlása nem jelent akkora fajlagos költségnövekedést, sőt, olcsóbb, mint a kellő kapacitású akkumulátoros tárolórendszer költsége. Ilyen esetben fontolóra vehető az akkumulátoros tárolás hálózati visszatáplálással történő kiváltása.

5.3.2 Akkumulátoros tárolás

„A technika mostani színvonalán a villamos energia tárolása nem megoldott kielégítően, egyetlen mindennapi használatra alkalmas módja az akkumulátoros tárolás, ami sok problémát vet fel.” [EE-ENK-Nape] Az akkumulátorok drágák, kis kapacitásúak, rövid élettartamúak. Szigetszerű telepítés esetén azonban látszólag nincs ennél egyszerűbb villamos energia tárolási megoldás.

5.3.3 Helyzeti energia alakjában történő tárolás

A szomszédos Ausztriában a szél- és „naperőművek” miatt jelentkező időszakos energiatöbblet tárolásához a vízerőműveket hívták segítségül. Amíg energiafelesleg jelentkezik, addig vizet szivattyúznak az erőmű vízáramával ellentétes irányban. Így az elektromos energiát helyzeti energiává alakítják, majd amikor energiaigény jelentkezik, a víz helyzeti energiája a vízerőműn történő

„rendeltetészerű” áteresztés után elfogadható, 30-40% körüli veszteséggel ismételtelen elektromos energiává alakítható.

Jól kiépített és gépesített esővízgyűjtő rendszer esetében elképzelhető lehetne ezt kicsiben is alkalmazni, csupán egy jó kopásállóságú „mini-turbinára” lenne csak szükség.

6 Javasolható épületgépészeti rendszerek

Az előző fejezetekben felsorolt gépészeti megoldások jelentősége nem csupán a bevezetett energia nagy hatásfokú hasznosításában rejlik: korunk igényei miatt ezek a berendezések csupán minimális törődést igényelnek, ami például a pelletkazán esetében kimerül a pellettároló tartály fűtési idény előtti feltöltésével, a két-háromhavonkénti kihamuzással. Emellett a pellet- és faelgázosító kazánokkal – csakúgy, mint a napkollektorokkal – megújuló energiát hasznosítunk, amivel a szén-dioxid kibocsátást is mérsékeljük.

A központi szellőztető berendezés felszerelésével egy korábban – az épület légtömörségének hiánya miatt – nem szembeötlő alapvető biológiai igényt elégítünk ki, ezzel emelve a komfortérzetet is.

A következőekben néhány megvalósításra érdemes épületgépészeti összeállítást mutatok be. Itt nem említem a villamosáram termelésre illetve a falfűtéses kialakítások esetében használható szoláris léghűtő berendezéseket. Ezek a gépészeti rendszertől függetlenül utólag is megvalósítható megoldások, illetve hasznukhoz képest nagy költségigényűek.

Az itt említett primerenergia igények a fűtésre, melegvíz készítésre és a szellőztetésre vonatkoznak, úgy, hogy a segédenergia igényt (szivattyúk, szabályozó elektronikák, a cirkulációs vezetékek stb.) csak becsülöm, a többi fogyasztó villamosáram-fogyasztását pedig nem számolom. Ezen értékek megállapítása csak konkrét készülékek esetében lehetséges. Ennélfogva a következőekben említett primerenergia-igény nem tekinthető irányadónak, csak a tájékozódást szolgálja. Példaképpen a kondenzációs gázkazánt állítva a kapott fajlagos fogyasztást színvonalas kiépítés esetében is 5 kWh/m²-rel emeli meg a rendeletben meghatározott (pontos) számítási módszer.

6.1 Meglévő fűtési rendszer megtartása

Javaslat: indirekt vízmelegítő berendezés, síkkollektorok és keresztirányú lemezes hőcserélős szellőztető központ beépítése

A használati melegvíz előállítását egy egy hőcserélős indirekt bojlerrel és síkkollektorokkal tesszük gazdaságosabbá. A meglévő bojler utófűtő tárolónak használjuk, vagyis az az indirekt tárolóból vételezi a vizet. A szellőztetési veszteségeket egy egyszerű szellőztetőgéppel csökkentjük.

Meglévő, rendszeresen karbantartott fatüzelésű cserépkályhás fűtésnél megfelelő alternatíva.

Fő beruházási tételek:

- Indirekt HMV tároló: 110 000 Ft (200 l)
 - Szellőztető berendezés: 350 000 Ft
 - 6 m² síkkollektor: 600 000 Ft
- Összesen: 1,06 millió Ft

A ház közelítő primerenergia igénye

- Fűtés: $6\,731,77 \text{ MJ} * 0,60 / 60\% = 6\,732 \text{ MJ}$
- HMV előállítás (gázzal):
 - a szükséglet 80%-át fedezik a napkollektorok
 $12\,217,76 \text{ MJ} * 20\% * 1,00 / 76\% = 3\,223 \text{ MJ}$
- Szellőztetés: $1047,7 \text{ MJ} * 0,60 / 60\% = 1048 \text{ MJ}$

Éves hozzávetőleges primerenergia-igény

- $11\,356 \text{ MJ} / 111 \text{ m}^2 = 102,3 \text{ MJ/m}^2 = 28,4 \text{ kWh/m}^2$
- becsült 1 kWh/m² szivattyú üzemi költséggel 29,4 kWh/m²

6.2 Radiátoros fűtőfelületek esetén

Ilyen átalakítást akkor érdemes megvalósítani, ha a ház fűtőtestjei és csőrendszere jó állapotúak, a meglévő gázkazán azonban rossz hatásfokú, vagy a meglévő szilárd tüzelésű kazánt a lakók életvitelük miatt csak nehézségek mellett tudják üzemeltetni.

6.2.1 Alacsonyabb költségigényű beruházás

Javaslat: kondenzációs kazán, indirekt vízmelegítő berendezés és keresztirányú lemezes hőcserélős szellőztető központ beépítése

A használati melegvíz előállítását egy hőcserélős indirekt bojlerrel tehetjük olcsóbbá, ha az nappali vagy éjszakai árammal volt megoldva. Az összeállítás hátránya, hogy nem használ megújuló energiaforrást, illetve a kazán számára általában új kéményt kell felszereltetni. A szellőztető berendezés hatásfokát utólag kiépíthető talajkollektorral lehet növelni.

Fő beruházási tételek:

- Kazán: 350 000 Ft
 - Indirekt HMV tároló: 140 000 Ft
 - Szellőztető berendezés: 350 000 Ft
- Összesen: 840 000 Ft

A ház közelítő primerenergia igénye

- Fűtés: $6\,731,8 \text{ MJ} * 1,00 / 93\% = 7\,618 \text{ MJ}$

- HMV előállítás: $12\,217,76\text{ MJ} * 1,00 / 88\% = 13\,884\text{ MJ}$
- Szellőztetés: $1047,7\text{ MJ} * 1,00 / 93\% = 1127\text{ MJ}$

Éves hozzávetőleges primerenergia-igény

- $22\,629\text{ MJ} / 111\text{ m}^2 = 203,9\text{ MJ/m}^2 = 56,6\text{ kWh/m}^2$
- becsült 6 kWh/m^2 veszteséggel és üzemi költséggel $62,6\text{ kWh/m}^2$

6.2.2 Magasabb költségigényű beruházás

Javaslat: faelgázosító vagy pelletkazán, indirekt vízmelegítő berendezés, ellenirányú hőcserélős szellőztető központ és napkollektoros HMV előállítás

Fő beruházási tételek:

- Kazánok:
 - Faelgázosító kazán és puffertartály: 250 000 Ft
 - (Pelletkazán: 550 000 Ft
 esetleges automatikus pelletadagoló: + 150 000 Ft)
- Indirekt HMV tároló 2 hőcserélővel (300 l): 180 000 Ft
- Szellőztető berendezés: 650 000 Ft
- 6 m^2 síklap kollektor: 600 000 Ft

Összesen: 1,88 (2,13) millió Ft

A ház közelítő primerenergia igénye

- Fűtés: $6\,731,8\text{ MJ} * 0,60 / 80\% = 5\,314\text{ MJ}$
- HMV előállítás:
 - a szükséglet 80%-át fedezik a napkollektorok
 $12\,217,76\text{ MJ} * 20\% * 0,60 / 80\% = 1833\text{ MJ}$
- Szellőztetés: $244,5\text{ MJ} * 0,60 / 80\% = 183\text{ MJ}$

Éves hozzávetőleges primerenergia-igény

- $7\,330\text{ MJ} / 111\text{ m}^2 = 66,0\text{ MJ/m}^2 = 18,3\text{ kWh/m}^2$
- becsült 6 kWh/m^2 veszteséggel és üzemi költséggel $26,3\text{ kWh/m}^2$

6.3 Meglévő, vagy újonnan kialakítandó felületfűtés

Amennyiben a meglévő épületben a fűtési módot is megváltoztatjuk, tehát az egyedi készülékeket (gázkonvektor, kályha) központi rendszerre cseréljük, a várható kialakítási költségek miatt, amennyiben az megoldható, padlófűtést javasolt létesíteni. Ennek egyetlen jelentős költségvonzata az ajtók küszöbének „megemelése”. A padlófűtés kialakítása mintaépületünk esetében 370 ezer, a radiátoros rendszer felszerelése 600 ezer Ft-ba kerül.

6.3.1 Alacsony költségigényű beruházás

Javaslat: a radiátoros alacsony költséggel kiépíthető rendszere itt is megvalósítható, azaz kondenzációs kazán, indirekt vízmelegítő berendezés és keresztirányú lemezes hőcserélős szellőztető központ beépítése.

6.3.2 Magasabb költségigényű beruházás hőszivattyúval

Javaslat: talajvízes kompakt (fűtés és HMV) hőszivattyú, indirekt víztároló, fűtésrészegítés és HMV előállítás napkollektorral, hőcserélős szellőztető központ

Fő beruházási tételek:

- kompakt hőszivattyú: 990 000 Ft
- kutak létesítése: 400 000 Ft
- Indirekt HMV tároló 2 hőcserélővel: 240 000 Ft (400 liter)
- Szellőztető berendezés: 650 000 Ft
- 7 m²-nyi vákuumcsöves kollektor: 800 000 Ft

Összesen: 3,08 millió Ft

A ház közelítő primerenergia igénye

- Fűtés: a szükséglet 20%-át fedezik a napkollektorok
 $6\,731,8 \text{ MJ} * 80\% * 2,5 / 4,5 = 3\,149 \text{ MJ}$
- HMV előállítás a szükséglet 80%-át fedezik a napkollektorok
 $12\,217,76 \text{ MJ} * 20\% * 2,5 / 3 = 2\,037 \text{ MJ}$
- Szellőztetés: $244,5 \text{ MJ} * 2,5 / 4,5 = 136 \text{ MJ}$

Éves hozzávetőleges primerenergia-igény

- $5\,322 \text{ MJ} / 111 \text{ m}^2 = 47,9 \text{ MJ/m}^2 = 13,3 \text{ kWh/m}^2$
- becsült 5 kWh/m² veszteséggel és üzemi költséggel 18,3 kWh/m²

6.3.3 Magasabb költségigényű beruházás pelletkazánnal

Javaslat: pelletkazán indirekt víztárolóval, fűtésrészegítés és HMV előállítás napkollektorral, hőcserélős szellőztető központ

Fő beruházási tételek:

- Pelletkazán pelletadagolóval: 750 000 Ft
- Indirekt HMV tároló 2 hőcserélővel: 240 000 Ft (400 liter)
- Szellőztető berendezés: 650 000 Ft
- 7 m²-nyi vákuumcsöves kollektor: 800 000 Ft

Összesen: 2,43 millió Ft

A ház közelítő primerenergia igénye

- Fűtés: a szükséglet 20%-át fedezik a napkollektorok
 $6\,731,8 \text{ MJ} * 80\% * 0,6 / 90\% = 3\,779 \text{ MJ}$
- HMV előállítás a szükséglet 80%-át fedezik a napkollektorok
 $12\,217,76 \text{ MJ} * 20\% * 0,6 / 90\% = 1629 \text{ MJ}$
- Szellőztetés: $244,5 \text{ MJ} * 0,6 / 90\% = 163 \text{ MJ}$

Éves hozzávetőleges primerenergia-igény

- $5\,571 \text{ MJ} / 111 \text{ m}^2 = 50,2 \text{ MJ/m}^2 = 13,9 \text{ kWh/m}^2$
- becsült 5 kWh/m^2 veszteséggel és üzemi költséggel $18,9 \text{ kWh/m}^2$

7 Értékelés

A fűtési megoldásokról

Az elsősorban fűtést szolgáló berendezések közül egyik legolcsóbb és kevésbé jelentős szereplő a kondenzációs gázkazán. Takarékosnak mondható, energiavesztesége is kicsi, de mivel megújuló energiát nem hasznosít, csak a tisztább füstgáza miatt nevezhetjük „környezetbarátabbnak” az alacsony-, vagy állandó hőmérsékletű gázkazánokkal összevetve.

A másik, talán meglepőbb következtetés az, hogy ugyan a legtakarékosabb fűtési és HMV készítemi rendszernek a talajszondás vagy a talajvízzel működő hőszivattyúk bizonyulnak, de alig múlják felül a második helyezett pelletkazán primerenergia-szükségletét. A levegő-víz rendszerű hőszivattyú primerenergia-igénye pedig majdnem megegyezik a kondenzációs gázkazánokéval.

Tudjuk, hogy a hőszivattyú működtetéséhez betáplált 1 egységnyi villamos áramhoz 2,5 egységnyi energiát kell előállítani a villamos erőművekben. Mivel majdnem ennyi primerenergia szükséges a pelletkazán üzemeltetéséhez is, ezért még a kiváló, 4,5 COP értékű hőszivattyúknak sincsen valós, globális környezetvédelmi hasznuk; az ennél alacsonyabb jóságú berendezések pedig közvetve több energiát használnak el, mint amennyit rendelkezésünkre bocsátanak. A gázmotoros hőszivattyúk jó kompromisszumnak tűnnek, de árak ezeknek is nagyon magas, és a földgáz – mint már említettem – nem megújuló energia.

A két, leginkább környezet- és egyben pénztárcabarát fűtési technológiát a „hagyományos” tüzelőanyaggal működő faelgázosító és pellettüzelésű kazánok tudhatják magukénak. A pellettüzelésű kazánt – bár a fapellet drágább, mint a tűzifa – azért tartom picit jobb megoldásnak, mert a tüzelőanyag utánpótlása is automatizálható.

Használati melegvíz előállítása

A mindennapjainkban használt meleg víz – megfelelően hőszigetelt szerkezetek esetén – az éves rezsiköltség legnagyobb tétele, a víz- és csatornadíjat nem is számolva. Általában a fűtési rendszerrel összekötve üzemel, amit – hogy a kazánok csúcsteljesítményét, és ezzel a beépítendő kazán árát is csökkenthesük – célszerű indirekt víztárolókkal megoldani.

Ha ilyen rendszerű melegvíz-termelésen törjük a fejünket, érdemes kettő hőcserélővel felszerelt és szoláris HMV termelésre méretezett tárolót beszerezni. Ugyanis az éves szinten elfogyasztott energia jó része előállítható napkollektorokkal. A felületes számítások alapján ugyanis jelentős energiamegtakarításra tehetünk így szert, annak ellenére, hogy a napkollektoros rendszerek megtérülési ideje 10-12 év.

Szellőzés

Ezt tartom az elsődleges és legfontosabb beruházásnak, a légtömör nyílászárókkal rendelkező lakóépületek elengedhetetlen tartozéka kellene hogy legyen valamilyen légcserélő rendszer. A hővisszanyeréses szellőztetés megoldása során kicsiny nyereség érhető el, de a friss levegő kedvező élettani és közérzetet javító hatása miatt nem is szabadna gondolkozni gazdaságosságán.

Villamosáram magáncélú termelése

A házi szélkerekek a magyarországi szélviszonyok, a napelemek a technológiai színvonaluk és árak miatt ma nem tekinthetők rentábilis befektetésnek. Megtérülési idejük szélgenerátor esetében 10 év körül, napelemek esetében 15-20 év körül alakul. Ugyan kedvező „pszichológiai” hatásuk van a tulajdonosra, de csak olyan helyzetben érdemes ilyen áramtermelésbe belefogni, ha az időszakosan fellépő villamosáram-igény jelentkezésének közelében nem található használatra alkalmas elektromos vezeték.

Következtetések

A mintául szolgáló épület esetében az épületgépészet felújítására pellet vagy faelgázosító kazán, napkollektoros használati melegvíz-előállítás javasolható. A szellőztetést az épület hőszigetelésével és a nyílászárócserekkel egyszerre kell megoldani, és ebben az esetben célszerű hővisszanyerésre alkalmas szellőztető központot választani. Ha külső árnyékolással nem lehet megoldani a nyári túlmelegedés elleni védelmet, akkor aktív hűtésnek a talajszondában lehűtött hűtőközeg falfűtés-csővekben való áramoltatását a legolcsóbb alkalmazni. Egyéni villamosáram-termelést nem érdemes megvalósítani a hosszú megtérülési idő miatt.

Irodalomjegyzék

- [KG-CseIs] Cséki István – 2006 – Kazánok családfája – VGF Épületgépészeti Szaklap – 2006. 4.
- [KG-JeJa] Jeckel János – 2005 – Kondenzációs gázkazánok – VGF Épületgépészeti Szaklap – 2005. 5.
- [KG-Rem] MARKETBAU-REMEHA Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. – www.remeha.siteset.hu – Remeha gázkazánok – *www-dokumentum* – 2008. 9. 28. – <http://www.remeha.siteset.hu/index.php?m=1510>
- [FK-HaTa] Halgas Csaba - Taba Gábor – 2002 – A faelgázosító kazánok – VGF Épületgépészeti Szaklap – 2002. 5
- [PK-VeBe] Veresgyházi Béla – 2004 – Pelletfűtés – VGF Épületgépészeti Szaklap – 2004. 10.
- [PK-KaAt] Kádár Attila – 2006 – A pellet tüzeléstechnikája – VGF Épületgépészeti Szaklap – 2006. 6.
- [HSz-StAl] Dr. Stróbl Alajos – 1999 – Energiatakarékos környezetkímélés hőszivattyúkkal – OMIKK Környezetvédelmi Füzetek – 1999. 8.
- [HSz-KoFe] Komlós Ferenc – 2006 – Vízből hőt hőszivattyúval – 2006. 6. 16.
- [HSZ-USDE-AbHP] 2005 – Absorption Heat Pumps – U. S. Department of Energy – 2008. 10. 11. – http://apps1.eere.energy.gov/consumer/your_home/space_heating_cooling/index.cfm/mytopic=12680
- [HSz-FÖKA] Jároli József – 2002 – Hőszivattyú (<http://www.foek.hu/korkep/enhat/1-1-4-0-.html>) – Független Ökológiai Központ Alapítóány (www.foek.hu) – 2002. 9. 10.
- [HSz-Ais] Laring Mérnöki Iroda Kft. – www.aisin.hu – Gázmotoros hőszivattyú – Gazdasági előnyök – *www-dokumentum* – 2008. 10. 11. – http://www.aisin.hu/gazdasagi_elonyok.html
- [NK-Em] Ezermester.hu – 2006 – Fűtéstámasztás napenergiával – Ezermester – 2006. 6.
- [SzM-KeIs] Keszthelyi István – 2003 – Háztartási, irodai szellőztetés – HKL Épületgépészeti Szaklap – 2003. 11-12.
- [SzM-DeZo] Debreczy Zoltán – 2006 – Optimális légfűtés családi házakban – HKL Épületgépészeti Szaklap – 2006. 11-12.
- [CsK-JuEd] Juhász Edina, Pongó Veronika – 2008. – Bádogdobozokból készült napkollektor működésének vizsgálata – ELTE Tudományos Diákköri Konferencia – 2008. február
- [AA-ISTP] IST Power – <http://www.istpower.eu> – Szoláris légkondicionálás – *www-dokumentum* – 2008. 10. 26. – http://www.istpower.eu/modules.php?name=D_coolers
- [SzE-ToLa] Dr. Tóth László, Schrempf Norbert, Tóth Gábor – www.szel-mszte.hu – A szélenergiát hasznosító berendezések fejlődése – *www-dokumentum* – 2008. 10. 29. – http://www.szel-mszte.hu/readarticle.php?article_id=5
- [NE-EnK] www.energiaklub.hu – www.energiaklub.hu – Néhány szó a napelemezről – *www-dokumentum* – 2008. 10. 30. – <http://www.energiaklub.hu/hu/hirek/?news=112>
- [EE-ENK-Nape] 2003 – Néhány szó a napelemezről... – Energiaklub – 2008. 10. 6. – <http://www.energiaklub.hu/hu/hirek/?news=112>