

ÉPÜLET ENERGETIKAI VESZTESÉGFELTÁRÁSA

Sümeghy Péter
szigorló gépészmérnök

.....
Dr. Csoknyai István
egyetemi docens

.....
Dr. Zsebik Albin
egyetemi docens

Budapest, 2004. május 21.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni konzulenseimnek, Dr. Csoknyai Istvánnak és Dr. Zsebik Albinnak, hogy segítségemre voltak diplomamunkám elkészítésében, valamint szeretnék köszönetet mondani a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Műszaki Osztályának és mindazoknak, akik segítettek munkámat, és azoknak, akik publikációit felhasználva a tanulmányomat kidolgozhattam.

Köszönettel:

Sümeghy Péter

NYILATKOZAT

Alulírott Sümeghy Péter, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem hallgatója kijelentem, hogy ezt a diplomatervet meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem és a diplomatervben csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, amelyet szó szerint vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, azt egyértelműen a forrás megadásával megjelöltem.

.....
Sümeghy Péter

Tartalomjegyzék

1. Bevezető	10
2. Az energetikai veszteségfeltárás bemutatása.....	12
2.1 Az energiagazdálkodás múltja.....	12
2.2 Az energiatakarékosság törvényi szabályozása.....	15
2.3 Hazai energiahelyzet és energiaköltségek.....	21
2.4 Energiaveszteség feltárás célterületei.....	23
2.4.1 Lakóépületek	23
2.4.2 Közintézmények	23
2.4.3 Ipari létesítmények	23
2.5 Energetikai veszteségfeltárás.....	24
2.6 Energetikai veszteségfeltárás folyamata.....	26
2.6.1 Az energiahatékonysági program döntési szintjei.....	28
2.6.2 Diagnosztikai mérések és eszközeik.....	29
2.6.2.1 Füstgázelemzés.....	29
2.6.2.2 Helyiség-hőmérsékletmérés.....	29
2.6.2.3 Fűtővíz-hőmérsékletmérés	29
2.6.2.4 Külső-hőmérsékletmérés	29
2.6.2.5 Termovízió	29
2.6.2.6 Megvilágítási szintek ellenőrzése.....	30
2.6.2.7 Hőmennyiségmérés	30
2.6.2.8 Villamos mérések	31
2.6.2.9 Üzemállapot-ellenőrzés	31
2.6.3 Épületfelmérés az Épületenergetikai adatlap alapján	32
2.7 Gazdasági értékelés	33
2.7.1 Pénzáramlás diagramok.....	33
2.7.2 Költségbecslés	34
2.7.2.1 Költségbecslés veszteségfeltáró vagy megvalósíthatósági tanulmányhoz	34
2.7.2.2 Költségvetési előirányzás	34
2.7.2.3 Költségvetés	35
2.7.2.4 Véglegesítés.....	35
2.7.2.5 Becslési módszerek.....	35
2.7.3 A pénz időértéke.....	35
2.7.4 Az összehasonlítás módja.....	36

2.7.4.1 A megtérülési idő	36
2.7.4.2 A belső megtérülési ráta	36
2.7.4.3 A nettó jelenérték.....	37
3. Energia-megtakarítási lehetőségek	38
3.1 Épület határoló szerkezetén alkalmazható beavatkozások	38
3.1.1 Utólagos hőszigetelés	38
3.1.1.1 Falak szigetelése	38
3.1.1.2 Tető szigetelése.....	41
3.1.1.3 Pince és árkádfödém szigetelése.....	41
3.1.1.4 Padlás szigetelése	42
3.1.1.5 Tetőterek szigetelése	43
3.1.2 Nyílászárók.....	44
3.1.2.1 Légrés tömítése.....	45
3.1.2.2 Meglévő üvegezés bevonatolása	46
3.1.2.3 Új üvegréteg hozzáépítése	46
3.1.2.4 Az ablak cseréje.....	47
3.1.2.5 Társított szerkezet alkalmazása	47
3.1.2.6 Nyílászáróüveg-fóliák	48
3.1.3 Szoláris nyereség	49
3.1.3.1 Társított szerkezetek.....	50
3.1.3.2 Külső falszerkezetek átalakítása tömegfallá, Trombe fallá.	51
3.1.3.3 Transzparens hőszigetelések.....	52
3.1.3.4 Napterek	53
3.1.4 Téralakítás	55
3.1.5 Szellőzés	56
3.1.6 Hőszigetelés okozta változás a határhőmérsékletben.....	57
3.2 Épületgépészeti rendszereken alkalmazható beavatkozások.....	59
3.2.1 Üzemeltetési, szervezési javaslatok.....	59
3.2.1.1 Energiaellátási szerződések felülvizsgálata.....	59
3.2.1.2 Radiátorok hatékonyságának növelése.....	60
3.2.1.3 Kazán lezárása vagy fűtés csökkentés üzemszünet alatt	60
3.2.1.4 Kazánégő és előremenő víz hőmérséklet beállítása	60
3.2.1.5 Helyiség hőmérséklet csökkentése	60
3.2.1.5 Helyiségek funkcionkénti leválasztása.....	60
3.2.2 Fűtési rendszerre vonatkozó intézkedések	61

3.2.2.1 Csővezetékek és szerelvények hőszigetelése	61
3.2.2.2 Automatikus szabályozás	61
3.2.2.3 Költségosztók	62
3.2.2.4 Beszabályozás.....	62
3.2.2.5 Fűtőtestek hőteljesítményének változtatása.....	63
3.2.2.6 Fűtőberendezés rekonstrukció	63
3.2.3 Alternatív és megújuló energiaforrások alkalmazása.....	65
3.2.3.1 Napenergia.....	65
3.2.3.2 Szélenergia.....	67
3.2.3.3 Geotermikus energia.....	68
3.2.3.4 Biomassza, biogáz, "Biosolar"	68
3.2.3.5 Hőszivattyú.....	70
3.2.3.6 Kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés.....	72
3.2.3.7 Alacsony energiafelhasználású épület.....	73
3.2.4 HMV előállító rendszeren alkalmazható beavatkozások.....	74
3.2.4.1 HMV ellátás kialakításai és hatékonyságai	75
3.2.4.2 Cirkulációs rendszer programozott üzemeltetése	77
3.3 Épületvillamossági rendszeren alkalmazható beavatkozások	78
3.3.1 Üzembiztonság	78
3.3.1.1 Kábelezés.....	78
3.3.1.2 Érintésvédelem	78
3.3.2 Épületvilágítás	78
3.3.2.1 Világítástechnikai alapismeretek.....	79
3.3.2.2 Dimmerek (fényerő-szabályozók).....	80
3.3.2.3 Jelenlét-érzékelők.....	80
3.3.2.4 Kapcsolóóra	81
3.3.2.5 Világítástechnikai fényforrások.....	81
3.3.2.6 Világítástervezés.....	85
3.3.2.7 Energiagazdálkodási megfontolások.....	86
3.3.3 Villamos hajtások	87
3.3.3.1 Szivattyú, mint munkagép.....	88
3.3.3.2 Mechanikus áttételrendszer	89
3.3.3.3 Villamos motorok.....	91
3.3.3.4 Szabályozás	92
3.3.3.5 Villamos energiaellátó rendszer	98

3.3.4 Épületfelügyeleti rendszerek	99
3.4 Technológiai folyamatoknál alkalmazható beavatkozások	100
3.4.1 Tüzelés hatékonyságának javítása az iparban	101
3.4.2 A technológiai fegyelem betartása	103
4. Kollégium épület energetikai felülvizsgálata	104
4.1 Az épület ismertetése	104
4.2 Az energetikai felülvizsgálathoz szükséges számítások	107
4.2.1 Az épület hőmérlege	108
4.2.2 Közelítő hőszükséglet-számítás	108
4.2.3 Hőfelhasználás a gázfogyasztás alapján	109
4.2.4 Fajlagos hőáram meghatározása	111
4.2.5 Fajlagos éves hőfelhasználás	111
4.2.6 A korábbi adatlap értékei	112
4.3 A számítások kiértékelése	113
4.4 Energia-megtakarítási lehetőségek	115
4.4.1 Műszaki elemzés	115
4.4.2 Műszaki elemzés számításai	119
4.4.3 Gazdasági elemzés	122
4.4.4 Környezeti hatásuk	124
4.4.5 Megvalósítás költség és ütemterve	125
4.5 Energia hordozó költségek összehasonlítása	126
5. Összefoglalás	127
6. Summary	129
7. Irodalomjegyzék	130
8. Mellékletek	134
I. melléklet: Hatósági energiaárak	135
II. melléklet: Épületenergetikai adatlap	137
III. melléklet: Gazdasági elemzés számításai	145

Ábrák és táblázatok jegyzéke

1. ábra Lakossági energiafelhasználás szerkezete [12]	21
2. ábra Fűtésre használt energiahordozók aránya [12]	22
3. ábra HMV előállításra használt energiahordozók aránya [12]	22
4. ábra Energiamérleg [19]	27
5. ábra Shankey diagram [19].....	27
6. ábra Pénzáramlás diagram [29]	33
7. ábra Légrés tömítés alkalmazási mechanizmusa [36]	46
8. ábra Harmadik üvegréteg alkalmazásának elve [36].....	47
9. ábra Üvegfóliák hő és fényáteresztése [34].....	49
10. ábra Trombe-fal [31]	51
11. ábra Trombe-fal működési mechanizmusa [31]	51
12. ábra Transzparens szigetelés fajtái [31].....	52
13. ábra Transzparens hőszigetelés árnyékoló szerkezettel [31].....	53
14. ábra Tájolások napsugárzás összegei [31].....	54
15. ábra Helyiség áramképe és hőmérséklet eloszlása [31].....	56
16. ábra Szellőző levegő vezetése a puffertéren át nyáron [31]	57
17. ábra Szellőző levegő vezetése a puffertéren át télen [31]	57
18. ábra Napkollektorok hőveszteségei [48]	66
19. ábra Különböző típusú napkollektorok hatásfoka [48].....	67
20. ábra A biomassza eredetű energiahordozó termelés és feldolgozás technológiái [12]	69
21. ábra Kompresszoros sűrítésű hőszivattyús rendszer működésének vázlata [56]	70
22. ábra Hőszivattyú működési elve [58]	72
23. ábra Melegvíz-előállítási módok gazdaságosságának összehasonlítása [61]	75
24. ábra Jelenlét érzékelő működési tartományai [64]	81
25. ábra Kapcsolóóra [64]	81
26. ábra A vizsgált rendszer és teljesítményfolyam ábrája [66].....	87
27. ábra Radiális szivattyúk jelleggörbéi a lapátózás függvényében [67].....	89
28. ábra Szabályozás fojtással [66].....	93
29. ábra Szabályozás by-pass ággal [66]	93
30. ábra Ventilátorok teljesítményigényének változása a szabályozás módjától függően [66]	94
31. ábra Ventilátor fojtórácsok jelleggörbéi [66]	94
32. ábra A fordulatszám szabályozással kialakuló szivattyú jelleggörbék [66]	95
33. ábra A torlópont vándorlása [69].....	97

34. ábra Calcond hővisszanyerő [19]	102
35. ábra A HeReNox eljárás technológiai vázlata [19]	102
36. ábra HeReNox eljárás hatása az NO _x kibocsátásra [19]	103
37. ábra A kollégium homlokzata	104
38. ábra Az épület nyílászárója.....	105
39. ábra Az épület belső oldali fala	105
40. ábra FÉG F-105-ös kazántelep	105
41. ábra FÉG MK-2-es HMV modul.....	106
42. ábra HMV tároló tartályok	106
43. ábra Sauter Equitherm 200-as szabályozó.....	106
44. ábra Sauter Flexotron 100-as szabályozó	106
45. ábra Fűtőber légkezelő berendezés.....	107
46. ábra Termoreg 4K szabályozó.....	107
47. ábra A földgázfelhasználás változása havonkénti bontásban	109
48. ábra Fűtési célra felhasznált földgáz mennyiség	110
49. ábra Hőfelhasználás az egyes rendszerek tekintetében	110
50. ábra Hőfelhasználás az egyes rendszerek tekintetében	111
51. ábra Fajlagos éves fűtési hőfelhasználás	112
52. ábra Különböző tüzelőanyagok CO ₂ kibocsátásának fajlagos értéke [36].....	125
1. Táblázat Becslések típusa és megengedett pontatlansága [29]	34
2. Táblázat Társított szerkezetek ΔR értéke [31].....	48
3. Táblázat Kiegészítő szerkezetek hatása a hőátbocsátási tényezőre [31]	50
4. Táblázat Megújuló energiateljesítmény felhasználás összetétele [45].....	65
5. Táblázat Hazai geotermális hőhasznosítás tényadatai [51]	68
6. Táblázat Világítástervezési tapasztalati értékek [65]	86
7. Táblázat Működtetési módokkal elérhető megtakarítások [65]	86
8. Táblázat Elemi egylépcsős hajtóművek jellemző adatai [68]	90
9. táblázat Gázfogyasztás az egyes rendszerek tekintetében.....	110
10. táblázat Fajlagos éves fűtési hőfelhasználás.....	112
11. táblázat A gazdasági elemzés összesítő táblázata.....	124
12. táblázat Károsanyag kibocsátás csökkenésének mértéke	125

1. Bevezető

Régebben az ember közvetlenül a természet kínálta energiaforrások felhasználásával tevékenykedett. Az elmúlt évszázad technikai fejlődése igényelte és egyúttal lehetővé is tette az új, nagy energiasűrűségű energiaforrások kifejlesztését, és megfelelő felhasználásával függetlenné vált a kitermelés helyétől a felhasználás helye. Ennek eredményeként, a technikai fejlődés hatására erőteljesen megindult az ember kényelmének és igényének a változása, majd önmagát erősítő hatásként az egyre intenzívebben növekedő energiafelhasználás komfortos világot biztosít az ebből részesedők számára. A technikai lehetőségek szélesebb körű felhasználásával az energiafelhasználás további növekedéséhez vezet. A Föld nyersanyag és energiakészleteinek mennyisége korlátozottan áll rendelkezésre. Becslések szerint a legnagyobb mértékben kinyert fosszilis tüzelőanyag készletek várható kimerülésének ideje 2080-2100. Ha előre tekintünk, a meglévő források következetes takarékoságával képzelhető el a fenntartható fejlődés.

A megnövekedett energiafelhasználás másik következménye, hogy az egyes energiatípusok hasznosításakor felszabaduló károsanyag mennyisége is jelentős mennyiségben megnőtt. Az úgynevezett üvegházhatású gázok mennyisége vészjóslóan emelkedett, és ennek eredményeként klímaváltozás és természeti katasztrófák sora következik, következhet be.

Ezt a globális problémakört felismerve, az olajválságot követően világméretű környezetvédelmi és energiatakarékosági szemlélet kezdődött el a károsanyag-kibocsátás visszaszorításának és a hatékony energiafelhasználásnak az érdekében.

Az energiafelhasználás mintegy 30-40%-át az épületek energiafogyasztása teszi ki. Az energiahatékonyság növelésének érdekében végeznek energetikai veszteségfeltárást. Ez azt a célt szolgálja, hogy az egyre szigorúbb előírások és szabályozások ellenére folytatódó növekedést lassítsa, esetleg megfékezze, valamint az energiaellátás minőségének javítását segítse, ösztönözze.

A diplomamunkámban igyekeztem az energiagazdálkodás múltjának és törvényi szabályozásának főbb állomásait bemutatni, a főbb rendelkezéseket ismertetni. Továbbá az épületenergetika három legfontosabb részterületén, az épületek határolószerkezetein, az épületgépészeti és az épületvillamosági berendezéseken eszközölhető, energiahatékonyság növelő és üzemeltetési költségcsökkentő lehetőségeket felvázolni a meglévő komfortérzet megtartása mellett. Az energetikai veszteségfeltárást során alkalmazható diagnosztikai mérőműszerek is bemutatásra kerültek, valamint felvázolásra került egy vizsgálati adatlap is.

Napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt fektetünk a megújuló energiaforrások alkalmazására, mint alternatívára az energiakészletek felhasználásának mérséklésére, a meglévő készletekkel történő takarékosagra. A diplomamunkámban megkíséreltem átfogó képet adni a megújuló energiaforrásokról is, gyakorlati alkalmazásuk bemutatásával.

A diplomatervem terjedelme nagy, azonban fontos megjegyezni, hogy a benne leírtak a téma egészére nézve főként csak a felszínt, helyenként a mélyebb rétegeket mutatja be. Mind a terjedelmi, mind az időkorlát nem adott lehetőséget arra, hogy még alaposabban, még részletesebben bemutassam ezt az egészt, de lenne még mit írnom.

Továbbá megjegyezném, hogy az irodalmi áttekintés a konkrét vizsgálatot tartalmazó részhez képest jóval terjedelmesebb, melynek oka, hogy tartalmazza mindazt a háttér információt, ami a veszteségfeltárás elvégzéséhez és kiértékeléséhez elengedhetetlenül szükséges, így a feltáró vizsgálat gyakorlati része csak a konkrét épület ismertetését, a szükséges számításokat, műszaki, gazdasági elemzéseket és értékeléseket tartalmazza.

2. Az energetikai veszteségfeltárás bemutatása

2.1 Az energiagazdálkodás múltja

A II. Világháborút követően a világ energiaképe folyamatosan és gyors ütemben változott. A kőolaj átvette a szén addigi vezető energiahordozó szerepét. Előbb az Arab-öböl környékén, majd egyre több területen növekvő mennyiségben találtak gazdaságosan kiaknázzható kőolajat, melyet gyakran kísér földgáz (metán), mely szintén kitűnő, viszonylag tiszta, jól használható tüzelőanyag elsősorban a lakosság és a telepített ipar számára. A '60-as, '70-es években lendült fel a nagy olaj- és gázvezetékek, valamint ellátó hálózatok kiépítése. Erre az időszakra esik az atomerőművek építésének felgyorsulása és a vízenergia hasznosításának folytatása.

Az egész világon az energiatakarékosság, valamint a nyersanyagokkal való takarékos gazdálkodás akkoriban nem játszott szerepet a gazdaságban, mert az energia olcsó volt és minden szükséges mennyiségben rendelkezésre állt.

A volt KGST országokon belül az ázsiai szovjet területeken tártak fel világviszonylatban is rendkívül jelentős olaj- és földgázvagyont. Ezzel a Szovjetunió a saját belső ellátásán túl a többi európai KGST ország ellátását is vállalta.

A magyar energiafelhasználás a 60-as években a gazdasági fejlődés üteméhez viszonyítva lassabban növekedett, mint a többi KGST országé, de gyorsabban, mint a gazdaságilag fejlett országoké, melynek oka, hogy a KGST országok a nehézipar irányába eltorzultan fejlesztették iparukat, kevés gondot fordítva az infrastruktúrára és az energiatakarékosságra.

Az 1973-as olajválság a „világgazdasági korszakváltás” kezdetét jelentette. Az olajimportok hirtelen befagytak, az olajárak 4-5-szörösükre is felszöktek. A fejlett nyugat-európai országokban és Amerikában a gazdaság gyorsan reagált, energiatakarékossági intézkedésekkel csökkentették a kőolaj- és földgázfelhasználás növekedési ütemét.

A világ szénhidrogén-felhasználása 1965-ben 75-25%-os arányban oszlott meg az OECD és a nem OECD országok között. Az OECD országok kőolaj-felhasználásának átlagos éves növekedési üteme 7,5%, a földgáz-felhasználásé pedig 5,9% volt 1965 és 1973 között. Az 1973-as és 1979-es olajválság között átmeneti csökkenés, majd növekedés jelentkezett be. A második olajválság után több évig tartó csökkenés mutatkozott, azt követően kőolaj-felhasználásának átlagos éves növekedési üteme 1,5%, a földgáz-felhasználásé pedig 2,6%-ra mérséklődött. A nem OECD országok esetében, melyek között jelentős súllyal szerepelnek a volt KGST országok és azok a fejlődő országok, melyek a kőolajat nem a világpiacon szerezték be, három fejlődési szakasz különíthető el. Az 1965 és 1979 közötti szakaszban a kőolaj-felhasználás 6,8%-kal, a földgáz-felhasználás 8,6%-kal nőtt. Az 1979 és 1991 közötti

szakaszban a kőolaj-felhasználás növekedési üteme 1,5%-ra, a földgáz-felhasználás 5,5%-ra mérséklődött. Végül 1991 és 1999 között a kőolaj-felhasználás átlagos éves növekedési üteme 0,8%, a földgáz-felhasználás 0,6% volt. Az 1994 utáni 5 évet tekintve a kőolaj-felhasználás növekedési üteme 2,3%, a földgáz-felhasználás 1,8% volt.

Ezen országok esetében az 1973-as olajválságnak nem volt érzékelhető hatása, ahogy az 1979-es után sem következett be visszaesés, de a magyar kormány reagált a nyugatot megrengető eseményre. Kiadta az 1055/1980 (XII.24.) számú minisztertanácsi határozatot a VI. ötéves terv energiagazdálkodási programjáról [1]. A minisztertanács a program keretében intézkedéseket dolgozott ki az energiatakarékos termelési szerkezet kialakításának gyorsítására, a fajlagos energiafogyasztás csökkentésére és az import tüzelőanyagok kiváltására. A program célja volt, hogy:

1. Az ötéves terv időszakában a tüzelőanyag és energiafelhasználás növekedési üteme jelentős mértékben mérséklődjön úgy, hogy a tüzelőanyag-felhasználás legfeljebb évi 2%-kal, a villamosenergia-felhasználás pedig legfeljebb 3,5%-kal emelkedjen; a hazai eredetű energiahordozók, elsősorban a szén és az atomenergia felhasználását jelentősen növelni kell és fokozottabb mértékben törekedni kell a kőolajtermékek tüzelési célú felhasználásának csökkentésére; 1985-re a 64%-ról 59%-ra kell csökkenteni a szénhidrogének részesedését; 1985-re az energiaszükségletek növekedését túlnyomórészt az atomerőmű villamosenergia-termelés és a villamos energia import növekmény fedezze,
2. A népgazdasági tervben szereplő ágazatok fejlesztésére és állóeszköz-állományának pótlására előirányzott több mint 500 milliárd Ft beruházást eleve energiatakarékos módon kell megvalósítani, mint a középföldi nagy inert-tartalmú földgázok erőművi hasznosítását, a mintegy 100-120 ezer új lakás bekapcsolását a vezetékes gázszolgáltatásba, valamint meg kell kezdeni a csúcsidei teljesítmény és egyben szénhidrogén-bázisú villamos energiát megtakarító villamos teljesítmény gazdálkodási rendszer telepítését; javítani kell a távhőrendszerek gazdaságos üzemeltetésének műszaki-gazdasági és karbantartási feltételeit, folyamatosan korszerűsíteni kell az energiafelhasználási normákat; elő kell segíteni az energetikai berendezések, készülékek megfelelő minőségét, jobb energetikai hatásfokát hatásági eszközökkel; végre kell hajtani valamennyi gazdasági szervezetnél a folyamatos energiavesztés-analízist, termelési technológiák energetikai szempontból való átvizsgálását, helyi ellátó energiahálózatok hatásfokának és üzemi állapotának folyamatos javítását, energiaracionalizálási lehetőségek kimutatását, pályázatok benyújtását és realizálását,
3. Akcióprogram keretében kell elérni: a meglévő berendezések, készülékek és technológiai folyamatok energetikai hatásfokának növelését, fajlagos energiafelhasználás csökkentését,

a hulladék hő hasznosítását; a lakossági és kommunális energiafelhasználás mérséklését a távfűtésnél és melegvíz szolgáltatásnál az átalány elszámolás helyett a fogyasztással arányos térítés bevezetését; az építőanyagok és szerkezetek minőségének javításával csökkenteni kell az új épületek hővesztését; a meglévő épületek utólagos hőszigetelésének gazdaságos megoldását; szénhidrogén import csökkentése hazai energiahordozókkal és a hulladékok energetikai felhasználásával; geotermikus energiahasznosítást a mezőgazdaságban az üvegházak és fóliasátrak fűtése terén, a geotermikus energiára alapozott lakossági kommunális fűtés és HMV termelés elterjesztését; a mező- és erdőgazdálkodásban keletkező hulladékok tüzelőanyagként való hasznosítását,

4. Az energetika hosszabb távú fejlesztését műszaki-tudományos eredményekkel kell megalapozni, a műszaki haladás meggyorsítása a gazdaságosan bevezethető új külföldi eredmények átvétele útján,
5. Az árrendszer alapelveinek megfelelően a tüzelőanyagok termelői árát a világpiaci viszonyok figyelembevételével kell megállapítani. Az ár- és szabályozási rendszernek elő kell mozdítani, hogy az energia-felhasználó gazdálkodó szervezetek érdekelttek legyenek abban, hogy a saját fejlesztési alapjaikkal is részt vegyenek az energiagazdálkodási feladatok megvalósításában, az akcióprogramban megjelölt energiamegtakarító beruházásokhoz 30%-os állami támogatásban részesülhetnek,
6. Az energiagazdálkodási program végrehajtásának ellenőrzését az Ipari Minisztérium szervezi meg, az energiagazdálkodási programban résztvevő gazdasági szervezetek rendszeresen energiatakarékossági és gazdálkodási terveket készítenek, végrehajtásukról évente kétszer jelentést készítenek a felügyeleti szervezetek részére.

A kidolgozott intézkedések megvalósítására nem került sor. A szocialista világnézet szerint „a nem gyűrűzik be” elv érvényesült, sőt a nehézipari programok beindítása ugrásszerű olaj- és földgázigény növekedést okozott. Az energiahordozó-felhasználásban bekövetkezett csökkenés 1991 és 1994 közötti a KGST országokban végbement rendszerváltozás okozta gazdasági visszaesés és átalakulás következménye [2],[3],[4].

Magyarország a fűtőérték alapján 2000-ben importálta a szénfogyasztásának 10%-át, a kőolaj fogyasztásának 80%-át és a földgázfogyasztás 75%-át. Átlagosan az ország energiafogyasztásának 60%-át importálta 2000-ben, míg 1990-ben 45%-át, és 1970-ben még csak 40%-át. Az ipar, a kereskedelem és a mezőgazdaság az országban felhasznált energiának több mint a felét használják, a teljes fogyasztás csaknem 30%-át a lakosság energiafelhasználása teszi ki. Az ipar energiaszükséglete csökken, ami elsősorban számos erősen energiaigényes

iparág háttérbe szorulásának köszönhető. A fenntartható fejlődés és a globális felmelegedés jelensége egyre fontosabbá teszi a hatékonyság növelését valamennyi területen [5].

2.2 Az energiatakarékosság törvényi szabályozása

Az 1973-as olajválságot követően az Amerikai Egyesült Államokban energiatakarékossági intézkedések bevezetésére kényszerültek. Az addigi világgazdaságra jellemző pazarló energiagazdálkodás megfékezésének érdekében az egész országra kiterjedő programot vezettek be, melynek értelmében az Állami Energia Hivatalok (SEO) az energiatakarékossági szemlélet kialakítását terjesztik és az épületek, ipari létesítmények energia auditját készítik el, melynek segítségével felméri az épületállomány egészét, majd pénzügyi források biztosításával ösztönzi a tulajdonosokat, üzemeltetőket az energia-megtakarítást eredményező intézkedések elvégzésére [6].

Az Európai Unióban az amerikaihoz hasonló folyamatok játszódtak le, az olajválság megrendítette a nyugati országok gazdaságát, minek következtében megszorító intézkedéseket vezettek be. Az olajválság okozta sokkot viszonylag hamar kiheverte gazdaságuk, de az energiapolitikában maradandó változásokat okozott. Előtérbe helyeződött az energia-megtakarítás, a környezetvédelem. Az Európai Közösség az elmúlt 30 év alatt öt környezetvédelmi akciótervet dolgozott ki. Nyugat-Európa energiafelhasználása csökkent energiahatékonyabb technológiák révén, számos környezetvédelmi intézkedés hatására.

Az ENSZ az 1980-as évek közepétől igen aktívan van jelen a környezetvédelemben. Számos konferencia és egyezmény létrejöttében játszott fontos szerepet. Sajnálatos tény, hogy az egyezmények elfogadása még nem jelenti a beteljesülésüket, például szolgálhat a Riói konferencia egyezménye. 1997-ben a kiotói egyezmény keretében megállapodás született arról, hogy a 2008 és 2012 közötti időszakra az 1990-es szinthez képest 5%-kal kell csökkenteni a károsanyag kibocsátást.

Magyarországon az Országgyűlés 1993-ban elfogadta az energiapolitikáról szóló tájékoztatót és megerősítette az energiapolitika alapelveit, főbb stratégiai irányait.

Az energiahatékonyság javításának szükséges folyamatában meghatározó jelentőségű a gazdaság minden területére kiterjedő energiatakarékosság. Az energiahatékonyságot, az energiatakarékosságot a jelenlegi gazdasági környezet, a földgáz és a villamos energia relatív alacsony, államilag támogatott ára nem ösztönzi kellően. Az energiaárak csak kis mértékben tartalmaznak környezetvédelmi költségeket, jellemző probléma, hogy a gazdaság és a társadalom tökehiányának következtében, a gazdaságilag indokolt beavatkozásokat sem képes az energiafogyasztók jelentős hányada megtenni.

Ennek a problémakörnek a feloldására dolgozta ki és az 1107/1999(X.8) kormányhatározatában (a 2010-ig terjedő energiatakarékosági és energiahatékonyság-növelési stratégiáról) [7] rögzítette a Kormány a 2010-ig terjedő energiatakarékosági és energiahatékonyság növelési stratégiát. Ezen határozatában az energiaellátás biztonságának növelésére, az importfüggőség mérséklésére, a fenntartható fejlődés biztosítására, a környezetvédelmi követelmények teljesítésére és a korlátozottan rendelkezésre álló hagyományos (fosszilis) energiaforrásokkal való takarékoság érdekében 2010-ig a következő főbb célokat tűzte ki:

- a gazdaság fejlődését reprezentáló hazai össztermék (GDP) hosszabb távú, mintegy 5%-os évi átlagos növekedési ütemének biztosításához a gazdaság összenergia-igényének évi 3,5%-kal kell mérséklődnie. Az energiaigény ilyen mértékű javulása szükséges ahhoz, hogy az energiafelhasználás éves átlagos növekedési üteme ne haladja meg az 1,5%-ot,
- e követelmény elősegítéséeként el kell érni, hogy a részben államilag támogatott energiamegtakarítási tevékenységek révén 2010-re mintegy 75 PJ/év hőértékű (1,8 Mt kőolajjal egyenértékű) energiahordozó megtakarításra, illetve hazai megújuló energiahordozókkal kiváltásra kerüljön. E megtakarítások révén a kéndioxid-kibocsátás 50 kt/év, a széndioxid-kibocsátás 5 Mt/év mértékben mérséklődjön,
- a hagyományos energiahordozókkal való takarékoskodás, valamint a környezeti ártalmak mérséklése érdekében a megújuló energiahordozók jelenlegi 28 PJ/év felhasználását 2010-ig 50 PJ/évre kell növelni [8].

A kormányhatározat 15 pontból álló Cselekvési Programot tartalmaz, mely az energiafelhasználás majd minden pontjára kiterjed, és támogatási keretet rendel hozzá. A Cselekvési Program tárgyalja:

- az Európai Unió támogatási lehetőségeinek feltárását;
- az energiatakarékos szemlélet folyamatos ismeretterjesztését, annak fontosságát,
- a kutatás-fejlesztés bővítését;
- az energiaveszteség feltáró vizsgálatok rendszeresítését;
- a helyi önkormányzatok energiagazdálkodásának javítását;
- a fogyasztó oldali igénybefolyásolási programok alkalmazását;
- a közlekedés és szállítás energiatakarékos megszervezését;
- az ipari energiafelhasználás mérséklését;
- a közlekedés korszerűsítését;
- a mezőgazdasági termelés energotechnológiai korszerűsítését;
- a lakossági és közületi energia-megtakarítás támogatását;
- az alternatív tüzelési rendszerek alkalmazásának növelését;

- önkormányzatok közvilágítási célú energiafelhasználásának korszerűsítését;
- a megújuló energiaforrások hasznosításának bővítését;
- a távhőrendszerek felújítását, távhőszolgáltatás versenyképessé tételét.

A Gazdasági Minisztérium 2000. év második felében elkészítette a Széchenyi tervet a gazdasági felzárkózás és társadalmi felemelkedés elősegítésére. E program részét képezik az energia-megtakarítási pályázatok is, egyszeri, vissza nem térítendő támogatás folyósításával. A Cselekvési Program keretében rögzített feladatok megvalósíthatóságának egyik feltétele a megfelelő pénzügyi támogatási rendszer biztosítása. Ehhez 2000-ben 1 milliárd Ft kedvezményes hitelt és vissza nem térítendő támogatást, 2001-ben 2 milliárd Ft (ami az év folyamán 2,8 milliárd Ft-ra bővült), vissza nem térítendő támogatást biztosított a Széchenyi Terv. Az Energiatakarékos Program keretén belül:

- Lakossági energia-megtakarítás;
- Intézményi energiafelhasználásnak és költségének mérséklése;
- Közvilágítás korszerűsítése, tanya villamosítása, PB gázzal ellátott települések átállása más energiahordozóra;
- Távhőszolgáltatás szolgáltató oldali korszerűsítése;
- Megújuló energiaforrások bővítése, megújuló energiafelhasználás növelése;
- Energiatakarékos szemlelet és közlekedés szervezés kialakítása;
- Energiavesztés feltárás a termelő szférában és önkormányzati energiagazdálkodásban;
- Tőkeszegény kis- és középvállalkozások fejlesztésének segítése, a termelő szféra energiafelhasználásának mérséklése;

pályázati témakörökben lehetett pályázni [8].

A Széchenyi terv leállítása ellenére, maradt pályázati forrás az energia-megtakarítási pályázatokra, mivel a Kormány és az ENSZ Fejlesztési Program (UNDP) szerződésének értelmében a Globális Környezetvédelmi Alapból és ENSZ forrásokból finanszírozza azt a több évre kiterjedő projectet, aminek célja a magyar önkormányzatok energiagazdálkodásának javítása, mellyel hozzájárul az ország üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséhez.

„Az Európai Parlament és a Tanács 2002\91\EK irányelve az épületek energiafelhasználásáról” [9] rendelkezik arról, hogy:

- (1.) a környezetvédelmi követelményeket belefoglalják a közösségi politikák és intézkedések meghatározásába, megvalósításába,
- (2.) a jelenleg alkalmazott alapvető, természetes energia-források az olajtermékek, a földgáz és a szilárd fűtőanyagok, melyek egyben a széndioxid-kibocsátás elsődleges forrásai,

- (3.) az energiahatékonyság növelése fontos részét képezi a Kiotói Jegyzőkönyvhöz való megfelelésnek,
- (5.) a Bizottság energiahatékonyságra vonatkozó cselekvési terve speciális intézkedéseket ír elő az építőipari szektorban,
- (6.) ezen szektor, melynek legnagyobb részét az épületek teszik ki, a Közösség végső energiafelhasználásának több mint 40%-át képviseli, és folyamatosan bővül, ami a széndioxid-kibocsátás növekedésével is jár,
- (7.) az energiahatékonyság javítása révén történő széndioxid-kibocsátás csökkentéséről szóló 93\76\EGK irányelv, mely előírja, hogy a tagállamok építőipari ágazatában az energiahatékonyság területén programokat dolgozzanak ki, már kezdi éreztetni néhány kedvező hatását,
- (8.) a 89\106\EGK irányelv előírja, hogy az épületek és azok fűtő-, hűtő- és szellőzőberendezéseit úgy tervezzék és telepítsék, hogy a használat során alacsony legyen az energiaigény, figyelembe véve a helyszín és a használók klimatikus körülményeit,
- (9.) az épületek energiafelhasználásának további javítására irányuló intézkedéseknek figyelembe kell venniük a klimatikus és a helyi körülményeket csakúgy, mint az épületen belüli klimatikus környezetet és a költséghatékonyságot,
- (10.) az épületek energiafelhasználását oly módszer alapján kell számítani, melyet regionális szinten lehet meghatározni, és az épület hőszigetelésén kívül egyéb tényezők is fokozottan fontos szerepet kapnak, mint a fűtő-, hűtő- és légkondicionáló berendezések, a megújuló energiaforrások alkalmazása, valamint az épület tervezése. Így ezen eljárás hozzá fog járulni ahhoz, hogy a tagállamok számára az építési ágazat energia-megtakarításaira irányuló erőfeszítéseik tekintetében egységes feltételek jöjjenek létre,
- (12.) az épületek befolyást gyakorolnak a hosszú távú energiafogyasztásra, így az épületeknek eleget kell tenniük a helyi éghajlathoz szabott energiafelhasználási követelményeknek. E tekintetben a legjobb gyakorlatot össze kell hangolni az energiafelhasználás csökkentésének szempontjából fontos tényezők optimális kihasználásával. Mivel az alternatív energiaellátó rendszerek alkalmazásának lehetőségei általában még nincsenek teljesen kihasználva, meg kell vizsgálni azok műszaki, környezeti és gazdasági kivitelezhetőségét,
- (13.) a bizonyos méretet meghaladó meglévő épületek nagyobb felújításait jó alkalomnak kell tekinteni arra, hogy költséghatékony intézkedéseket tegyenek az energiafelhasználás csökkentésére,
- (14.) egy meglévő épület energiafogyasztásának leszorítása azonban nem feltétlenül jelenti az épület teljes felújítását, hanem korlátozódhat kizárólag az energiafelhasználás szempontjából leginkább mérvadó és költséghatékony részekre,

(15.) a meglévő épületek felújítási követelményei nem lehetnek összeegyeztethetetlenek az épület funkciójával, minőségével és jellegével,

(16.) a tanúsítási eljárást megfelelő programokkal lehet támogatni, hogy az energiafelhasználás javításához egyenlő esélyeket biztosítsanak az érdekeltek szervezetei és a tagállamok által kijelölt szerv közötti megállapodások révén. A tanúsítványnak a lehető legrészletesebben le kell írnia az épület energiafelhasználásának aktuális helyzetét, így az ennek megfelelően ellenőrizhető. A közhivatalok épületeit és a nagy személyforgalmat lebonyolító épületeket kell példaként állítani a környezeti és energiatakarékosági megfontolásokhoz, ezért ezekről rendszeresen energiatanúsítványokat kell készíteni.

(19.) a kazánok és a légkondicionáló rendszerek rendszeres karbantartása elősegíti azok helyes beállítását, hogy környezeti, biztonsági és energia szempontból biztosítható legyen ezek optimális teljesítménye. A teljes fűtőberendezés független értékelése célszerű minden olyan esetben, amikor a költséghatékonyság alapján annak lecserélése jöhet számításba,

(20.) a lakóépületek terén az energiatakarékoságot elősegítheti, ha a fűtés, a légkondicionálás és a melegvíz költségéhez a tényleges fogyasztás alapján járulnak az épület lakói. A lakók számára lehetővé kell tenni, hogy szabályozhassák saját hő- és melegvíz-fogyasztásukat, ha ezek az intézkedések költséghatékonyan megoldhatóak,

(1.cikk) Az irányelv célja az épületek energiafelhasználás javításának ösztönzése, tekintettel a külső klimatikus és a helyi feltételekre, valamint a beltéri klimatikus követelményekre és a költséghatékonyságra. Követelményeket állapít meg: az épületek integrált energiafelhasználásának számítására vonatkozó módszer általános vázlatával; az új épületek energiafelhasználás minimalizálására vonatkozó alkalmazásával; a nagyobb felújítás előtt álló meglévő nagy épületek energiafelhasználás minimalizálására vonatkozó alkalmazásával; az épületek energiatanúsításával és az épületekben lévő kazánok és légkondicionáló rendszerek rendszeres felülvizsgálatával kapcsolatban.

(3.cikk) Az épületek energiafelhasználását jól érthető módon kell kifejezni a tanúsítványban, mely tartalmazhat egy széndioxid-kibocsátásra vonatkozó mutatót is.

(4.cikk) Az épületek minimális energiafelhasználás-követelményeinek meghatározásakor a tagállamok különbséget tehetnek új és meglévő épületek, valamint az épületek különböző kategóriái között. A követelményeknek figyelembe kell venniük az általános beltéri klimatikus körülményeket, hogy elkerülhetők legyenek az esetleges negatív hatások, mint például az elégtelen szellőzés; valamint a helyi körülményeket, a funkciót és az épület korát is. A követelményeket rendszeresen, legfeljebb ötvenként felül kell vizsgálni, és szükség szerint korszerűsíteni, hogy összhangban legyenek az építőipar műszaki fejlettségével. A tagállamok dönthetnek arról, hogy nem alkalmazzák az előbbi követelményeket a következő

épület-kategóriáknál: egy kijelölt környezet részét képező, vagy speciális építészeti illetve történelmi értékük miatt hivatalosan védett épületek és műemlékek, ahol a követelményeknek való megfelelés elfogadhatatlan mértékben megváltoztatná ezek karakterét vagy megjelenését; imádkozásra vagy vallásos tevékenységre használt épületek; legfeljebb kétévi használatra tervezett ideiglenes épületek, ipari létesítmények, műhelyek és alacsony energiaigényű, nem lakáscélú mezőgazdasági épületek; olyan lakóépületek, melyeket évente négy hónapnál rövidebb használatra szánnak; szabadon álló épületek, melyek hasznos alapterülete kevesebb, mint 50 m².

(5.cikk) A tagállamok megteszik a szükséges lépéseket annak érdekében, hogy az új épületek megfeleljenek a minimális energiafelhasználás-követelményeknek. Az 1000 m²-nél nagyobb hasznos alapterületű új épületeknél az építkezés megkezdése előtt megvizsgálják, és számításba veszik a műszaki, környezetvédelmi és gazdasági szempontból való megvalósíthatóságát: a megújuló energiaforrásokon alapuló decentralizált energiaellátási rendszernek; a kombinált ciklusú hő- és villamosenergia-termelésnek; a körzeti tömbfűtés és hűtés lehetőségének és a hőszivattyú alkalmazásának.

(6.cikk) A tagállamok meghozzák a szükséges intézkedéseket, hogy az 1000 m² feletti hasznos alapterületű meglévő épületek nagyobb felújítása kapcsán csökkentsék az épület energiafelhasználását, hogy az kielégítse a minimális követelményeket, amennyiben ez műszaki, funkcionális és gazdasági szempontból megvalósítható.

(7.cikk) A tagállamok biztosítják, hogy az épületek építésekor, eladásakor vagy bérbeadásakor a tulajdonos, illetve a vásárló vagy bérlő energiafelhasználás-tanúsítványt kaphasson. A tanúsítvány érvényességi ideje nem haladhatja meg a tíz évet. Az épületek energiafelhasználás-tanúsítványainak referenciaértékeket is tartalmazniuk kell, mint az érvényben levő normák és teljesítményértékek.

(8.cikk) Az energiafogyasztás csökkentésének és a széndioxid-kibocsátás visszaszorításának érdekében: a nem megújuló folyékony vagy szilárd tüzelőanyagokat használó, 20 és 100 kW közötti effektív névleges teljesítményű kazánokat rendszeresen ellenőrzik; a 100 kW feletti effektív névleges teljesítményű kazánokat két évente, gázkazánokat pedig négy évente; a 15 évesnél régebbi 20 kW feletti effektív névleges teljesítményű kazánokkal működő rendszerek esetében a teljes fűtési rendszert egyszer ellenőrzik, mely magába foglalja a kazán hatékonyságának és méretezésének az értékelését az épület fűtési körülményeihez viszonyítva, ahol a szakértők tanácsot adnak a kazán kicserélésére, a fűtési rendszer módosítására vagy más megoldásokra vonatkozóan.

(9.cikk) Az energiafogyasztás csökkentésének és a széndioxid-kibocsátás visszaszorításának érdekében a 12 kW-nál nagyobb effektív névleges teljesítményű légkondicionáló rendszereket

rendszeresen ellenőrzik, mely magába foglalja a légkondicionáló rendszer hatékonyságának, valamint az épület hűtési követelményeihez viszonyított méretezésének értékelését. A szakértők tanácsot adnak a légkondicionáló rendszer lehetséges jobbításáról vagy cseréjéről, illetve más megoldásokról.

(12.cikk) A tagállamok megtehetik a szükséges intézkedéseket, hogy tájékoztassák az épületek használóit azokról a különböző módszerekről és gyakorlati megoldásokról, amelyek az energiafelhasználás jobbítását szolgálják.

(15.cikk) A tagállamok hatályba léptetik azokat a törvényi, rendeleti és közigazgatási rendelkezéseket, melyek szükségesek ahhoz, hogy ennek az irányelvnek 2006. január 4.-ig megfeleljenek.

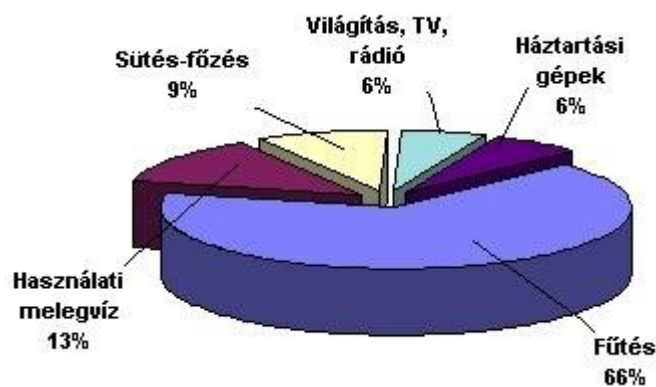
Magyarország 2004. május 1.-től az Európai Unió tagja, így ez az irányelv bevezetése és alkalmazása hazánkban is kötelező lesz.

2.3 Hazai energiahelyzet és energiaköltségek

Magyarország lakásállománya kb. 4,1 millió lakásra tehető, melyek állapota minőségileg rossz. Ezek mintegy 21%-a házgyári technológiával készült házgyári panelházak és előre gyártott vázszerkezetű lakások (összesen 829 ezer db). A lakások nagyrészen a fűtési hőigényét távfűtéssel elégítik ki (kb. 645 ezer távfűtött lakás), ami az össz hőigény 17%-a. A nagytöbbség főként a már majdnem (kb. 99%-ban) kiépített gázhálózatra, valamint a még előforduló fa, illetve kisebb részben széntüzelésre támaszkodik.

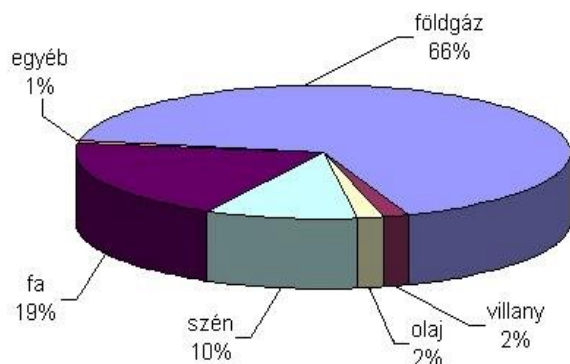
A lakosság a keresetének majdnem egyötödét a háztartásban az energiaköltségekre fordítja.

A hazai energiafelhasználás egyharmadát az épületek energiafogyasztása teszi ki. Ezen energiafogyasztás kétharmada fordítódik fűtésre, és majd hatoda a használati melegvíz előállításra, melyeknek ellátását leginkább a földgáz alapú technológia elégíti ki. Nem szabad megfeledkezni arról sem, hogy a fennmaradó kb. 20% villamos energia felhasználás biztosítása szintén fosszilis tüzelőanyag bázisú erőművi technológiára támaszkodik.

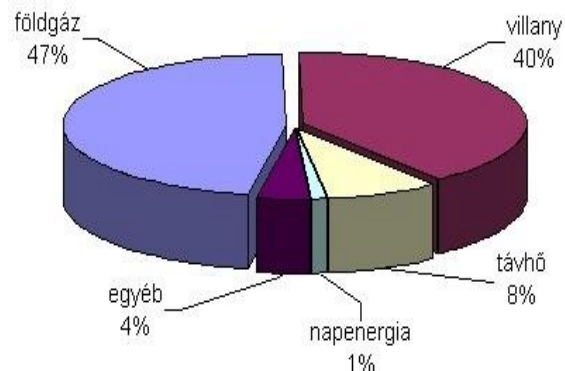


1. ábra Lakossági energiafelhasználás szerkezete [12]

A háztartásokban fűtésre és használati melegvíz előállításra használt energiahordozók:



2. ábra Fűtésre használt energiahordozók aránya [12]



3. ábra HMV előállításra használt energiahordozók aránya [12]

A hazai energiaárakat folyamatos emelkedés jellemzi. A 2004.01.01-től bevezetett energiaadó (0,186Ft/kWh) és az általános forgalmi adó 12%-ról 15%-ra (földgáz és távfűtés) illetve 25%-ra (villamos energia) történő emelése jelentős terheket rótt az energiafogyasztókra az energiafelhasználás minden területén. Az aktuális hatósági energiaárakat az I. melléklet tartalmazza az egyes fogyasztói besorolások feltüntetésével.

Jelenleg főként a földgázon alapuló technológiákat használjuk, melyeknek még nagyon kedvezőek az energiaárai, de az Uniós példát követve hamarosan nálunk is a költségek részét fogják képezni a környezetvédelmi adók.

A megújuló energiaforrások kiaknázásával a lakosságra nehezedő energiaköltségek jelentősen csökkenthetők lennének (primer energiahordozó költségek nem, vagy csak részben jelentkeznék), valamint ezek esetében csak a szolgáltatást, egyéni felhasználás esetén még azt sem kéne megfizetni. Egy intézmény vagy település esetén célszerű lehet a hőellátás alapfogyasztását megújuló energiaforrásokra alapozni, míg a csúcspogyasztást földgáz alapú technológiára, például a geotermikus energia hasznosításával a nyári hűtési és HMV előállítás hőigénye fedezhető, melyre télen rádolgozik a hagyományos fűtési hőellátás.

A megújuló energiaforrások másik előnye, hogy a már előbb említett környezetvédelmi adók ezeket nem sújtják, sőt ezen technológiák megvalósítását jelentős mértékben támogatják.

Fontos még azt is megemlíteni, hogy a Nordic Bank legutóbbi finanszírozás előírásai szerint (2000. évi adat) a CO₂ emisszió csökkentést 5 USD/t külső árral számszerűsíti. Ezt figyelembe véve a káros légszennyezések kereskedelme folytán a Magyar Kormány által Kiotóban vállalt 5000kt/év CO₂ emisszió csökkentés megújuló energiával történő biztosításához mintegy 25 millió USD/év fejlesztési többletforráshoz juthatna az ország [10],[11],[12],[13],[14].

2.4 Energiaveszteség feltárás célterületei

2.4.1 Lakóépületek

A hazai épületállomány életkora esetenként a 100 évet is meghaladja, az átlagéletkora megközelítőleg 40-50 év. Ezen épületek jelentős része, ha épületszerkezetileg nem is, de hőtechnikailag mindenképpen felújításra szorul, ugyanis döntő többségük hővédelme messze elmarad a hatályos követelményektől. A nem megfelelő hővédelem következtében a kielégítő komfortérzet érdekében a tényleges hőszükséglet a jelenleg érvényes megengedettnek az 1,5-2,5-szerese. Ez a probléma leginkább a XX. század második felében épített házigyári lakásokat érinti, melyek esetében (a mennyiségi elv következtében) az energiatakarékosság nem érvényesülhetett, és torz szüleményként szabályozatlan, egycsöves, átkötő-szakasz nélküli szekunder rendszerek kerültek kiépítésre. A 650 ezer lakásra jellemző probléma mintegy 2 millió ember problémája, akik a panelházakban, távfűtéses ellátásban részesülnek. A lakosság fennmaradó jelentős része földgáz alapú egyéni fűtést használ, ahol a felhasználás mértéke a felhasználó pillanatnyi igényének megfelelően állítható, szemben a távfűtéssel, ahol központosított az ellátás foka [10],[15],[16].

2.4.2 Közintézmények

A közintézmények többsége önkormányzati tulajdonú, és mint korlátozott pénzügyi kerettel bíró szerv, meghatározó számukra az üzemeltetés költsége. Az intézmények fűtési célú- és villamosenergia-felhasználása képezi az energiaköltség közel 70%-át, ennél fogva az önkormányzatok elemi érdeke az energiafelhasználás hatékonyságának javítása, a költségnövekedés csökkentése és a takarékoság. Mindez azt kívánja, hogy alapos felméréseket végezzenek, illetve végeztessenek az önkormányzatok, melyek tiszta képet adnak az energia-felhasználás mértékéről, céljáról, indokoltságáról, költségeiről és jellemzőiről. Megemlítendő, hogy az önkormányzatok éves teljes energiafelhasználása mintegy 57 milliárd Ft-ot tesz ki, tehát a közvetlen energiaköltség a kiadások 10%-át jelenti [17],[18].

2.4.3 Ipari létesítmények

Az ipari létesítmények energiafelhasználásában az adott létesítményben folytatott technológia energiaigénye a mérvadó. Az épület energiaveszteség feltárás ezen technológiai folyamatokra nem terjed ki, célja a létesítmény fűtési, hűtési, szellőzési és világítási felmérése, nem a technológiai folyamat felülbírálata. Ez utóbbi esetében technológiai szakértő bevonása elengedhetetlen.

Az ipari tagozódás az anyag és energiaátalakulás mértéke szerint lehet viszonylag kis mértékű (már feldolgozott anyagok és eszközök használata: szerelőipar, építőipar, mikroelektronika ipar), vagy jelentős mértékű (folyamatipar: vegyipar, energiaipar, élelmiszeripar, építőanyag-ipar, papír és cellulózipar, bőripar, kohászat, bányászat, stb., melyek fokozottan környezet-szennyező iparágak). Az előállítandó termék szerinti csoportosításban lehet nehézipar (termelési eszközök, nyersanyag, energia, tárgyi eszközök előállítása), könnyűipar (fogyasztási cikkek és/vagy azok alapanyagainak előállítása), élelmiszeripar (mezőgazdasági, halászati, erdőgazdasági eredetű élelmiszer-nyersanyagok feldolgozása), építőipar, szerelőipar vagy informatikai ipar.

A technológiai folyamatoknál az energiafelhasználás mértéke jelentősen eltér, melynek költsége megjelenik a gyártási költségekben. Például az energiára fordított költségek az összköltségek mindössze 2-3%-át teszik ki az élelmiszeriparban, viszont 20-25%-ot, illetve 40%-ot is elérhetik vaskohászati termékeknél, illetve a cementgyártásban [5],[19].

2.5 Energetikai veszteségfeltárás

Az energetikai veszteségfeltárás legegyszerűbb definíciója a következő: Az energetikai audit azt a célt szolgálja, hogy azonosítsa, az épület vagy ipari létesítmény hol használ energiát, és hogy milyen energia-megtakarítási lehetőségek alkalmazhatóak.

Az energetikai audit típusok három kategóriára oszthatók:

- Bejárás: ez a legkevésbé költséges audittípus, mely előzetes energia-megtakarítási intézkedéseket tár fel. Az épület bejárása során tapasztalt személyes benyomások szolgálnak a karbantartási és üzemelési energia-megtakarítási lehetőségek meghatározására, valamint arra, hogy egy mélyebb vizsgálat elvégzéséhez a szükséges információkat begyűjtsék.
- Mini audit: vizsgálatokat és méréseket követel a felhasznált és veszendőbe ment energia mennyiségére vonatkozóan, valamint a változtatások gazdasági mutatóinak meghatározását.
- Mély audit: tartalmaz egy kiértékelést arra vonatkozóan, hogy az egyes rendszer-funkciók, mint például a világítás, ipari folyamat, mennyi energiát használnak fel. Számítógépes szimulációval végzett rendszervizsgálatot is követel, meghatározza a felhasznált energia éves lefolyását, és egy évre előre becslést ad az olyan változók figyelembe vételével, mint az időjárás adatok.

Közvetlen kapcsolat van az auditköltség (a begyűjtött és értékelt adatmennyiség) és fellelt energia-megtakarítási lehetőségek száma között. Az audit költséget meghatározza az elvégzendő audit típusa, valamint az épület funkciója is. Például egy épületaudit főként a határolószerkezet, fűtés és szellőztetés által támasztott követelményekre, míg egy ipari létesítmény auditja az ipari folyamat követelményeire is nagy hangsúlyt fektet.

Az energiahatékonysági intézkedéseknek két típusa létezik:

1. Hatékonyabb energia végfelhasználás a meglévő berendezésekben, a tevékenység és fenntartás javításával és/vagy néhány komponens kicserélésével.
2. Hatékonyabb energia végfelhasználás új berendezéseknél és szerelvényeknél, mely hatékonyabb rendszerek és technológia bevezetésével valósítható meg.

Az épületre jellemző energiafogyasztás 20-25%-kal csökkenthető az energia-hatékonyság javításával a meglévő berendezéseknél és 50-90%-kal új berendezések alkalmazásánál. Az energia-hatékonysági programok a fogyasztási költségek csökkentése mellett az energiaszolgáltatás minőségét is javítják. Például egy lakóingatlan szigetelése növeli a komfortszintet azáltal, hogy a hőhidakat kiszűri, mialatt az energiafogyasztást csökkenti.

Az energetikai audit alapvető célja az alkalmazott energiahordozók és költségeik meghatározása, majd az energiaköltség-csökkentő intézkedések azonosítása, mely révén a környezetet érő szennyezés mértéke is csökkenthető. A veszteségfeltárás során intézkedések kerülnek kidolgozásra az egyes energiafajtáknál fellelhető megtakarításokról, azok műszaki és gazdasági értékelése. A vizsgálat egy jelentéssel zárul, mely tartalmazza a meglévő állapot elemzését, javaslatot és cselekvési tervet ad az energia-megtakarítás csökkentésére. Nagyobb létesítmények és projektek esetén célszerű megvalósíthatósági tanulmányt is készíteni, amely egy konkrét feladat megoldásának műszaki alternatíváit, gazdaságosságát és kockázatát elemzi. Az energetikai felülvizsgálat végeredménye egy döntés-előkészítőjelentés, amely tartalmazza a műszakilag kivitelezhető beavatkozási lehetőségeket, valamint gazdasági mutatóikat, melyek előrejelzést biztosítanak az energiahatékonyság megtérüléséről. A rövid megtérülésű beruházások javítják az eredő gazdasági mutatókat, így lehetőség nyílik a hosszabb megtérülésű javaslatok megvalósítására is.

Az energetikai audit első része az épület energiafogyasztásának meghatározása. A vizsgálat során az egyetlen információt a számlák adják, akkor, ha az energiafelhasználás mérésére és az adatok rögzítésére nem fordítottak figyelmet. Ezen vizsgálat bonyolultabb lesz, ha a vizsgálat tárgya, hogy az energiát hol és hogyan használták fel (pl.: technológiai hő, fűtés, stb.) A vizsgálatot ott érdemes elkezdeni, ahol először használják fel az energiát, és ez rendszerint a kazánház, mely hatásfokának meghatározásával kezdődik a felülvizsgálat. Ez történhet az egy időszakra vetített tüzelőanyag felhasználásból, illetve az e tüzelőanyaggal előállított gőz és forróvíz mennyiségéből és hőtechnikai jellemzőikből. Az audit során figyelembe kell venni az épület üzemeltetése során szerzett információkat és tapasztalatokat is. Az egyes energetikai javaslatoknál megbecsülik a várható megtakarítást, a beruházási költséget, és kiszámítják a várható megtérülési időt. A számított értékeket olyan referenciaszámokhoz hasonlítják, amely alapján egyértelműen meghatározható, hogy az adott

országban, adott korú és jellegű épületek esetén az energiafogyasztás hogyan viszonyul az átlagos értékekhez. Az energiafogyasztási kulcsszámokat meghatározták külön a fűtési, a hűtési, a szellőzési és a világítási fogyasztókra összesen, valamint külön a szivattyúkra és a ventilátorokra. A referencia értékek egy része az épülettől és az abban lévő műszaki berendezésektől függ, a másik része pedig az épület használatától. Magyarországon az energetikai audit elvégzéséhez referencia értékek még nem állnak rendelkezésre.

Az audit önmagában még nem garantálja a maximális prognosztizált energia-megtakarítást, még ha az abban foglalt intézkedéseket el is végzik. A hatékonyság szerves részét képezi a beruházást követő folyamatos vagy rendszeres időközönként elvégzett monitoring vagy értékelés. A monitoring lényege a források, az eredmények és a teljesítmények mindenre kiterjedő és rendszeres vizsgálata, amely a programok eredményes, tervszerű és hatékony megvalósítása érdekében történik, mely kiterjed annak vizsgálatára is, hogy a programok megvalósítása megfelelt-e azoknak a célkitűzéseknek, amelyek a program megvalósítását szükségessé tették. Míg az értékelés a program megvalósulásának meghatározott időpontokban elvégzett részletes elemzése, amelynek célja a program egészére, vagy egy meghatározott részterületére vonatkozóan a célelérés, a teljesítések, az eredmények és a hatások vizsgálata, és ezen túlmenően célja a program egészének rendszeres átgondolása, és ennek alapján a szükséges módosítások kidolgozása.

Összefoglalva: A veszteségfeltárás célja az energiagazdálkodás hatékonyabbá tétele, egyúttal az energia-felhasználás csökkentése, az energiaköltségek és a környezetszennyezés csökkentésének érdekében, a minőségi és mennyiségi paramétereinek megtartása, illetve a hőkomfort és a világítási igények kielégítése mellett a 2002/91/EK direktíva figyelembevételével [5],[6],[20],[21],[22],[23].

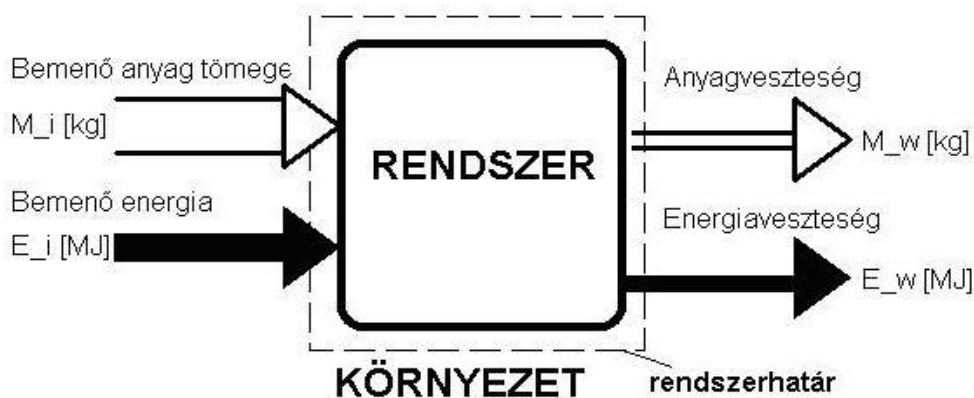
2.6 Energetikai veszteségfeltárás folyamata

Az energetikai veszteségfeltárás együttműködésen alapul a felmérést rendelő és felmérést végző fél között. Ezen együttműködés legfontosabb eleme az adatszolgáltatás. A szükséges adatok rendelkezésre bocsátását célszerű a vizsgálat megkezdése előtt megtenni. A veszteségfeltáráshoz szükségesek a vizsgált intézmény energiaszámlái három évre visszamenően, havi bontásban, amennyiben rendelkezésre áll a mérőberendezések rendszeres időközönként leolvasásra került fogyasztási adatainak kivonata, az energiaszerződések, az épület tervdokumentációja, főként az építészeti, gépészeti és elektromos tervrajzok, az épületet érintő korábbi energiahatékonysági vizsgálat eredményei és az adott településen érvényes, nem országosan, hatóságilag megállapított árak és tarifák. [20]

Az energiafelhasználás hatékonyságának növelésére alkalmazható módszereket és eszközöket a legegyszerűbb lehetőségektől az összetettebbekig, a beruházásmentesektől a nagyobb beruházást igénylőig, vagyis a rövid távú intézkedésektől a hosszú távú intézkedésekig. A hatékony energiagazdálkodás megvalósításának négy fokozata:

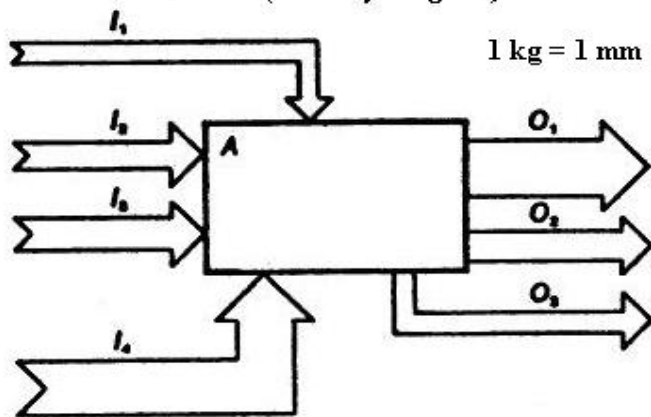
- a probléma természetének és nagyságának felmérése,
- általános rendtartás bevezetése és a befektetést nem igénylő rövid távú változtatások végrehajtása,
- a kisebb befektetést igénylő, de jelentősebb eredménnyel járó középtávú változtatások bevezetése,
- a nagyobb befektetést igénylő, hosszú távú változtatások végrehajtása.

Az energiafelhasználás szemléltetése történhet az egyszerű energiamérleg segítségével (4. ábra) vagy a Shankey diagram alkalmazásával (5. ábra). Az előbbi alapja, hogy az energia nem keletkezik és nem vész el, így a folyamatba időegység alatt belépő energia mennyisége egyenlő a folyamatból időegység alatt kilépő energiamentiség összességével. Az utóbbi egy energiafolyam ábra, ahol az egyes sávok szélessége arányos azoknak a bemenő és a kimenő energiaáramoknak a nagyságával, amelyeket a sávok képviselnek [5].



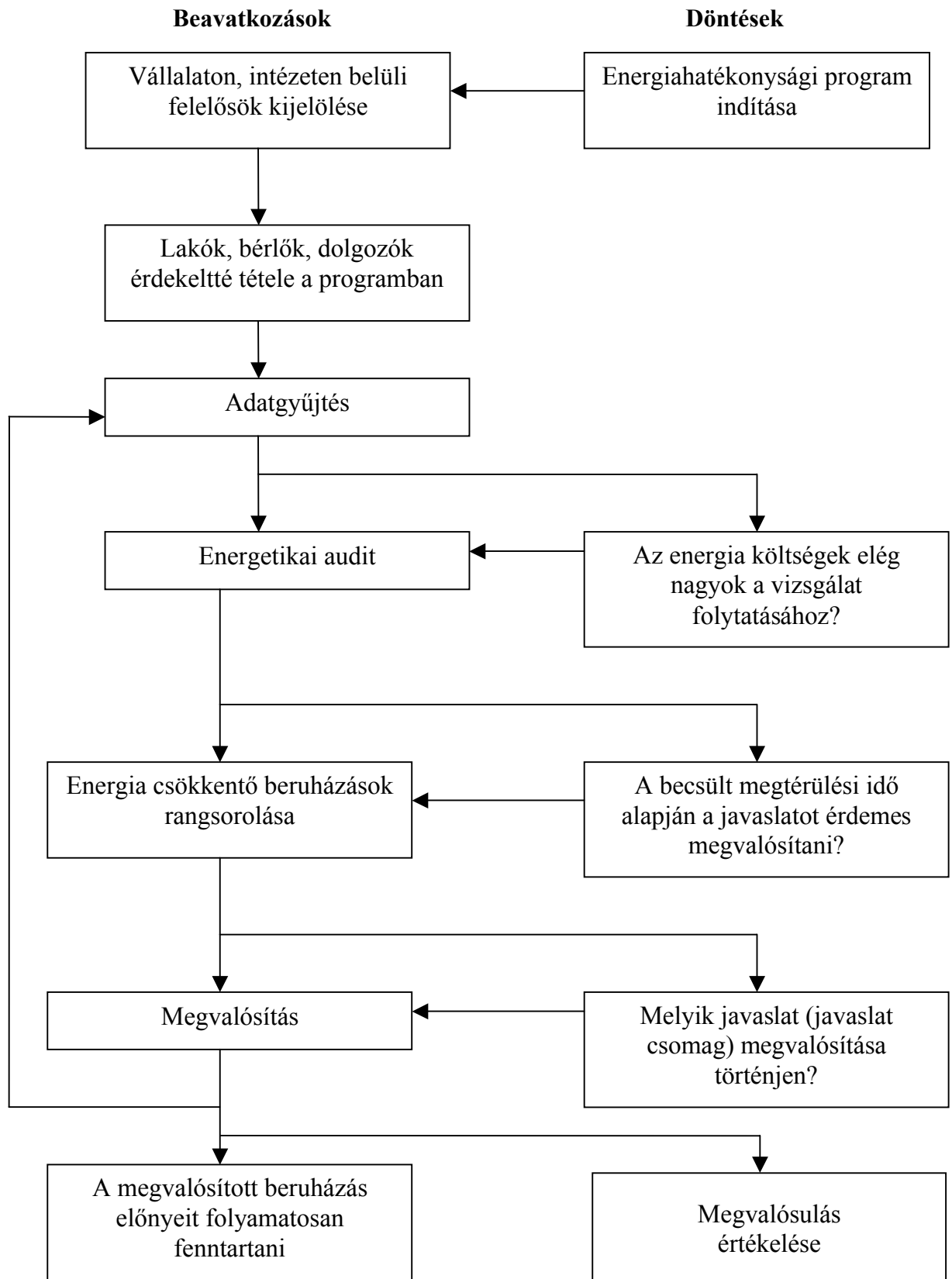
4. ábra Energiamérleg [19]

Energiamennyiséggel arányos szélességű vektorok használata (Shankey-diagram)



5. ábra Shankey diagram [19]

2.6.1 Az energiahatékonysági program döntési szintjei



A program végrehajtása során fontos, hogy az épületben lakókat, bérlőket vagy dolgozókat érdekeltté tegyük az energiahatékonysági programban való részvételre, és ezt az érdekeltséget folyamatosan fenn tudjuk tartani [22. hivatkozás 14.4/1. ábra alapján].

2.6.2 Diagnosztikai mérések és eszközeik

Egyre fontosabb az energiarendszerek pontos mérése és ellenőrzése azzal a céllal, hogy megvalósuljanak és megmaradjanak az elfogadható komfort feltételek, megszűnjön az energiapazarlás, biztosítható legyen az energiafelhasználással való elszámolási kötelezettség.

2.6.2.1 Füstgázelemzés

A füstgázelemzést a tüzelőberendezések tüzeléstechnikai hatásfokának meghatározására használjuk. A tüzeléstechnikai hatásfok meghatározásához a füstgáz O_2 és CO tartalmát, valamint hőmérsékletét és az égéslevegő hőmérsékletét kell egy időben mérni. Földgáztüzelésű kazánok esetében fontos, hogy a füstgázban található éghető szénhidrogének koncentrációját is mérjük az összes veszteség meghatározásához. A mai korszerű elektronikus készülékek nem csak mérik a szükséges paramétereket, hanem kiszámítják a hatásfokot, és adatok tárolására is képesek [24].

2.6.2.2 Helyiség-hőmérsékletmérés

A diagnosztikai vizsgálatok során gyakran végeznek eseti hőmérsékletmérést kézi hőmérővel, mely szolgálhat hasznos információval, azonban az egyedi mérések alapján nem lehet az egész fűtési szezonra vonatkozó következtetéseket levonni. Ezért nagy jelentőséggel bírnak a mérő-adatgyűjtők, melyek a hőmérséklet huzamosabb ideig történő regisztrálására képesek. A számítógéppel programozott eszközök előre beállított mintavételezési idővel mérik a hőmérsékletet és az adatokat elektronikus formában tárolják [18],[24].

2.6.2.3 Fűtővíz-hőmérsékletmérés

A mélyebb elemzés megkívánja a helyiség hőmérsékletének mérése mellett a fűtési rendszer egyes paramétereinek mérését. Leggyakrabban az előremenő fűtővíz hőmérsékletét mérik, mert ez ad elsődleges információt a fűtésszabályozás működéséről [24].

2.6.2.4 Külső-hőmérsékletmérés

A külső hőmérséklet mérését a helyiség és a fűtővíz hőmérsékletének mérésével egyidejűleg kell elvégezni, az azoknál alkalmazott mérőeszközök segítségével, melynek mérése akkor is fontos, ha csak kézi műszeres eseti vizsgálat végzéséről van szó. A diagnosztikai és az energiagazdálkodáshoz szükséges fogyasztásmérések kiértékeléséhez elengedhetetlen a napi hőmérséklet átlagok ismerete, mely külső forrásból (Meteorológiai Intézet) vagy saját mérés útján állapítható meg [18],[24].

2.6.2.5 Termovízió

A termovízió alkalmazása a hőmérsékletmérés egyik speciális lehetősége, mely nagy felületek hőmérsékletét vizuálisan értékelhetővé teszi. Működési elvénél fogva elsősorban azonos

felületek hőmérsékletének időbeli változásának kimutatására, vagy hasonló felületek hőmérsékleteinek összehasonlítására alkalmas. A gyakorlatban rendszerint nagy, több eltérő anyagból álló, különböző színű, más-más geometriájú felületeket vizsgálunk, az egész felületre vonatkozó kvantitatív következtetések levonására csak korlátozottan alkalmas. Ugyanakkor kitűnően használható diagnosztikai célra, hőhidak helyének felderítésére, rejtett hőveszteség-források kimutatására [24],[25].

2.6.2.6 Megvilágítási szintek ellenőrzése

A megvilágítási szintek ellenőrzésének elsősorban egészségügyi, ergonómiai szempontokból van jelentősége, fontos eleme a világításkorszerűsítési beavatkozások előkészítésének is. A belső világítás modernizálásának megtervezése során igen fontos felmérni, hogy a meglévő világítási rendszer megfelelő megvilágítási szintet biztosít-e. Gyakori eset, hogy a szabványban előírt követelményeket az elpiszkolódott, korszerűtlen, esetleg rosszul elhelyezett világítótestek nem képesek biztosítani, ezért a korszerűsítés során többlet fényforrások beépítése válik szükségessé. A beépített többlet teljesítményt figyelembe kell venni a várható megtakarítás számításánál, mert megnövekedik a fogyasztás! A megvilágítási szint ellenőrzése egyszerű kézi műszerrel, az adott helyiség több pontjában történik. (A mérés részletes módszertanát az MSZ 6240-3:1986 „Belsőtéri mesterséges megvilágítás, a világítástechnikai jellemzők előírt értékei” szabvány írja elő). A mérés adatai szemléletesen ábrázolhatók egy 3D-s diagramban [18],[24].

2.6.2.7 Hőmennyiségmérés

Az energiagazdálkodási rendszer működtetése során szükséges, rendszeresen leolvasott hőfogyasztási adatokat a távhőrendszerekbe beépített hőmennyiségmérők biztosítják. Mint minden hőmennyiségmérés, ez is alapvetően az átáramló fűtőközeg-mennyiség és az előremenő, ill. visszatérő ág közötti hőmérsékletkülönbség mérésén alapul. Az átáramló mennyiséget leggyakrabban szárnykerekű (esetleg turbinás) mechanikus mérőkkel, újabban a mozgó alkatrészt nem tartalmazó ultrahangos vagy mágneses elven működő áramlásmérőkkel mérik. A hőmérsékletmérést hagyományos ellenállás hőmérővel végzik. A hőmennyiségmérőnek fontos eleme az elektronikus számlálómű, amely a három mérés eredményéből kiszámítja a hőmennyiséget, az adatokat tárolja, vagy központi feldolgozásra továbbítja. Az áramlásmérésnek, az előbbi elvnek megfelelően elsősorban a hőmennyiségek meghatározásának, komoly jelentősége van a diagnosztikai mérések során is, amennyiben megfelelő mérőszakasz van beépítve. Erre a célra igen jól használhatók azok az ultrahangos elven működő, hordozható áramlásmérők, melyek segítségével a csővezeték megbontása nélkül mérhető az átáramló közeg sebessége, azaz mennyisége. Ilyen mérő segítségével

határozható meg például a nem mért, átalánydíj szerint elszámoló távfűtéses épület, de jól használható távhőrendszerek csővezetékei hőveszteségének meghatározásához is [24].

2.6.2.8 Villamos mérések

A villamos mérések közül energiagazdálkodási és diagnosztikai szempontból a fogyasztásmérések ill. a pillanatnyi felvett teljesítmény mérései a legfontosabbak. Teljes épületek, intézmények fogyasztásának figyelésére a beépített elszámolási mérők alkalmazhatóak. A hatékonyságjavítási projektek előkészítésénél, az eredmények kimutatásánál azonban nagy jelentőségűek az egyes fogyasztócsoportok vagy különálló nagy fogyasztók villamos adatainak mérései.

Kis, 220V-tal működő háztartási készülékek mérésére igen praktikus a fali aljzathoz csatlakoztatható mérőműszer, amely maga is aljzatként funkcionál a fogyasztókészülék számára. Ezek a műszerek mérik a pillanatnyi teljesítményfelvételt és a fázisszöget, ill. a teljesítmény adatokat időben akumulálva kiszámítják a fogyasztást. Igen alkalmasak szakaszos működésű berendezések (pl. hűtőgép, mosógép, fénymásoló stb.) hosszabb idő alatti fogyasztásának meghatározásához.

Nagyobb (ipari méretű) fogyasztók, vagy fogyasztócsoportok villamos adatainak mérésére jól használható az ún. lakatfogós multiméter. Ezek a vezeték megbontása nélkül mérik a kábelben vagy sínen átmenő áram erősségét, a feszültséget, fázisszöget és kiszámítják az egy fázison felvett teljesítményt. Kapható olyan adattárolásra alkalmas kivitelű készülék, melynek segítségével nem csak a pillanatnyi értékek, hanem hosszabb idő alatt mérhető trendek, akumulált fogyasztási adatok is mérhetők.

Komolyabb elemzésekre, hosszú idő alatti villamos viselkedés vizsgálatára, háromfázisú rendszerek pontos mérésére villamos teljesítményelemző berendezéseket használnak. Ezek olyan korszerű készülékek, melyek számítógépet tartalmaznak, illetve asztali számítógéppel összeköthetőek és segítségével nemcsak az alapvető villamos jellemzők (áramerősség, feszültség, teljesítmény, fázisszög), hanem további paraméterek is mérhetőek [18],[24].

2.6.2.9 Üzemállapot-ellenőrzés

A diagnosztikai vizsgálatok során gyakran merül fel az igény, hogy bizonyos energiafogyasztó berendezések üzemidejét pontosan meghatározzák. Erre a célra alkalmazhatóak az üzemállapot regisztráló mérő adatgyűjtők. Ezek a mérendő berendezés fajtájától függően érzékelővel ellátott, a hőmérsékletregisztrálásnál bemutatottakhoz hasonló készülékek. Ezeket tipikusan villanymotorok üzemidejének, illetve világítási rendszerek működésének figyelemmel kísérésére alkalmazzák [16],[24].

2.6.3 Épületfelmérés az Épületenergetikai adatlap alapján

(Épületenergetikai adatlapot a II. melléklet tartalmazza), melyet az Ipari és Kereskedelmi Minisztérium az ENERGOÉP Építőipari Vizsgáló Tervező és Kivitelező Rendszerház Kft.-vel dolgozott ki, különös tekintettel a panelos épületek energia-takarékos és értéknövelő felújítási programjára [26]:

1. Épület általános adatai
2. Az épület energetikai értékelése
3. Az épület energetikai jellemzői
4. Hőellátási adatlap
5. Fűtési adatlap
6. A használati melegvíz termelés adatlapja
7. Légtechnikai adatlap
8. Gázellátási adatlap
9. A villamos energia ellátás adatlapja

Az épület általános adatait tartalmazó űrlap kitöltése részben az épület múltjára vonatkozik, részben a tervrajzokra, ezek hiányában felmérés útján szerzett ismeretekre, mint az alapterület, fűtött légtérfogat, stb. támaszkodik.

Az épület energetikai kiértékelése az épület hővédelmének, gépészetének előírás, illetve fajlagos energiafogyasztás alapján történő minősítését tartalmazza.

Az épület energetikai jellemzői teljesítményadatok, melyeket a beépített gépészeti berendezések adattáblái, illetve az energiaszerződések tartalmaznak, valamint fogyasztási adatok az elmúlt évek energiaszámlái alapján és az azokból számított fajlagos értékek.

A hőellátási, fűtési, használati melegvíz ellátási, légtechnikai, gázellátási és villamos energia ellátási adatlapjai a beépített gépészeti berendezések épületfelmérés útján meghatározható adatokat tartalmaznak, melyek legfőbb forrásai a gépészeti tervrajzok, azonban elengedhetetlenül szükséges a bejárás a tervek és a helyszínen ellenőrzéséhez, összevetéséhez.

A bejárás során különös figyelmet kell fordítani a berendezések állagára, állapotára.

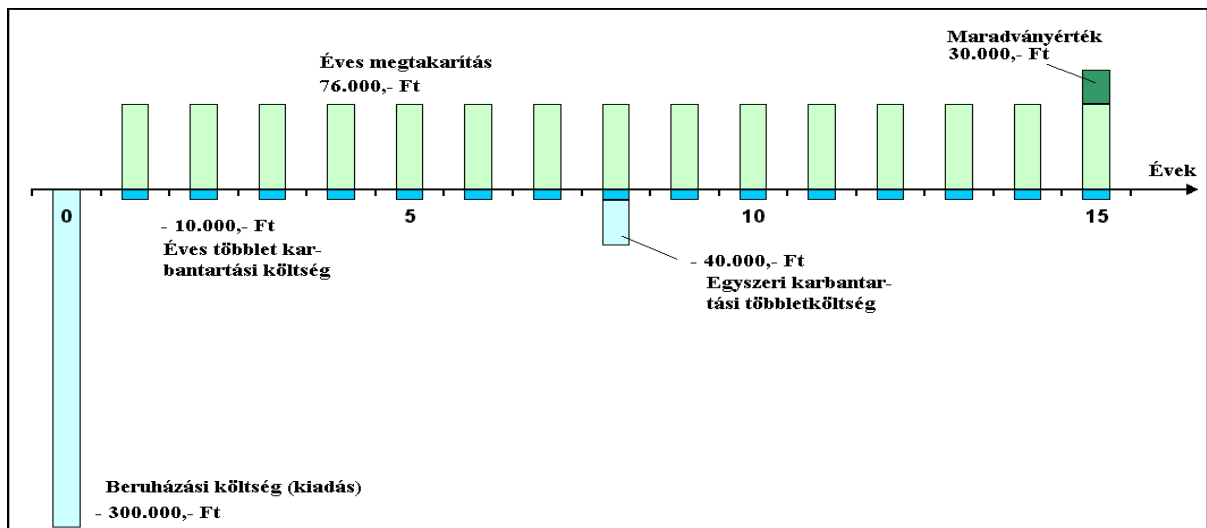
Az adatlapok vélemény rovatában összefoglaló értékelést kell adni, mely magában foglalja a fogyasztói és üzemeltetői tapasztalatokat, a tapasztalt hiányosságokat és a hibák kijavítási lehetőségeit [27].

2.7 Gazdasági értékelés

A gazdasági értékelés célja a különböző változatok közül a pénzügyileg legkedvezőbb megoldás kiválasztása. A kiválasztás során szem előtt kell tartani az egyes változatok gazdasági élettartamát, a költség és hozam pénzfolyamát, a pénz időértékét. Az értékelés a költség, és pénzáramlások becslésével kezdődik, majd az összehasonlítás módjának eldöntését követően a szükséges számításokkal folytatódik. Az értékelés során fontos az egyes változatok pénzügyi kockázatának, a költség és hozam meghatározó tényezőire az érzékenység megvizsgálása is.

2.7.1 Pénzáramlás diagramok

A gazdasági értékelés alapeleme a pénzáramlások, költségek és bevételek számbavétele, megfelelő szemléltetése. A szemléltetésre szolgálnak az ún. pénzáramlás diagramok. A diagramok készítését célszerű a vizsgált időtartomány meghatározásával kezdeni. Az időtartomány általában a beruházás megkezdésétől a létesítmény várható, vagy ún. gazdasági élettartamáig tart. Az időtartomány alkotja a diagram horizontális skáláját. Ez a skála időszakokra van osztva, amelyek leggyakrabban (de nem mindig) évek lesznek. Ezután a probléma specifikációnak megfelelően a bevételek és a kiadások időskálán történő elhelyezésére kerül sor. Az egyedi kiadások és bevételek az időskálán megfelelő helyre rajzolt vertikális vonalakkal, vagy oszlopokkal ábrázolhatóak. A relatív nagyság a vonalak magassága segítségével szemléltethető, de a pontos skálázás általában nem növeli jelentősen a diagram kifejezőerejét. A lefelé irányított oszlopok jelzik a pénz kiáramlásokat (költségeket) míg a felfelé irányított vonalak a pénz beáramlásokat (bevétel vagy megtakarítás). Habár a pénzáramlás diagramok csak egyszerű grafikus megjelenítései a bevételeknek és kiadásoknak, szerkesztésüknél törekedni kell arra, hogy minél több információt nyújtsanak [29].



6. ábra Pénzáramlás diagram [29]

2.7.2 Költségbecslés

A vizsgált változatok költségének becslése a gyártáshoz, a kidolgozott energiahatékonysági javaslat megvalósításához, valamint az üzemeltetéshez szükséges pénz mennyiségének meghatározása. A valóságra törekedve az indokolt költségeket kell tartalmaznia, sem pesszimista, sem optimista nem lehet. A költség becslése a feladattól függően négy alapszintre osztható. A becslés típusa szorosan összefügg a feladat jellegével és a becslés céljával. Emiatt a becslést megelőzően nagyon fontos a feladat jellegének és céljának meghatározása. Megvalósíthatósági (vagy veszteségfeltáró) tanulmány keretében végzett gazdasági elemzésnél a költségbecslés pontatlanságának megengedhető mértéke jelentős mértékben nagyobb, mint egy műszaki tervek alapján kidolgozott végleges változaté.

A becslés típusa	Célja	Pontossága
Megvalósíthatóság	A projekt megvalósíthatóságának meghatározása	± 25-30%
Előirányzás	Kölcsön ill. támogatás szerzése	± 15-25%
Költségvetés	A projekt ellenőrzése	± 10-15%
Véglegesítés	Végleges előrejelzés	± 5%

1. Táblázat Becslések típusa és megengedett pontatlansága [29]

A becslés megközelítése a táblázatban található csoportosításban különböző lehet. Mivel a becslés célja is csoportonként változik, a becslés módjára néhány általános gondolatot itt kerül ismertetésre [18],[29],[30].

2.7.2.1 Költségbecslés veszteségfeltáró vagy megvalósíthatósági tanulmányhoz

Egy projekt koncepcionális előkészítése során a döntéshez a várható beruházási költség meghatározása szükséges. Ez a projekt tervezés korai szakaszában tájékoztatást és lehetőséget ad a megbízónak (tulajdonosnak), hogy összehasonlítsa más változatokkal.

Ebben a fázisban a rendelkezésre álló viszonylag kevés adatból kell meghatározni a várható költségeket. Ilyen adatok, pl.:

- tervezett berendezés, vagy létesítmény névleges teljesítménye, egyszerűsített folyamatábra, feltételezett telephely,
- energiaszükséglet meghatározásához a beépített alapterület, lakás, szoba, vagy ágy szám.

A költségbecsléshez ez esetben a korábban meghatározott hasonló projektek fajlagos beruházási költsége alkalmazható [29].

2.7.2.2 Költségvetési előirányzás

A megvalósítás útján előre haladva egyre több adat áll rendelkezésre. A várhatóan beépített anyag és eszközök költségének meghatározásával növelhető a becslés pontossága [29].

2.7.2.3 Költségvetés

Költségvetés készítésénél felhasználjuk a már elkészült kiviteli tervek adatait. Listaárak alapján meghatározásra kerül a költségvetés [29].

2.7.2.4 Véglegesítés

Az elkészült kiviteli tervek alapján a beépítésre tervezett eszközökre és a kivitelezési munkákra árajánlatok alapján történik a költségek véglegesítése [29].

2.7.2.5 Becslési módszerek

Költségbecslési eszközöket és módszereket központilag és cégenként is kifejlesztettek [29].

2.7.3 A pénz időértéke

A gazdasági elemzések során számolnia kell a pénzáramlások összegével és időpontjaival is. A beruházó számára nem mindegy, mikor kell a tervezett létesítmény megvalósításához a pénzt rendelkezésre bocsátani, készüljön az saját tőkéből, vagy kölcsönből. Saját tőke esetében a rendelkezésre bocsátásig a pénz még kamatozhat, vagy nem kell kivonni más befektetésből, kölcsön tőke esetében célszerű azt minél később igénybe venni. Emiatt fontos a beruházások minél jobb előkészítése és gyors megvalósítása. Mérnöki feladat a megvalósítás olyan módon történő előkészítése és ütemezése, hogy a nagy tőkeigényű berendezések az üzembe helyezés időpontjához minél közelebb kerüljenek beszerzésre.

A gazdaságossági elemzések során pénzáramlás sorozatokkal kell számolni. Gyakran kell arra keresni a választ, mennyinek kell lenni az éves nettó bevételnek ahhoz, hogy egy adott beruházási költséggel létesülő befektetés adott időben és kamatteherrel megtérüljön, vagy fordítva, mennyit lehet a beruházásra fordítani, ha ismertnek tekintjük a létesítmény várható éves nettó bevételét. Ezek megoldására szolgáló összefüggések:

Az állandó sorozat tőke visszanyerési tényezője (Capital Recovery Factor, **CR**):

$$CR = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}, \text{ ahol } i - \text{ kamlaláb } [\%]; n - \text{ az évek száma } [\text{év}]$$

A szükséges éves bevétel:

$$A = P \cdot CR, \text{ ahol } P - \text{ beruházási költség } [\text{Ft}]; A - \text{ költségmegtakarítás } [\text{Ft/év}]$$

Az állandó sorok jelenérték tényezője (Uniform Series Present Worth Factor, **USPW**):

$$USPW = \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}$$

Az egyenletes ütemezésben jelentkező, azonos pénzösszegek (állandó sorok) jelen időpontra vonatkozó értéke:

$$P = A \cdot USPW$$

[29],[30].

2.7.4 Az összehasonlítás módja

A gazdaságossági elemzés során az egyes változatok összehasonlítására több módszert alkalmaznak. A leggyakrabban alkalmazott mutatók, az egyszerű megtérülési idő, a belső megtérülési ráta, a nettó jelenérték, bevétel - költség arány, a fajlagos energia költség. Összehasonlításként szolgál a kockázati tőke is [29],[30].

2.7.4.1 A megtérülési idő

Egy beruházás, vagy korszerűsítés megtérülési idején (Payback period) általában azoknak az éveknél a számát értjük, amely alatt a beruházási (korszerűsítési) költség a nettó bevételeiből (költség megtakarításból) megtérül. A megtérülési idő igen közkeletű értékmérő, és többféle formában előfordul a gazdasági elemzések irodalmában. Sajnos túl gyakran rosszul alkalmazzák és ez olyan döntésekhez vezet, amelyek a rövid távú eredményekre összpontosítanak és figyelmen kívül hagyják a pénz időértékét [29],[30].

Az egyszerűsített megtérülési idő:

$$m = \frac{B}{A}, \text{ ahol } B - \text{beruházási költség [Ft]; } A - \text{költségmegtakarítás [Ft/év]}$$

2.7.4.2 A belső megtérülési ráta

Bizonyos kamatláb esetén a beruházási költség jelen értéke a berendezések élettartama alatt pontosan megegyezik a nettó bevétel (költség megtakarítás) jelen értékével. Ez a kamatláb a belső megtérülési ráta ($i^* = \text{BMR}$, vagy IRR, Internal Rate of Return). A belső megtérülési ráta megmutatja, milyen kamatlábú kölcsön vehető fel a számításba vett beruházáshoz, hogy a befektetés a berendezések feltételezett élettartama alatt megtérüljön. A belső megtérülési ráta számításánál már figyelembe veszik a pénz időértékét. Az a változat lesz a kedvezőbb, amelyik esetében a belső megtérülési ráta nagyobb.

A belső megtérülési ráta számítása kézi úton lépésenkénti fokozatos közelítéssel (iterációval), vagy számítógép segítségével történik (a számítógép is közelítéssel határozza meg, de lényegesen gyorsabban). (A belső megtérülési ráta a gyakran használt EXCEL program pénzügyi csomagjának függvényével is meghatározható.) A megoldást fokozatos közelítéssel keressük. Az egyenletes ütemezésben jelentkező, azonos pénzügyi összegek (állandó sorok) jelenértéke az ún. állandó sorok jelenérték tényezőjének segítségével (USPW) határozható meg. A keresett érték, az a kamatláb, amelynek figyelembevételével kapott USPW és a várható éves megtakarítással vett szorzata a beruházási költséggel lesz egyenlő. Különböző feltételezett kamatlábbal meghatározzuk, mennyi lehetne a beruházási költsége ($P = A \cdot \text{USPW}$) annak a javaslatnak, amelynek éves hozama „n” éven keresztül „A” Ft. A számítási eredmények az alábbi táblázatban találhatók [29],[30].

2.7.4.3 A nettó jelenérték

A nettó jelenérték a beruházás életpályájának költségelemzése. A költség (P) és haszon (A) figyelembevételével a nettó jelenérték (NPV) meghatározható, ha a jövőbeli pénzáramlások diszkontált értékéből levonjuk a szükséges ráfordítások értékét.

$$NPV = -P + A \cdot USPW$$

Ha $NPV > 0$, akkor érdemes beruházni. Két pozitív nettó jelenértékű változat közül az a kedvezőbb, melynek nagyobb az NPV-je [29],[30].

3. Energia-megtakarítási lehetőségek

Egy épület felmérése során számos lehetőség nyílik az energia-megtakarításra. A legfőbb területek, ahol energia takarítható meg, az az épület határoló szerkezete, az épületgépészeti és épületvillamossági berendezései, technológiái. A környezetvédelem erősödésének hatására, a gyártók mindinkább törekednek a szigorodó jogszabályoknak megfelelni és számos új technológiát bevetni környezetünk védelmének érdekében.

A következőkben igyekszem egy átfogó képet adni a jelenleg alkalmazható technológiákról, módszerekről.

3.1 Épület határoló szerkezetén alkalmazható beavatkozások

A beavatkozás módszerének megválasztásakor az alapvető kérdés, hogy az épület eredeti arculatának megtartása-e a cél, avagy az épület karaktere megváltoztatható.

3.1.1 Utólagos hőszigetelés

3.1.1.1 Falak szigetelése

A falak utólagos hőszigetelés többféle közvetlen és közvetett módon befolyásolja az épület energiaméregét és számos közvetett épületfizikai és hőérzeti következménnyel bír. Az utólagos hőszigetelés hatása igen erősen függ a rétegtervi helyzettől és a csomópontok kialakításától. Az utólagos hőszigetelésnek a rétegterv hőátbocsátási tényezőjére gyakorolt kedvező hatása egyértelmű. Az energia-megtakarítás azonban a hőátbocsátási tényezők arányánál kedvezőbb mértékben változik, ha az utólagos hőszigetelést a falszerkezet külső oldalán helyezük el, mert a hőhidak miatti veszteségek csökkennek. Az utólagos hőszigetelés a geometriai formák okozta vagy bordahatás miatti többlet hőveszteséget (a külső sarkok kivételével) egyértelműen csökkenti. Emellett a felületen folytonosan végighúzódnó külső hőszigetelés minden esetben csökkenti az anyagok inhomogenitása miatti többlet hőveszteséget. Miután a meglévő homlokzatok hőveszteségében a hőhidak miatti veszteségek többször tíz százalékot tesznek ki, az utólagos hőszigeteléssel elérhető, a hőhidak, csomópontok módosulásának betudandó megtakarítás is hasonló mértékű.

Fontos megjegyezni, hogy az utólagos hőszigetelés nemcsak a külső oldali hőszigetelés lehet, melynek esetében az egész épület, vagy a teljes falfelület szigetelendő, hanem belső oldali is, mely helyi szigetelésként egy szoba vagy lakás hővédelmét javítja.

Egy homlokzati szakasz eredő hőátbocsátási tényezője azt fejezi ki, hogy az egydimenziós hőáramok, valamint a hőhidak okozta transzmissziós többlet hőveszteségek eredőjeként mennyi az egységnyi homlokzati felületen egységnyi idő alatt és egységnyi

hőmérsékletkülönbség mellett átlagosan áthaladó hőáram. Az eredő hőátbocsátási tényező a

következő összefüggéssel fejezhető ki: $k_{er} = \frac{A \cdot k_n + \sum_{j=1}^n k_{ij} \cdot l_j}{A}$, ahol A - homlokzat felülete [m²],

k_n - rétegtervi hőátbocsátási tényező [W/m²K], l_j - csatlakozási élhossz [m], k_{ij} - csatlakozási él vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK]. Felújítás, utólagos hőszigetelés esetén a kérdés az, hogy a korábbi és a felújítás utáni eredő hőátbocsátási tényezők aránya hogyan viszonyul az eredeti és a felújítás utáni rétegtervi hőátbocsátási tényezők arányához, másként az eredő hőátbocsátási tényező javulása eléri-e, meghaladja-e a rétegtervi hőátbocsátási tényező javulását vagy alatta marad annak. Bizonyos, hogy ha a kiegészítő hőszigetelés a homlokzati fal belső oldalára kerül, akkor az eredő hőátbocsátási tényező nem javul olyan mértékben, mint a rétegtervi. Ha ehhez hozzávesszük egyrészt a vízgőz résznyomás kedvezőtlen alakulását a keresztmetszetben, másrészt a helyiség hőtároló-képességének csökkenését, akkor ismételten megállapíthatjuk, hogy belső oldali utólagos hőszigetelést csak kivételes esetben, például műemléki, városképi szempontból védett, megőrzésre méltó homlokzatok esetében célszerű alkalmazni, különös gondot fordítva a vízgőz diffúziójával összefüggő kérdésekre.

A határhőmérséklet azon külső hőmérséklet, melynél a fűtési üzemet el kell indítani, illetve le kell állítani. Ez az érték az átlagos hőszigetelésű hazai épületeknél +12 °C. A jobb hőszigetelés miatt a hőnyereségek a belső és a külső hőmérséklet között nagyobb különbséget fedeznek, tehát a határhőmérséklet értéke csökken, ami lényegében annyit jelent, hogy a fűtési időny megrövidül, a hőfokhíd értéke csökken.

A vakolat nedvességmérlege az esős időben felvett víz és a száraz időszakban elpárologtatott nedvesség mennyiségétől függ. Ez kapcsolatban van a vakolat hordozórétegének minőségével is. A repedésmentesség különösen fontos a jó hőszigetelő-képességű falak esetében, amelyeknél a felületi hőmérséklet ingadozása nagyobb. A csapóeső hatására a mintegy hat napos száradási időszak alatt a szerkezetből párologtatással is távozik hő. Ez a "normál transzmissziós" veszteségáram akár 100%-os növekedésével egyenértékű. Ebből következik, hogy külső szerkezeti réteggként olyan anyag kedvező, amely a külső felületképzés alatt kapillárisan nem veszi fel a vizet. Kézenfekvő védelemnek mutatkozik a külső felület víztaszító anyaggal való kezelése, ún. hidrofóbizálása, melynek hatása egyenértékű lehet a hőátbocsátási tényező $k=0,1-0,15$ W/m²K mértékű javításával. Az utólagos külső hőszigeteléssel az illesztési hézagokat betakarva a spontán légcsere okozta felesleges szellőzési hőveszteségek kedvezőtlen hatása megszűnik, valamint a falfelületek légáteresztése is kiküszöbölhető.

A külső határoló falszerkezetek pótlólagos, kiegészítő hővédelmére a műszaki-építészeti állapot és igény szint mérlegelése alapján az alábbi elvi rendszerek állnak rendelkezésre:
a, Hőszigetelő vakolatok

A hőszigetelő vakolatokkal a kissé tagolt homlokzati felületek még követhetők, bár az eredeti architektúra teljesen nem tartható meg. Alakíthatósági előnyei mellett a szilikátbázisú hőszigetelő vakolati rendszer nyújtotta hőszigetelő érték korlátozott az anyag közepesnek mondható hővezetési tényezője (0,09-0,14 W/mK) és a technológiailag felhordható csekély maximális rétegvastagság (5 cm) következtében. Alkalmazása ezért elsősorban tagolt, építészeti igényesebb homlokzatok esetén, a kisebb hőszigetelés-növekedés kompromisszumát elfogadva javasolható. Előnye a rendszernek ugyanakkor a páradiffúzióval szembeni viszonylag kisebb ellenállása és "lélegző-képessége".

b, Külső hőszigetelés kéregvakolattal

A "Dryvit-rendszerű" vagy "Thermohaut" hőszigetelő kéregvakolatokban elhelyezhető hőszigetelő műanyaghab-, üveghab- vagy szálanyag tábla vastagsága sem elvileg, sem gyakorlatilag nem korlátozott, az alkalmazott vastagság függvényében legfeljebb a szerkezet rögzítési megoldásai változnak. Ezen típus betervezésekor gondolni kell a beépített rendszer páratechnikai jellemzőire, a páratranszportban esetlegesen kialakuló kedvezőtlen vagy káros változások elkerülésére.

c, Külső hőszigetelés légréssel

Az átszellőztetett háthézaggal kialakított új burkolati rendszer mögött elhelyezett (célszerűen szálanyagú) hőszigetelés vastagsága nem korlátozott, az átszellőztetett háthézag a páradiffúzió szempontjából kedvező és a külső héj mögötti átszellőző légrések a nyári hőterheléssel szemben is véd. A rendszer ott alkalmazható célszerűen, ahol a homlokzat nem tagolt vagy meglévő tagoltságát nem kell megtartani. Bizonyos tömegtagoltságra természetesen ezek a homlokzati rendszerek is biztosítanak lehetőséget, azonban elsődleges építészeti eszközként a felület struktúrájának, anyagának és színének megválasztása említendő.

d, Belső oldali utólagos hőszigetelés

A belső oldali hőszigetelés lehet lécváz között elhelyezett hőszigetelő anyag, légréssel és gipszkarton szárazvakolattal, előre gyártott panel, amely a hőszigetelést, a páraféket és a felületképzést biztosítja, ritkábban a belső oldalon könnyű elemekből felfalazott további réteg. A T alakú csatlakozásoknál továbbra is megmaradó hőhidak, valamint a páradiffúzió, melyek különös figyelmet igényelnek [31],[32].

3.1.1.2 Tető szigetelése

Olyan esetekben, amikor a hőszigetelés nedves, a szerkezetet úgy kell kialakítani, hogy abból a víz eltávozása a szerkezet károsodása nélkül játszódjék le. Abban az esetben, ha a "régi" hőszigetelés és gőznyomás-levezető rendszer tönkrement, ezek visszabontása után új egyenes rétegrendű tető alakítandó ki. Abban az esetben, ha a "régi" hőszigetelés alatt hatékony párafékező réteg van elhelyezve, az egyenes rétegrend további hőszigetelés hozzáadásával megtartható. A száradási folyamat segítése céljából a meglévő vízszigetelő réteget perforálni kell. E perforációs rendszer nem lehet ötletszerű, azt méretezni kell. Abban az esetben, ha a meglévő hő- és nedvességszigetelés jó állapotban van, azon kívül extrudált polisztirol hőszigetelés helyezhető el, így "duó" rétegrend alakul ki (régii hőszigetelés a vízszigetelés alatt, az új fölötté). Ha a tető jó állapotban van és az egyéb feltételek is adottak, hőtechnikai tulajdonságai zöldesítéssel is javíthatók. A zöldesítés csekély mértékben javítja a hőátbocsátási ellenállást, jelentősen növeli a hőtároló-képességet, nedvességmegtartó hatása és a növények által elpárologtatott víz (evaporatív) hűtőhatása mérsékli a nyári hőterhelést. Ha a meglévő hő- és vízszigetelés jó állapotban van, további hőszigeteléssel duó rendszerű zöld tető alakítható ki (régii hőszigetelés a vízszigetelés alatt, az új fölötté) [31],[32].

3.1.1.3 Pince és árkádfödém szigetelése

Az alulhőszigetelt pincefödémek utólagos hőszigetelése energetikai szempontból kevésbé hatékony, mint a külső légtérrel érintkező épülethatároló szerkezeteké, ám állagvédelmi és hőérzeti szempontból igen fontos (az előírt padló felületi hőmérséklet biztosítása érdekében). A pincefödémek utólagos hőszigetelése az esetek túlnyomó többségében a födém-szerkezet alsó oldalán lehetséges. A hőszigetelés rögzítési módja többek között a hőszigetelő anyag vagy termék fizikai tulajdonságaitól, a födém-szerkezet fajtájától és az alsó oldali felületképzés vagy burkolat megválasztásától is függ. Ezeknek megfelelően a hőszigetelés beépítése történhet mechanikai rögzítéssel, ragasztással, vagy a kettő kombinációjával, új monolit vasbeton födémeknél pedig a hőszigetelő réteg „benmaradó zsaluzat”-ként kerülhet a szerkezetbe. Az alsó oldali felületképzésre ilyenkor általában igénytelenebb megoldások is alkalmasak, mint a hőszigetelő termék kasírozó rétege, hálóerősítésű- műanyagalapú vékonyvakolatok, de nemritkán elegendő a hőszigetelő réteg felületképzés nélküli beépítése is.

Az alulhőszigetelt árkádfödémek utólagos hőszigetelése energetikai, állagvédelmi és hőérzeti szempontból egyaránt fontos. Az árkádfödémek utólagos hőszigetelése az esetek túlnyomó többségében a födém-szerkezet alsó oldalán lehetséges. A hőszigetelés rögzítési módja többek között a hőszigetelő anyag vagy termék fizikai tulajdonságaitól, a födém-szerkezet fajtájától és az alsó oldali felületképzés, burkolat, vagy álmennyezet megválasztásától is függ.

Árkádfödém utólagos hőszigetelésének kialakítása:

Ha a teherhordó szerkezethez rögzített álmennyezet készítése az igény, a hőszigetelés a két szerkezeti réteg közé kerül. Gyakori megoldás, amikor a hőszigetelő táblákat vagy paplanokat az álmennyezetre fektetik, de hő- és nedvességetechnikai szempontból előnyösebb megoldás, ha a hőszigetelést a födém alsó síkján rögzítik (általában ragasztással vagy mechanikai rögzítéssel, az álmennyezet rögzítésétől függetlenül).

Ha nem álmennyezet, hanem alsó oldali építőlemez-burkolat készítése az igény, a hőszigetelés vastagságának megfelelő magassági méretű, a teherhordó födémhez rögzített tartóbordákat kell a burkolat fogadására beépíteni. Fa bordák beépítése célszerűbb, mivel a fémszerkezetek hőhídhatása ezekénél jóval nagyobb [31].

3.1.1.4 Padlás szigetelése

A padlásfödémek a legegyszerűbben és leggazdaságosabban hőszigetelhető épületszerkezetek. Erre utal az egyszerű rétegfelépítés és az, hogy a hőszigetelő táblákat felülről és külön rögzítés nélkül lehet beépíteni, ami itt egyszerű elhelyezést, fektetést jelent. A kis rétegszám abból is adódik, hogy páravédelmi rétegekre nincs szükség - hiszen a padlástér átszellőztetett. A hőszigetelő réteg vastagságával ezért nem célszerű „takarékoskodni”, de ajánlott a hőszigetelő táblák két rétegben való fektetése - rétegenként kötésben és soronként „eltolt” lemezcsatlakozási hézagokkal.

Ha a padlásfödém terhelése, igénybevétele számottevő mértékű és/vagy a meglévő tetőfedés nem fokozottan vízzáró (pl. nincs alátét héjazat és a tetőfedés elemcsatlakozásai hézagosak), a hőszigetelés felett polietilén fólialepedő technológiai szigetelés és betonpadozat készítése lehet megbízható megoldás. A betonburkolat a tetőhéjaláson keresztül bejutó csapadék és porhó „megtartására” szolgál a nedvesség elpárolgásáig, a technológiai szigetelés pedig megakadályozza a hőszigetelés elnedvesedését a betonozás során és egyben egy „utolsó” vízszigetelést is képez.

Ha a padlásfödém terhelése, igénybevétele megengedi és a meglévő tetőfedés fokozottan vízzáró, padlásfödém-burkolatként elegendő lehet építőlemez járóréteg beépítése a hőszigetelés felett.

Ha a járóréteget külön nem támasztjuk alá, akkor „terhelhető” minőségű hőszigetelő anyag, illetve termék beépítése szükséges, az építőlemez járóréteg pedig csak „nagyablás” kialakítású lehet (pl. cementkötésű fagyapot, esetleg fagyapot, vagy pozdorjalemez).

Ha a járóréteg megtámasztására külön bordázatot építünk be (célszerűen impregnált fenyőfa zárlecekből vagy pallókból), olcsóbb, kisebb nyomószilárdságú (az ásványgyapot kategóriában jellemzően „nem terhelhető” minőségű) hőszigetelő anyagok, illetve termékek is

alkalmasak. Az építőlemez járóréteg ez esetben - a bordák távolságától függően - szegezett fenyőfa deszkázat, vagy pallóterítés is lehet [31],[33].

3.1.1.5 Tetőterek szigetelése

A tetőterek hőszigetelését kétféle szempontból is lehet értelmezni. Egyrészt magát a tetőteret körülvevő szerkezetet hőszigeteljük, amely az ottani lakóteret választja el a külső környezettől, másrészt az épület alsó lakószintjei felett hozunk létre egy fűtött teret, amely felé az alsó szintről a továbbiakban nem alakul ki hőveszteség. Amennyiben korábban lakótérként nem használt padlás beépítéséről van szó, mindkét értelmezés helytálló. Az új lakótér létrehozásának költségeiből a hőszigetelés csak egy kis hányadot képvisel.

A padlásterek utólagos beépítése során viszonylag „olcsó”, kisebb szilárdságú hőszigetelő anyagok használhatók a beépített tetőteret határoló szerkezetekben, ezért ez a hőszigetelési mód gazdaságosnak minősíthető. A szarufák között és alatt elhelyezett hőszigetelő réteg esetén a fa szerkezetek (a szarufák és az alsó síkjukon rögzített lécz, vagy zárlécz vázelemek) csak „pontonként” keresztezik egymást, így hőhíd-hatásuk nem számottevő. A hőszigetelés és a tetőhéjazat között szellőztetett légréteget kell kialakítani, mivel ez a szerkezet és a belső tér nyári hőterhelése, a szerkezeten átdiffundáló pára „elszállítása” és a határoló szerkezet hőátbocsátásának csökkentése szempontjából egyaránt előnyös és szükséges. A tetőhéjazat alatti alátét héjazat (mint másodlagos csapadékvíz szigetelés) elhelyezése kötelező! Még előnyösebb két szellőztetett légréteg kialakítása, amely szinte minden esetben lehetséges a másodlagos csapadékvíz szigetelésként funkcionáló alátét héjazat alatt és felett - viszonylag csekély többletköltség árán.

A tetőtérbeépítést határoló szerkezetek belső oldali burkolata a helyiségek funkciójától, a tűzvédelmi követelményektől és az esztétikai igényektől függően többféle lehet: pl. lécvázra rögzített építőlemezekből (leggyakrabban gipszkartonlemezekből), deszkázatra felhordott nádvakolatból, vagy fa- illetve kPVC sávelemekből („lambéria”) készülhet. A burkolat és a hőszigetelés között műanyag-fólia légzáró-párafékező réteget kell beépíteni.

A tetőtérbeépítést határoló szerkezetek belső felületkiegyenlítő rétegeként leggyakrabban vakolat vagy simítás, felületképzésként pedig festés vagy tapétázás készül.

A megoldások lényege, hogy a szarufák közé helyezett hőszigetelést a belső oldalon egy szerelt könnyűszerkezettel lezárják, vagy egy megfelelő aljzatra normál vakolatot készítenek belső felületképzésként. A szarufák jelentette hőhidak hatását, -a gondosabb esetekben-, a szarufák előtt vezetett 2-4 cm vastagságú többlet hőszigeteléssel szüntetik meg. A párafékezés szükségességét látszólag azzal cáfolhatnánk, hogy a szigetelés feletti szellőző légréteg úgy is elszállítja párát, így a párafékezésnek nincs jelentősége. Ez a vélekedés téves. A szellőző

légréteg teljesítménye néhány cm-es légréteg vastagságoknál korlátozott, hiszen a gravitációs nyomáskülönbség csak néhány Pa.

A tetőszerkezet alkotó faanyagok esetén a kondenzáció előtti "dunztos állapot" is igen kedvezőtlen. A szellőző légrésben a hossz mentén (a levegő áramlási irányában) a relatív páratartalom nő és a felső szakaszon tartósan elérheti a kritikus értéket is, függetlenül attól, hogy az átlagos érték még a megengedhető érték alatt van. A felső szinti helyiségekből a levegő a réseken át általában belülről kifelé mozog, így fennáll annak a kockázata, hogy a réseken, tömítetlenségeken át a levegővel együtt vízgőz is jut a szerkezetbe.

Figyelembe véve a fentieket, vastagabb hőszigetelő rétegek és jobban kiszellőztetett, bővebb légrétegek kialakítása célszerű [31],[32],[33].

3.1.2 Nyílászárók

Az üvegezett - transzparens - nyílászárók energiamérlege igen sok tényező függvénye. Az energiamérleg összetevői a transzmissziós hőveszteség, a sugárzási nyereség, a légcsera a működési és beépítési hézagokon át, a hőérzetre gyakorolt közvetlen hatások, illetve az ezek ellentételezésére szükséges energiaáramok, a természetes megvilágítás. A nyílászárók szerepe az épület egészének energiamérlegében természetesen függ a homlokzatok üvegezési arányától, az üvegezett felületek és az épület térfogatának arányától, a benapozási feltételektől, a nyílászárók beépítési és működési hézagainak hosszúságától valamint az épület és a környezet közötti nyomáskülönbségtől. Ez utóbbit számos építészeti és környezeti adottság határozza meg. Fontos szerepet játszhatnak a társított szerkezetek is.

Meglévő épületek esetében a homlokzatok tájolása és benapozottsága adottságnak tekinthető. Általában adottságnak tekintjük a homlokzatok üvegezési arányát is, ennek megváltozására (inkább csökkentésére) csak igen ritkán van igény. Így a hőtechnikai felújítást ezen adottságok mellett kell megoldani.

Az ablakok rekonstrukciós szempontból a hőszigetelés és/vagy a légzárás javításának, a téli sugárzási nyereség növelésének és a nyári sugárzási terhelés csökkentésének érdekében módosíthatók.

Minden helyiség, amelynek ablaka van, egy jól vagy kevésbé jól működő direkt passzív szoláris rendszer. A működés alapja az üvegház-hatás. A téli félévben a lehető legtöbb sugárzási energia begyűjtése és hasznosítása a cél. A hasznosításhoz az üvegezett felület és a helyiség hőtároló képessége közötti harmóniára van szükség.

A szokványos üvegezés hőátbocsátási tényezője nagyobb, mint a falé, ami a borús időszakokban vagy éjszaka nagy hőveszteséggel és az ezt fedező nagyteljesítményű, de csak ritkán kihasznált fűtési rendszer szükségességével jár.

A téli félév mellett a nyári feltételekről sem szabad megfeledkezni, amikor az alapvető feladat az, hogy a sugárzásos energiaáramnak a helyiségbe való bejutását megakadályozzuk. A közönséges, 3 mm vastag üveg a napsugárzás mintegy 85%-át engedi át. A kétszeres illetve háromszoros üvegezés, valamint a felületbevonatolással ellátott üvegezés áteresztőképessége és így a sugárzásos hőnyereség is kisebb. A rétegszám növelésével a hőátbocsátási tényező nagyobb mértékben csökken, mint a sugárzás áteresztő képesség.

A transzmissziós veszteségek és a sugárzási nyereségek együttes hatását az egyenértékű hőátbocsátási tényező fejezi ki.

Az ablakok transzmissziós vesztesége három összetevő eredője: az üvegezés, a keret, valamint az üvegezés és a keret összeépítésénél a távtartók miatti vonalmenti veszteségek összege. A piac számos olyan ablaktípust kínál, amelyek megadott profilokkal és üvegezéssel méretre szabottan, rendelés szerinti osztással készülnek. Az egyedi tervezésű ablakok hőátbocsátási tényezőjét esetenként számítani kell. Az üvegezés felülete alatt a sugárzást áteresztő szabad felület értendő.

Az ablak hőátbocsátási tényezője: $k = \frac{A_u \cdot k_u + A_k k_k + l_u k_l}{A_u + A_k}$, ahol k_u - az üvegezés hőátbocsátási

tényezője, k_k - a keret hőátbocsátási tényezője, k_l - vonalmenti hőátbocsátási tényező az üveg kerülete mentén, l_u - az üveg kerülete, A_u - az üveg felülete, A_k - a keret vetületi felülete.

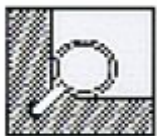
Az üveg kerülete mentén vonalmenti veszteséget akkor kell számításba venni, ha két üvegezés között távtartó van - egyszeres üvegezés esetén tehát ez a tag elhagyandó.

Az épület túlzott nyári felmelegedése esetén szóba jöhet a hővédő üvegezés alkalmazása vagy a meglévő üveg hővédő fóliával való ellátása. Ezzel a nyári hőterhelés csökkenthető, ugyanakkor számolni kell azzal, hogy a téli sugárzásos hőnyereség és a természetes világítás szintje is csökken, tehát ezeket csak akkor célszerű alkalmazni, ha ezen áll vagy bukik a mesterséges hűtés szükségszerűsége, egyébként télen is érvényesülő nyereség- és természetes világításcsökkentő hatásuk meglehetősen negatív lehet [31].

3.1.2.1 Légrés tömítése

Amennyiben az épület spontán filtrációs levegőforgalma meghaladja a szükséges légcsereszámot, az ablakok beépítési és működési hézagainak tömítésével érdemi eredmények érhetők el. A beavatkozás viszonylag egyszerű és nem érinti az épület arculatát.

Általában a nyílászárók beépítési és működési hézagai képezik az épületek légáteresztő réseinek túlnyomó többségét. A spontán filtrációs légforgalom csökkentésének fontos eszköze lehet ezek utólagos tömítése. A beépítési hézagok tömítése viszonylag megbízhatóan oldható meg, például helyszínen habosodó poliuretánnal. Nehezebb a működési hézagok utólagos tömítése: a rugalmas tömítőanyagok rugalmasságukat, a felragasztott tömítőprofilok



7. ábra Légrés tömítés alkalmazási mechanizmusa [36]

tapadásukat egy idő után elveszítik. Hangsúlyozandó, hogy a homlokzati nyílászárók légáteresztésének csökkentésével a szellőzési veszteségek nem csökkenthetők minden határon túl. Az élettani, komfort vagy biztonsági szempontból szükséges légcserét mindenképpen fenn kell tartani. Lényeges különbség van azonban a pillanatnyi időjárási helyzethez, szennyező-anyag terhelésekhez és igényekhez igazodó szabályozott ablakszellőztetés vagy más szellőztetés és a spontán módon, véletlenszerűen alakuló filtrációs levegőforgalom között. Az utóbbihoz nehéz a fűtőteljesítmény szabályozását igazítani, ez vagy egyes helyiségek alul-fűtésével és hőérzeti panaszokkal, vagy a helyiségek jelentős részének túlfűtésével jár [31],[36].

3.1.2.2 Meglévő üvegezés bevonatolása

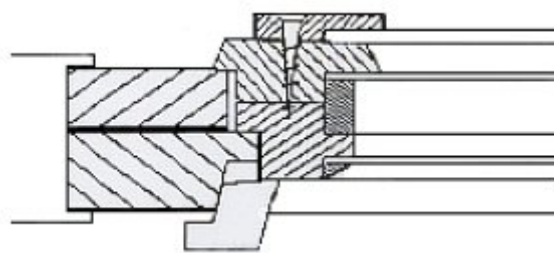
Az üvegezést illetően alapvető kérdés a rétegek száma. A hőátbocsátási tényező elsősorban a légréteg vastagságától és függőleges méretétől függ. A hőátbocsátási tényező a két üvegtábla közötti tér nemesgázzal való feltöltése, valamint az üveg felületének speciális, kis emissziós tényezőjű bevonatolása révén javítható: kétrétegű üvegezés esetében az előző technikákkal $k=1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ is elérhető. Külön hangsúlyozandó, hogy a kis emissziós tényezőjű felületbevonatolás elsősorban az üvegezés által a hosszuhullámú infravörös tartományban kisugárzott energiaáram, azaz a hőveszteség csökkentését célozza. Nem tévesztendő össze azokkal a hővédő bevonatokkal és egyéb technikákkal, amelyek az üvegezésen át a helyiségbe bejutó sugárzás, azaz a nyári hőterhelés csökkentésére szolgálnak, még akkor sem, ha a sugárzásátbocsátó-képességet némileg csökkentik [31].

3.1.2.3 Új üvegréteg hozzáépítése

A hőveszteség radikális csökkentése az üvegezés módosításával vagy további réteg beépítésével lehetséges. Ez egy megfontolandó döntés, hiszen fel kell tételezni a meglévő tok- és szárny szerkezetek jó állapotát, kielégítő várható fizikai élettartamát.

Az ilyen rekonstrukcióval az épület eredeti arculata megőrizhető. Új üvegtáblák célszerűen vendég-szárnyak révén adhatók a meglévő ablakokhoz. Ez a megoldás mindenképpen szükséges, ha az eredeti üvegezés egyszeres volt. Kétszeres eredeti üvegezés esetén elsősorban akkor ésszerű, ha a meglévő ablakszerkezet állapota, várható fizikai élettartama kielégítő, az ablak aránylag nagy-méretű, keretaránya aránylag kicsi és az ablak összes hőveszteségéből viszonylag kevés a kereté.

A hozzáadott üvegtábla a hőszigetelés radikális javulását, a sugárzási nyereség csekély mérvű csökkentését eredményezi, a végső mérleg a fűtési energiaigény szempontjából kedvező. A téli hőérzeti feltételek is lényegesen javulnak a magasabb belső felületi hőmérséklet miatt [31],[36].



8. ábra Harmadik üvegréteg alkalmazásának elve [36]

3.1.2.4 Az ablak cseréje

A nyílászárók cseréjének során olyan új nyílászáró kerülhet beépítésre, melyek a legújabb technológiák révén készültek, és gyárilag biztosíthatják mindazokat a tulajdonságokat, melyeket meglévő nyílászárókon utólag létesíthetünk. Ezen tulajdonságok lehetnek az acél merevítésű műanyag tok, hővédő bevonat, többszörös üvegezés, megfelelő légzárás, stb. Az újonnan beépíthető nyílászárók hőátbocsátási tényezője $k=1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, melyet még lehet javítani tükröződő felület és/vagy hőhidmentes merevítés alkalmazásával [31].

3.1.2.5 Társított szerkezet alkalmazása

Az ablakok hővesztesége csökkenthető mozgatható társított szerkezetek alkalmazásával vagy - ha ilyenek eredetileg is voltak - minőségi cseréjével. A megfelelő társított szerkezet kiválasztásával az épület eredeti jellegének megőrzése éppúgy lehetséges, mint markáns módosítása. Minél rosszabb az eredeti nyílászárók minősége, annál jelentősebb a társított szerkezetekkel elérhető eredmény.

A hőveszteség kérdése mellett a társított szerkezeteknek a téli és nyári hőérzetre gyakorolt kedvező hatását is célszerű figyelembe venni.

Ha a nyílászárók sugárzásáteresztő-képessége és a helyiség hőtároló-képességének aránya megfelelő, akkor az épület direkt rendszerként jól működik, ebben az esetben tehát ne alkalmazzunk olyan megoldást, amely a nyílászárók áteresztőképességét csökkenti. Társított szerkezetek felszerelésével vagy cseréjével a nyílászárók éjszakai hővesztesége és a nyári túlzott felmelegedés kockázata csökkenthető, az épület defenzív tulajdonságai javíthatók.

Minden szempontból kedvező eredményeket lehet elérni társított szerkezetek alkalmazásával vagy a meglévők jobbakra cserélésével. A társított szerkezetek megfelelő használatával az éjszakai órákban a hőátbocsátási tényező jelentősen csökkenthető - minél nagyobb az ablak hőátbocsátási tényezője, viszonylagosan annál jelentősebb a társított szerkezet hatása. Az ablak és a csukott társított szerkezet kombinációját jellemző hőátbocsátási tényező:

$$k = \frac{1}{1/k_a + \Delta R}, \text{ ahol } k_a - \text{ az ablak hőátadási tényezője, } \Delta R - \text{ a társított szerkezet miatti}$$

hőátbocsátási ellenállás-növekmény.

A hőátbocsátási ellenállás növekménye függ a társított szerkezet saját hővezetési ellenállásától, a társított szerkezet és az ablak között kialakuló légréteg egyenértékű hővezetési ellenállásától, valamint e légréteg "zártságától", azaz a társított szerkezet légáteresztési ellenállásától. Nagy légáteresztésű társított szerkezetre: $\Delta R = 0.05$, közepes légáteresztésű társított szerkezetre: $\Delta R = 0.45 \cdot R_t + 0.11$, kis légáteresztésű társított szerkezetre: $\Delta R = 0.8 \cdot R_t + 0.12$, ahol R_t - a társított szerkezet "saját" hővezetési ellenállása (pl. adott vastagságú fáé).

Társított szerkezetek ΔR értéke	R _t m ² k/W	R	
		átlagos	kis
		légáteresztés esetén	
Alumínium redőny	0,01	0,11	0,13
Fa - műanyag redőny	0,1	0,15	0,2
Habbal kitöltött műanyag redőny	0,15	0,17	0,24
Spaletta, 20mm vastag fa	0,2	0,17	0,28
Spaletta hőszigetelő betéttel	0,5	0,33	0,52

2. Táblázat Társított szerkezetek ΔR értéke [31]

A mozgatható hőszigetelő-árnyékoló szerkezetek a hőveszteség csökkentése, a téli sugárzási nyereség hasznosítása és mind a téli, mind a nyári hőérzeti feltételek javítása szempontjából egyaránt fontos szerepet játszanak. Hatásuk érvényesüléséhez azonban vagy helyes, tudatos működtetés, vagy magas szintű automatizálás szükséges.

Az árnyékolás szempontjából a külső elhelyezésű szerkezetek a hatékonyabbak. Ezek javíthatják, "feldobhatják" az épület külső megjelenését, de természetesen alkalmazásuknak gátat szabhat az, ha az épület eredeti arculatának megőrzése kívánatos [31].

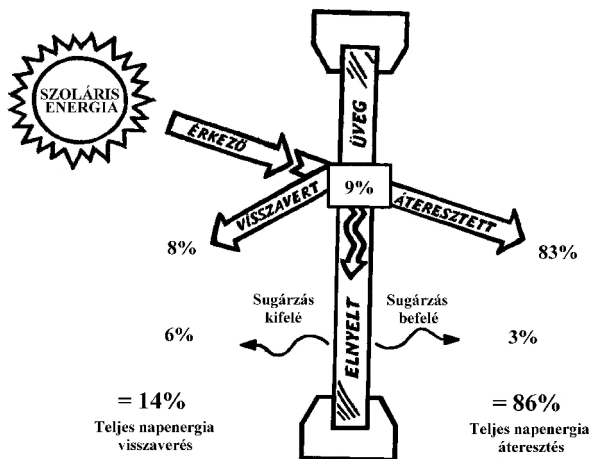
3.1.2.6 Nyílászáróüveg-fóliák

A fóliával ellátott nyílászáróüveg alkalmazásával megnövelhető a belső komfortérzet, csökkenthető az energiaköltség.

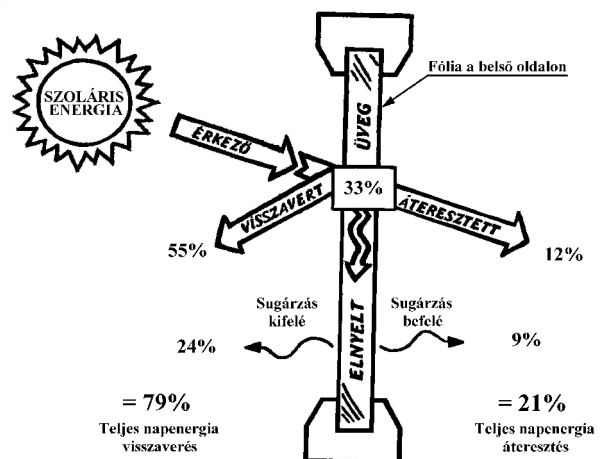
- Síküveg-fóliák: különböző fémszört, alumíniumszört, UV-kezelt és kémiaileg színezett poliészterrétegek különleges ragasztóval összelaminált kombinációja, mely betörés-, hő-, betekintés-, UV-, és fényvédelmet nyújt.
- Tükröző fóliák: A nap ellen védő, tükröződő fóliák kiszűrik a nap káros hőhatását és vakító sugarait, a fényt és a világosságot azonban beengedik. Ezáltal az épületet hűvösebbé teszik, csökkentve a belső hőmérsékletet, a napsugárzás vakító hatását. A típustól függően a beérkező fény kiszűrése 12-93% között mozog, az UV-védelem pedig 99,9%-os.

A szoláris teljesítmény összehasonlítása

1) Normál üveg (fólia nélkül)



2) Normál üveg + reflektív fólia



9. ábra Üvegfóliák hő és fényáteresztése [34]

- Nem tükröződő fóliák: ezen fóliák tükröződés nélkül képesek a hő- és fényvédelemre, de hatásfokuk némileg rosszabb, mint a tükröződő fóliáké.
- Biztonsági fóliák: Az ablak belső felületére erősített fólia lényegesen javít a meglévő síküveg minőségén, növelve a szilárdságát, minek következtében fokozza a biztonságot [34].

3.1.3 Szoláris nyereség

Az épületek energetikai tulajdonságainak jobbítása nemcsak a veszteségáramok csökkentése, hanem a nyereségáramok növelése és azok hasznosítási fokának javítása révén is lehetséges. Ez az út természetesen csak akkor követhető, ha az épületnek jól tájolt, kellően benapozott homlokzata(i) van(nak).

A nyereségáramok növelése, hasznosítási fokának javítása társított, mozgatható hőszigetelő-árnyékoló szerkezetek alkalmazásával; külső falszerkezetek átalakításával tömegfallá, Trombe-fallá; külső falszerkezetek transzparens hőszigetelésével; csatlakozó üvegházak építésével, illetve meglévő loggiák, udvarok beüvegezésével lehetséges.

Valamennyi beavatkozás többé-kevésbé megváltoztatja az épület külső megjelenését, karakterét, e változtatás lehetősége, illetve a változtatás iránti igény tehát szintén feltétele a felsorolt megoldások alkalmazhatóságának.

A szóba jöhető rendszerekben általában a következő fizikai folyamatok játszódnak le:

- a sugárzás egy része átjut valamilyen transzparens rétegen,

- elnyelődik egy opaque felületen,
- vezetéssel átjut egy tömör szerkezeten és/vagy
- levegő közvetítésével, szabadáramlás révén a fűtendő térbe vagy valamilyen hőtároló szerkezethez jut.

Az azonos működési elv teljesen különböző építészeti megoldásokkal, szerkezetekkel, terekkel valósítható meg, hiszen például a transzparens réteg lehet az elnyelő felületre közvetlenül ráhelyezett transzparensszigetelés, a tömör fal előtt elhelyezett üvegezés, köztesen annyi hellyel, amely a takarításhoz, a mobil hőszigetelés-árnyékolás működéséhez kell, avagy annyi hellyel, amely az év jó részében, mesterséges fűtés nélkül lakótérként használható. A tárolást és a hőleadást illetően lehet elsődleges szempont az "azonnali, helyben való" elnyelés és tárolás (majd később vezetéssel való továbbítás), az azonnali (levegővel, konvektív módon történő) továbbítás és mindezek kombinációja is [31].

3.1.3.1 Társított szerkezetek

A társított, mozgatható hőszigetelő-árnyékoló szerkezetek alkalmazása az épület defenzív és szoláris tulajdonságait egyaránt javítja. Érdemi hőszigetelő hatással is bíró társított szerkezetet - a nehezebb textilfüggönytől a spalettáig - tehát akkor is célszerű alkalmazni, ha az épület és/vagy környezetének adottságai a szoláris energia hasznosítása szempontjából nem kifejezetten jók. Mindenképpen előnyösek a társított szerkezetek a nyári hőérzeti feltételek szempontjából, egyes típusok pedig a vagyonvédelem, a környezeti zajok elleni védekezés szempontjából is előnyösek.

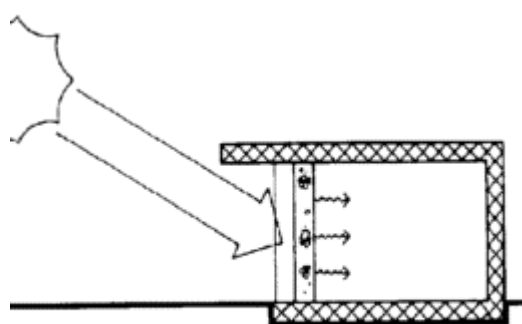
A társított szerkezetek hatását az ablakok energiamérlegére az egyenértékű hőátbocsátási tényező tükrözi [31].

A kiegészítő szerkezetek hatása a /transzmissziós/ hőátbocsátási tényezőre					
k [W/m ²]	ablak	ablak+ függöny	ablak+ redőny	ablak+ redőny+ függöny	ablak+ hőszigetelő zsalu
Kétszeres üvegezés	3,0	2,2	1,9	1,5	0,5
Kettős üvegezés	2,8	2,1	1,82	1,45	0,49
Háromszoros üvegezés	2,2	1,74	1,74	1,27	0,47
Különleges üvegezés	1,8	1,48	1,48	1,13	0,45

3. Táblázat Kiegészítő szerkezetek hatása a hőátbocsátási tényezőre [31]

3.1.3.2 Külső falszerkezetek átalakítása tömegfallá, Trombe fallá.

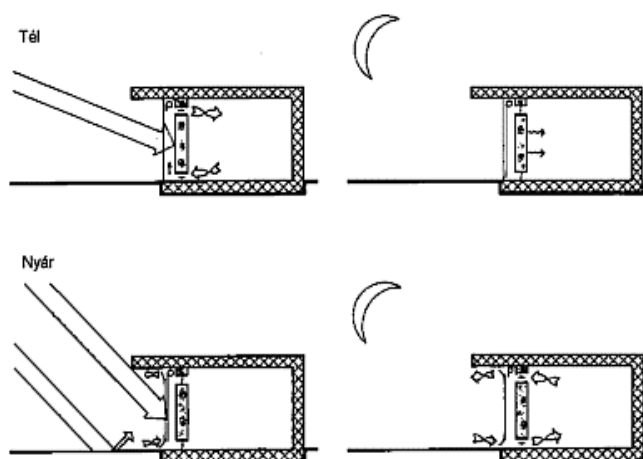
A meglévő külső falak elé épített üvegezéssel energiagyűjtő és tároló szerkezeti elemeket alakíthatunk ki. Ezek szerkezetileg egy masszív külső falból ("tömegfal") és az eléépített üvegezésből állnak. Ezt mozgatható árnyékoló-szerkezet, valamint Trombe falak esetében a tömegfalban kialakított, nyitható-zárható szellőzőnyílások egészítik ki.



10. ábra Trombe-fal [31]

A tömegfal külső felületét nagy elnyelő-képességű, "sötét" színezéssel, felületképzéssel látják el. Itt történik a sugárzásos hőterhelés elnyelése, amelyet a nagy tömegű fal tárol és késleltetéssel a helyiségbe juttat.

A fal külső rétegeiben maradt tárolt hőnek a "leamosása" a tömegfalon átmenő szellőző járatok nyitásával, természetes légközréssel valósítható meg. (E szellőző-nyílások nélkül tömegfalról, ezekkel együtt Trombe-falról beszélünk.) Az árnyékolók télen éjszaka a kihűlés, nyáron napközben a túlzott felmelegedés ellen védenek, ez utóbbi célt szolgálhatják az üvegezés szellőző-szárnyai is.



11. ábra Trombe-fal működési mechanizmusa [31]

A meglévő falat illetően a nehéz, nagy hőátbocsátási tényezőjű (tömör téglá, kő, beton) szerkezetek esetében lehet látványosabb javulást elérni. A javulás nagyobb mérvű akkor, ha kettős üvegezést és mozgatható hőszigetelő árnyékoló szerkezetet alkalmazunk. Kevésbé hatásos az átalakítás korszerű falazóelemekből épített falak esetében és értelmét veszti, ha a falnak külön hőszigetelő rétege is van. A meglévő fal átalakítása javítja a hőszigetelő képességet. Egyszeres üvegezés alkalmazása esetén a hőátbocsátási ellenállás növekménye mobil hőszigetelő-árnyékoló nélkül mintegy $0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$, társított szerkezettel a nyitott és a csukott állapot időbeli átlagaként kb. $0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$. A kétrétegű üvegezéssel elérhető ellenállás-növekmény $0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$, társított szerkezet használatával mintegy $0,40 \text{ m}^2\text{K/W}$. A hőszigetelő-képesség javulása aránylag szerény mértékű. Ezért csak szerény csökkenésre

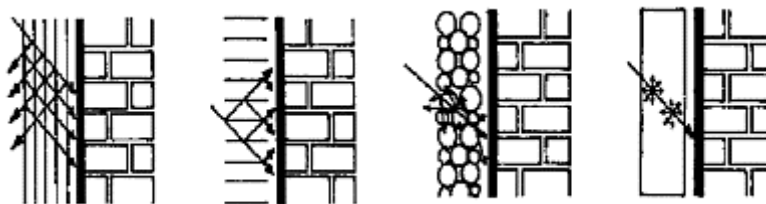
számíthatunk a beépítendő fűtőteljesítmény, a fűtési csúcsigény tekintetében. Lényegesen kedvezőbb a kép azonban akkor, ha a szerkezet energiamérlegét a teljes fűtési idényre vonatkoztatva vizsgáljuk. A napsütéses órák folyamán begyűjtött nyereség ugyanis számottevően csökkenti a szerkezet éves hőveszteségét, sőt kedvező esetben a fűtési idényre vonatkozó nyereségek meg is haladhatják a veszteségeket [31].

3.1.3.3 *Transzparens hőszigetelések*

A transzparens hőszigetelés egyesíti a defenzív és a szoláris jellegű beavatkozások előnyeit. A transzparens (átlátszó) hőszigetelések lényege az, hogy a külső falak külső síkját a napsugárzást többé-kevésbé átteresztő hőszigeteléssel burkoljuk. Ez többnyire a fal síkjára merőleges, néhány mm átmérőjű sejtekből álló struktúrájú, de állhat a fal síkjával párhuzamos fóliákból, granulátumból vagy szálal anyagból is. Ezt kívülről az időjárás hatására üveg fed. A beeső sugárzási energia nagyrészenek elnyelése a hőszigetelés mögött, a fal síkján történik. Ezt a síkot a környezettől a hőszigetelő réteg választja el, az elnyelt energia nagy része a kis ellenállású, nagy tárolókapacitású falba hatol be. A hőszigetelés és a fal érintkezési síkján olyan magas hőmérséklet alakul ki, hogy a helyiségnek a szerkezeten keresztül gyakran hőnyeresége van, de még borúsabb időben is a hőveszteségek lényegesen csökkennek.

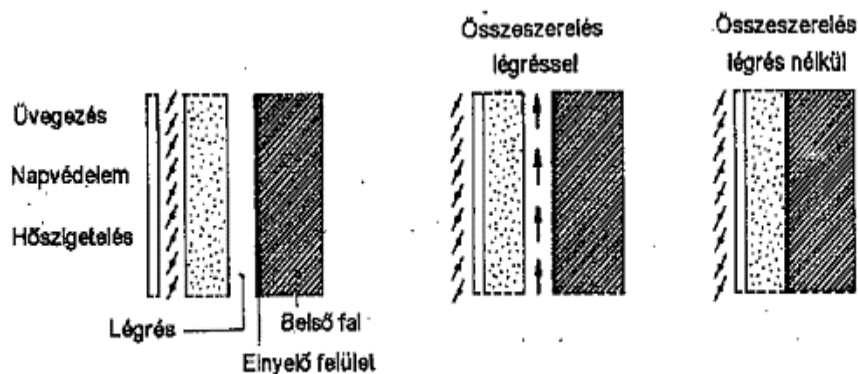
A legfontosabb technikai problémát éppen az előbb leírt folyamat jelenti - az anyagok károsodását (és a helyiség túlzott felmelegedését) megelőzendő ugyanis a külső felületet nyáron védeni kell a sugárzástól. Ez árnyékolással, hőhatásra elsötétedő különleges (termotróp) üvegezéssel lehetséges.

A transzparens hőszigetelések üvegborítása lényeges módosulást eredményezhet az épület arculatában. Az új fejlesztésű áttetsző vakolatokkal a hagyományoshoz hasonló felületképzést kapunk.



12. ábra Transzparens szigetelés fajtái [31]

A transzparens hőszigetelés a falra ragasztható vagy a fal előtt légréssel szerelhető. A mozgatható árnyékoló a külső oldalon vagy az üvegezés és szigetelés között helyezhető el [31].



13. ábra Transzparens hőszigetelés árnyékoló szerkezettel [31]

3.1.3.4 Napterek

Naptereknek nevezzük azokat a tereket, amelyeknek

- legalább egy (gyakorta több, jellemzően nagy) transzparens külső szerkezete van,
- az anyaépülettel közvetlen kapcsolatban vannak,
- mesterséges fűtésük nincs.

A napterek többféleképpen befolyásolják az épület energiamérlegét, melynek főbb összetevői: a pufferhatás, a konvektív energiaáramok (a szellőző levegő előmelegítése), a sugárzási nyereség és a hőtárolás.

A pufferhatást vizsgálva az épület energiafogyasztása szempontjából az a legkedvezőbb, ha:

- az épület határolásának minél nagyobb felületét olyan pufferzónával takarjuk be, amelynek külső határolása kicsiny felületű (azaz hosszú, de nem mély naptérrel);
- ha mindenhol kettős üvegezés van;
- ha mindenhol van mobil kiegészítő szerkezet.

Az általános összefüggések mellett megemlítendő még, hogy a naptér által védett homlokzaton a hőátadási tényező kisebb, a csapóeső kedvezőtlen állagvédelmi és energetikai hatása nem érvényesül.

Ott alakul ki nagyobb hőmérsékletesés, ahol a határolás ellenállása nagyobb. Az utóbbi a felület és a hőátadási tényező függvénye.

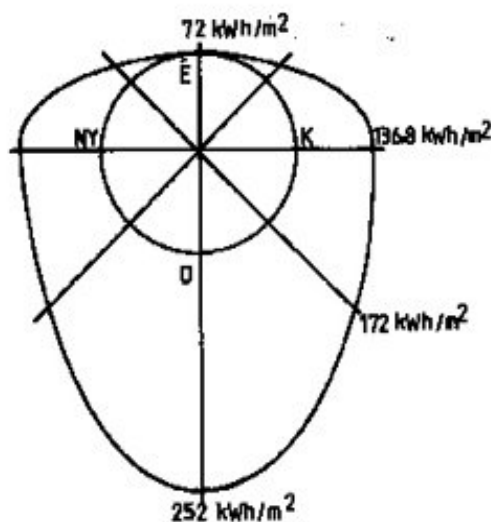
A konvektív áramok a zárt nyílászárók résein spontán módon kialakuló filtráció vagy az épület használói által tudatosan foganatosított szellőztetés intenzitásától és irányától függenek. A szellőztetés hőigénye elvileg abban különbözik az energiaforgalom más összetevőitől, hogy a légcseré egy bizonyos alsó határérték alá (állagvédelmi, higiénés, biztonsági okokból) nem csökkenthető. Feltételezvé, hogy a légcseré a szükséges értékű.

Az épület légcseréje - mind a beáramlás, mind a kiáramlás - a naptér megkerülésével (más homlokzatokon) játszódik le. A friss levegőt tehát az épületben kell felfűteni. A naptér és a környezet között légcseré nincs. A naptér és az épület közötti légcseré a hőmérséklet-

különbségtől függően alakul, egyaránt eredményezhet az épületből a naptérbe vagy a naptérből az épületbe irányuló energiaáramot aszerint, hogy melyik a melegebb oldal.

A sugárzási energiaáramok a mérleg legösszetettebb tagját képezik. Először is azt kell leszögezni, hogy a naptér miatt a mögöttes helyiségek közvetlen (direkt) nyeresége csökken, ezt azonban egyéb hatások ellentételezhetik. Nyilvánvaló, hogy a naptérbe annál több sugárzás jut, minél nagyobb és minél áteresztőbb üvegezett felülete van. Ebből a szempontból tehát egy egyrétegű fémvázás szerkezet volna a legjobb, amely azonban a transzmissziós áramok, a hőhidak, a kondenzáció szempontjából a legrosszabb. A vastagabb szelvényekkel készülő faanyagú vázszerkezet is és a kettős üvegezés is az áteresztett sugárzási hányadot csökkenti, a pufferhatást azonban lényegesen javítja, a hőhidakkal, a kondenzációval kapcsolatos gondokat jelentősen mérsékli. A mögöttes térbe bejutó direkt nyereség nagyságát befolyásolja a naptér és az épület közötti határoláson levő nyílászárók mérete, üvegezése, keretszerkezete. A direkt nyereség nagyobb, ha itt nagy felületű és áteresztő-képességű üvegezés van - ezzel azonban az épületből a naptérbe irányuló transzmissziós veszteségek is nőnek.

A napterek tájolását illetően nyilvánvaló, hogy a délihez minél közelebbi irányok a kedvezőek. A különböző tájolásokhoz tartozó sugárzásösszegeket (a november 1.-március 31. közötti időszakra) az ábra mutatja. Az adatok értékelésekor vegyük figyelembe, hogy a téli hónapokban a diffúz sugárzás az össz sugárzásnak aránylag nagyobb hányadát teszi ki, ami mérsékli a különböző irányok közötti különbséget.



14. ábra Tájolások napsugárzás összegei [31]

A napterek tájolása természetesen számos körülménytől függ (telekosztás, utcavonal, alaprajz, környező beépítés árnyékoló hatása), így sok esetben nincs mód a déli tájolás megvalósítására. Ha a déli szektoron kívül eső tájra kényszerülünk, akkor elsősorban a pufferhatás jó kihasználására célszerű törekedni.

A naptér tetőzetének tekintetében, a sugárzásos nyereség szempontjából télen az üvegezett szerkezet előnyösebb. Ugyanez nyáron viszont a túlzott felmelegedés veszélyével jár. Ha átlátszatlan tetőszerkezet készül (vagy azért, mert a biztonságos üvegezés drága, vagy azért, mert a tetőn aktív szoláris rendszer kollektorait helyezük el), annak transzmissziós

vesztesége kisebb, ugyanakkor a naptér mélysége erősen korlátozottá válik, hiszen a túl mély előtető a természetes világítás és a mögöttes helyiség direkt nyeresége szempontjából hátrány. Ezt a korlátozást csökkenti a naptér belmagasságának növelése. A nagy belmagasság egyéb szempontból is előnyösnek tűnik: nagyobb az épület védett homlokzati felülete, nagyobb felületen jut be sugárzás a naptérbe.

A nyári félévet illetően természetesen a hőérzeti igényeket kell figyelembe vennünk, függetlenül attól, hogy a téli félév tekintetében melyik szempontnak adtunk elsőbbséget. Ezek kielégítéséhez a következők szükségesek:

- árnyékolás a naptér külső határolásán;
- intenzív szellőztetés a naptér és a környezet között (például a kürtőhatás kihasználásával a tetősík közelében levő szellőzőnyílással);
- az épület intenzív szellőztetése olyan beáramlási útvonalon, amely nem halad át a naptéren.

Napterek utólagos hozzáépítésére vagy kialakítására számos lehetőség nyílik. Családi vagy sorházak esetében a hozzáépítés viszonylag egyszerűbben oldható meg. Az egyedi tervezésű napterek mellett modulrendszerű, előre gyártott elemekből házilagosan is összeállítható változatok is léteznek. Napterek utólagos kialakítására kézenfekvő lehetőség a meglévő loggiák, erkélyek beüvegezése. A többszintes épületek lakásai általában aránylag kicsiny homlokzati szakaszhoz csatlakoznak. Ha ehhez még napteret illesztünk, akkor bizonyos alapvető funkcionális és energetikai problémákat is meg kell oldanunk. Nevezetesen az a mélység, ameddig a közvetlen napsugárzás és természetes világítás jól érvényesül durván kétszerese a belmagasságnak. Ez azt jelenti, hogy

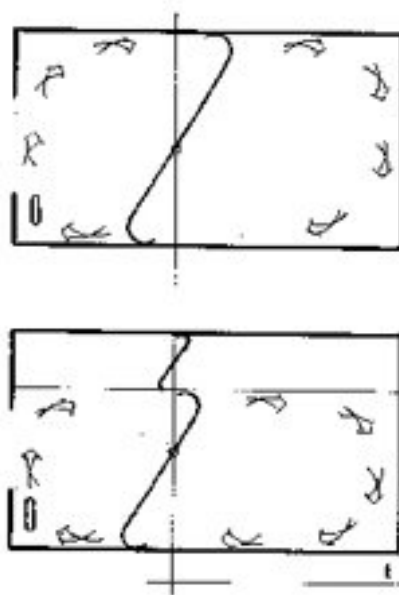
- vagy olyan kis mélységű napteret alakítunk ki, amely lakótér-bővültként meglehetősen csökkent értékű (de a mögöttes lakószoba benapozása, természetes világítása jó marad, és persze a naptér kedvező energetikai hatása érvényesül,
- vagy nagyobb mélységű, lakótér-bővültként is jól funkcionáló napteret alakítunk ki a mögöttes szoba benapozásának, természetes világításának rovására [31].

3.1.4 Téralakítás

Adott esetben igény lehet arra, hogy egy meglévő épülethez fűtetlen toldalékot (például garázst) vagy a korábbi lapostető fölé magastetőt építsenek. Az így kialakult fűtetlen terek, padlások - pufferzónák - az eredeti épület hőveszteségét csökkentik. Ha a szellőző levegő a pufferzónán keresztül jut az épületbe, akkor ott előmelegedik és az épület szellőzési hőigénye csökken. További előnyként jelentkezik, hogy az eredeti határolószerkezet mentesül a szél és a csapóeső hatásától, a rövid ideig tartó szélsőséges időjárási hatásokat pedig a pufferzóna jelentősen csillapítja és késlelteti.

A helyiségekben a levegő a hőmérsékletnek megfelelően rétegződik és a fűtőtest típusától, elhelyezésétől függő áramkép és hőmérséklet-eloszlás alakul ki.

A helyiség lakói, használói szempontjából természetesen az az érdekes, hogy a tartózkodási zónában milyen a hőmérséklet. Ez azt jelenti, hogy a jellemző hőmérséklet-eloszlások mellett egy helyiséget annál inkább túl kell fűteni, minél magasabb, annak érdekében, hogy a tartózkodási zónában a hőérzet megfelelő legyen. A tér felső része így akár két-három fokkal is melegebb, ami felesleges többletvesztést okoz.



15. ábra Helyiség áramképe és hőmérséklet eloszlása [31]

Ez csökkenthető akkor, ha a megfelelő magasságban álmennyezetet alakítunk ki. Az álmennyezeti térben is gyakorlatilag a helyiség-hőmérséklet alakul ki, az álmennyezeti tér és a környezet közötti falon továbbra is lesz hővesztés. Megtakarítás abból adódik, hogy az alacsonyabb helyiségben a tartózkodási zóna ugyanolyan hőmérsékletének biztosításához a helyiséget elegendő kisebb (a magasság szerint átlagolt) hőmérsékletre fűteni.

A meglévő terek részekre tagolásának egyik változata elsősorban a nagy szellőzési veszteségű épületekben ígér jó eredményt. Bejárati szélfogók kialakításával, az egyes szinteket vagy folyosókat zsilipelő ajtók beépítésével (azaz néhány és nem valamennyi nyílászárót érintő beavatkozással) az épület spontán filtrációs légforgalma jelentősen mérsékelhető (és a zsilipelés tűzvédelmi szempontból is előnyös lehet) [31].

3.1.5 Szellőzés

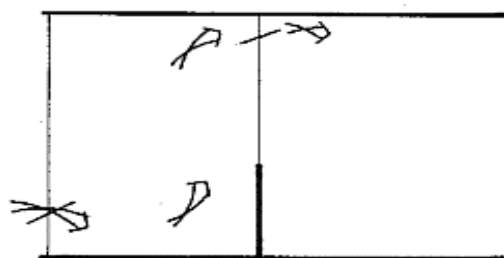
A többszintes, középmagas, zárt lépcsőházas épületekben (ahol a nagyobb kubatúra, a kisebb felület - térfogat arány miatt amúgy is jelentős a szellőzési veszteség részaránya) figyelemreméltó energia-megtakarítás érhető el a spontán filtrációs levegőforgalom csökkentésével oly módon, hogy - ha ezt az alaprajz lehetővé teszi - a lépcsőházat szintenként zsilipeljük. Abban az esetben, ha a homlokzati nyílászárók légáteresztése kicsiny -vagy a felújítás során csökkenteni akarjuk- a lépcsőház zsilipelése azért fontos, mert így a környezet lépcsőház lakás áramút ellenállását is megnöveljük. Így az infiltráció a lépcsőház irányából csökken, a homlokzat irányából megnő, azaz a lakószobák átöblítése jobb lesz. Mérséklődik az a jelenség, hogy a lépcsőházból a lakásba áramló levegő azonnal a vizes helyiségek elszívó

kürtőíhez jut és "dolga végezetlenül" távozik. A zsilipeléssel mind a lakások, mind a lépcsőház feleslegesen nagy spontán filtrációs légcsereje csökkenthető.

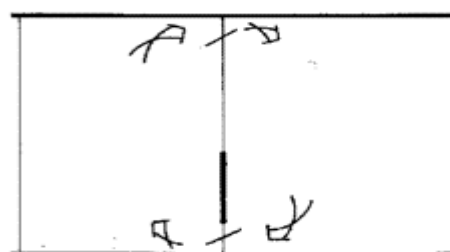
A szellőző levegő előmelegítésére lehetőség van a pufferezónákban, napterekben. A pufferezónák egyik fontos energetikai hatása a szellőző levegő előmelegítése lehet, amennyiben az épület szellőzési áramútjait úgy szervezzük, hogy a friss levegő a pufferezónákon keresztül jusson az épületbe. A jelentős mértékű előmelegítésére elsősorban akkor számíthatunk, ha a levegőt naptereken keresztül vezetjük az épületbe. Ha azt akarjuk, hogy a friss levegő belépése a pufferezónán keresztül történjék, akkor

- a pufferezónán keresztül vezető áramút ellenállásának kisebbnek kell lennie, mint az épületbe vezető egyéb áramutakénak,
- a levegő távozását az épület belsejéből indított kürtőkön vagy az átellenes homlokzat nyílászáróin keresztül kell biztosítani.

Ezen áramút biztosítása végett egyrészt a pufferezóna és a környezet között, másrészt a pufferezóna és az épület között szabályozható szellőzőnyílásokat kell kialakítani. Ezeket egymáshoz viszonyítva úgy kell elhelyezni, hogy közöttük rövidzár ne alakuljon ki, a környezetből a pufferezónába belépő friss levegő lehetőleg jól öblítse át a pufferezónát. A pufferezónából az épületbe lehetőleg a pufferezóna legmelegebb részéből kell bevezetni a levegőt - természetes légmozgás esetén a pufferezóna mennyezete alól.



16. ábra Szellőző levegő vezetése a puffertéren át nyáron [31]



17. ábra Szellőző levegő vezetése a puffertéren át télen [31]

Nagy közönségforgalmú épületek esetében a szellőzési veszteséget csökkentő beavatkozás a hidraulikus ajtóbehúzó szerkezetek felszerelése, forgóajtók beépítése, távérzékelős nyitócsukó automatikák alkalmazása [31].

3.1.6 Hőszigetelés okozta változás a határhőmérsékletben

Egy épület fűtésének energiamérlege: $Q_i + Q_{hh} + Q_{sz} + Q_s + Q_b + Q_G = 0$

- a transzmissziós hőveszteség: $Q_i = \sum A \cdot k_r (t_i - t_e)$, ahol A - a felület [m^2]; k_r - a rétegtervi hőátbocsátási tényező [W/m^2K]; t_i , t_e - a mértékadó belső és külső léghőmérsékletek [$^{\circ}C$]

- a hőhidak okozta hőveszteség: $Q_{hh} = \sum l \cdot k_l (t_i - t_e)$, ahol l - a csatlakozási élhossz [m]; k_l - a vonalmenti hőátbocsátási tényező [W/mK]
- a szellőzési hőigény: $Q_{sz} = \rho \cdot c \cdot n \cdot V \cdot (t_i - t_e)$, ahol ρ - levegő sűrűsége [kg/m³]; c - a levegő fajhője [J/kgK]; n - a helyiség légcsereszám [1/h]; V - a helyiség térfogata [m³]
- a sugárzási hőnyereség: $Q_s = \sum A_t \cdot I \cdot N$, ahol A_t - a transzparens szerkezetek felülete [m²]; I - a sugárzás intenzitása [W/m²]; N - naptényező
- a belső hőterhelés: a nem fűtési célú forrásokból származó Q_b energiaáram [W]
- az épületgépészeti rendszerek teljesítménye: Q_G [W]

A tervezés célja, hogy a Q_G értéket, azaz a beruházási és üzemeltetési költséget igénylő, fosszilis tüzelőanyag fogyasztó, a környezetet szennyező gépészeti rendszer szükséges teljesítményét a minimálisra csökkentse.

Fűtési határhőmérséklet az a külső hőmérséklet, melynél az épület hőnyereségei egyenlők az épület hőveszteségeivel:

$$t_h = t_i - \frac{Q_s - Q_b}{\sum A \cdot k_r + \sum l \cdot k_l + \rho \cdot c \cdot n \cdot V}$$

Fűtési energiafelhasználás:

- Épület veszteségtényezője: $K = \sum A_f \cdot k_f + \sum A_0 \cdot k_0 + \sum A_t \cdot k_t + \sum l \cdot k_l + \rho \cdot c \cdot n \cdot V$, mely másként

felírva:
$$K = k_f \sum A_f \cdot (1 + C_1); \text{ ahol } C_1 = \frac{\sum A_0 \cdot k_0 + \sum A_t \cdot k_t + \sum l \cdot k_l + \rho \cdot c \cdot n \cdot V}{\sum A_f \cdot k_f},$$

melyekben A_f , A_0 , A_t - a külső fal, az opaque és transzparens felületek [m²]; k_f , k_0 , k_t - a külső fal, az opaque és a transzparens felület hőátbocsátási tényezői [W/m²K].

- Az épület hőszigetelést követő új veszteségtényezője: $K' = k_f \sum A_f \cdot \left(\frac{\lambda}{\delta \cdot k_f + \lambda} + C_1 \right)$, ahol

λ - a hőszigetelő anyag hővezetési tényezője [W/mK]; δ - a hőszigetelő anyag vastagsága [m]

- A fűtési határhőmérséklet új értéke: $t'_h = t_i - \frac{(1 + C_1)(t_i - t_h)}{\frac{\lambda}{\delta \cdot k_f + \lambda} + C_1}$, ahol t_h - az épület eredeti határhőmérséklete [°C] [35].

3.2 Épületgépészeti rendszereken alkalmazható beavatkozások

A fűtési rendszerek korszerűsítése történhet utólagos hőszigetelés nélkül, viszont utólagos hőszigetelés esetén minden esetben szükséges a fűtési rendszert megvizsgálni és az új viszonyokhoz alakítani.

Fűtése korszerűsítés során a veszteségcsökkentés a cél, mely származhat a termelésből vagy az elosztásból. A hőtermelési veszteség csökkenthető jobb hatásfokú hőtermelő beépítésével, az elosztási veszteség pedig beszabályozással, megfelelő szabályozással mérsékelhető.

3.2.1 Üzemeltetési, szervezési javaslatok

Egy intézmény üzemeltetésében számos apró probléma merül fel, mely a figyelmetlenségnek tudható be, azonban halmozottan már érezhető pazarlást okoznak. Ezek kiküszöbölésére tett javaslatoknak nincs, vagy csak minimális költségvonzata van, így azonnal végrehajthatók.

3.2.1.1 Energiaellátási szerződések felülvizsgálata

A közüzemi szerződések megkötésekor a beépített legmagasabb, csúcsfogyasztás után történik a fogyasztói besorolás, ami döntően befolyásolja mind az alapdíj mértékét, mind a fogyasztott energiatípus egységárát. Ezen szerződések megújítása évente történik, az azt megelőző évi lekötési adatok módosítása nélkül, hacsak a fogyasztó nem nyújt be erre nézve igényt. Sok esetben az évek folyamán történt kisebb üzemviteli, szabályozási változtatások vagy rendszerelemekbe történt beavatkozások fokozatosan csökkentették a csúcsigényt, minek következtében meg kell vizsgálni a lekötés csökkenthetőségének lehetőségét.

A szerződéstípusok, fogyasztói kategóriái és költségei:

Gázszerződés:

A fogyasztói besorolás lehet kis-, közép-, vagy nagyfogyasztó.

A díjszabás a besorolástól függően alap- vagy teljesítménydíjas és gázdíj.

Villamos-energiaszerződés:

A fogyasztói besorolás lehet lakossági vagy nem lakossági.

A díjszabás a besorolástól függően alap- vagy teljesítménydíjas és áramdíj.

Távhőszolgáltatási szerződés:

A díjszabás a besorolástól függően lakossági vagy közüzemi.

A részletes szerződési díjakat az I. Melléklet tartalmazza.

3.2.1.2 Radiátorok hatékonyságának növelése

A hagyományos fűtőtestek hőleadása sugárzás és főként konvekció útján valósul meg. A hőleadók megfelelő üzemvitelét az igazolja, ha azok mindenhol egyformán melegek. Ha a hőleadók nem mindenhol egyformán melegek, akkor feltételezhető, hogy légréteg maradt benne, amit légtelenítéssel kell a szabadba engedni.

A konvekciós hőleadás hatékonysága növelhető a szabad légáram biztosításával. Célszerű megfigyelni, hogy nem takarják-e a fűtőtesteket a levegő áramlását gátló elemek, mint a sötétítő függöny, esetleg nincs-e a fűtőtest burkolva [36].

3.2.1.3 Kazán lezárása vagy fűtés csökkentés üzemszünet alatt

Az épületek hőveszteségéből származó veszteség csökkenthető az éjszakai és hétvégi kazánlezárással vagy fűtés csökkentéssel. A leállás illetve a csökkentés szintjét a hőforrás és a fűtött rendszer ismeretében műszaki és gazdasági elemzés alapján kell meghatározni. Különös figyelmet kell fordítani arra, hogy a helyiségben a tevékenység megkezdésének idejére a kívánt hőmérséklet biztosított legyen.

3.2.1.4 Kazánégő és előremenő víz hőmérséklet beállítása

A kazánégő beállításával csökkenthető a füstgáz O_2 tartalma, és ezáltal növelhető a kazán hatásfoka. Például a mért üzemben az O_2 tartalom 5,5% volt, amihez 88%-os hatásfok tartozott. Az égő beállításával az O_2 tartalom 2%-ra csökkent, a hatásfok 90,2%-ra nőtt meg, ami 2,5%-os földgáz megtakarítást eredményezett.

Az előremenő fűtővíz hőmérséklet beállításával, égtáj szerinti szabályozással biztosítható, hogy a fűtési rendszer a méretezésnek megfelelő teljesítményen üzemeljen, és - ha a szabályozás megfelelő - ne eredményezzen alul- vagy túlfűtöttséget [37].

3.2.1.5 Helyiség hőmérséklet csökkentése

Számos esetben tapasztalható, hogy a helyiség hőmérsékletek a követelmény értéket 1 -2°C-al meghaladják, ami 6 -12% hőfelhasználás növekményt eredményez.

Központi fűtésszabályozás esetén fontos a megfelelő referenciahelyiség kiválasztása a helyiség hőmérséklet korrekció miatt.

Azon épületeknél, ahol a bent tartózkodók hőleadása fokozott (pl.: nehéz fizikai munka, kis helyiségben sok ember), ott érdemes megvizsgálni a helyiség hőmérséklet oly mértékű csökkentésének lehetőségét, hogy azt az emberek által leadott hő fedezni tudja.

3.2.1.5 Helyiségek funkcionkénti leválasztása

Az épületek egy részénél találhatóak olyan helyiségek, melyek az üzemidőn túl is használatban vannak. Ezen helyiségek kiszolgálásánál nincs szükség az egész épület fűtésére, így érdemes őket leválasztani a rendszerről, így megtakarítva az objektum egészének, vagy

jelentős részének fűtését. Ilyen helyiségek lehetnek pl.: portafülke, iskolában a tanári szobák, ipari létesítményben az irodák.

3.2.2 Fűtési rendszerre vonatkozó intézkedések

A beruházások során a fűtési hálózat egy részét érintő, de az egészre kiható változásokat végzünk. Az itt felmerülő megoldások sok esetben költségigényesek, gazdasági szempontok alapján értékelendők, valamint megfelelő műszaki előkészítést igényelnek.

3.2.2.1 Csővezetékek és szerelvények hőszigetelése

A fűtési hálózat csővezetékein, szerelvényein és megfogásain jelentkező hőveszteség növeli a fűtőberendezések üzemköltségét. Ez az energiaveszteség illetve üzemköltség hőszigeteléssel csökkenthető. A hőszigetelés többlet költséget jelent. Gazdasági és műszaki szempontok alapján meghatározható az optimális szigetelési vastagság, mely függ a környezeti hőmérsékletviszonyoktól, energiaköltségektől, az üzemvitel módjától és a választott szigetelés költségvonzatától [38].

3.2.2.2 Automatikus szabályozás

A korszerű központi szabályozórendszer lényegében a fűtési rendszer agyközpontja, melynek feladata, hogy az utánkapcsolt egyedi szabályozókkal együtt optimalizálja a teljes hasznos hőbevitelt, figyelembe véve a csővezetékek hőleadását is. Biztosítania kell, hogy a rendszer az adott körülmények között minimális veszteséggel működjék, a hozzákapcsolt használati melegvíz és egyéb hőellátó rendszerek optimális üzemével együtt. Felügyelni kell a fűtési menetrendet, és biztosítania kell a teljes rendszer valamennyi villamos hajtású berendezésének idő- és teljesítményfüggő vezérlését.

Amennyiben lehetséges meg kell vizsgálni az égtáj szerinti fűtőkörök kialakításának és szabályozásának lehetőségét, mivel az északi és déli irányítottágú részek jelentős eltéréseket mutatnak egymáshoz képest. Mind energiatakarékossági, mind komfortérzet szempontjából előnyös az égtáj szerinti épülettagolás megoldása.

A szabályozás lehet:

- Értéktartó szabályozás: a helyiség-hőmérséklet érzékelője a felső határértéket elérésekor kikapcsolja a fűtőberendezést, majd az alsó határértéknél bekapcsolja, így szakaszos üzemelést eredményez.
- Követő szabályozás: a hőszállítási mértéke (hőhordozó hőmérséklete vagy mennyisége) az uralkodó zavaró jellemző (időjárás vagy külső hőmérséklet) alakulását követi. Ezt a megoldást tipikusan ott használják, ahol egy épület két homlokzata erőteljesen két égtáj felé néz, és ilyenkor érdemes égtáj szerint bontani a szabályozást.

- Menetrendi szabályozás: megfelelő órakerkezettel az előírt érték napi és heti időtartamon belüli változásának rendje tetszés szerint megszabható.
- Kaszkádszabályozás: a szabályozási körön belül újabb kör kialakításával a hatáslánc hurkolttá tehető. A szabályozott szakaszok lehetnek a fűtött helyiség, a vezetékek és hőleadók, a kazán, míg zavarójellemzők az időjárás és a visszatérő vízhőmérséklet.
- Kazánvédő szivattyú: a korszerű szabályozás önálló eleme, mely nem engedi, hogy a korszerű, kishőmérsékletű fűtéseknel - a korrózió megelőzésének érdekében - a kazánokba bizonyos hőmérsékletnél alacsonyabb hőmérsékletű víz jusson vissza [39].

3.2.2.3 *Költségosztók*

Elsősorban távfűtött épületeknél gyakran felmerül az az igény, hogy az épület teljes energiafogyasztását korrekt módon megosszák az épület különböző használói, vagy helyiségei között. Ezt a célt szolgálják a viszonylag alacsony költségű, az ún. fűtési költségosztók. Ezek az egyes radiátorokra szerelt kis készülékek nem mérik közvetlenül, abszolút értékben a radiátorok hőleadását, hanem csak egy azzal arányos jellemzőt. Ha ezek az értékek az épület összes hőleadójára rendelkezésre állnak, meghatározható, hogy az épület által elfogyasztott összes hőmennyiségből az egyes hőleadók hogyan részesednek, azaz a teljes fűtési költség fogyasztás arányos módon felosztható. Korábban ún. elpárologtatós rendszerű költségosztókat alkalmaztak, melyekben egy kis üvegkapillárisban elhelyezett folyadék elpárolgó mennyisége adta a hőleadással arányos jellemzőt. Ma már egyre nagyobb teret nyernek az elektronikus költségosztók, amelyek a radiátorok felületi hőmérsékletének mérésével, a hőleadó névleges paramétereinek ismeretében számítják ki a hőleadással arányos értéket, melyek akár távkiolvasásra is alkalmasak.

Fontos, hogy egyes lakások távhőkölségei csökkenni fognak már amiatt is, hogy védett, más lakások által körbevett fekvésük miatt fűtési hőigényük kisebb. Ezért a hőhidakban jelentkező, akár 2-3-szoros különbségek enyhítésére helyenként korrekciós tényezőket szoktak használni, így ezen tényezők a lakások fekvése szerinti mértékben csökkentik a kedvezőtlen elhelyezkedésűnek ítélt lakások összfogyasztásból képviselt arányt [23],[40].

3.2.2.4 *Beszabályozás*

Az épületek fűtése során jelentős többletkiadást okoz a szükségesnél nagyobb helyiség-hőmérséklet. Gyakori probléma, hogy a helyiség hőmérséklete: a terhelés változásakor nem felel meg a méretezési értéknek; még nagyon jó szabályozók esetén is ingadozik (főleg kis és közepes terhelés esetén), valamint hogy a felhasználóknál nem áll rendelkezésre a szükséges hőáram. Ezeket a panaszokat a fűtőközeg nem megfelelő tömegárama okozza, ami akadályozza a szabályozókörök helyes működését. A hatékony

működés alapja, hogy a névleges térfogatáramok a rendszer minden részén, minden üzemállapotban rendelkezésre álljanak. Ennek elérésére az egyetlen mód a rendszer teljes hidraulikai beszabályozása. Ez azt jelenti, hogy a rendszer névleges térfogatáram-értékeinek kialakítása érdekében a beszabályozásra szolgáló szerelvényeken kialakuló nyomáskülönbségeket meg kell mérni, és be kell állítani [41].

3.2.2.5 Fűtőtestek hőteljesítményének változtatása

A fűtőtesteknél a helyi szabályozás lehetőségével a helyiségben tartózkodók élhetnek, ha a túlfűtés előáll vagy a benttartózkodók komfortérzete megkívánja. Ebből következik, hogy a fűtőtestnél olyan szerelvényre van szükség, amely előbeállítást, nyitás-zárást és szabályozást tesz lehetővé. Erre a célra alakították ki a kettős-beállítású radiátorszelepeket.

Abban az esetben, ha a központi szabályozásuk egy önműködő rendszer, akkor fűtőtestenként a kettős-beállítású szelepek helyett önműködő fűtőtestszelep alkalmazandó, így megtartható a teljesen önműködő rendszer. Az önműködő fűtőtestszelep (termosztatikus radiátorszelep) a benne található hőre érzékeny folyadék segítségével végzi a helyiség hőmérséklet előre beállított értékének tartását. Általános követelmény a fűtőtesteknél a beszabályozás [42].

3.2.2.6 Fűtőberendezés rekonstrukció

Egy épület energiaszabályozásának jelentős része a hőellátásban hasznosul, hol jobb, hol rosszabb eredménnyel. Az energetikai felülvizsgálat egyik fő kérdése, hogy a meglévő tüzelőberendezés megfelelő mértékben ki tudja-e elégíteni az épület hőigényét, valamint el kell dönteni, hogy egy új típusú, modern tüzelőberendezésre történő cseréje indokolt-e!

A ma üzemeltetett kazánok nagytöbbsége öreg kazán (Komfort, FÉG F105, ÉTI...), életkoruk 15-20 évre tehető. Ezen kazánok kialakításának legfőbb szempontja az üzembiztonság volt, nem az energia-takarékosság, ebből kifolyólag a konstrukció állandó fűtővíz hőmérsékletet biztosít. Így az épület pillanatnyi hőigényétől függetlenül folyamatos forró vizet állít elő, és az időjárásnak megfelelő igényeket a szabályozó automatika keverő szabályozással valósítja meg. Ennél a szabályozásnál a szekunder oldalról visszatérő víz megfelelő mértékű bekeverésével lehet a szükséges előremenő vízhőmérsékletet biztosítani. Tehát ez a megoldás energetikailag pazarló, a mai technikai szinten elavult.

Megoldást jelenthetne a kaszkádszabályozás, mikor is a kazánléptetés lehetőségét kihasználva begyújtási sorrend felállításával és fenntartásával a kazánok üzemét némileg szabályozni lehetne. A jelenlegi szabályozási eljárások adta lehetőségeket alig tudják kihasználni ezek a kazánok, valamint az elektronika bekerülési költségének megtérülése az energia-megtakarítás által nehezen meghatározható, mivel az ilyen szabályozás átalakítások egyedi, speciális feladatok, és mint ilyenek, csak a megvalósítást követően adnak választ erre a kérdésre.

Az energiahatékonyság növelésére ajánlott a tüzelőberendezés rekonstrukciója. Erre nézve két lehetőség kínálkozik. Az egyik az alacsony hőmérsékletű kazánok üzembe állítása, a másik a kondenzációs kazántechnika alkalmazása. Ezek esetében a megtakarítás jelentős, mely jelentős részben a hagyományos kazánokhoz képest csökkentett füstgázhőmérsékletnek, részben a készenléti veszteség csökkentésének köszönhető. A hagyományos kazánok, mint már korábban említettem, állandó fűtővíz hőmérsékletet tartanak, ez általában 90 °C, amihez 190-250 °C-os füstgázhőmérséklet tartozik, és ezáltal jelentős mennyiségű hőenergia megy veszendőbe a távozó füstgázzal. Ezenkívül ezek a kazánok szigetetlen kazántesttel rendelkeznek, kialakítástól függően vagy őrláng üzemel (pl. FÉG F105), vagy egy beépített égőautomatika ki/bekapcsolással működte. Az így keletkező készenléti veszteség szintén jelentős energiaveszteséget jelent (kb. 5%, míg az alacsony hőmérsékletű vagy kondenzációs kazánoknál ez kevesebb, mint 1%-os veszteség). Ezzel szemben az alacsony hőmérsékletű kazánok esetében már megoldott az időjárás-követő üzem modulációs égők alkalmazásával, azaz a fűtővíz a kívánt hőmérsékleten, vagy a jobb szabályozhatóság miatt 5 °C-kal magasabb hőmérsékleten kerül előállításra, amit a keverő szabályozással finomítanak, kiküszöbölve, hogy a kazánhiszterézis okozta lengések zavart okozzanak a szekunder fűtési hálózatban. Az alacsony hőmérsékletű kazánok 90 °C-os fűtővíz hőmérsékletéhez 180-190 °C-os, míg 50 °C-os fűtővízhez 120 °C-os füstgázhőmérséklet tartozik. Ennél a füstgázhőmérsékletnél már jelentős megtakarítások érhetők el a részterhelésű üzemszakaszok alatt, amik egy fűtési szezon majdnem egészére jellemzők. Ehhez képest a kondenzációs kazánok még nagyobb megtakarítást produkálnak. E kazánok előnye amellet, hogy a rejtett hőt hasznosítják, még az is, hogy egy 90/70 °C-os fűtési rendszer esetében is maximálisan 75 °C-os füstgázhőmérséklet adódik, ugyanis a kondenzációs kazánok esetében a távozó füstgáz hőmérséklete minden esetben a visszatérő vízhőmérsékletnél 5 °C-kal magasabb. Egy 50/40 °C-os rendszer esetében a füstgáz-hőmérséklet 45 °C, mely a hagyományos kazánok füstgázhőmérsékletéhez képest akár 200 °C-kal kevesebb is lehet.

Még tovább javítható a helyzet nagyvízterű kazánok alkalmazásával, mivel a nagy víztömegnek nagy a hőtároló kapacitása, így kevesebb energia szükséges a megfelelő vízhőmérséklet tartásához, megtakarítva így az égő begyújtását megelőző szellőztetési folyamatnál elkerülhetetlenül bekövetkező égőcső hűtéséből származó hőpótlást.

Fontos még megemlíteni, hogy a régi típusú kazánok alacsony hőmérsékleten történő üzemeltetése komoly károkat okoz magában a kazántestben.

A modern kazánokhoz illesztett kaszkádszabályozás a menetrend szerint, a külső hőmérséklet függvényében előállított előremenő vízhőmérséklet szabályozás mellett képes a

kazántelesítmény szabályozására is, tehát a hőigénynek megfelelő számú kazánt, a megfelelő terhelésen üzemelteti gazdasági és üzemeltetési szempontok szerint.

Ezen ismeretek birtokában, több kazángyártó cég által megerősítve, kijelenthető, hogy az alacsony hőmérsékletű kazánokkal min. 30%, kondenzációs kazánokkal min. 40% energia takarítható meg.

Felhívom a figyelmet arra, hogy bárminemű kazánházi rekonstrukció előtt ajánlott az épület hőszükséglet számítását az aktuális állapotra elvégezni, mivel az épület fennállása alatt bekövetkezett változások nem vonták maguk után a kazán teljesítményének csökkentését, valamint a fűtési rendszer és maguk a kazánok is túlméretezettek, minek következtében jelentős teljesítményfelesleg küszöbölhető ki kazánoldalról és szekunder fűtési oldalról is [43],[44].

3.2.3 Alternatív és megújuló energiaforrások alkalmazása

A Föld meglevő nyersanyag vagy energia készleteinek pontos mértékét nem ismerjük, és így a felhasználás jelenlegi vagy prognosztizált értékével sem tudjuk biztosan kiszámítani, hogy mennyi ideig elegendő az igények fedezésére. A megújuló energiaforrások alkalmazásának szükségességét a rendelkezésre álló készletek korlátozott volta és a környezetvédelmi szempontok egyaránt indokolják. A megújuló energiák jelenlegi alkalmazása országonként változó, függ a földrajzi, meteorológiai adottságoktól és az ország gazdasági lehetőségeitől, társadalmi fejlettségétől.

Az összes energiafelhasználás 2000-ben az OECD országokban 69840 PJ, Magyarországon 1040 PJ. A megújuló energia felhasználás az OECD országokban 4409 PJ, az összes energia felhasználás 6.3%-a, Magyarországon ez 37 PJ, és 3,6% [45].

A megújuló energiafelhasználás összetétele				
	OECD országok		Magyarország	
	PJ	%	PJ	%
Biomassza	2412	54,7	31,4	84,8
Vízenergia	1760	40	0,7	1,9
Napenergia			0,1	0,3
Szélenergia	237	5,3		
Geotermikus energia			4,8	13
Összesen	4409	100	37	100

4. Táblázat Megújuló energiafelhasználás összetétele [45]

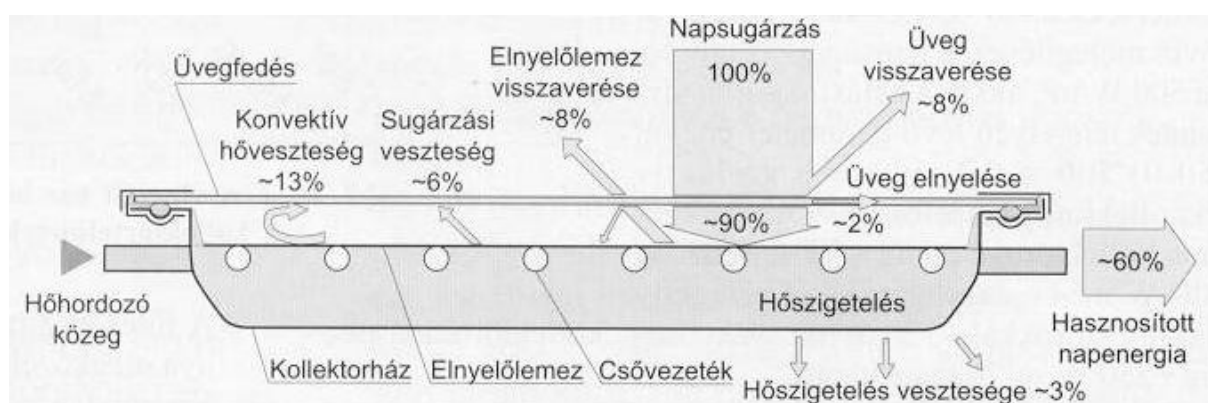
3.2.3.1 Napenergia

Magyarországon a napenergia hasznosítás természeti feltételei megvannak, a napsugárzás évi összege 1100-1400 kWh/m²év országrésztől függően. Az ország éves villamos energia termelése évi 35-36 TWh. Az átlagos besugárzott napenergia 1300 kWh/m²év, mely azt

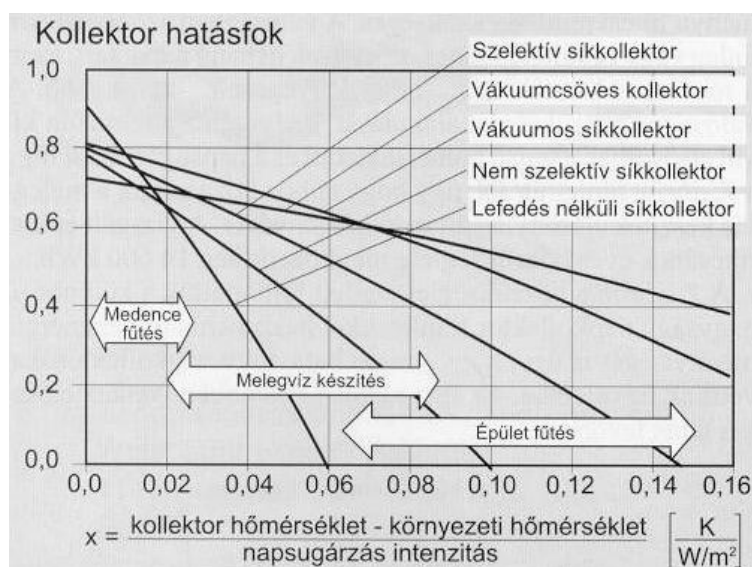
jelenti, hogy az ország területére évente 121000 TWh energia érkezik, mintegy 3500 szorosa a jelenlegi felhasználásnak. Ha a teljes besugárzott napenergia átalakítható lenne elektromos árammá, akkor kb. 280 km² terület beborítása napelemmel elegendő lenne az ország energiaellátásához. A jelenlegi gyártásban lévő napelemek hatásfoka 6-14%. Feltételezve, hogy az ország energiaigénye évi 5%-kal növekszik, akkor 280 km² terület biztosítaná ezt a növekményt. Az ehhez szükséges napelem mennyiség lényegesen meghaladja a világon termelt teljes mennyiséget. A jelenlegi hazai elektromos energia költségekkal számolva, egy jelentős (1-5 MW) beruházás megtérülési ideje 17 évre adódna.

Hőhasznosítás szempontjából a sugárzás energia-áramsűrűsége Budapesten, déli tájolású, 35° dőlésszögű elnyelő felületen, július hónapban, déli 11-12 óra között 876 W/m² (vízszintes felületen 636 W/m²). Az így nyerhető hőmennyiség felhasználására több mód is adódik: téli kiegészítő fűtés, használati melegvíz előállítás, medencevízfűtés, mezőgazdasági alkalmazás (terményszárítás), meleglevegős fűtés.

A napkollektorok a felületre érkező napsugárzást csak bizonyos veszteségekkel tudják átalakítani hasznos hőenergiává. A veszteségek optikai és hőveszteségekre oszthatók. Az optikai veszteség az üvegfelület, valamint az abszorberfelület visszaverése. A hőveszteség a napsugárzás hatására felmelegedett abszorberlemez sugárzás, konvekció és hőátadás útján létrejövő veszteség. A napkollektorok hatásfoka a hasznosított hőenergia és a kollektor felületére merőlegesen érkező napsugárzás hányadosa.



18. ábra Napkollektorok hőveszteségei [48]



19. ábra Különböző típusú napkollektorok hatásfoka [48]

Az 19. ábrán látható három főbb alkalmazási terület látható. A szabadtéri medencék nyári fűtése a legkedvezőbb üzemmód (70-80%-os hatásfok), ennél kedvezőtlenebb az egész éves használati melegvíz készítés (30-70%-os hatásfok).

A napkollektoros fűtést elsősorban az átmeneti időszakokban, ősszel és tavasszal lehet jó hatásfokkal üzemeltetni, télen a rendelkezésre álló napenergia nem tesz lehetővé nagyobb részarányú fűtést [46],[47],[48].

3.2.3.2 Szélenergia

A szélenergia hasznosításának alapvetően két irányzata különíthető el, a lokális és a villamos hálózati. A lokális felhasználáshoz tartoznak a helyi mechanikai munkát végző berendezések, ennek ismertebb változatai a gabona őrlésére szolgáló szélmalomok, a víz szivattyúzására használatos sűrű lapátos, lassú forgású dugattyús szivattyúkat hajtó gépek, melyeket helyenként villamos energia előállítására is használnak úgy, hogy akkumulátorokat töltenek.

Szélgenerátorok alkalmazásakor a cél mindig a villamos energiatermelés. Az így előállított villamos áramot többféleképpen is fel lehet használni: akkumulátortöltésre, villamos fűtésre, vízszivattyúzásra, szigetüzemi kapcsolásra, a termelt villamos áram hálózatra táplálására.

A technikai fejlesztéseknek köszönhetően a mikroprocesszoros vezérlés révén a mai nagyteljesítményű szélgenerátorok a kevésbé alkalmas szeleket is jobban tudják hasznosítani. Ezen erőművek állandó lapátforgási sebességgel kell, hogy működjenek, hiszen a hálózati frekvenciától az általuk termelt áram frekvenciája semmiben sem térhet el. A szélerőművek két generátorral dolgoznak, a kisebb teljesítményű az alacsonyabb, a nagyobb pedig a 10 m/s fölötti szélesebbségnél kapcsolódik a rendszerre. A lapátkerék forgási sebességének és egyéb műveletek ellenőrzésére használt műszerek és segédmotorok áramforrása a hálózat, így ezen rendszerek a hálózat kimaradása esetén működésképtelenek.

Magyarországon vannak olyan helyek, ahol ésszerű terepfelméréssel és legalább féléves szélsősebesség-méréssel alátámasztott helykiválasztással már a gazdaságos üzemeltetést adó szélzónában helyezhető el a szélturbina. A jól megtervezett szélerőmű-telepítés esetén, a lehetséges támogatások felhasználásával, 5-7 éves megtérülés érhető el, az azt követő időszakban igen alacsony költséggel üzemeltethető [49],[50].

3.2.3.3 Geotermikus energia

A magyarországi geotermális adottságok világviszonylatban is rendkívül kedvezőek. A hazai dinamikus termálvíz készletek hőtartalma évente mintegy 1,5 Mt kőolaj hőtartalmával megegyező. A termálvíz hasznosításának mértéke nálunk igen alacsony, a reálisan kinyerhető és megújítható készletek mintegy 5%-át használják, szemben a világban tapasztalható tendenciával, ahol mind nagyobb mértékben igyekeznek kihasználni a fűtésben és villamos energia termelésben rejlő lehetőségeket.

Hőhasznosítási terület	Hasznosítási hőfoklépcső ΔT	1999.12.31.-i adatok alapján			2000.12.31.-i adatok alapján		
		Termelt termálvíz mennyisége $Mm^3/év$	Hasznosított hőmennyiség $TJ/év$	Hasznosítható maximális hőmennyiség MW_t	Termelt termálvíz mennyisége $Mm^3/év$	Hasznosított hőmennyiség $TJ/év$	Hasznosítható maximális hőmennyiség MW_t
Mezőgazdaság	34,1	26,24	1047,7	120,43	26,24	1040,7	120,43
Kommunális fűtés, HMV ipari	26,6	14,76	507,3	58,7	10,76	365,5	38,7
Balneológia	25	58,33	1619,2	187,3	58,33	1619,2	166,3
Összesen (ivóvízzel együtt)	31,1	99,3 124,1	3167,2	366,5	95,3 120,1	3025,3	325

5. Táblázat Hazai geotermális hőhasznosítás tényadatai [51]

A 2000. évben felhasznált megújuló energia sorában a geotermikus energia a második legjelentősebb energiaforrás volt. Azonban fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a termálvíz nem csak megújuló energiaforrás, hanem megújítható is visszasajtolás útján, de hazánkban a kinyert és lehűlt hévizek elhelyezése kevés kivétellel nyitott, felszíni befogadóba történik, a tökéletes megoldást az lenne, ha ezt a vízmennyiséget az eredeti rétegbe visszasajtolnák.

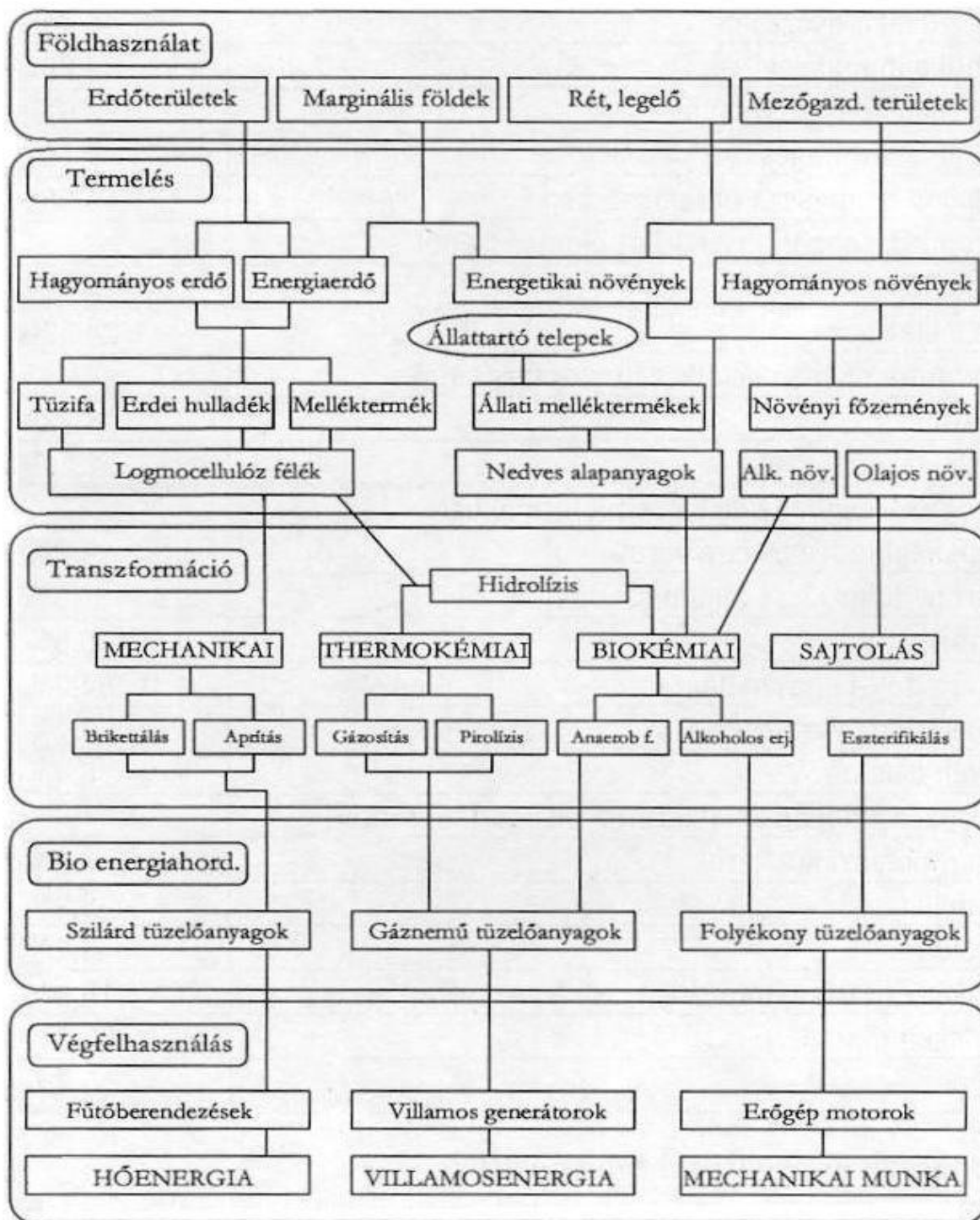
A hévízhasznosítás lehetőségei: balneológiai hasznosítás (ásványvíz, termálvíz, gyógyvíz), uszodai vízellátás, mezőgazdasági hasznosítás (kertészet, növényház, fóliasátor), légtér-fűtés, talajfűtés, vegetációfűtés, mezőgazdasági szárítás [51].

3.2.3.4 Biomassza, biogáz, "Biosolar"

A biomassza a legjelentősebb energiaforrás, mely annak következménye, hogy energiahordozóként megoldja az energiatárolás nehéz problémáját. A biomassza energetikai hasznosítása nem újkeletű, de a technikai fejlődés a fosszilis tüzelőanyagok elterjedését eredményezte. Az energiaválság jelentős áttörést jelentett a biomassza újbóli felhasználásában. A hazai mező- és erdőgazdaságban jelentős mennyiségű biomassza képződik. Ezek eltüzelése a legegyszerűbb energianyerést szolgáló eljárás, mely

energetikailag és költségeit tekintve is a leghatékonyabb. A biomassa eredetű energiahordozók igen sokféle formában állnak rendelkezésre:

- Szilárd energiahordozók: fa, fás növényi melléktermék, növényi szárak és egyéb melléktermékek, növényi eredetű energetikai termékek (faszén, biobrikett, biopellett)
- Növényi eredetű folyékony energiahordozók: pirolízisolaj, etanol
- Növényi eredetű gáznemű energiahordozók: pirolízisgáz, generátorgáz, szintézisgáz, hidrogén előállítás termokémiai reakcióval.



20. ábra A biomassa eredetű energiahordozó termelés és feldolgozás technológiái [12]

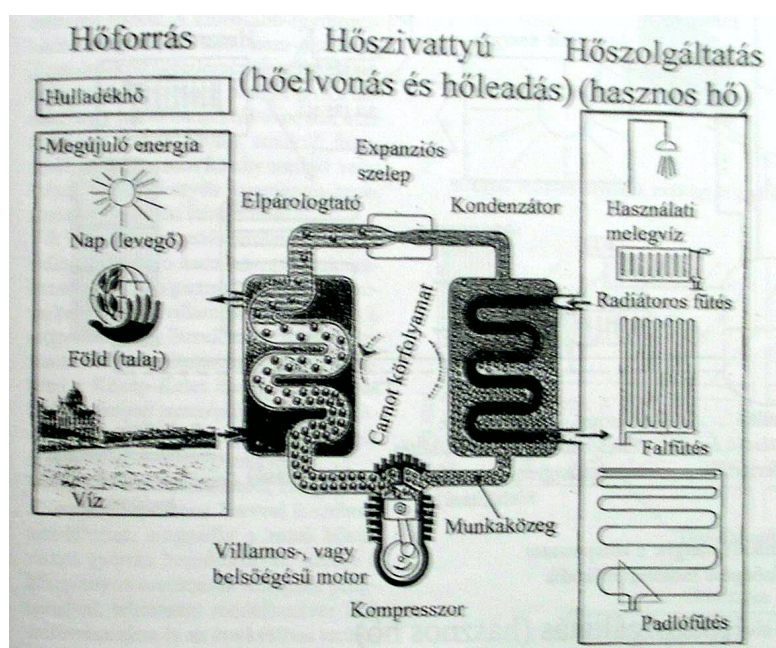
A biogáz előállításra valamennyi szervesanyag alkalmas. A biogáz képződésének előfeltétele a szervesanyag, a levegőtől illetve oxigéntől elzárt körülmény, és metanogén baktériumok jelenléte. Ma Magyarországon a 31×10^6 tonna állati trágyából $1,4 \times 10^9$ m³, a $2,5 \times 10^6$ tonna kommunális biohulladékból $1,2 \times 10^9$ m³, a $0,2 \times 10^6$ tonna kommunális szennyvíziszapból 80×10^6 m³ és a $0,4 \times 10^6$ tonna vágóhídi hulladékból 50×10^6 m³ biogáz nyerhető évente, ami összesen 17,5 PJ villamos energia előállítására elegendő, mely az ország évi energiafelhasználásának 10%-át teszi ki.

A biosolar a biomassza, valamint a napenergia hasznosítást foglalja egybe. A biosolar fűtőmű a távhőrendszerekhez hasonlóan egy központi telepből és a fogyasztókat kiszolgáló távvezetékéből áll, azonban környezetterhelése nincs, és a régióban fellelhető megújuló energiaforrások, elsősorban az erdészeti, faipari és kommunális hulladékok, valamint az energiaerdőkben termelt faanyagok aprítékainak és a Nap energiáját használja fel fűtésre és használati melegvíz termelésre [52],[53],[54],[55].

5.2.3.5 Hőszivattyú

A hőszivattyús rendszerek képesek a legjobban hasznosítani a megújuló energiákat. A hőszivattyú működése lényegében megegyezik a hűtőgéppel, csak a felhasználás módja fordított. Működése során a levegőből, a vízből vagy a talajból von ki hőenergiát és továbbítja azt a fűtési rendszernek. A kis hőmérsékletű hőforrások hőenergiája nagyobb hőmérsékletszintre hozható, melynek segítségével a különböző természetű hőenergia-források és hulladékenergiák válnak hasznosíthatóvá.

A hőszivattyú alkalmazásakor több energiát kapunk a felső hőfokszinten, mint amennyit mechanikai munka formájában bevezetünk.



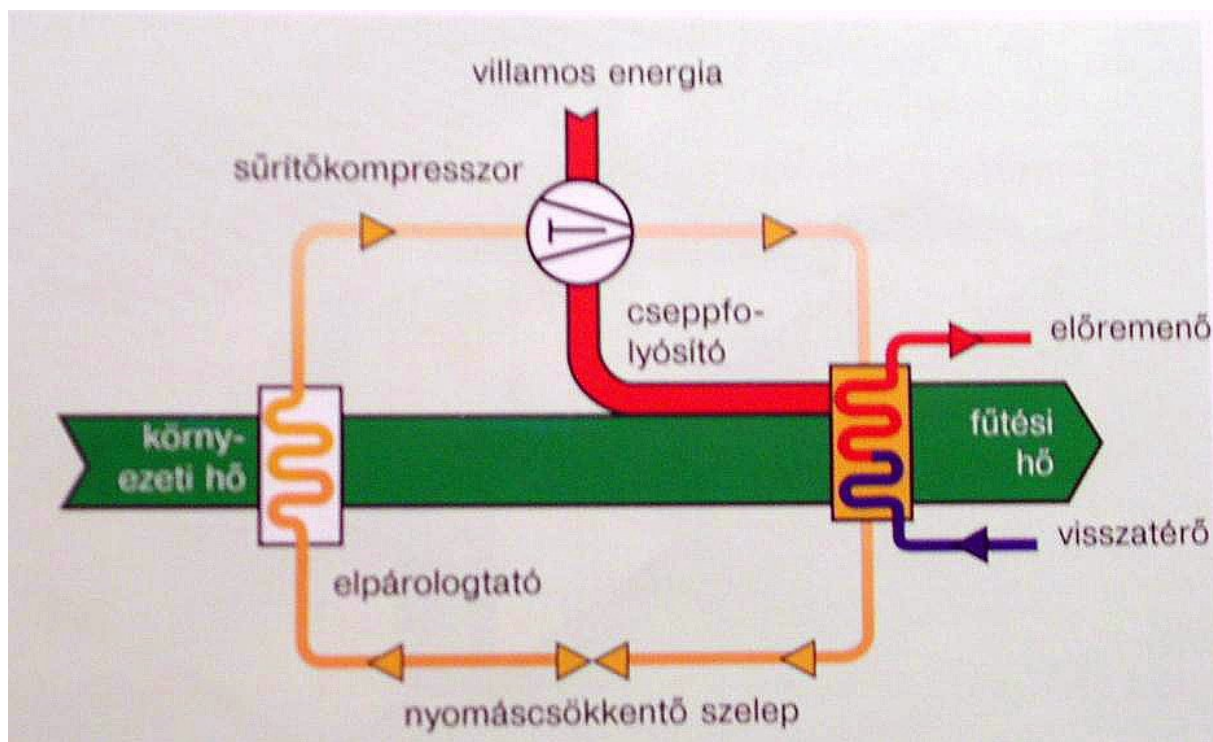
21. ábra Kompresszoros sűrítésű hőszivattyús rendszer működésének vázlata [56]

A kondenzátor oldalán termelt hő hasznosítása a cél. Az egycélú hőszivattyú olyan fűtőgép, ahol a kondenzátor oldalán termelt hőmennyiség jelenti a hasznos hőszolgáltatást, nem pedig az elpárolgató hűtése, míg a többcélú hőszivattyú olyan fűtő-hűtő gép, ahol a gép egyidejűleg hűtési és fűtési feladatot is ellát. Bizonyos körülmények között, ha nincs túl nagy hőmérsékletkülönbség a környezeti hőforrás és a hasznosítás szintje között, a hasznosított hőnek, mintegy negyede a bevezetett energia, a többi a környezetből jön, amely 75%. A bevezetett energia hányada annál kisebb, minél kisebb ez a hőmérsékletkülönbség. A körfolyamat jól jellemezhető a fajlagos teljesítménytényezővel, ami azt jelenti, hogy egységnyi munkabefektetéssel a kondenzátor oldalon mennyi a szolgáltatható hőmennyiség, illetve elpárolgatónál mennyi a hűtőtölmény. A mechanikai munkához szükséges bevezetett energia is származhat megújuló energiaforrásból (pl.: napelem, fotovillamos cella, szél és vízturbina, biomassza), valamint származhat primer energiahordozóból, mint villamos energiából vagy földgázból.

A hőszivattyúhoz használható hőforrások:

- Légtörri levegő, mely korlátlanul áll rendelkezésre, azonban a hőmérsékletének minimális értéke időben általában egybeesik a fűtési igény maximumával, kedvezőtlen hőátadási tulajdonságai miatt fajlagosan nagy elpárolgató felületet igényel, és az elpárolgató 0 °C alatti felületi hőmérséklete mellett jelentkező dérképződés bonyolult és költséges megoldáshoz vezet. A csúcsra méretezett, környezeti levegőt, mint hőforrást hasznosító hőszivattyúk általában gazdaságtalanok.
- A felszíni vizek, a talajvíz és a kútvíz hőmérséklete egész évben 0 °C feletti, a fűtési időnyben a folyók, tavak vizének hőmérséklete 2-11 °C, a talajvizé 8-12 °C. Hőforrásként való alkalmazásuk e szempontból előnyös, mert az elpárolgási hőmérséklet 0 °C körüli, vagy annál magasabb lehet. Hátrányt jelent a vízkivétel és elvezetés (ma már vízjogi engedélyeztetés is szükséges, illetve a hőfelvételt biztosító hőcserélő-szennyező anyagok vagy nagy oldott ásványi anyag tartalmuk miatt speciális kialakítású és tisztítható hőforrás hasznosító hőcserélőkre van szükség) telepítésének többletköltsége, a jelentkező szivattyúzási igény.
- A talaj felső rétegeiben tárolt hőenergia végeredményben napenergia. A talaj hőmérséklete a légtörri levegő hőmérsékletének évszakonkénti változását a mélységtől, a talajminőségtől függően késleltetve és csökkentett amplitúdóval követi. Közepes nedvességtartalmú 1,5-2 m mélységben 5-16 °C közötti zavartalan talajhőmérsékletet jelent. A talajhőmérséklet a hőelvonás következtében csökken (csőmélység, csőmenet-távolság, talajminőség, stb. függvényében). Kedvező minőségű talajban a hőt felvevő csőkígyó fajlagos terhelése 25-30, de még 40 W/m értékű is lehet. A talaj, mint hőforrás csak akkor jöhet szóba, ha a

felhasználó közelében megfelelő terület áll rendelkezésre. Hőfelvevőként földkollektort vagy földszondát kell alkalmazni közvetítő közeggel és műanyag csőből. A csőrendszer olcsóbb, de a közvetítő közeg beiktatása újabb hőfoklépcsőt visz a rendszerbe és a hőszivattyú elpárolgási hőmérséklete 0 °C alá is kerülhet. Ennek következtében a közvetítő közegnek fagyállónak kell lennie, a kollektor oldali szerelvényeket hőszigetelni kell (ez mind a téli, mind a nyári időszakban elengedhetetlen), valamint szivattyúzási többletköltség is jelentkezik [56],[57],[58].



22. ábra Hőszivattyú működési elve [58]

3.2.3.6 Kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés

Gázmotor alkalmazásával lehetőség nyílik a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelésre.

A kogeneráció folytán a gázmotorhoz kapcsolt generátor segítségével ugyanabból az energiaforrásból, jelen esetben a gázt a gázmotorban elégetve, egyidejűleg állítható elő a gázmotor által hajtott generátorral villamos energia, valamint a gázmotor hőleadásának hasznosításával hő. Az így termelt villamos energia szabadon felhasználható vagy értékesíthető, míg a termelt hő használati melegvíz előállításra fordítható az egész év során, télen fűtésre, nyáron abszorpciós hűtő segítségével központi klimatizálásra használható vagy akár ipari és mezőgazdasági hőigény is fedezhető vele. A kogeneráció során a bevitt energia 86-88%-a hasznosítható, melynek 39-41%-a villamos energia, 44-49%-a hőenergia. A külön történő kondenzációs erőműben megvalósuló villamosenergia-termeléssel és a külön kazánházi, fűtőművi hőtermeléssel szemben 35%-kal kevesebb tüzelőanyagot (földgázt) kell felhasználni, minek következtében a károsanyag kibocsátás (széndioxid) és hulladék

keletkezés is csökken. A gázmotor létesítés másik nagy előnye, hogy a kihasználtságától függően 3-5 év alatt megtérül a befektetés, mialatt 15-20 éven keresztül képes megbízhatóan üzemelni.

A trigeneráció annyiban tér el a kogenerációtól, hogy ki van egészítve abszorpciós hűtéssel, minek következtében a gázmotor kihasználtsága jelentősen megnő, lévén, hogy a nyári időszakban a hasznosítható hő hűtésre felhasználható, mindamellett, hogy a kapcsolt generátorral villamos energiát termel és télen fűtésre hasznosítja a termelt hőt.

Ezenkívül az ipari felhasználása során a gázmotorok alkalmazhatóak ipari meghajtások céljára is, de ekkor a hőleadása ritkán hasznosítható. Alkalmazásának előnye a villanymotorokkal szemben, hogy nem jelentkezik az akár hétszeresére növekedett áramfelvétel, kedvezőbb az indítási nyomatéka és a fordulatszám változtatási lehetősége.

A gázmotor telepítésénél előre fel kell mérni a helyi igényeket, melyek alapján meg kell határozni a minimális hőigényt, kogeneráció esetén a minimális nyári hőigényt, melyet a folyamatos, évi 8000-8300 órás kihasználtságnál biztosítani fog. A maximális téli hőigény kielégítésére egy vagy több kazánt kell beépíteni, mely az igény és a gázmotor által termelt hő közti különbséget el fogja látni. Trigeneráció esetén a minimális hőigényt az átmeneti időszak minimális hőigénye határozza meg, ahol sem a fűtés, sem a hűtés nem üzemel.

A megtérülést növeli az időszakos (pl.: éjszakai) hőigénycsökkentés, mely erős ingadozása gazdaságtalanná teheti a beruházást [59].

3.2.3.7 Alacsony energiafelhasználású épület

Alacsony energiaszintű az épület, ha a fajlagos fűtési energiafelhasználása nem haladja meg az 50 kWh/m^2 értéket, szemben a hagyományos épületekre előírt 100 kWh/m^2 értékkel.

Az alacsony energiafelhasználású épület energiaigénye csak akkor biztosítható valóban alacsony szinten, ha az épület építészeti-szerkezeti kialakítása, épületgépészeti és háztartástechnikai berendezései egyaránt energiatakarékosak. E megoldások fő jellemzői: az épület fokozott hőszigetelése, kompakt tömegformálása; energetikailag kedvező zonális alaprajzi elrendezés; a hulladékhő visszanyerése az épület szellőző rendszeréből; napenergia-hasznosító eszközök és rendszerek alkalmazása; energiatakarékos, szabályozható energiafogyasztó berendezések alkalmazása.

A passzív szoláris épületeket úgy kell kialakítani, hogy természetes úton, épületgépészeti szerkezetek nélkül a téli, valamint az átmeneti időszakokban minél több napenergiát tudjanak begyűjteni, tárolni és hasznosítani, nyáron pedig túlmelegedésüket el lehessen kerülni.

A passzív házak az alacsony energiafelhasználású épületek azon csoportját képviselik, melyek éves fűtési energia igénye nem haladja meg a 15 kWh/m^2 értéket. A passzív házak tervezésének fő jellemzői: az épület jó hővédelme, kompakt formálása (a külső határoló

szerkezetek hőátbocsátási tényezője $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ érték alatti); az épület déli tájolása és árnyékmentessége; a szuper üvegezés és keretek alkalmazása (ablakszerkezet átlagos hőátbocsátási tényezője $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, az összenergia átbecsátási tényezője 50% alatti); az épület légtömörősége (a filtráció mértéke az épület szabad fugáin keresztül nem haladja meg óránként az épület térfogatának 0,6-szeresét); a frisslevegő passzív előmelegítése (föld-hőcserélőn a friss levegő akár $5 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra is előmelegíthető); hatékony hővisszanyerés (szellőzőrendszerbe épített hővisszanyerővel); a használati melegvíz megújuló energiaforrásokkal történő előmelegítése; energiatakarékos háztartási eszközök alkalmazása.

Nulla energiafogyasztású épületekben a fosszilis tüzelőanyagok helyett a fűtési energiaszükséglet kielégítését alapvetően a szoláris hőnyereség és a belső hőnyereség fedezi. Ezen épületek falszerkezeteinek hőátbocsátása $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, nyílászáróinak $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ mely általában nagy vastagságú hőszigeteléssel és külső oldali átszellőztetett réteges falszerkezettel biztosítható. A hőszigetelő ablakszerkezetek általában nemesgáz töltésűek, szelektív hővédő bevonattal ellátottak.

Nulla energiafogyasztású épületek semmilyen formában nem vesznek fel fosszilis, illetve kiépített energiaellátó hálózatokból energiát. Felhasználható energiaforrások az építési telek területén fellelhető források. Zárt falfelületeken transzparens hőszigetelések alkalmazása, az üvegezett felületeknél 3 rétegű, nemesgáz töltetű, fokozott hőszigetelésű üvegezés alkalmazása. A déli tájolású nagy tetőfelületek jelentős részét vagy teljes egészét aktív napenergia-hasznosító rendszerek fedik. A folyadékos napkollektor–mezőhöz szezonálisan melegvízes tárolótartály kapcsolódik, mely a melegvíz készítés mellett a padló- vagy falfűtésre is rásegít. A háztartási készülékek energiaellátására fotovillamos cellákkal előállított elektromos energiát használ.

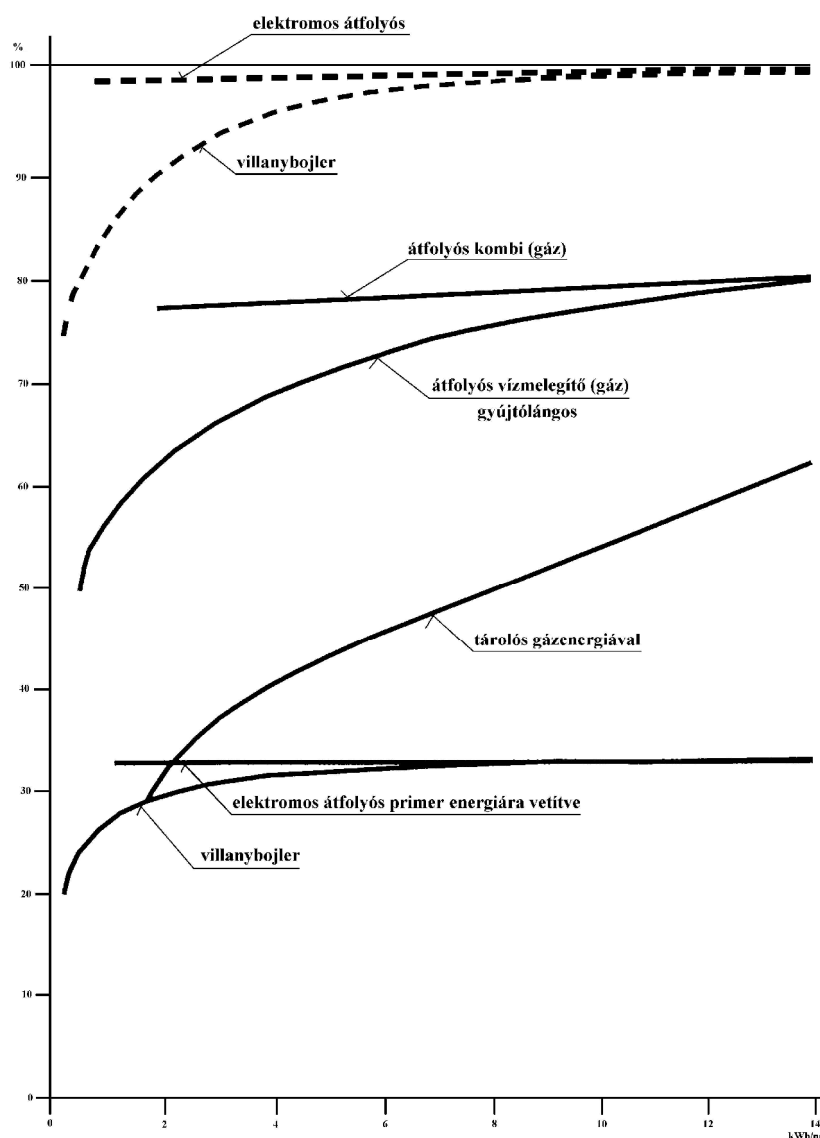
A plusz-energia házak a nulla fűtési energiafogyasztású házak továbbfejlesztései, melyek az épület energiamérlegében többletenergia előállítására, tárolására, esetleg az országos elektromos hálózatba történő visszatáplálási lehetőségre folyamatosan képesek [60].

3.2.4 HMV előállító rendszeren alkalmazható beavatkozások

A használati melegvíz ellátó rendszereknél a nem megfelelő üzem gyakran bosszúságot okoz, amit még az ebből adódó igen jelentős víz és energiaveszteség is tetéz. Ilyen problémák lehetnek, ha a melegvíz nem elegendő mennyiségű, nem megfelelő hőmérsékletű, vételezési rendellenességek jelentkeznek. Ezek elkerülhetőek a megfelelő tervezéssel, de főként a jól megválasztott ellátó rendszerrel.

3.2.4.1 HMV ellátás kialakításai és hatékonyságai

A szakirodalmakban és a bevett gépészeti tervezésekben a HMV ellátó rendszerek kialakítására több megoldás létezik. Ezen megoldások csoportosítása történhet az ellátás módja (központi vagy egyedi) vagy a felhasznált energiaforrás (villamos energia vagy földgáz) szerint. Ezeknek a rendszerkialakításoknak az összehasonlítására a legmegfelelőbb mód az ellátás hatásfokának vizsgálata. A következő ábra tartalmazza a különféle kialakítások összehasonlítását. Ábrázolja a HMV előállításra fordított napi energiamennyiség függvényében az energiafelhasználás hatásfokát, azaz, hogy a befektetett energia milyen arányban kerül valójában használati melegvízként felhasználásra.



23. ábra Melegvíz-előállítási módok gazdaságosságának összehasonlítása [61]

Meg kell jegyezni, hogy ez a diagram sok bizonytalanságot rejt magában, jelentősen befolyásolja a kialakított rendszer, a fogyasztóig terjedő csőhálózat hossza valamint a használati és mérési körülmények, értékek, azonban a különféle HMV előállítási módok összehasonlítására megfelelő.

A diagramból kitűnik, hogy a villamos energiával történő HMV előállítás látszik a leggazdaságosabbnak, ott is az átfolyós előállítás, mely csaknem 100%-os hatékonyságot mutat. Amit megtermelünk, azt azonnal, szinte veszteség nélkül felhasználjuk. A villamos HMV termelőbe vezetett energia 100%-ban hővé alakul és ez a hő a fűtőpatronról átkerül az őt körülvevő vízbe. A fűtőpatron elvízkövesedésekor a hatásfok nem romlik, hanem a hőátadás magasabb fűtőszál-hőmérsékleten valósul meg, egészen addig, míg a fűtőszál tönkre nem megy. A gázüzemű vízmelegítőknél ezzel szemben a vízkövesedés hatására a hőátadás romlik, az égéstermék magasabb hőmérsékleten távozik, minek eredményeként a hatásfokromlással jár. A villamos energiával történő tárolós HMV előállítás (villanybojler) az átfolyóshoz képest kedvezőtlenebb, minek oka a tárolási veszteségekben keresendő, mely veszteség a napi felhasználás csökkenésével nagyobb értékűvé válik, ezáltal csökken az energiafelhasználás hatékonysága is. Itt komoly bizonytalansági tényező a tároló nagysága, hőszigetelése, a cirkulációs rendszer kialakítása. A villamos energiára alapuló HMV termelés hátránya magában a villamosenergia-előállításban rejlik, melyet nagyrészt valamilyen gáz, olaj vagy szilárd tüzelőanyag elégetésével állítják elő. A villamosenergia-előállító és -szállító rendszer hatékonysága azonban meglehetősen alacsony. A fogyasztónál felhasznált energia közel háromszorosát kell primer energiahordozóként erőművi szinten befektetni, azaz 1 kWh villamos energia előállításához kb. 3 kWh energiatartalmú tüzelőanyagot kell elégetni. Ezt figyelembe véve, ha a felhasznált primer energiát nézzük, akkor a villamos energiára épülő HMV előállítási módok helye a diagramban módosul, a legrosszabb hatékonyságúvá válik.

A gázüzemű HMV előállításnál is látható az átfolyós megoldás előnye, csak az termelődik meg, ami felhasználásra kerül. Ez azonban csak egy jól szabályozott átfolyós vízmelegítőnél igaz. Azoknál, ahol a főgő gyújtása csak szinte teljes átfolyásnál következik be, nyilván nem értékelhetők ilyen formában. Ezek ugyan HMV előállítására fordítják az energiát, de kérdés, hogy az adott célhoz kell-e ennyit? Érdekes különbség adódik az átfolyós vízmelegítők két típusa, az elektronikus gyújtású kombi és a gyújtólángos vízmelegítő között. Az utóbbinál különösen a kisebb napi energiafelhasználás mellett csökkenő hatékonyságot a folyamatosan égő gyújtóláng készenléti energiafelhasználása okozza. A diagramban hatékonyság szempontjából középtájon helyezkednek el a gázenergiával üzemelő tárolós megoldások. A csökkenő napi felhasználással csökkenő hatékonyság itt is a tárolási veszteségek relatív növekedésének eredménye.

A tárolós megoldások energiafelhasználás szempontjából az átfolyós készülékekhez képest lényegesen kedvezőtlenebb hatékonyságúak. Ugyanakkor az átfolyós megoldások alkalmazhatósága korlátozott. Bármilyen átfolyós rendszerről van szó, tároló nélkül egyszerre csak annyi csapoló ellátására alkalmas, ahányra méretezték. Tárolós megoldásokra tehát

szükség van. Az energiafelhasználás csökkentésének szempontjából azonban igen lényeges a tároló és a hozzá melegvíz- és cirkulációs rendszer jó hőszigetelése. A cirkulációs hálózat üzeme igen komoly veszteséget, ezzel a tároló gyors visszahűlését okozhatja. A tárolás azért szükséges, mert a csúcsfogyasztás a termelés energia ellátás vagy berendezés oldalról korlátozott mértékét meghaladja. Ez a megfontolás a tároló szükséges méretére is iránymutatást ad. A tároló szükséges kapacitását az adott termelési lehetőség felett jelentkező fogyasztás időbeni integrálja, összesítése adja [61].

3.2.4.2 Cirkulációs rendszer programozott üzemeltetése

Bizonyos méretet meghaladó melegvíz hálózat esetén a cirkulációs rendszer elengedhetetlen. Ennek célja, hogy a csapolókon történő vételezéskor szinte azonnal rendelkezésre álljon a melegvíz. Ennek az igénynek a kielégítése a cirkulációs szivattyú által, a hálózatban keringetett melegvíz szolgál. Mint azt már az előzőekben említettem, a cirkulációs hálózat üzeme igen komoly veszteséget és ezzel a tároló gyors visszahűlését eredményezi. Ennek elkerülésére a jó hőszigetelésen túl célszerű a cirkulációs rendszer üzemét szakaszossá tenni. Az épület használatán kívüli időszakban célszerű a cirkulációt szüneteltetni, mivel az azonnali melegvíz igény ilyenkor szükségtelen, valamint leállításával hő- és villamos energia takarítható meg. A cirkulációs rendszer üzemeltetési idejét a melegvíz hálózatban keringetett víztérfogat felfűtési idejének és az épület üzemidejének ismeretében kell meghatározni. Ezen időtartományon túl a cirkuláció üzemeltetése szünetel. Ennek az üzemi menetrendnek a megvalósítását heti programozású kapcsolóórával lehet elvégezni, mely a cirkulációs szivattyú mágneskapcsolóit üzemelteti. Az így megtakarított villamos energia nem túl jelentős (néhány tízezer forint), míg a HMV termelésre fordított hőenergia-megtakarítás akár 15% is lehet.

3.3 Épületvillamossági rendszeren alkalmazható beavatkozások

3.3.1 Üzembiztonság

3.3.1.1 Kábelezés

Az épületek felújításánál - különösen a paneles épületek esetében - az eredetileg beépített alumínium villamos hálózatok átépítésénél, cseréjénél a réz alapanyag felhasználása kerül előtérbe. Ezzel a minőség javítása, a megbízhatóság, az élet- és vagyónvédelem fokozott betartása megnyugtató módon teljesül.

Az 1990-es évekig épített lakóépületek és lakótelepek villamos hálózata, a lépcsőházi méretlen fővezetékek, és a villanyóra utáni mért fővezetékek vagy a lakások belső hálózatai alumíniumerű vezetékekkel épültek ki. Részben az alumínium tulajdonságából adódó kötések roskadása, vándorlása miatt, mind a laza áramköri kötések, mind a szerelvények instabil kötésesei melegedéseket, zárlatokat, esetleg tüzet okozhatnak. Ehhez hozzájárul még az is, hogy a háztartások villamos készülékeinek száma megnőtt, az otthoni munkák könnyítésére korszerű villamos háztartási gépek állnak rendelkezésre. Nem elhanyagolható tény, hogy ezek a gépek a többletfunkcióknak köszönhetően nagyobb teljesítmény felvételére képesek [62].

3.3.1.2 Érintésvédelem

A mért fogyasztói oldalon az elosztódobozokban kell elhelyezni a legkorszerűbb életvédelmet nyújtó védelmi készüléket, az egyfázisú (kétpólusú) vagy háromfázisú (négypólusú) áramvédőt. E készülékek, ha a különböző villamos fogyasztókészülékek be- és kifolyó áramának különbsége meghaladja az áramvédő kapcsolóra jellemző névleges hibaáramot, a berendezést igen rövid idő alatt (10-40 ms) kikapcsolják. Működésüket nemcsak a testzárlati áramok váltják ki, hanem az emberi kéz érintése is, ha a baleset a testen át a föld felé folyó hibaáram meghaladja a névleges kioldó hibaáram értékét [63].

3.3.2 Épületvilágítás

A villamosenergia-költségek minél alacsonyabb szinten való tartása ma már alapvető követelmény. Nem mindegy, hogy az adott alkalmazási terület fogyasztóit milyen módszerrel működtetik. Az impulzusrelékből felépített vezérléssel is költség takarítható meg, de minél inkább növekedik a vezérlés intelligenciája (különböző érzékelőkkel és dimmerekkkel) a középtávú megtakarítás jelentőssé válik. Az integrált funkciókat magába foglaló vezérlőkészülékekkel rugalmasan változtathatók az üzemmódok a telepítés költségeinek növekedése nélkül.

A világítástechnikában elterjedtek a törpefeszültségű halogénlámpák, a kompakt fénycsőek, stb., és a költségcsökkentéshez hozzájárul a kapcsolókészülékek helyes kiválasztása is,

melyek egyéb érzékelőkkel és vezérlőmodulokkal kiegészíthetők, mint a fényerőszabályozás, a mozgásérzékelő, a jelenlét-érzékelő, a programozható multifunkciós kapcsolóóra, az állandó megvilágítási szintet biztosító szabályozó, lágy KI/BE kapcsolást biztosító szabályozó [64].

3.3.2.1 Világítástechnikai alapismeretek

A látható fény hullámhossza 380-780 nm-es tartományban mozog. A fény érzékelhetősége függ a mennyiségi jellemzőktől és a biológiai tényezőktől.

A mennyiségi jellemzők:

- Fényáram: a sugárzott teljesítmény emberi szem által érzékelt része, jele: Φ , mértékegysége: lumen (lm).
- Térszög: a fényforrást pontszerűnek elképzelve a sugárzás térbeli irányultságát a térszöggel lehet jellemezni. A térszög egysége a szteridián (sr), ami az egységnyi sugarú gömb egységnyi felületű része. Általános esetben a térszög úgy számolható, hogy az R sugarú gömb kérdéses irányba eső felületét osztjuk a gömbsugar négyzetével. A térszög jelölése: Ω , egységnyi sugar esetén a teljes térszög $\Omega = 4 \cdot \pi$, szteridián.
- Fényerősség: egységnyi térszögbe kisugárzott fényáram, jele: $I = \frac{\Phi}{\Omega}$, mértékegysége: kandela (cd).
- Megvilágítás: egységnyi felületre eső fényáram, jele: $E = \frac{\Phi}{A}$, mértékegysége: lux (lx).
- Fénysűrűség: az emberi szem egy felületre nézve, nem a megvilágítást érzékeli, hanem a látszólagos fényességet. A szemben keltett fényérzetre jellemző mennyiség a fénysűrűség, ami a fényerősség felületi sűrűsége, jele: $L = \frac{I}{A}$, mértékegysége: $\frac{cd}{m^2}$. A szöget bezáró felület fénysűrűsége: $L = \frac{I}{A \cdot \cos \alpha}$.
- Fényhasznosítás: a fényforrás energetikai hatásfoka vagyis, hogy az adott fényforrás milyen hatásfokkal alakítja át a villamos energiát fényenergiává, jele: $\eta = \frac{\Phi}{P}$, mértékegysége: $\frac{lm}{W}$.

A biológiai tényezők:

- Akkomodáció: A figyelt tárgyak távolságától függően a szem a szemlencse domborulatának változtatásával képes éles képet előállítani. Az élesen látott legtávolabbi és legközelebbi tárgy távolsága az akkomodációs terület, ami függ az életkortól és a megvilágítási szinttől.
- Adaptáció: Alkalmazkodás az eltérő megvilágítási szintekhez, világosból sötétbe akár 30-60 perc is lehet, míg sötétből világosba csak pár perc. Az adaptáció gyorsítását és a kellemetlen érzés elkerülését átmenet biztosításával, az előterek megfelelő világításával lehet elérni.

- Látómező: A térbeli irányoknak azt az összességét, amelyben a nyugalomban lévő, előre tekintő emberi szem valamely tárgyat észlelni képes nevezzük látótérnek, látómezőnek. A látótér határai két szemmel nézés esetén jobbra-balra nagyobb, mint 80-90°, felfelé 50-60°, míg lefelé 60-70°.
- Kontraszt: A tárgyak megkülönböztetését a fénysűrűségük különbsége teszi lehetővé, amit a kontraszt jellemez. Általános értelmezésben a kontraszt az adott tárgy L_2 , és a környezet L_1 fénysűrűség különbségének és a környezet fénysűrűségének aránya: $K = \frac{L_2 - L_1}{L_1} = \frac{\Delta L}{L_1}$. Azt a minimális fénysűrűség különbséget, amit adott világítási szint mellett a szem még érzékelni képes küszöb fénysűrűségnek nevezzük (ΔL). A megvilágítási szintet növelve nő a fénysűrűség, ez azonban a kontraszt csökkenését vonja maga után, vagyis a túlzott megvilágítás is kerülendő.
- Káprázás: A látási kényelmetlenségek gyűjtőfogalma. Közvetlen káprázás amikor a zavaró fénysugarak forrása látható; közvetlen, mikor a zavaró fénysugarak visszaverődés során jutnak a szembe; zavaró, ha csak látási kényelmetlenséget okoz és rontó, amennyiben a látási teljesítmény csökkenést okoz [65].

3.3.2.2 Dimmerek (fényerő-szabályozók)

A dimmer segítségével a fényerő fokozatmentesen vezérelhető vagy kiegészítőkkal együtt szabályozható energiatakarékos módon. Az alkalmazási kör igen széles: lakossági felhasználástól a szolgáltató területen át az egészségügyi, mezőgazdasági vagy ipari alkalmazásig.

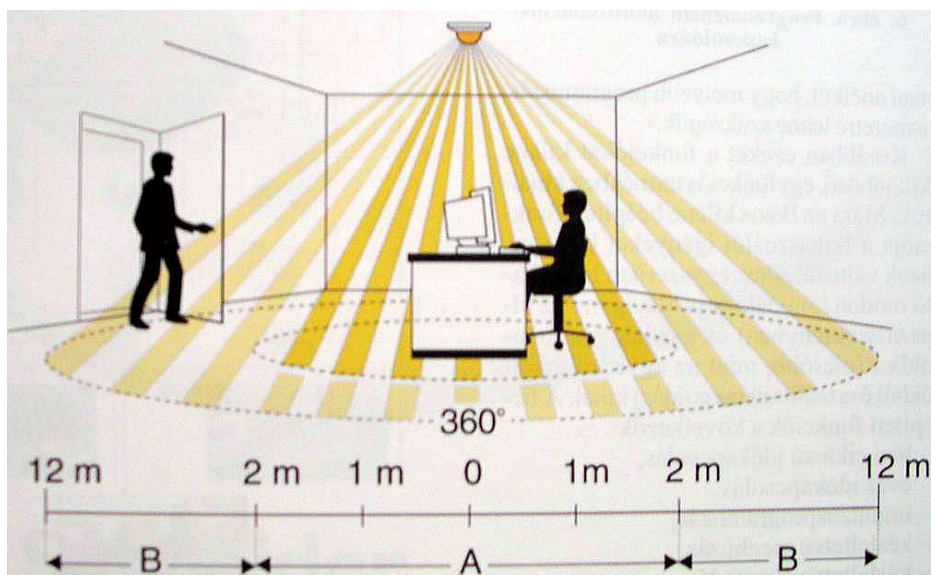
A fényerő-szabályozás követelményei közé tartozik a felhasználó komfortérzetének növelése, jelentős mértékű energia- és üzemeltetési költségmegtakarítás, és a megfelelő fényintenzitás biztosítása a megfelelő helyen és időben [64].

3.3.2.3 Jelenlét-érzékelők

Az energiatakarékosság érdekében kifejlesztett jelenlét-érzékelők előnyei leginkább a szolgáltatási szektorban (irodaépületek, osztálytermek, múzeumok) érvényesülnek.

A mozgásérzékelők az épületek belső és külső folyosóinak és átjáróinak megvilágításához alkalmasak, míg a jelenlét-érzékelők beltéri munkaterületek megvilágítására használatosak. Ezek az ember által végzett kisebb mozgásokat érzékelik.

A jelenlét-érzékelők a mennyezetre szerelhetők, és 4 méteres átmérőjű körzetben igen kis mozgási amplitúdókat érzékelnek, valamint 24 méteres átmérőjű tartományban mozgásérzékelőként funkcionálnak. A világítás ki-, és bekapcsolását az emberi jelenlét és a környezeti világosság függvényében vezérlik [64].



24. ábra Jelenlét érzékelő működési tartományai [64]

3.3.2.4 Kapcsolóóra

A kapcsolóórákat korábban az egyes funkciókat tartalmazó modulokból állították össze. Ma már egybe integrálva, kompakt módon kínálják. A legelterjedtebb beépített funkciók: heti ciklusú időkapcsolás, éves időkapcsolás, impulzusprogramozás, késleltetve meghúzás, késleltetve elengedés, időzített működés, impulzusadó kimenet, üzemóra számlálás, impulzusszámlálás [64].



25. ábra Kapcsolóóra [64]

3.3.2.5 Világítástechnikai fényforrások

A világítástechnikai eszközök több csoportra oszthatóak, mint fényforrások, működtető készülékek, lámpatestek és elektromos hálózat. A fényforrások szabványosított kódrendszer (ILCOS) szerint csoportosíthatóak. Ezek lehetnek: általános célú izzólámpák (IA), halogén izzólámpák (H), nagynyomású higanylámpák (QE), kevertfényű lámpák (QB), fénycsövek (F), indukciós lámpák (FSG), nagynyomású fémhalogén lámpák (M), nagynyomású nátriumlámpák (S) vagy kisnyomású nátriumlámpák (L).

A működtető eszközök a fényforrások használatához elengedhetetlenek, ezek biztosítják a szükséges működési feltételeket, mivel a hálózati feszültség nem elegendő az ívkisülés

megindításához, ezért a kisülő lámpáknál mindig gyújtó alkatrész alkalmazása szükséges, vagy, hogy az ívkisülés megindulása után az áram túlzott növekedését korlátozni kell, amire a fojtó alkatrészek szolgálnak. Az induktív előtétek a nagy veszteségük miatt korszerűtlenek, ezért az elektromos előtétek alkalmazása hatékonyabb. Ezek 30 kHz körüli frekvencián működnek, melynek kedvező hatásai, hogy nincs kellemetlen villogás a fénycső sarkain, biztosabb gyújtás a zavaró villódzás nélkül, 5-10% fényáram növekedés, könnyen szabályozható fényáram, kisebb tömeg és jobb teljesítménytényező.

A fényforrások lehetnek még hőmérsékleti vagy lumineszcens sugárzók.

A hőmérsékleti sugárzók gerjesztése a hőmozgásra vezethető vissza. Ez annál intenzívebb, minél magasabb az izzószál hőmérséklete. Hőmérsékleti sugárzás tekintetében lehetnek hagyományos vagy halogén izzólámpák.

Az izzólámpák kialakítás szerint lehetnek tetőtükrösek, reflektorburások vagy PAR lámpák. Ezek előnyei: színvisszaadási indexük $R_a=100$, a legolcsóbb fényforrások, azonnal világítanak, pontszerű fényforrásnak tekinthetők, fényerősségük egyszerűen szabályozható, fényáramuk a környezeti hőmérséklettől független. Hátrányaik: a rövid élettartam (1000 h), alacsony fényhasznosítás ($\eta=6-20$ lm/W), érzékenység a feszültségváltozásokra, az ütésekre, a nedvességre és a hirtelen hőhatásra, valamint idővel a fényáram a 70-88%-ára csökken.

A halogén lámpák előnyei: élettartamuk 5-10000 h, kétszeres fényerősség és fényhasznosítás, fényáramuk alig csökken élettartamuk során, kitűnő a színvisszaadás és fehérebb a fény, pontosabban irányítható a fénynyaláb, bekapcsoláskor teljes fényáramot szolgáltatnak, egyszerűen szabályozhatók. Hátrányaik: törpefeszültséget igényelnek, nagyon magas felületi hőmérséklet, amibe a zsírfoltok könnyen beéghetnek.

A lumineszcens sugárzók fényképzése kétféle úton valósul meg: a sugárzó atomi részek gerjesztése vagy sugárzás elnyelésével vagy nagysebességű töltéshordozókkal történő ütközéssel. Ezen sugárzók lehetnek kisnyomású ívlámpák (fénycsövek, kisnyomású nátrium lámpák, indukciós lámpák) vagy nagynyomású ívlámpák (higanylámpák, nátrium lámpák, fémhalogén lámpák, xenonlámpák).

A fénycsövek lehetnek a hagyományos, lineáris fénycsövek vagy kompakt fénycsövek.

A lineáris fénycsövek méretmegadásánál az átmérők szokásos megadása a T és utána a számérték (T2, T5, T8, T12), amit 1/8"-al szorozva kapható meg a valós méret. A fénycsövek által sugárzott fény színe, a fényáram csökkentése az élettartam alatt a fénypor összetételétől függ. A standard fénycsövek színvisszaadási indexe $R_a=50-60$, fényáram állandósága 70%, míg a többsávos fénycsövek esetében az $R_a=85$, a fényáram állandóság 95%. A korszerű

fénycsövek megjelenésével bevezették az energiatakarékossági indexet (EEI) a fénycsövek minősítésére, ami egy 36 W-os T8-as normál fénycső esetén a különböző osztályokra:

D osztály	Nagy veszteségű induktív előtéttel	> 45 W teljesítmény
C	Normál induktív előtéttel	< 45 W
B2	Kis veszteségű induktív előtéttel	< 43 W
B1	Igen kis veszteségű induktív előtéttel	< 41 W
A3	Elektronikus előtéttel	< 38 W
A2	Kis veszteségű elektronikus előtéttel	< 36 W
A1	Szabályozható elektronikus előtéttel	< 38-19 W

A fénycsövek előnyei: izzókhöz képest 3-7-szeres fényhasznosítás, 5-20-szoros névleges élettartam, hideg, meleg és semleges fényű kivitel, elektronikus előtéttel jól szabályozhatók, szabályozástól független fényszín, fénnyárammal arányos fogyasztás, kis fénysűrűség, kellemes szórt fényhatás, névleges élettartam folyamatos üzem mellett akár 70%-kal is nő. A hátrányai: előtét és gyújtó szükséges, a segédberendezéseik is áramfogyasztók, érzékenység a feszültségingadozásra, zavaró lehet a fénycsővillogás, zajos előtétek lehetnek, fénnyáramhoz képest nagy méret, rádiófrekvenciás zavart kelthetnek, stroboszkóp hatás jöhet létre.

A kompakt fénycsövek működési elve azonos a fénycsövekével. Kifejlesztésük célja az izzólámpák kiváltására alkalmas, a fénycsövek előnyös tulajdonságaival rendelkező kisméretű fényforrás létrehozása volt. A méretet a kisülőtér összehajtogatásával csökkentették. Az egyszeres hajtogatású kétsöves modellek mellett mára már kifejlesztették a négy-, hat-, és nyolc csöves változatokat is. Előnyei: izzólámpákénál akár 12-szer hosszabb élettartam, elektronikus előtéttel jól szabályozhatók, „E” foglalattal is kaphatók, kiváló színvisszaadásúak, viszonylag kis méretűek. Hátrányai: viszonylag kevés lámpatestet gyártanak hozzá, gyakori ki- és bekapcsolás gyors tönkremenetelhez vezet, gyártásuk lassabb, mint a fénycsöveké.

Az indukciós lámpa egyfajta kisnyomású kisülőlámpa, és mivel a mérete is izzólámpa nagyságú, így a kompakt fénycsövek közé sorolható. Működési elve azon alapul, hogy a nagyteljesítményű rádióadók közelében, a fénycsövek kikapcsolt állapotban is világítanak, ami az erős mágneses tér gerjesztő hatásának köszönhető. Előnyei: kb. 15000 órás élettartam, 50 lm/W fényhasznosítás, izzólámpa formájú és foglalatú, villogásmentes fény, színvisszaadás $R_a=82$, azonnal újragyújtható, bírja a gyakori kapcsolgatást, 70%-os fénnyáram állandóság. Hátrányai: viszonylag drága, nagyobb méret és tömeg, minimum gyújtási hőmérséklet 0 °C, elektronikus szabályozáshoz nem alkalmazható, fénnyárama 40 °C felett csökken.

Kisnyomású nátriumlámpák működése során az ívkisülés a gáztérben lévő nátrium atomokat gerjesztve közvetlenül látható sárga fényt hoz létre, ezért nincs szükség fénypor alkalmazására. Ebben a fényszín tartományban az emberi szem érzékenysége a maximálisához közeli, ebből következően fényhasznosítása nagyon jó, hiszen egy ugyanolyan sugárzási teljesítményű, de folytonos spektrális eloszlású fényű fényforrással összevetve a sárga fény jóval nagyobb fényérzetet kelt. Előnyei: fényhasznosítás $h=100-180$ lm/W, élettartamuk a normál izzó 20-szorosa, azonnali újragyújtás. Hátrányai: színvisszaadás gyakorlatilag nulla, speciális gyújtóáramkör szükséges, robbanás és tűzveszélyes helyen nem alkalmazhatók.

Higanygőz lámpáknál a kisülés a belső kisülőcsőben jön létre, a bekapcsolás, illetve az újragyújtás után 5-8 perccel. Nem szükséges gyújtó, elegendő csak az előtét. Elektronikus eszközökkel jól szabályozható. A higanykisülés fénye vörös komponensben szegény, így a külső búra belső felületén vöröses sugárzó fénypor van. Fényvisszaadásuk ennek segítségével is csak gyenge, vagy közepes ($R_a=50$).

A fémhalogén lámpák a higanylámpák továbbfejlesztésének eredményei. A legfőbb különbség, hogy a kisülőcsőbe az argon és a higany mellé nátrium-, indium- és tallium jodidokat keverve jön létre a fehér fényű (természetes fényű) fémhalogén lámpa. Fényhasznosításuk max. 100 lm/W körüli, színvisszaadásuk mindössze $R_a=65$, azaz közepes. A kisülőcsőbe további halogénvegyületeket adva jönnek létre a nappali fényű fémhalogén lámpák. Ezek színvisszaadása kiváló $R_a>90$, de a fényhasznosítás 80 lm/W körülire csökken. Ezeket a lámpákat alkalmazzák nagy színvisszaadási követelményeket támasztó ipari célra, valamint sportlétesítmények, stadionok és stúdiók megvilágítására. Készülnek átlátszó és diffúz bevonattal, továbbá azonnal újragyújtható változatban is. A fémhalogén lámpák előnyei közé tartozik, hogy a higanylámpákhoz képest is sokkal jobb fényvisszaadás érhető el, a fényáramuk 15-40%-kal nagyobb, léteznek azonnal visszakapcsolható típusai, fényvetőhöz alkalmazható típusai és diffúz valamint PAR változatai. Hátrányuk a viszonylag rövid élettartam (max. 10000 óra), hogy égetési helyzetük nem tetszőleges és a 4 perc körüli felfutási idejük.

Nagynyomású nátriumlámpák kialakítása olyan, hogy a cső egyik végén lévő tartályban található az ívkeltéshez szükséges nátrium-higany keverék. A nátrium agresszív viselkedése miatt a kisülőcső anyaga alumínium-oxid, fényáteresztő képessége 90% feletti, és nátriumot, higanyt valamint töltőgázként xenont tartalmaz. A nagynyomású higanylámpa színvisszaadása $R_a=25$, ami a xenon töltőgáz nyomásának emelésével javítható. Ezen lámpák

előnyei a 130 lm/W értékű, nagyon jó fényhasznosítás, hogy élettartama során a fényáram jelentősen nem csökken, hogy újragyújtási ideje 1 perc alatti, nagyon jó színvisszaadású típusai léteznek. Hátrányuk a már említett gyenge színvisszaadás, hogy gyújtóval és előtéttel az áruk magas, a nagy gyújtási idő (2-8 perc) és hogy a színvisszaadás javulásával a fényhasznosításuk romlik.

Az utóbbi idők leggyorsabb ütemben fejlesztett fényforrásai a világító diódák, azaz a LED-ek. Ezek nagy előnye a kis felvett villamos teljesítmény mellett sugárzott viszonylag nagy fényáram (jó fényhasznosítás), és a rendkívül nagy, 100000 órás élettartam.

Fontos foglalkozni a lámpatestekkel is, melyek a fényforrások fényének elosztására, szűrésére vagy átalakítására szolgálnak, tartalmazzák a fényforrások rögzítésére és védelmére valamint hálózati csatlakoztatásra szolgáló alkatrészeket és az egyéb működtető áramköri elemeket. A lámpatestek fényttestét a fényeloszlási görbék jellemzik, amik tulajdonképpen a meghatározott síkokban felvett fényerősség értékek. A tipikus fényeloszlási görbe lehet közvetlen, főleg közvetlen, szórt, főleg közvetett, közvetett, szélesen sugárzó vagy fényvető. A lámpatestet jellemzi még a hatásfoka, ami a lámpatestből kisugárzott fényáramnak (Φ_L) és a benne levő

fényforrás névleges fényáramának (Φ_F) a hányadosa: $\eta_L = \frac{\Phi_L}{\Phi_F}$. A lámpatest a belső téren a

helyiséghatásfokkal (η_H) együtt határozza meg a világítási fokot: $\eta_V = \eta_L \cdot \eta_H$. A lámpatest kialakításával lehet megakadályozni a szilárd test és víz behatolás elleni, valamint az ütés elleni védelmet. A lámpatest védettségi fokozatát az un. IP (Internation Protection) számsor jelöli. Az IP besorolás első számjegye a szilárd testekkel (por), a másik számjegye a vízzel szembeni védettséget jelenti. A maximális védettség IP 68 [65].

3.3.2.6 Világítástervezés

Egy helyiség szabványban előírt mértékű megvilágításának kielégítésének tervezésére több módszer is létezik, mint a pontmódszer, a hatásfokmódszer és az egyszerűsített eljárás.

A világítástervezés során az alábbi lépéseket kell követni:

- a látási feladat meghatározása, a világítás rendeltetése, rendszere a kiszolgált alaplétesítmény funkciójának megfelelően,
- a világítástechnikai eszközök és jellemzők összegyűjtése, a világítás módja a funkcióra érvényes szabványelőírások szerint
- a világítási berendezések eszközeinek kiválasztása, mint a fényforrás, a lámpatest és a kapcsolók
- világítástechnikai méretezés a megvilágítás, az egyenletesség, stb. tekintetében

- műszaki és gazdaságossági hatékonyságelemzés a műszaki mutatók és gazdasági számítások alapján.

Az egyszerűsített tervezési eljárás tapasztalatokra épített közelítő módszer, melynek irányadó értékeit az alábbi táblázat tartalmazza [65].

Helyiség, helyiségcsoport		Fajlagos teljesítmény-mutató	Beépített világítási teljesítmény
Megnevezés	Alapterület		
Közvetlen világítás	A [m ²]	m _p [W/m ²]	P [W]
Iroda	100	16	1600
Szerelőcsarnok	1536	6,3	9800
Raktár csarnok	1536	4,8	7500
Közlekedő	100	4	400
Reprezentatív tárgyaló	100	78	7800

6. Táblázat Világítástervezési tapasztalati értékek [65]

3.3.2.7 Energiagazdálkodási megfontolások

Egy tervezés alatt álló vagy az energiatudatosság szellemében átalakításra váró világítási rendszer esetén a fő követendő célkitűzések a beépített villamos teljesítmény és a bekapcsolási óraszám csökkentése.

A beépített teljesítmény csökkentének szempontjai a nagy fényhasznosítás kis fényáram mellett; jó hatásfokú és megfelelő kivitelű lámpatestek alkalmazása; kis veszteségű előtéttek alkalmazása; rendszeres és tervszerű karbantartás; belső terek felületi kialakításának lehetősége; a természetes fény kedvező hasznosítása.

Az üzemidő csökkentésére felhasználhatóak a rugalmas kialakítások. Ilyenek lehetnek az általános és a kiemelő helyi szintű világítás alkalmazása; a lámpatestek kapcsolása kézzel, fénykapcsolóval vagy mozgásérzékelővel, illetve programozottan; a szükséges megvilágítási szint lépcsőzetes illetve folyamatos üzemű, egyéni igényeknek megfelelő kézi szabályozása; a mesterséges világítás automatikus szabályozása az előre meghatározott, de tetszőlegesen változtatható szintre a helyiséget érő természetes fényváltozás függvényében; a lámpatest sínre szerelése és az elrendezés igény szerinti változtatása. Az egyes működési módok alkalmazásával elérhető megtakarítások közelítő értékét a táblázat tartalmazza az elektromos előtét alkalmazásához viszonyítva [65].

Működtetési mód		Megtakarítás [%]
Kézi szabályozás	kapcsoló a falnál	30
	távkapcsolóval	50
Szenzoros szabályozás		60
Szabályozás mozgásérzékelővel		70

7. Táblázat Működtetési módokkal elérhető megtakarítások [65]

3.3.3 Villamos hajtások

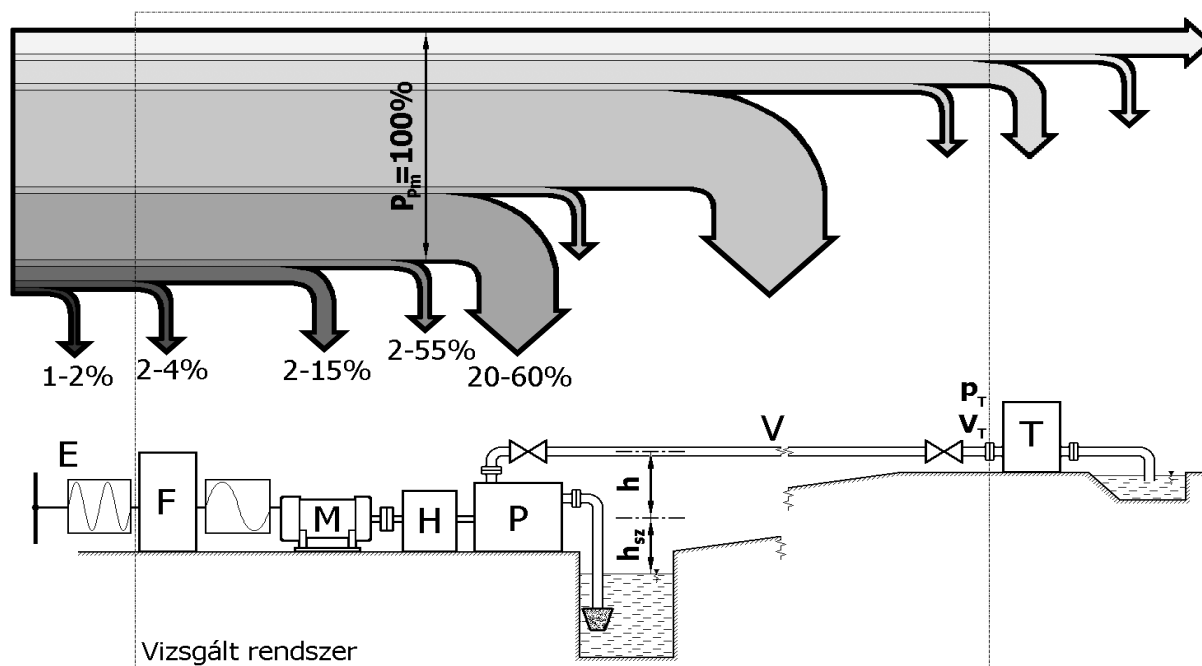
Mind az iparban, mind a háztartásokban számos helyen alkalmaznak villamos motorokat, illetve egybeépített motor-munkagép egységeket. Az alkalmazások jelentős területe a különböző folyadékok és légnemű anyagok szállítása, keringetése, nyomásfokozása.

A tapasztalatok szerint napjainkban még számos gazdaságtalanul működő villamos motor-szivattyú, valamint motor-ventilátor egység van üzemben, aminek oka egyrészt a telepítésük óta eltelt idő és az ezalatt esetleg megváltozott szállítási igény, másrészt a technikai fejlődés eredményeként gyártott korszerűbb energiatakarékos egységek nem kellő ütemű elterjedése, valamint az üzemeltetők ilyen irányú ismerethiánya.

Ipari alkalmazások esetén a villamos hajtásrendszerek általánosan a következő elemekből állnak: Villamos-energiaellátó rendszer (E), Szabályozó készülék (F), Villamosmotor (M).

A munkagép - itt szivattyú - ami értelemszerűen a villamos motorhoz a megfelelő mechanikus áttételrendszerrel, tengelykapcsolóval (kompakt egységeknél esetleg közvetlenül) kapcsolódik. A szállított folyadék pedig valamilyen vezetékrendszeren jut el a rendeltetési helyére, így egy általánosnak nevezhető szivattyú gépcsoport az előzőeket kiegészítve a következő elemekből épül fel: Mechanikus áttételrendszer (H), Szivattyú (munkagép) (P), Csővezeték rendszer és (V), Technológia (a vezetékhez csatlakozó rendszer) (T)

A felsorolt rendszerelemeket és kapcsolatukat szemlélteti az energiafolyam 26. ábra, mely az áramlás útjával azonos irányban balról jobbra van megrajzolva. A gyakorlatban ezzel ellentétes irányból megközelítve kell vizsgálni az egységet, vagyis a technológiai igényből kiindulva kell haladni a szivattyú, és a villamos motor felé.



26. ábra A vizsgált rendszer és teljesítményfolyam ábrája [66]

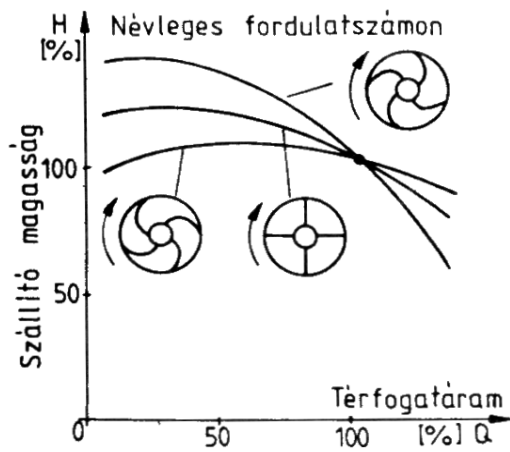
Általános esetben a felülvizsgálat a villamos-energiaellátó rendszer és a technológia közötti szakaszra terjed ki, hiszen a technológia által megkívánt paraméterek általában adottak, megköveteltek, és gyakran a villamos hálózat átalakítása is problémás. Ilyen módon a szivattyú feladatának a technológia számára p_T nyomáson biztosított V_T térfogatáram biztosítása tekinthető. Ezt a technológiai nyomást a szállítás elemzése során a szivattyú és a fogadó hely közötti szintkülönbség miatti nyomáskülönbséggel együtt statikus nyomásként kell kezelni. Az előírt értéket kell tartani önműködő vagy kézi szabályozással.

A vizsgálatok fontos eleme a szivattyúhoz csatlakozó csővezetékrendszer. Feltételezhető, hogy a vezeték átmérője a tervezés során az akkori térfogatáramhoz lett meghatározva, azonban igen gyakori, hogy az aktuálisan szállított közeg térfogatárama jelentős mértékben eltér a tervezési értékektől. Fontos kiemelni, hogy a helyszíni terepszemlék és az adatgyűjtés egyik legnehezebb része - főleg összetett rendszerek esetén - a csővezetékrendszer valós paramétereinek a megállapítása. Előfordulhat, hogy a régi tervrajzok már nem fellelhetők, valamint problémát okozhat a számításokhoz szükséges csősúrlódási tényező meghatározása is. Az ismert vezetékmeretek és térfogatáram figyelembevételével kiszámolható a vezetékben az áramlás miatti nyomásesés, valamint a technológiai nyomás és a szintkülönbség miatti statikus nyomáskülönbség segítségével már megrajzolható a csővezeték jelleggörbéje, s ennek ismeretében meghatározható a szivattyú teljesítményigénye [66].

3.3.3.1 Szivattyú, mint munkagép

A villamos hajtásokban leggyakrabban alkalmazott munkagépek a szivattyúk és a ventilátorok. A hazai ipari gyakorlatban a legnagyobb számban örvényszivattyúk és dugattyús szivattyúk üzemelnek. A két típus alkalmazását elsősorban az üzemi nyomás és a szállítandó közeg tulajdonságai határozzák meg. Közepes és nagy nyomásra szállításnál, ha a folyadék viszkozitása nagy, vagy nyírásra érzékeny, továbbá a térfogatáram nem változhat a szállítási nyomással, akkor a térfogat-kiszorítási elven működő szivattyúk beépítése a kedvező (dugattyús-, fogaskerék-, membránszivattyú, stb.). Kis nyomás, vagy nagy szállításakor a helyes választás a kinetikus (örvény) elven működő szivattyúk alkalmazása.

Ha szállítandó közeg légnemű, akkor a szállítást épületgépészeti megoldásokban ventilátorok végezhetik. Ezek szintén örvényelven működő gépek, és a szivattyúkhöz hasonlóan az áramlás irányának módosításától függően radiális, fél-axiális és axiális kialakításúak lehetnek. A lapátozás kialakítása szerint is eltérő típusú örvénygépek léteznek.



27. ábra Radiális szivattyúk jelleggörbéi a lapátózás függvényében [67]

Az energiagazdálkodás szempontjából a munkagépek körültekintő kiválasztása, a technológiai igénnyel történő összehangolása, rendszerbe illesztése azért is fontos, mert a hozzájuk illesztik a villamosmotorokat, s a rossz kiválasztás miatt a veszteség halmozódik.

Az energetikai veszteségfeltárás során szerte az országban gyakran tapasztalható a túlméretezés. Sok esetben a megváltozott technológia igények miatt válik túlméretezetté egy-egy szivattyú.

Jelen példában az üzemeltető a veszteségek csökkentése érdekében a járókerekek számának csökkentésével igyekezett a szivattyút a technológiai folyamathoz illeszteni. A szivattyúk veszteségelemzésének bemutatása során a következő megnevezések és egyenletek kerültek alkalmazásra:

- a szivattyú **hasznos teljesítménye** az a teljesítmény, amely a munkaközeg nyomásának emeléséhez szükséges lenne 100 %-os szivattyú összehatásfok mellett (a nyomócsonkokon át az egységnyi idő alatt távozó V mennyiségű közeg összentalpíájának megváltoztatásából számolva $P_{Ph} = V \cdot \rho \cdot g \cdot H_m$, vagy $P_{Ph} = V \cdot \Delta p_{V\Sigma}$),
- a szivattyú **névleges teljesítmény igénye** egy a kiválasztása idején feltételezett munkaponthoz (névleges szállított térfogatáramhoz és szállítómagassághoz, vagy nyomáskülönbséghez) tartozó teljesítményigény,
- a **szivattyú munkaponti teljesítmény igénye** az üzemvitel során a tényleges munkapontban kialakuló, a villamosmotor tengelyteljesítményével megegyező teljesítmény,
- a szivattyú névleges veszteségének az a veszteség tekinthető, amelyik a névleges teljesítményhez tartozó szivattyú hatásfokkal határozható meg ($P_{Pvn} = P_{Ph}/\eta_n$),
- a szivattyú munkaponti vesztesége a fojtásos szabályozás esetén a csővezeték jelleggörbén feltételezett munkaponthoz számított veszteség ($P_{Pvm} = P_{Ph}/\eta_m$),
- a szivattyú fojtási vesztesége a fojtásos szabályozás esetén a csővezeték jelleggörbén feltételezett munkaponthoz és a tényleges munkaponthoz számított teljesítmény különbsége ($P_{Pvfm} = P_{Pm} - P_{Pvm}$) [66],[67].

3.3.3.2 Mechanikus áttételrendszer

A mechanikus áttételrendszer feladata a villamos motor által szolgáltatott nyomaték és fordulatszám módosítása a munkagép igényeinek megfelelően. A hajtóművek további fontos feladata lehet a munkagépről származó káros lengések elhatárolása a villamosmotortól és

villamos hálózattól, valamint változó üzemi paraméterekhez való alkalmazkodás megvalósítása.

A hajtóművek többek közt csoportosíthatók hajtástechnikai szempontok szerint, ahol általában a két fő rendezőelv az áttétel megvalósításának módja, és a tengelyelrendezés jellege. Így meghatározhatók:

- Állandó áttételű hajtások
- Fokozatonként beállítható áttételű hajtások
- Fokozatmentesen beállítható áttételű hajtások
- Forgásirány váltó hajtások

A hajtóművek fontos jellemzője, hogy a nyomaték ill. a forgómozgás-átvitel erőzárással (súrlódási erő), vagy alakzárással (kényszerkapcsolat, fogazat), esetleg valamilyen közbenső segédelem segítségével történik. Ez utóbbi hajtások összefoglaló nevükön a vonóelemes hajtások (szíj, lánc), de itt is felállítható az erőátvitel módja szerinti csoportosítás, mint: erőzáró vonóelemes hajtások (lapos szíj, ékszíj, fogazott szíj), és alakzáró vonóelemes hajtások (fogas-szíj, lánc).

Általában egy-egy hajtási feladathoz kapcsolódó nyomaték és fordulatszám módosítás többféle hajtómű típus segítségével megoldható. Energiagazdálkodási megfontolások szerint azonban mindig törekedni kell a legkisebb veszteséget okozó megoldás kiválasztására.

Típus	Áttétel	v_{MAX} [m/s]	P_{MAX} [kW]	n_{MAX} [1/s]	η [%]	Csúszás [%]	Zaj
Lapos szíj	3	100	4 000	500	98	0,5÷1	csekély
Normál ékszíj	5	25	60÷70	80	95	0,5÷0,8	csekély
Keskeny ékszíj	5	45	70÷80	100	95	0,5÷0,8	csekély
Fogas szíj	10	80	400	300	98	-	erős
Görgős lánc	5	15	150	80	97	-	erős
Hengeres fogaskerék	7	130	50 000	900	98	-	mérsékelt
Csigahajtás	100				20÷95	-	mérsékelt
Hullámhajtómű	80÷350				60÷95	-	csekély
Ciklohajtómű	85				98	-	csekély

8. Táblázat Elemi egylépcsős hajtóművek jellemző adatai [68]

A táblázat adataiból jól látható, hogy az egyes elemek beépítésnek korlátot szab a megvalósítható áttétel és a módosítható teljesítmény, és gyakran a működési hőmérséklet is. A hajtóművek alkalmazásának azonban ettől eltérő szempontjai is vannak, hiszen a megcsúszni képes hajtóelemek biztonsági szerepet is betölthetnek túlterhelés esetén, vagy alkalmasak lehetnek a munkagép egyenetlen járásának mérséklésére.

Az egyik talán leggyakrabban alkalmazott hajtóműtípus a hengeres fogaskerekes vagy kúpkeres hajtómű. Ennek nagy előnye, hogy nagy teljesítmény-átvitelére képes, több fokozatot alkalmazva már viszonylag nagy módosítás mellett. A külső körülményekre viszonylag érzéketlen, jó hatásfokú és az összekapcsolandó tengelyekre nem jelent járulékos terhelést. A kiválasztás szempontja lehet azonban az is, hogy a hajtott gép milyen távol van a villamos motortól, hiszen nagyobb távolságoknál már meggondolandó egy öntvényházas fogaskerekes hajtómű alkalmazása. Ilyenkor a lehetséges alternatívák a szíj és lánchajtások, az üzemi paramétereiktől függően. Azokban az esetekben, amikor nagy áttétel megvalósítása a feladat, nagy teljesítmény átvitele mellett, akkor a bolygó-, hullám- és ciklohajtóművek alkalmazása szokásos.

Az energetikai felülvizsgálat során az előzőekben leírtak alapján érdemes megvizsgálni, hogy egy adott feladat teljesítéséhez a legjobb hatásfokú hajtóműtípus alkalmazott-e, és milyen alternatívák lehetnek. Ezután az alkalmazott hajtás jóságát kell megvizsgálni, ha lehetőség van rá a korábbi felülvizsgálatok eredményeit az üzemeltetőtől beszerezni. A leggyakoribb hatásfokrontó tényező a kopás, a helytelen kenés és szíjhajtásoknál a szíj anyagának öregedése, elhasználódása és megnyúlása is káros. Fogaskerekeknél a legegyszerűbb ellenőrzés a zaj és a melegedés vizsgálata. Érdemes odafigyelni olajcserénél az olajban található fémszemcsék mennyiségére és méretére is, mert ezek figyelmeztethetnek a kopásra amit ezután a hajtóműház szétszerelésével, vagy a kémlelőnyíláson át szemrevételezéssel is ellenőrizhetünk. A szíjhajtások ellenőrzésére egyszerű módszer a szlip mérése. A rugalmas vonóelemet alkalmazó hajtások fő ismérve, hogy rendelkeznek szlippel vagyis csúszással [66],[68].

3.3.3.3 Villamos motorok

A hajtásrendszer következő eleme a villamos motor, aminek talán a legfontosabb a szerepe a hajtás optimális hatásfokának kialakításában. A gyakorlatban **a veszteségek nagy részét a túlméretezett és alulterhelt motorok okozzák.** Ennek elkerülése a megfelelő motorméretezéssel és illesztéssel érhető el. Az újonnan választott motor lehetőleg energiatakarékos kialakítású legyen, ami megfelelő üzemórák mellett a gyors megtérülést, és a hosszú távú gazdaságos üzemeltetést is biztosítja.

Általában a motorok a névleges teljesítményük körüli tartományban üzemelnek a legjobb hatásfokkal, és a névleges teljesítményhez határozható meg legegyszerűbben a motorok terhelésfüggő és állandó veszteségeinek az aránya.

Az energiatakarékosági intézkedések (motorcsere, frekvenciaváltó alkalmazása, stb.) általában csak a nagyobb teljesítmények (pl.: $P_n > 10$ kW) és nagyobb éves üzemóra számok (pl.: 2000 h/év) esetén ígér ésszerű időn belüli megtérülést, ezért sok esetben nem

számolhatók ilyen kedvező megtérülési idők. (A motorok cseréjénél figyelembe kell venni, hogy az energiatakarékos kialakítású motorok névleges fordulatszáma jellemzően mintegy 5-10 f/min-el nagyobb a hagyományos kialakítású motorokénál. Az affinitás törvények értelmében a szivattyúk szükséges teljesítménye a fordulatszám köbével, míg a szállított anyagmennyiség a fordulatszámmal lineárisan arányos. Ez a fogyasztás és az anyagáram szükségtelen növekedését eredményezheti.)

A gyakorlatban előfordulhat olyan eset is, hogy nem tudjuk a megfelelő adatokat beszerezni a vizsgálandó villamos motorról (katalógus, részben olvasható adattábla), viszont lehetőségünk van mérések elvégzésére. A motor terhelésének viszonylag egyszerű meghatározása a szlip mérés, ami nem más, mint a motor szinkron, és terhelt fordulatszáma közötti különbség. A szinkron fordulatszám a motor forgó mágneses mezejének fordulatszáma (3000, 1500, 1000, 750 ford/min). A terheletlen motor közel szinkron-fordulatszámmal forog, a teljes terheléshez tartozó fordulatszám ez alatt van kb. 1-4%-kal, ami leggyakrabban a motor típustábláján is szerepel.

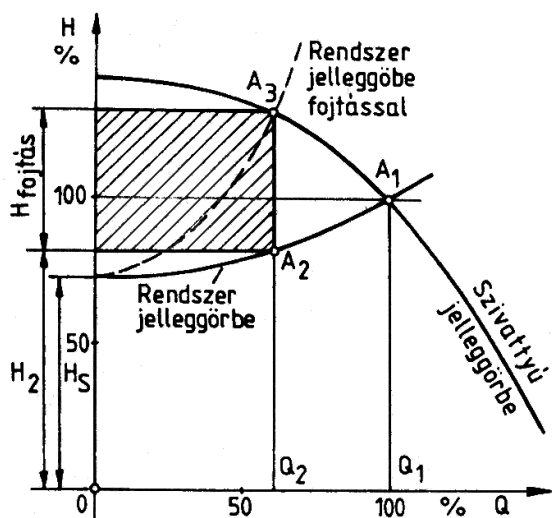
A vizsgálat eszközigénye csekély, mivel fordulatszám-, feszültség-, és árammérőre van szükség. A mérések kockázatosak lehetnek, ezért ügyelni kell rá, hogy azokat a feladatra alkalmas, képzett személy végezze [66].

3.3.3.4 Szabályozás

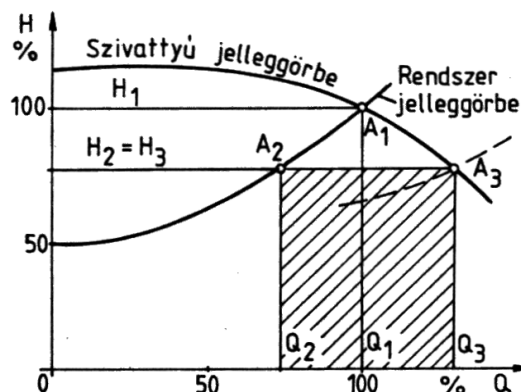
Anyagot szállító munkagépek üzemeltetésénél gyakran jelentkező feladat a szállítandó anyagmennyiség változtatása, szabályozása. A helyesen kialakított szabályozás jelentős mértékben befolyásolja a rendszer energiafelhasználását. Energetikai szempontból nem közömbös, hogy a beavatkozás a rendszer melyik eleménél, és milyen módon történik. A beavatkozó szerv gyakran valamilyen szabályozó szelep. A szelep helytelen kiválasztása a legjobb minőségű szabályozó készülék működését is elronthatja, mivel az épületgépészeti berendezések csak ritkán működnek a méretezési állapotban, ezért mind a tervezés, mind az üzemviteli elemzés során át kell gondolni a rendszer teljes szabályozási tartományban való működését, változó, valós üzemi viszonyok között.

Csővezetékrendszer szabályozás során gyakori megoldás a *fojtásos szabályozás*. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a szállított anyagmennyiséget a csővezetékrendszeren elhelyezett fojtószelep segítségével lehet változtatni. A 28. ábrán látható, hogy a szelep a vezetékrendszer ellenállását változtatja, és az új munkapontban a szivattyúnak az ideális H_2 -nél H_{fojt} -al nagyobb emelőmagasságra kell a Q_2 folyadékmennyiséget szállítania, ami $P_{veszt} = H_{fojt} \cdot Q_2$ veszteséget okoz (a hatásfokváltozást elhanyagolva). A 28. ábrán látható,

hogy a fojtásos szabályozás laposabb jelleggörbéjű szivattyú és rendszer jelleggörbék esetén a veszteség szempontjából kedvezőbb.



28. ábra Szabályozás fojtással [66]

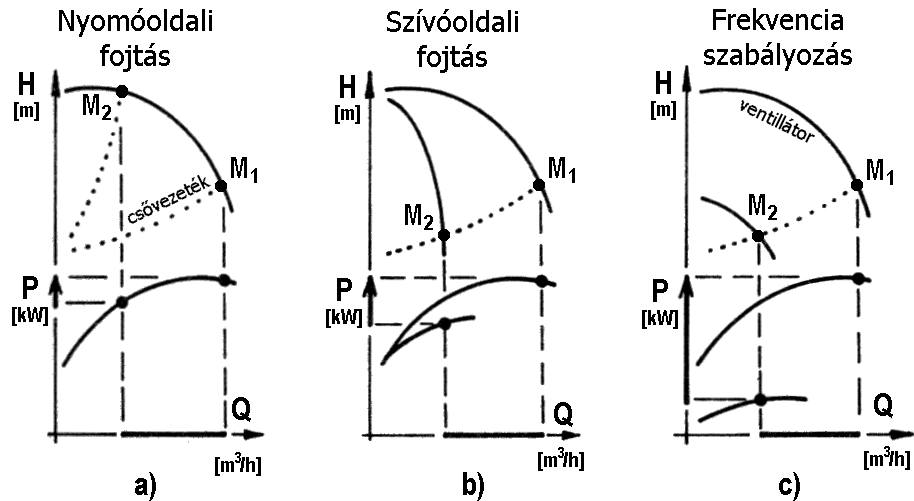


29. ábra Szabályozás by-pass ággal [66]

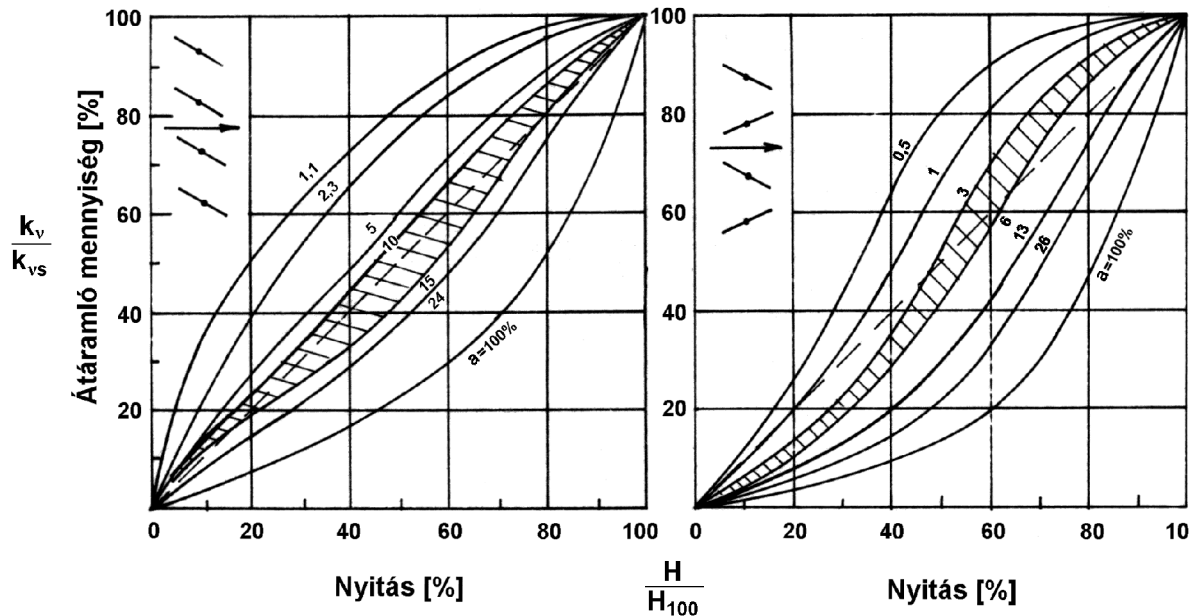
Egy másik szabályozási megoldás lehet a *megkerülő ág* (by-pass) alkalmazása. Ebben az esetben tulajdonképpen a szállított anyagmennyiségét egy szeleppel szabályozott csővezetéken visszavezetjük a szívóoldalra. Itt is a vezetékrendszer jelleggörbéje változik, azonban az eredmény egy laposabb parabola lesz. A 29. ábrán látható a kialakuló új munkapont és az előzőekhez hasonlóan meghatározott veszteségteljesítmény, ami itt elsősorban a megnövelt térfogatáramnak köszönhető. A by-pass szabályozás elsősorban akkor lehet kedvező, ha a vezetékrendszer és a szivattyú jelleggörbéje is nagy meredekségű.

Ventillátorok szabályozására is szokásos a *fojtásos*, valamint *by-pass* megoldás, azonban a megvalósítás eltérő jellege miatt fontos kiegészíteni az ott leírtakat. A légnemű közeget szállító vezetékrendszerek fojtását leggyakrabban csappantyúkkal és rácsos elzáró szerkezetekkel valósítják meg. Ezek elhelyezése és kialakítása nagymértékben befolyásolja a szabályozás veszteségét. Szivattyúknál a fojtószelep a nyomó ágba kerül elhelyezésre, ami ebben az esetben is gyakran alkalmazott megoldás (30/a. ábra), azonban ventillátoroknál a szívó ág is fojtható. Ez a kialakítás meredekebben eső munkagép jelleggörbét eredményez, amellyel kisebb veszteségek árán érhető el a kívánt munkapont (30/b. ábra). A veszteségek szempontjából kedvezőbb a később részletezett *frekvenciaváltós szabályozás* (30/c. ábra).

Mint az korábban említésre került, pl.: a rácsos elzáró szerkezetek kialakítása is befolyásolja a veszteségeket. A gyakorlatban kétféle kialakítású fojtórács alkalmazása szokásos, amelyek a 30. ábrán a grafikonok bal felső sarkaiban láthatók. Az ábrán mérési eredmények alapján a rács nyitásának függvényében az átáramló mennyiségek, vagyis az átfolyási jelleggörbék láthatóak. A görbék paramétere az „a” szelepautoritás ami az elzáró rácson eső nyomás és a rendelkezésre álló nyomásesés hányadosa.



30. ábra Ventilátorok teljesítményigényének változása a szabályozás módjától függően [66]



31. ábra Ventilátor fojtórácsok jelleggörbéi [66]

Látható, hogy az autoritás annál nagyobb minél nagyobb nyomás esik a szelepen, tehát energetikai szempontból a kis autoritású szelepek a kedvezőbbek a rajtuk eső kisebb nyomás miatt. (figyelembe kell azonban venni, hogy a túlzottan kicsi szelepautoritás ($a < 0,3$), esetén nem jut elegendő nyomásesés a szelepre, és a szabályozóképesége is csökken)

A két különböző rácsszerkezetet összehasonlítva látható, hogy a lineárishoz közeli jelleggörbét a „v” alakban záró rácsozat alacsonyabb autoritás, vagyis nyomásesés mellett képes megvalósítani, így energetikailag ez a megoldás kedvezőbb.

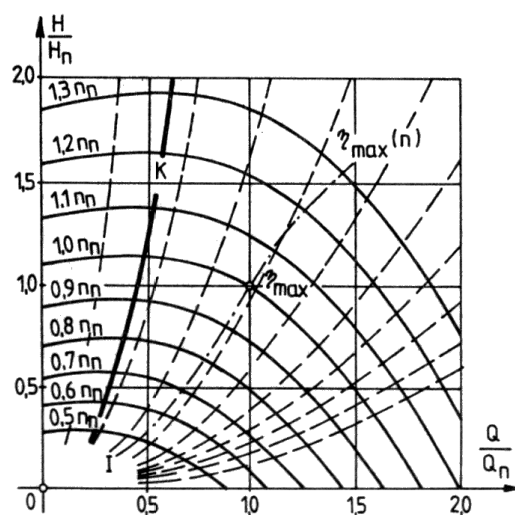
A járókerék módosításával történő szabályozás esetében nem lehet igazi szabályozásról beszélni, hanem inkább a megváltozott igényekhez alkalmazkodó besabályozásról. A legegyszerűbb megoldás többfokozatú szivattyú esetében a járókerekek számának

csökkentése, azonban ez nem mindig elegendő, mert így csak bizonyos lépcsőkben lehet a paramétereket befolyásolni. A pontosabb szabályozáshoz a járókerekek leesztergálása szokásos, amivel azonban a hatásfok kismértékben romlik. A módszer részletes ismertetése nem célja ennek a tanulmánynak, azonban fontos megjegyezni, hogy általában ezek a szivattyú vagy ventillátor áramlástechnikai tulajdonságainak megváltozásával járnak, ami gyakran igényli a jelleggörbék újbóli kimérését.

Frekvenciaváltóval végzett szabályozás során felhasználjuk az örvényelven működő gépek alapösszefüggéseit, az affinitás törvényeket, amelyek megmutatják, hogy a fordulatszámmal arányosan változik a szállított térfogatáram, a négyzetével arányosan változik a létrehozott nyomáskülönbség, és a köbével arányosan változik a felvett teljesítmény.

$$\left(\frac{n_1}{n_2}\right) = \left(\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2}\right); \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 = \left(\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2}\right); \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

Ezek alapján megrajzolhatók a fordulatszám változtatásával kialakuló szivattyú jelleggörbék. A fordulatszám szabályozás végtelen számú jelleggörbe beállítását teszi lehetővé, így a csővezeték jelleggörbe bármely pontjában lehetőség van kialakítani a munkapontot, a fojtásos és a by-pass szabályozás járulékos veszteségei nélkül. Azonban ez a megoldás sem tökéletes, mert a szivattyú hatásfoka csak a méretezési pontban lehet maximális, kisebb fordulatszámon, mint az ábra is mutatja kis mértékben csökken.



32. ábra A fordulatszám szabályozással kialakuló szivattyú jelleggörbék [66]

Az ábrán vastagon rajzolt K-val jelölt görbe a jelleggörbék azon pontjait köti össze, amelyekről balra elhelyezkedő munkapontokban a szivattyú üzeme instabil, ezért ennek tervezését, vagy kialakulását kerülni kell [67].

A fordulatszám szabályozás kialakítása örvényszivattyúk hajtásánál akár 50% fölötti energia-megtakarítást is eredményezhet. Frekvenciaváltóval lehetőség van a gépegység ún. lágyindítására, ami elkerülhetővé teszi a motor, a tengelykapcsoló és a villamos hálózat felesleges túlméretezését. A dinamikus hatások csökkentésével hozzájárul számos alkatrész hosszabb élettartamához, valamint a kisebb fordulatszám hatására a csapágyak élettartama is növekszik.

Üzemelő rendszerek esetében körültekintően kell eljárni a frekvenciaváltók telepítésével. Régebbi típusú, vagy nem ilyen célra tervezett villamos motorok esetében a két probléma fordulhat elő.

- a. A veszteségek jelentős növekedése: Régi típusú frekvenciaváltók, amelyek nem alkalmaznak impulzusszélesség modulációt **jelentős felharmonikus többletveszteséget okoznak a forgórész rudazataiban az áramkiszorítás jelenségén keresztül.** Ez a növekedés kiteheti a névleges pontbeli veszteségek 20-30%-át is, ami miatt a motort (a névleges teljesítményét) le kell értékelní. Inverterhez tervezett motorok esetén - a speciális kialakítás miatt - a többletveszteségek jelentősen kisebbek.
- b. A szigetelőanyag idő előtti tönkremenetele: Az új típusú frekvenciaváltók már gyors működésű IGBT tranzisztorokat alkalmaznak, amelyek nagy meredekségű feszültség hullámokkal (nagy du/dt) táplálják a motorokat. **Ha hosszú a motor és a frekvenciaváltó közötti kábel, akkor a hullámjelenségek miatt a motoron közel kétszeres feszültség jelenhet meg, ami a ház (illetve a föld) felé lévő szigeteléseket teheti tönkre.** Ezért lehetőleg olyan elrendezésre kell törekedni, hogy a kábelek rövidek legyenek, vagy szűrőkört kell alkalmazni a frekvenciaváltó és a motor között. Tovább rontja a helyzetet, hogy ilyenkor a motoron belül nem egyenletes a feszültség eloszlása, ami a menetek közötti szigetelést teheti tönkre. A meghibásodás statisztikai törvényt követ (Weibull-eloszlás), tehát annak csak a valószínűsége növekszik meg. Frekvenciaváltóhoz tervezett motorok szigetelését ezen jelenségek figyelembevételével alakítják ki (ezek ezért kissé drágábbak a normál motoroknál).

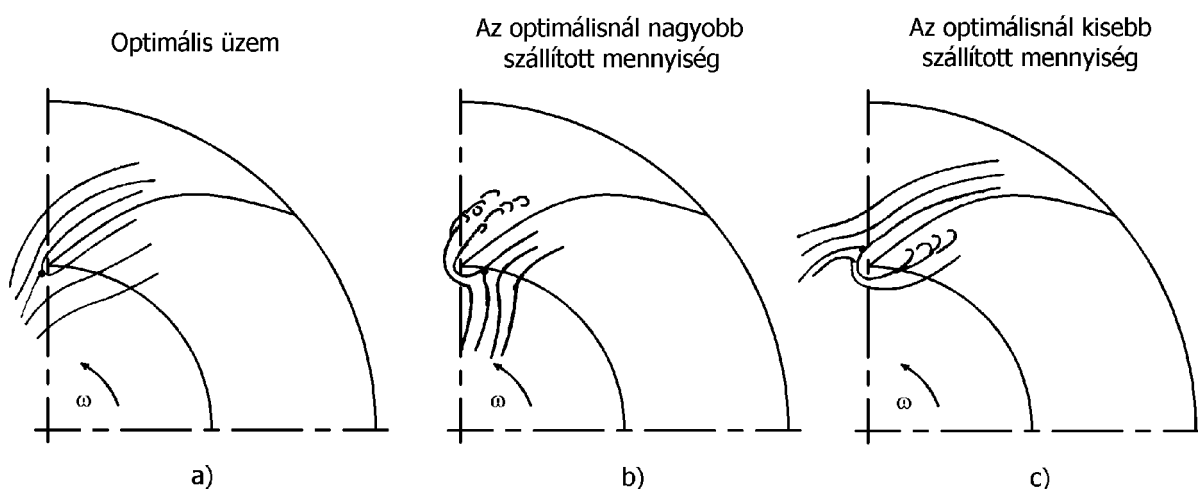
Az a) és b) pontokban ismertetettek miatt ilyen esetekben frekvenciaváltóhoz tervezett motorok alkalmazása ajánlott, **legjobb megoldás, ha azonos cégtől kerül mind a motor, mind a frekvenciaváltó beszerzésre**, mert ez esetben biztosan jól illeszkednek egymáshoz.

Fontos felhívni a figyelmet, hogy ha egy meglévő frekvenciaváltó motorját lecserélik, akkor először meg kell határozni az inverter típusát. Feszültséginverter esetén a motor cserélhető a maximális teljesítmény betartásával. Áraminverter esetén azonban a motor és az inverter illeszkedik egymáshoz, tehát csak szakértő bevonásával szabad a cserét végrehajtani.

Perdület szabályozás további lehetőség az örvénygépek szabályozására, alkalmazásával egyrészt a szállított közegáram, másrészt a hatásfok is befolyásolható. Ennek a módszernek a megértéséhez fontos azonban megismerni a járókerekek belépési pontja körül kialakuló áramlási képet, valamint ennek a hatásfokra gyakorolt hatását.

A szállított közeg optimális esetben úgy találkozik a járókerékkel, hogy az áramlása iránytörés nélkül módosul, mert általában ekkor lépnek fel a legkisebb veszteségek, tehát itt

alakulhat ki a legjobb a hatásfok is. Ebben az esetben a torlópont a lapátok élén helyezkedik el (33/a. ábra). Egy adott geometriával rendelkező járókerék esetében belátható, hogy ez a csak egyetlen tömegáram esetében valósulhat meg (itt van η -nak maximuma).



33. ábra A torlópont vándorlása [69]

Amennyiben a szállított tömegáram nagyobb akkor a torlópont a lapátozás szívott oldala felé mozdul el, és a nyomott oldalon kialakul a veszteségeket okozó leválás (33/b. ábra). Kisebb mennyiségnél a jelenség fordított irányú mint az a 33/c. ábrán látható. Mind axiális, mind radiális örvénygépeknél a torlópont vándorlás és a leválásokkal jelentkező veszteségek elkerülésére alkalmas a vezetőlapátozás (vezetőkerék). Ez tulajdonképpen a szívócsőbe épített lapátszerkezet, ami a rajta keresztülamló közegnek ad perdületet. Az előbbi ábrákon látható áramvonalak alapján már sejteni lehet, hogy pl.: nagyobb térfogatáram esetén a járókerék forgásával ellentétes irányú perdületet kell beállítani ahhoz, hogy az áramlás a belépő élénél ne törjön meg, míg a kisebb szállításnál a perdület a forgásiránnyal azonos kell hogy legyen.

Mindezek alapján belátható, hogy a beszívott levegő perdületének változtatás egyrészt alkalmas a hatásfok optimális beállítására, másrészt a hatásfok romlása mellett, a szállított anyagmennyiség szabályozására is. Az iparban számos esetben használják, mert pl.: a járókerék leesztergálása nélkül is beszabályozható vele a szállítás, vagy ventilátorok esetén kifejezetten szabályozásra is alkalmazzák, továbbá szivattyúknál gyakran előfordul, hogy a szívóaknában a folyadék az áramlása során káros értelmű perdületet kap, aminek a kompenzálására az ellentétes perdületet adó vezetőkerék alkalmas.

A lapátszög állítás elsősorban axiális ventilátorok szabályozására használható igen hatásos módszer. A különböző lapátszögekhez tartozó görbék nagyjából párhuzamosan eltoltak egymáshoz képest. Profilos lapátos járókerekek esetén az ideális megoldás, ha lapátok a metszet súlypontján keresztülmenő tengely körül fordulhatnak el. Ez gyakorlatilag azt jelenti,

hogy nemcsak a lapátszög változik, hanem a járókerék külső átmérője is amivel a szállított térfogatáram és az előállított nyomáskülönbség négyzetesen arányos. Ezzel a megoldással a térfogatáram mintegy 35%-kal csökkenthető, 4%-os hatásfokromlás mellett. (a lapátozás elforgatható a kilépő él mentén is, ekkor a jelleggörbék kissé eltérő irányban tolódnak el). A lapátállítás egyszerűbb szerkezetű járókerekek esetén a gép leállítása után szerelési munkával lehetséges, vagy bonyolultabb esetben menet közben, azonban ez a megoldás elsősorban a kis szilárdsága és magasabb ára miatt kevésbé elterjedt.

Merevebb megoldás az osztott lapátozás alkalmazása, amikor a lapát belső 2/3-ad része rögzített, és a szabályozás szempontjából hatásosabb profilvég helyzete változtatható. Az így kialakított szerkezet nagy előnye, hogy a hatásfok csökkenő szállítás esetén alig romlik, növekvő mennyiség esetén pedig javul az eredeti beállításhoz képest. Ebből következően ez a szabályozási megoldás a veszteségek szempontjából sokkal kedvezőbb, mint a teljes lapátozás állítása [66],[67],[69].

3.3.3.5 Villamos energiaellátó rendszer

Általában nem a szokásos gépészeti feladatok közé tartozik a villamos energiaellátó rendszer vizsgálata, de fontos felhívni a figyelmét néhány ezt a területet érintő problémára, ami jelentősen befolyásolhatja a hajtásrendszer, elsősorban a villamos motor veszteségeit.

A feszültség szint fenntartása ($\Delta U < 5\%$)

A névleges terhelés mellett a motorra jutó feszültség eltérése a névleges értéktől kisebb legyen, mint 5%. Ilyen mértékű feszültségcsökkenés névleges terhelés mellett a motorok hatásfokát mintegy 2-4%-kal csökkenti, az üzemi hőmérséklet növekedése mellett. Az 5%-nál nagyobb feszültségemelkedés csökkenti a teljesítménytényezőt, és így a hatásfok sem növekszik. (Megjegyzendő, hogy a régi, 380 V-ra készült motorok jelenleg 400 V-ról üzemelnek, ami 5,3%-os feszültségemelkedést jelent.)

A háromfázisú feszültségrendszer aszimmetriájának csökkentése

Háromfázisú táplálásnál a hatásfok jelentős csökkenését eredményezheti a feszültségrendszer aszimmetriája, mely ha 5%-nál nagyobb, akkor nem javasolható aszinkron motor működtetése a hálózatról.

Teljesítménytényező maximalizálása ($\cos \varphi > 95\%$)

Számos esetben zavart okozhat, ha a teljesítménytényező 90-95% alá esik. Ennek korrigálása megfelelően méretezett kondenzátorral lehetséges.

Az energiaellátás minőségének fenntartása (50Hz szinuszos feszültség)

A villamos motorok alapvetően szinuszos feszültségre vannak tervezve, amennyiben a jelalak torzul, csökken a motor hatásfoka. A rezonancia jelenségek miatt meg kell vizsgálni a fázisjavító kondenzátorok hatását a jelalakra.

Megfelelő transzformátorok kiválasztása

Az előregedett és nem megfelelően terhelt transzformátorok is rontják a rendszer hatásfokát.

Hálózati veszteségek felismerése

Meghatározott időközönként szükséges elvégezni az elektromos hálózat felülvizsgálatát, megkeresni az esetleges hibás csatlakozásokat, gyenge földeléseket, mert ezek nem csak a veszteségeket növelik, hanem kockázatosak és csökkentik a rendszer megbízhatóságát [66].

3.3.4 Épületfelügyeleti rendszerek

Az épületautomatizálás a felügyeleti, vezérlő-, szabályozó- és folyamatirányító berendezéseket foglalja magába azzal a céllal, hogy a létesítmények üzemi berendezéseinek működési folyamatait önműködően és gazdasági szempontok figyelembe vételével üzemeltetni lehessen. Az automatizálásba bevonandó berendezések közé tartoznak a fűtési, a hűtési, a klímatechnikai, a szellőzéstechnikai, az egészségügyi, a világítástechnikai, a biztonságtechnikai, a hangosítási, a villamosenergia-ellátási, szükségáram-ellátási és gyengeáramú berendezések elemei, tehát a létesítmények teljes ellátástechnikája és üzemvitele. Egy jól megtervezett rendszer a komfortparaméterek (hőmérséklet, páratartalom) ellenőrzésén és szabályozásán túl jelentős energia-megtakarításra is képes a rendszerek optimális kihasználásával. Az integrált rendszerek az egyes részrendszereket kötik össze, és kommunikációt létesítenek köztük. A rendszer funkciókkal is felruházható, melyek lehetnek:

- Állapot megjelenítése egy központi kezelőfelületen (tűzvédelmi csappantyúk állapota; motorok, kapcsolók, megszakítók állapotának kijelzése; nyílászárók állapotának kijelzése; gépészeti berendezések gyűjtött hibajeleinek kijelzése)
- Energia menedzsment funkció megvalósítása (kijelölt fogyasztói csoportok lekapcsolása a lekötött teljesítménynek megfelelően előre beprogramozott prioritási rend szerint, fogyasztási adatok beolvasása a rendszerbe)
- Erősáramú energiaelosztó-rendszer felügyelete, vezérlése (a fő- és alelosztó berendezések betápelloldali, ill. kiemelt leágazásaihoz tartozó kapcsolóinak állapot jelzése, ki-bekapcsolása, feszültség figyelése; központi és helyi vezérlések, jelszolgáltatás a biztonsági világítási rendszer részére)
- Világítási áramkörök helyi és központi vezérlése (közlekedőkben helyi nyomógombos, mozgásérzékelős működtetés és központi távműködtetés, prioritásfüggő működtetés időprogram alkalmazásával; a biztonsági világítási, illetve CCTV-kamera rendszerhez illeszthető adat és vezérlési kapcsolat lehetősége; az alárendelt helyiségekben a világítás kapcsolása helyi mozgásérzékelős működtetéssel és központi távműködtetéssel biztosított)

- Világítási rendszerek szabályozása (irodákban, kiemelt helyiségekben a világítási képek lehívása, állandó megvilágítási szintre szabályozása; külső disz- és udvarvilágítás automatikus kapcsolása alkonykapcsolóval és/vagy időprogram szerint úgy a helyszínről, mint a belső terekből; egyes fogyasztási helyek időprogram szerinti működtetése, helyileg felülbíráható lehetőséggel; szintenkénti WC-csoportok részére jelenlétfüggő, reteszelt világítási, szellőzés indítási lehetőség megteremtése)
- Árnyékoló rendszerek vezérlése (kézi-automata üzemmód, valamint helyi, csoportos, illetve központi működtetési lehetőséggel, a szükséges biztonsági funkciók betartásával)
- Egyedi helyiség-hőmérséklet szabályozás (radiátoros, padlófűtési rendszerek, hűtőgerenda és Fan-coil hűtő-fűtő rendszerek számára, igény szerinti befúvó ventilátorok sebesség fokozatainak állításával is; gépészeti, illetve egyedi DDC-automatika rendszerek járulékos felügyelete, adatgyűjtés, naplózás)

Az egyes részrendszerek mindegyike rendelkezik egy kapcsolódási felülettel a többi rendszer felé, és az így kiépíthető közös felhasználói felület nagymértékben leegyszerűsíti a kezelést és csökkenti az üzemeltetési, karbantartási költségeket. Az információk összefogása egyszerűvé teszi a komplex távfelügyeletet és riasztást. Az integrált rendszer csúcán a felügyeleti központ áll, egy nagytudású, fejlett grafikus megjelenítő felülettel. Az alaprajzokon egyszerre láthatóak a tűzjelző, a beléptető, a behatolásjelző és az épületautomatizálás aktuális jelzései. Mozgó szimbólumok, csatolt rendszerdokumentáció, áttekintő rajzok segítik az üzemeltetők munkáját. Az adatbázisból visszakereshetők az események, valamint a beléptető rendszer adatai alapján állítható a szellőzés, kapcsolható a világítás.

Fontos, hogy az ideális integrálási rendszerben az egyes részrendszerek önállóan működőképesek, a különböző gyártmányú rendszerintegrátorok esetén az egyes rendszereket szoftveresen, szabványos adatátviteli protokollok felhasználásával kötik össze, így egy későbbi átépítés vagy bővítés esetén a rendszert csak kis mértékben, az átépítés vagy bővítés mértékének megfelelően kell átalakítani [70],[71],[72].

3.4 Technológiai folyamatoknál alkalmazható beavatkozások

Az ipari folyamatok során jelentős energiafelhasználás történik, mely a technológia műszaki fejlettségétől és az elérhető technológia hatásosságától függ. A technológiai berendezés berendezéseinek minősítésére szolgál az η_E energetikai hatásfok, melynek növelésével a folyamathoz szükséges, valamint a veszteségenergia mennyisége csökkenthető. E cél elérésének érdekében a technológiai folyamat fejlesztése szükséges, ami lehet rövid távú megoldás (minimális vagy elhanyagolható befektetéssel: pl. gondos üzemvezetés), középtávú

megoldás (meglévő ipari berendezések módosításával, mérsékelt tőkebefektetéssel, rövid megtérülési idővel), vagy hosszú távú megoldás (tőkeigényes: stratégiaváltás).

Az aktív környezetvédelem szolgál a károsanyag és hulladékenergia létrejöttének megelőzésére, illetve mérséklésére, mely esetében, a technológiai folyamatban, a szennyezőanyag keletkezésének lehetőségét csökkentjük hatékony és takarékos anyag és energiaátalakítással. A passzív védelem a károsanyag és hulladékenergia létrejötte utáni kibocsátás mérséklését, a már keletkezett szennyezés megszüntetését célozza.

Az energiafelhasználás legnagyobb hányadában hőenergiára van szükség hőfejlesztési célra, melynek felhasználásában igen lényeges a hőmérséklet értéke. A hőmérséklet emelésével gyorsíthatók a fizikai és kémiai folyamatok, bizonyos hőmérsékletek alatt esetleg nem is játszódnak le az elvárt folyamatok. A teljes hőenergia-felhasználás mintegy fele 100 °C alatt valósul meg (elvárt életkörülményeink biztosításához), 20%-a 100-300 °C hőmérséklet-tartományban alkalmazott (különbféle vegyipari technológiáknál), 10%-a 300-1000 °C között hasznosul (szervetlen vegyipari technológiáknál) és a maradék 20%-ot az 1000 °C feletti felhasználás adja (fémfeldolgozás, szilikátipar). Az energiafelhasználás második legnagyobb területe a mechanikai munka. A közlekedés mellett, a legtöbb mechanikai munkát a bányászat, a mezőgazdaság és az építőipar használja [5],[19].

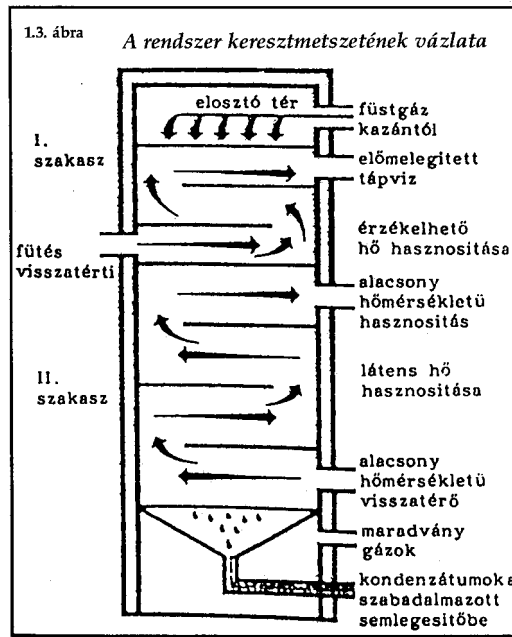
3.4.1 Tüzelés hatékonyságának javítása az iparban

A technológiai folyamatok túlnyomó részében a folyamat során a hőbevitelt tüzeléssel valósítják meg. A tüzelés hatékonyságára és a környezetszennyezés mérséklésére az alábbi lehetőségek léteznek:

- tüzelőanyag módosítása, finomítása (kéntartalom minimalizálása)
- berendezések optimális üzemeltetése energetikai és környezetvédelmi szempontból (tüzelési folyamat optimalizációja), mely történhet mérési adatok alapján (monitoring), vagy korszerű égéstechnológiák alkalmazásával (emissziócsökkentés, tüzelőanyag megtakarítás)
- veszteség-hő fokozott felhasználása lehet tüzelőanyag, égéslevegő vagy tápvíz előmelegítése, kommunális hőigény kihasználása.

A fenti lehetőségek megvalósítására példák:

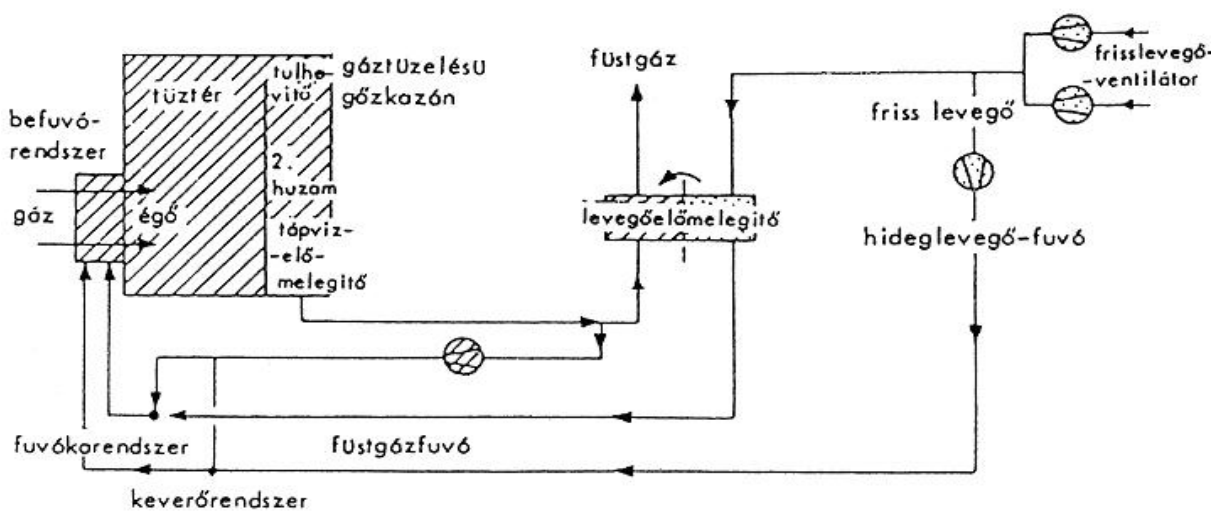
- a. Calcond hővisszanyerő rendszer, mely 25-6000 kW teljesítményű, olaj- vagy gáztüzelésű kazánoknál alkalmazható. Az érzékelhető hő visszanyerésével valósítható meg a tápvíz előmelegítése, míg a látens hő hasznosításával az égéslevegő vagy használati víz előmelegítésére, valamint a kondenzálódott vízcseppekkel a füstgáz-kondenzátum lekötése, amiből az így lekötött veszélyes anyagok elvezetése történhet akár a csatornába is.



34. ábra Calsond hővisszanyerő [19]

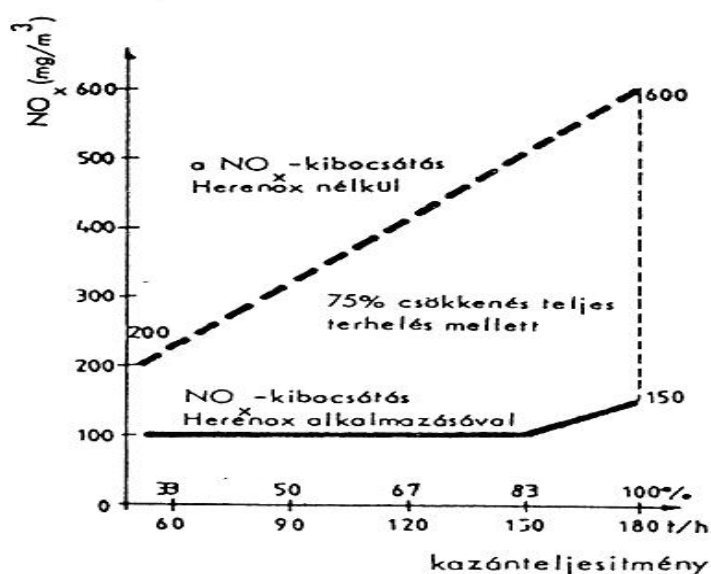
- b. Optimalizálás mérési adatok alapján. Például egy gáztüzelésű közetszárító dob műszaki leírás szerinti, optimálisan beállított tüzelésén mérések alapján úgy lehet változtatni, hogy a technológia maradéktalan kiszolgálása mellett 15-20%-os gázmegtakarítás mutatható ki.
- c. Erőművi kazánok NO_x kibocsátásának csökkentésére lehetőséget nyújt az égési folyamatok megfelelő irányítása, valamint a tüztérbe történő belépés előtt a levegő és a visszavezetett füstgáz keverése, melyekkel jelentős energia-megtakarítás is elérhető. Ez utóbbi esetben kis mennyiségű visszavezetett füstgázzal, a régi égő alkatrészeinek felhasználásával a kazán teljesítménye változatlan marad, és a pótlólagos energiaigény csekély.

A Herenox-eljárás technológiai vázlata



35. ábra A HeReNox eljárás technológiai vázlata [19]

10 kazán NO_x-kibocsátása a Herenox-eljárás alkalmazása előtt és után. (nitrogén-oxid NO₂-ként számolva a füstgáz 3%-os O₂-tartalma mellett)



36. ábra HeReNox eljárás hatása az NO_x kibocsátásra [19]

- d. Ipari izzítókemencék NO_x kibocsátásának csökkentésére, a földgázüzemű rendszereknél, ajánlott a pulzáló tüzelés, az előmelegített levegő víztartalmának fokozása bepermetezéssel, minek következtében 40-90%-os NO_x csökkentés érhető el.
- e. Az NO_x kibocsátás csökkentésére lehetőséget nyújt még:
- A keverékképzés, a hőmérsékleti lefutás, a tartózkodási idő, a reakciósebesség, a tüztér hőmérséklet, a hőmérséklet eloszlás, a füstgáz-visszavezetés, a hőterhelés változtatása
 - Az égő és a tüztér optimális kialakítása
 - Légfelesleg és égési levegő hőmérsékletének változtatása
- f. A melléktermékek és hulladékok, melyek egyes ipari folyamatoknál, főként az élelmiszeriparban, jelentős mennyiségben keletkeznek, más iparágak számára alapanyagként szolgálnak. A már említett élelmiszeriparban keletkező növényi- és állati melléktermék 95%-a takarmánynak feldolgozható szárazanyag képzéssel, mely megfelelő égetési eljárással tüzelőanyagként hasznosítható. Ezen tüzelőanyag füstgáza se ként, se pernyét nem tartalmaz. Ilyen eljárás alkalmazásával ön-energiaellátó, nem fosszilis alapú ipari létesítmény alakítható ki. Amennyiben a hőellátás és a technológiai hőigény kielégítése így még nem biztosított, akkor az e célra telepített energiaerdőből származó tűzifával (biomassza) kiegészíthető [5],[19].

3.4.2 A technológiai fegyelem betartása

A gondatlanság és figyelmetlenség következtében jelentős energiapazarlás jelentkezhet. A technológiai berendezések szakszerű üzemeltetésével és karbantartásával nemcsak a pazarlás mérsékelhető vagy szüntethető meg, hanem a gépek élettartama is növelhető [5],[19].

4. Kollégium épület energetikai felülvizsgálata

A diplomaterv kiírásnak megfelelően elvégzésre került a konzulenseim által jóváhagyott épület, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építészmérnöki Kar Bercsényi úti kollégiumának energetikai veszteségfeltárása. A vizsgálat során az objektum hőellátó rendszerének megismerése után feltárássra kerültek azok a lehetőségek, melyek esetleges megvalósításával üzemeltetési költségcsökkentés érhető el, a meglévő komfortérzet megtartása mellett.

A munka első fázisában az energetikai felmérőlap alapján került felmérésre az épület, a kazánház, a hőellátó hálózat. A rendelkezésre bocsátott hőfogyasztási adatokból a 2001-2003-as időszak lett figyelembe véve. A korrigált adatok és a fajlagos mutatók meghatározását követően, a felmérések és számítások felhasználásával készült el az épület értékelése, feltárva a lehetséges üzemeltetési költségmegtakarítást eredményező megoldásokat, melyek gazdasági számításokkal is értékelésre kerültek.

4.1 Az épület ismertetése



37. ábra A kollégium homlokzata

Az épület az 1950-es években épült. A kollégium szerkezetét tekintve hagyományos téglapépítésű, lapos tetős kialakítású, hétszintes építmény. A nyílászárói előreedett, rosszul záró, kettős üvegezésű ablakok, külső határoló szerkezete a jelenlegi hővédelmi előírásoknak nem felel meg. Eredetileg az épület hőellátását távfűtéssel elégítették ki, melyről a 2000. évi átalakítás során váltak le és azóta önálló kazánház biztosítja a fűtést. Az épület fűtési hálózatában, azaz a szekunder rendszerben változás az átalakítás során nem történt.

Az épület alapterülete 1250 m², beépített alapterülete 5501 m², párkánymagassága 20,7 m, külső határoló felülete 5564 m², fűtött légtérfogata 22500 m³. Az épület üvegezési aránya 25%-os.



38. ábra Az épület nyílászárója



39. ábra Az épület belső oldali fala

Az épület hőellátását FÉG VESTALE rendszerű modul kazántelep biztosítja. A kazánba 4 db AF105-ös fűtőmodul van beépítve, mely 40 kW teljesítményű, átfolyós rendszerű vízmelegítőkre épül. Ezekből 3 db fűtőelem egymás feletti elhelyezésével kerül kialakításra a 120 kW teljesítményű fűtőmodul. Minden fűtőelem saját égővel és a belső víz keringtetését végző mini szivattyúval, valamint biztonsági berendezéssel rendelkezik.



40. ábra FÉG F-105-ös kazántelep

A használati melegvíz előállításáról FÉG VESTALE MK-2 használati melegvíz termelő modul gondoskodik és melegvítároló tárolja. Az előállítás előnykapcsolásban valósul meg, a fűtés terhére. A melegvíz-termelő modul teljesítménye 120 l/p, a szükséges fűtővíz

hőmérséklete 90 °C, az előállított melegvíz hőmérséklete 50 °C. A modul tartalmazza a melegvíz-termeléshez szükséges összes gépészeti elemet, mint hőcserélő, cirkulációs szivattyú, értéktartó hőmérsékletszabályozó berendezés és a szekunder kör biztonsági szelepe. A melegvíz tárolására 3 db 2500 literes melegvíztároló szolgál. A HMV hálózatban, a lehűlés megakadályozására cirkulációs hálózat van kiépítve, melyben a vizet cirkulációs szivattyúk (2 db Grundfos UTP 40-120) keringetik.



41. ábra FÉG MK-2-es HMV modul



42. ábra HMV tároló tartályok

A kazános biztosítása biztonsági szeleppel történik. A fűtővíz hőtágulásából adódó térfogatváltozás felvételére a padlástérben elhelyezett nyitott tágulási tartály szolgál.

A hőtermeléshez szükséges melegvizet FÉG VESTALE ART 65/80-as szabályozó modul végzi az időjárás függvényében. A fűtővíz hőfokát a hőfokszabályozó a külső hőmérséklet függvényében állítja be a motoros szelep segítségével, míg magát a fűtővizet szivattyú keringeti a hálózatban. A szabályozómodul vízszállítása 20,5 m³/h, valamint tartalmazza a szabályozáshoz és keringetéshez szükséges összes gépészeti elemet. A fűtési hálózatot szabályozó elektronika Sauter Equitherm 200-as egység, a használati melegvizet szabályzó egység pedig Sauter Flexotron 100-as.



43. ábra Sauter Equitherm 200-as szabályozó



44. ábra Sauter Flexotron 100-as szabályozó

A kazánházban elhelyezett vízlágyító gondoskodik a fűtővíz hálózat lágyított vízzel történő feltöltéséről. A vízlágyító berendezés VAS 10 F1/CWG, melynek teljesítménye 0,4-0,8 m³/h.

Az épületben működtetett szellőző berendezés a tornatermi öltözőket és az alagsori nagytermet szolgálja ki. A szellőző berendezés kaloriferjének a fűtése a kazánházi szabályozatlan hálózatról valósul meg. A szellőzést mennyiségi szabályozással vezérik, ahol a szabályozó egység egy Termoreg 4K szabályozó. A kaloriferben a fűtővizet Grundfos UOS 25-60-as keringető szivattyú keringeti.



45. ábra Fűtőber légkezelő berendezés



46. ábra Termoreg 4K szabályozó

A szekunder fűtési hálózat kétcsöves, alsóelosztású hálózat, a padlástérben elhelyezett nyitott tágulási tartállyal. A kiszolgált fűtőtestek öntöttvas tagos radiátorok, melyek radiátorszeleppel vannak ellátva. Ezen radiátorszelepek nagyrésze működésképtelen. A fűtési csőhálózat szigeteletlen, szabadon vezetett acélcsőből áll.

Az átalakítás előtt a hőellátást távfűtés biztosította 130/80 °C-os forró vízzel. A fogyasztói hőközpont FÉG SPIREC hőcserélővel az épület alagsorában, a jelenlegi kazánház helyén volt.

4.2 Az energetikai felülvizsgálathoz szükséges számítások

A felülvizsgálathoz szükséges a vizsgált épület fűtési- (amennyiben lehet a tervezői hőszükséglet, egyéb esetben a geometriai paraméterek alapján a lehető legpontosabb közelítő hőszükséglet) és a tüzelőanyag fogyasztásból számolt hőszükséglete. Ezek ismeretében határozhatóak meg az épület energetikai jellemzői, úgymint a fajlagos hőáram, valamint a fajlagos éves hőfelhasználás.

4.2.1 Az épület hőmérlege

A diplomaterv kiírásának megfelelően szerettem volna elkészíteni a kollégium épületének energiamérlegét, azonban a rendelkezésemre bocsátott energiafogyasztási adatok a földgázfogyasztásra korlátozódtak, valamint a távozó füstgázban rejlő veszteséghő meghatározásához nem állt rendelkezésemre mérőműszer és adatgyűjtő egység.

Mindazonáltal a földgázfogyasztásból leszűrhető következtetések a későbbi fejezetekben kerülnek bemutatásra.

4.2.2 Közelítő hőszükséglet-számítás

A közelítő hőszükséglet-számítás során a korábbi Épületenergetikai Adatlap geometriai adatait használtam fel, mivel építészeti tervrajzok nem álltak rendelkezésre az épületről.

Kiindulási adatok [73]:

- alapterület:	1250 m ²	
- beépített alapterület:	5501 m ²	
- légtérfogat	22500 m ³	
- lehülő felület:	5564 m ²	
- üvegezési arány:	25 %	
- nyílászáró hőátbocsátási tényezője:		$k=5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- fal hőátbocsátási tényezője:		$k=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- tető- és pincefödém hőátbocsátási tényezője:		$k=1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- belső léghőmérséklet:		$t_b=20 \text{ °C}$
- külső méretezési léghőmérséklet:		$t_k=-13 \text{ °C}$

A geometriai adatokból meghatározott felületek:

- tetőfelület: 1250 m²
- alapzat felület: 1250 m²
- falfelület: 2298 m²
- üvegfelület: 766 m²

Az egyes falfelületeken számított transzmissziós hőveszteség:

- tetőn keresztül: $Q_{tető} = k_{tető} \cdot A_{tető} \cdot (t_b - t_k) = 1 \cdot 1250 \cdot 33 = 41250 \text{ W}$
- pince felé: $Q_{pince} = k_{pince} \cdot A_{pince} \cdot (t_b - t_k) = 1 \cdot 1250 \cdot 33 = 41250 \text{ W}$
- falon keresztül: $Q_{fal} = k_{fal} \cdot A_{fal} \cdot (t_b - t_k) = 1,3 \cdot 2298 \cdot 33 = 98584 \text{ W}$
- üvegen keresztül: $Q_{üveg} = k_{üveg} \cdot A_{üveg} \cdot (t_b - t_k) = 5 \cdot 766 \cdot 33 = 126390 \text{ W}$

Ezek alapján a közelítő hőveszteség, mely 30% biztonsági pótlékot is tartalmaz:

$$Q_{szám} = 1.3 \cdot (Q_{tető} + Q_{pince} + Q_{fal} + Q_{üveg}) = 1.3 \cdot (41.25 + 41.25 + 98.6 + 126.4) = 400 \text{ kW}$$

4.2.3 Hőfelhasználás a gázfogyasztás alapján

A három év fogyasztási adatai:

Földgázfogyasztás [m ³]			
hó	2001	2002	2003
1	9766	13374	17248
2	14105	7402	16677
3	14032	15613	15992
4	6211	8383	0
5	4276	3717	3654
6	2743	2710	10981
7	2447	2143	2423
8	1503	1560	1629
9	2121	1695	999
10	3231	6271	8271
11	11801	12239	9075
12	23703	14077	9584
Σ	95939	89184	96533

A három év korrekcióhoz szükséges adatai:

t_k - fűtési idény átlagos külső

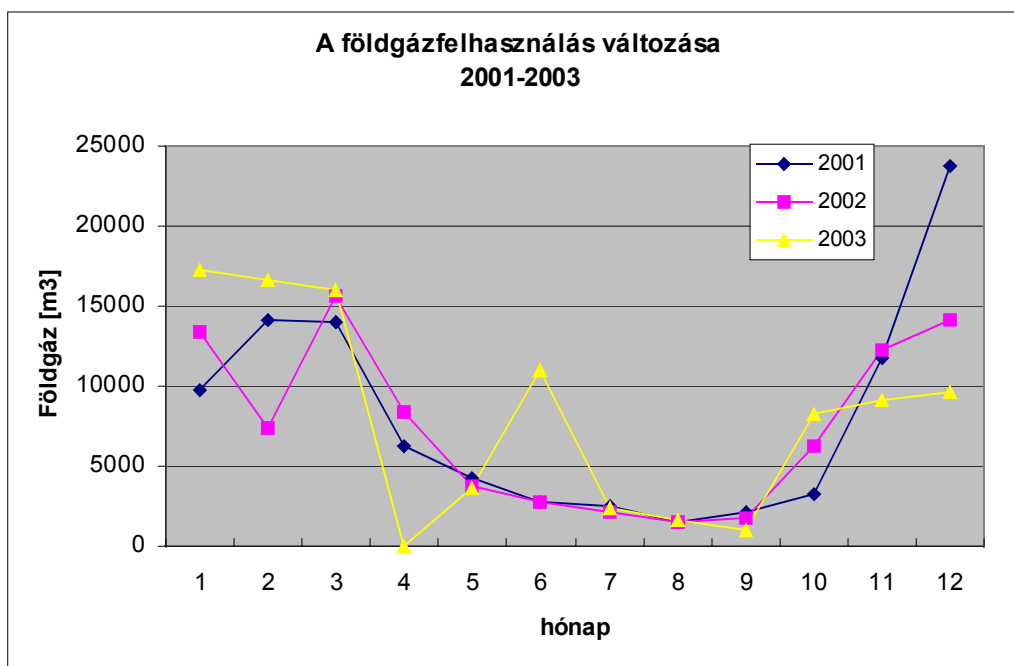
hőmérséklete [°C]

n - fűtési napok száma [nap]

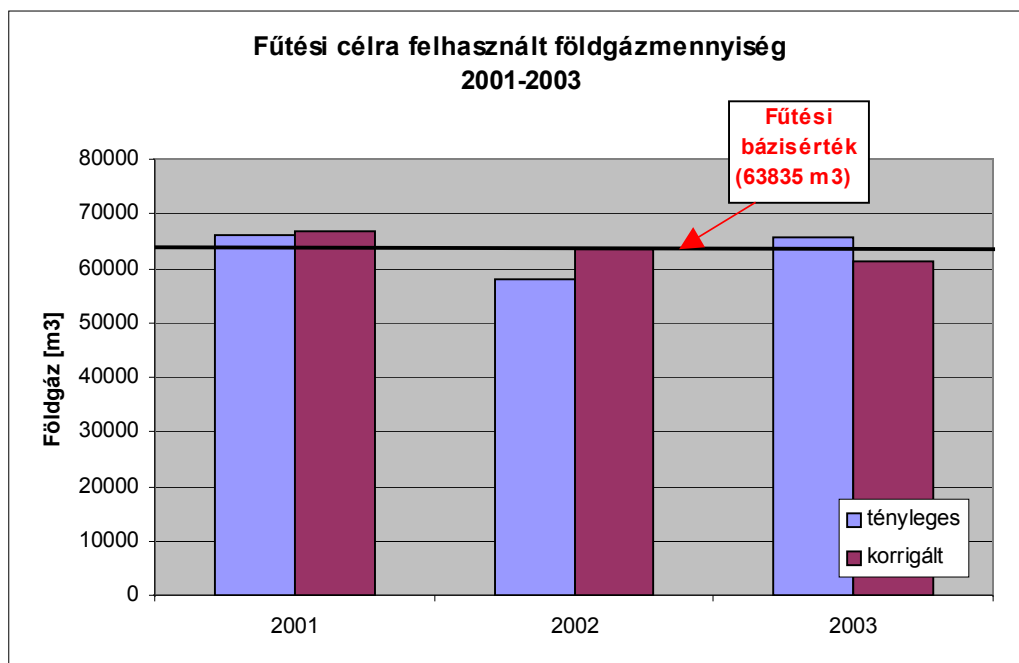
G - fűtési idény hőfokhídja [nap°]

	2001	2002	2003
t_k	3,26	5,21	2,42
n	183	191	189
G	3064	2826	3322
$G_{\text{átl}}$			3090

A felhasznált hőmérsékletadatok forrása a Meteorológiai Szolgálat honlapja [74]



47. ábra A földgázfelhasználás változása havonkénti bontásban



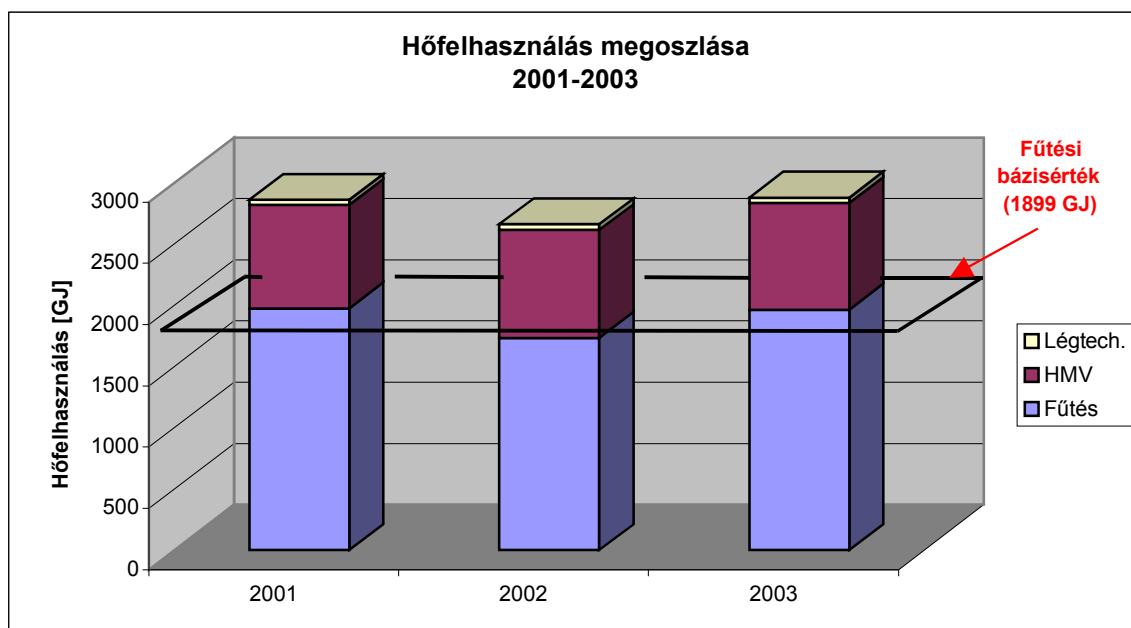
48. ábra Fűtési célra felhasznált földgázmennyiség

A gázfogyasztás [m³] alakulása az egyes rendszerek tekintetében:

m3	Összes	Fűtés		HMV	Légtech.
		tényleges	korrigált		
2001	95939	66183	66739	28268	1488
2002	89184	58127	63569	29504	1553
2003	96533	65802	61198	29195	1536
átlag	93885	63371	63835	28989	1526

9. táblázat Gázfogyasztás az egyes rendszerek tekintetében

ahol a korrekciót az alábbi módon határoztam meg: $B_{korr} = B_{tényl} \cdot \frac{G_{\text{átl}}}{G_{\text{évi}}}$



49. ábra Hőfelhasználás az egyes rendszerek tekintetében

A hőfelhasználás [GJ] alakulása az egyes rendszerek tekintetében:

GJ	Összes	Fűtés		HMV	Légtech.
		tényleges	korrigált		
2001	2861	1973	1990	843	44
2002	2659	1733	1895	880	46
2003	2878	1962	1825	870	46
átlag	2799	1889	1903	864	45

50. ábra Hőfelhasználás az egyes rendszerek tekintetében

4.2.4 Fajlagos hőáram meghatározása

A meghatározáshoz szükséges adatok:

- Számított hőszükséglet: $Q_{szám} = 400 \text{ kW}$
- légtérfogat: $V_{fűtött} = 22500 \text{ m}^3$
- lehűlő felület: $\sum A = 5564 \text{ m}^2$
- hőmérsékletkülönbség: $\Delta t = (t_b - t_k) = 33 \text{ } ^\circ\text{C}$

Ezekből a fajlagos hőáram:

$$\dot{q} = \frac{Q_{szám}}{V_{fűtött} \cdot \Delta t} = \frac{400000}{22500 \cdot 33} = 0.54 \frac{W}{m^3 K}$$

A szabvány szerint megengedett fajlagos hőáram [75]:

$$\dot{q}_{meg} = 0.27 \cdot \frac{\sum A}{V_{fűtött}} + 0.1 = 0.27 \cdot \frac{5564}{22500} + 0.1 = 0.25 \frac{W}{m^3 K}$$

4.2.5 Fajlagos éves hőfelhasználás

Felhasznált adatok:

- kazánok hatásfoka: $\eta = 86 \text{ } \%$
- földgáz fűtőértéke: $H = 34 \text{ MJ} / m^3$
- légtérfogat: $V_{fűtött} = 22500 \text{ m}^3$
- beépített alapterület: $A_{beép} = 5501 \text{ m}^2$

A hőfelhasználási mutató Magyarországon alkalmazott mértékegységére történő meghatározása az alábbi képlettel történt:

$$q_M = \frac{B_{korr} \cdot H \cdot \eta}{V_{fűtött}} \left[\frac{MJ}{m^3 \cdot \acute{e}v} \right]$$

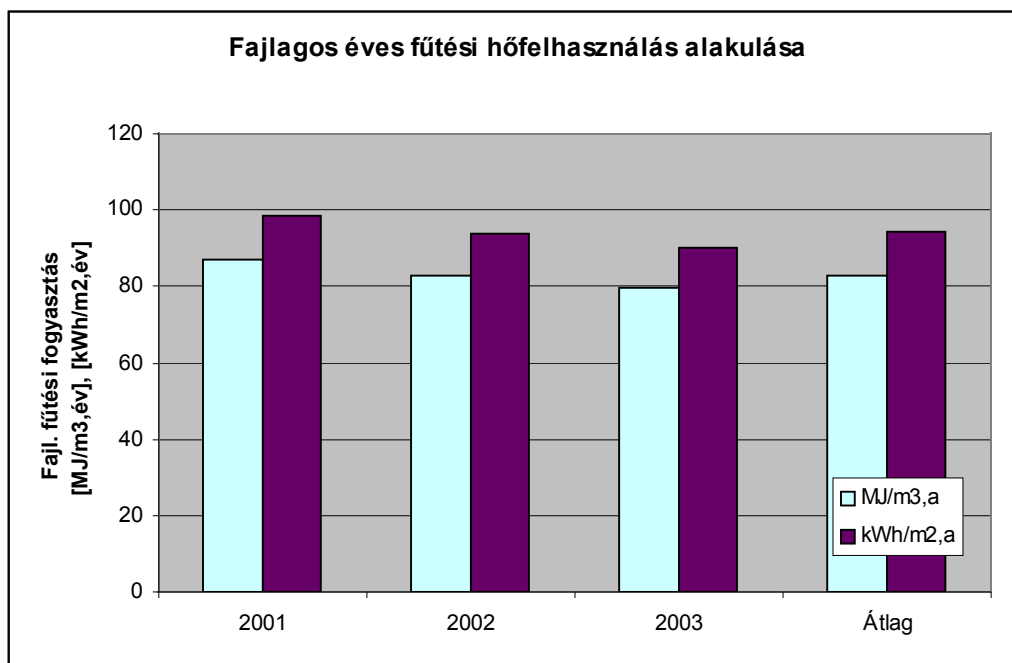
A hőfelhasználási mutató nyugat európai országokban alkalmazott mértékegységére történő meghatározása az alábbi képlettel történt:

$$q_{EU} = \frac{B_{korr} \cdot H \cdot \eta \cdot 1000}{A_{beép} \cdot 3600} \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot év} \right]$$

A számolt fajlagos éves hőfelhasználás:

	Fűtés korrigált	Fajlagos fűtési fogyasztás	
		MJ/m ³ ,a	kWh/m ² ,a
2001	66739	87	99
2002	63569	83	94
2003	61198	80	90
Átlag	63835	83	94

10. táblázat Fajlagos éves fűtési hőfelhasználás



51. ábra Fajlagos éves fűtési hőfelhasználás

4.2.6 A korábbi adatlap értékei

A hőellátás jellemzői:

Primer hőhordozó 130/80 °C-os forróvíz

Szekunder hőhordozó 90/70 °C-os melegvíz

A hőközpont FÉG SPIREC hőcserélővel, központi automatikus, keverő szabályozással rendelkezik. A szekunder fűtési hálózatban átalakítás nem történt, megegyezik a jelenlegivel.

Az összehasonlíthatóság érdekében itt közlöm a korábbi adatlap idevonatkozó adatait:

Távfűtésre méretezett fűtési hőigény: 493 kW

HMV hőigény: 125 kW

Beépített fűtőtestek névleges teljesítménye: 487 kW
 Közelítő számítással a fűtési hőigény: 501 kW
 Fogyasztási adatokból számolt hőigény: 378 kW
 Fajlagos hőáram: 0,64 W/m³K

Energiafogyasztás [GJ]:

	Összes	Fűtés		HMV	Légtech.
		tényleges	korrigált		
1997	3648	2196	2121	1452	-
1998	3254	1992	2072	1262	-
1999	1582	917	1623*	665	-

* becslést érték, nem reális

Fajlagos fűtési mutatók:

	Fajlagos fűtési fogy.	
	MJ/m ³ ,a	kWh/m ² ,a
1997	94	107
1998	92	105
1999	72*	82*

* becslést érték, nem reális

4.3 A számítások kiértékelése

Az épület hőszükségletéről közvetlen tervezői adat nem állt rendelkezésre, ezért közelítő számítást végeztem az adatlapokon felvett értékek alapján, mely számítást az előző pont tartalmazza. A geometriai pontatlanság következtében a becslést hőszükséglet nem helyettesíthet egy építészeti felmérés alapján elkészített hőszükséglet számítást, de esetenben közelítő értéként elfogadható.

Az így kapott közelítő hőszükséglet 400 kW.

A BME Műszaki Osztályától kapott 2001-2003.-ig terjedő naptári évek gázfogyasztási adatokból számoltam a hőfelhasználást. A számítások során a földgáz fűtőértéke mellett a kazánok éves hatásfokára is szükség volt. Ezt a fűtőmoduloknál közölt hatásfokkal számoltam, mivel a modul különlegessége az, hogy a kazántelep hatásfoka a terhelés változásától független annak köszönhetően, hogy a rendszerben nem az égők lesabályozása történik terhelés lecsökkenés esetén, hanem bizonyos számú elemi kazán lekapcsolása, így az üzemben maradó elemi kazánok továbbra is a maximális hatásfokkal üzemelnek [76]. A hőfogyasztás meghatározásához szükség volt még a Budapesten mért havi külső hőmérséklet átlagértékekre. A számítás menetét az előző pont tartalmazza.

Az így számolt hőigény átlagos épülettípust és fűtésfelhasználást tételez fel, minek következtében a közelítő hőszükséglet számításból kapott eredmények jelentősen eltérhetnek a fogyasztásból számolt hőigénytől.

A fogyasztásból számolt hőigény 340 kW.

Az épület hőszigetelésének értékelését a hőszükséglet és a 2000. évi átalakítást megelőzően felvett adatlapból felhasznált fűtött légtér fogat ismeretében végeztem. A jelenleg is hatályban lévő MSZ 04-140/2-91 szabvány által előírt fajlagos hővesztéshez viszonyítottam a becsült hőszükségletet. Ennek eredményeként kapott érték a magyarországi átlag szerinti, azonban a megengedett hőáramhoz képest még így is több mint kétszeres, tehát az épület geometriai kialakítása nem zárja ki további megtakarítási lehetőségek keresését. A számítás menetét az előző pont tartalmazza.

Az épület fajlagos hőárama $0,54 \text{ W/m}^3\text{K}$.

Az Európai Unió 2002/91/EK irányelvének megfelelően az épületeket jellemző mutatókat kell bevezetni. Az egyik ilyen mutató a fajlagos éves hőfelhasználás. Magyarországon ennek kifejezését $\text{MJ/m}^3, \text{év}$, a nyugati európai országokban $\text{kWh/m}^2, \text{év}$ mértékegységben fejezik ki. A számítás menetét az előző pont tartalmazza.

Az épület átlagolt fajlagos éves hőfelhasználása $83 \text{ MJ/m}^3, \text{év}$ és $94 \text{ kWh/m}^2, \text{év}$.

Az épület üzemeltetőinek véleménye szerint a hőellátás megfelelő, zavarokat nem észlelnek.

A szabályozó automatika adta lehetőségek csak részben megoldottak, valamint az épület égtáj szerinti szabályozása sem megoldott, holott az utcafront erős szélnek kitett, az utcára néző szobák rendkívül huzatosak, mely a rossz nyílászáróknak tudható be.

A beépített kazáneljesítmény mind a közelítő hőszükséglet számítás, mind a fogyasztásból számolt igény alapján túlméretezett. A fogyasztási adatok alapján pontos hőszükséglet számítás útján megvizsgálandó a kazáneljesítmény csökkentésének lehetősége. A többlet beépített kazánmodul jelenleg készenléti veszteséget okoz, ami a modul kiszakaszolásával megtakarítható, valamint a gázlekötés mértékét is mérsékli, csökkentve az alapidíjat.

4.4 Energia-megtakarítási lehetőségek

Az épület hőellátó rendszerének felülvizsgálatát követően a következő lehetőségek kínálkoznak a hőellátó rendszer energiafelhasználásának csökkentésére általánosan:

- a. HMV előállító berendezések korszerűsítése, veszteségek mérséklése
- b. Fűtési hálózat átalakítása
- c. Helyiségek hőmérsékletének szabályozása
- d. Hővesztések csökkentése utólagos hőszigeteléssel
- e. Külső nyílászárók szigetelése
- f. Tüzelőberendezés rekonstrukció
- g. Villamosenergia-felhasználás mérséklése
- h. Megújuló energiaforrások alkalmazása

A konkrét javaslatok tartalmazzák a megoldás várható élettartamát, a beruházás költségeit és az elérhető megtakarításokat. A gázszolgáltatás díjának meghatározásához a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium 46/2003. (VII.24.) rendeletének vonatkozó adatai kerültek felhasználásra. A költségmegtakarítás számítása a 2001-2003. időszak átlagos fogyasztásához, illetve az egyes energiatakarékosági beruházások aktiválása után várható átlagfogyasztáshoz tartozó gázdíjak különbségéből történt. A számítások során feltételeztem, hogy a létesítmény a mindenkor a számukra kedvezőbb díjszabás szerint fizeti a gázszolgáltatás díjait. A költségeket a jelenleg érvényes díjakkal határoztam meg.

Az energiatakarékoság céljából szóba jöhető beruházások néhány hónap alatt megvalósíthatóak, üzembe helyezhetőek. A gazdaságossági vizsgálatok során azt feltételeztem, hogy 2004. december 31.-ig a beruházás aktiválása megtörténik. A 2005-ös évtől a várható éves megtakarítást vettem figyelembe. A vizsgálat minden esetben a beruházások várható élettartamáig tart. A táblázatokban feltüntetett költségek és megtakarítási értékek bruttó összegek.

4.4.1 Műszaki elemzés

- a. HMV előállító berendezések korszerűsítése, veszteségek mérséklése

Éjszakai és különböző szünidei időszakokban a cirkulációs hálózat üzemeltetése szükségtelen. A cirkulációs szivattyú leállításával villamos energia- és hőmegtakarítás érhető el. Az objektumban a cirkulációs rendszert elegendő a hét minden napján 7-23 óra között üzemeltetni, tehát hetente 56 óra időtartamra leállítható, szünidő teljes tartamára leállítható. A cirkulációs szivattyú mágneskapcsolóit heti programozású kapcsolóórával kell igény szerint működtetni.

A villamosenergia-megtakarítás éves szinten néhány tízezer forint, a hőmegtakarítás a HMV termelésre fordított közel 8%-a, azaz az összes fogyasztás 2,6%-a. A számítást a következő pont tartalmazza.

A beépített irányítástechnikai berendezés várható élettartama 6 év.

A beruházás anyagköltsége: 45000 Ft + 25% ÁFA

munkadíja: 22000 Ft + 25% ÁFA

összesen: 67000 Ft + 25% ÁFA = 83750 Ft

b. Fűtési hálózat átalakítása

A létesítmény hőközpontja időjárás-követő fűtésszabályozó készülékkel ellátott. A központi fűtésnek kapcsolóórás üzemben való éjszakai, illetve éjszakai és hétvégi csökkentett módú szabályozás lehetősége adott, de ezt a lehetőséget nem használják ki teljesen. (A kapcsolóóra nincs rendesen felprogramozva). Az optimális üzemeltetést gátolja, hogy az épületnek közös a fűtési rendszere, és így a jelentős fűtéseszkökre nincs mód. Az épületrészek függetlenítésével megoldható az égtáj valamint a funkció szerinti bontás.

Az épületrészek függetlenítésével és a fűtésszabályozó készülék felprogramozásával, beállításával nagyságrendileg 10% fűtési energia takarítható meg. A számítást a következő pont tartalmazza.

A beruházás anyagköltsége: 220000 Ft + 25% ÁFA

munkadíja: 280000 Ft + 25% ÁFA

összesen: 500000 Ft + 25% ÁFA = 750000 Ft

c. Helyiségek hőmérsékletének szabályozása

A vizsgált objektumban a radiátorokon hagyományos radiátorszelepek találhatóak, amelyek nagy része működésképtelen állapotú. Sok helyütt a szelepek ezért kezelhetetlenek, mert a szelepkerekeket leszerelték, megrongálták. Panaszként merült fel az épület egyes részeinek alul-, más részeinek túlfűtöttsége, amely a régi, áganként nem szabályozható fűtési hálózat egyenetlen hőelosztásából származik.

A belső hőmérséklet szabályozására az ablakok nyitása az alkalmazott megoldás. Termosztatikus radiátorszelepek alkalmazásával biztosítható, hogy a növekvő belső hőterhelés esetén, amit a bent tartózkodó személyek okoznak, a fűtés mértéke automatikusan csökken, ezáltal csökkentve az időszakos, lokális túlfűtés lehetőségét. A termosztatikus radiátorszelepek megfelelő alkalmazásával az egyes épületrészek eltérő fűtöttsége is tompítható. Mivel az épület használói (főként diákok) hajlamosak a szelepek tönkretételére és eltulajdonítására, ezért a vandálbiztos kivitelű és lopásvédelemmel ellátott

termosztatikus szelepek alkalmazása javasolt (a költségbecslés a hagyományos termosztatikus radiátorszelep árát tartalmazza!).

A termosztatikus radiátorszelepek beépítése önmagában meg elegendő, feltétlenül szükséges a fűtési hálózat beszabályozása!

A szelepek beépítésével és gondos beállításával mintegy 12,5% fűtési energia-megtakarítás érhető el. A beépített szeleptestek várható élettartama 15 év, a termosztatikus fej várható élettartama 8 év. A számítást a következő pont tartalmazza.

A beruházás anyagköltsége: 5000 Ft + 25% ÁFA

munkadíja: 2000 Ft + 25% ÁFA

összesen: 7000 Ft + 25% ÁFA = 8750 Ft

Termosztatikus fej cseréjének költsége: 2500 Ft + 25% ÁFA

d. Hővesztések csökkentése utólagos hőszigeteléssel

A vizsgált épület hagyományos épületszerkezettel, kb. 50 éve épült. A falszerkezet hőátbocsátási tényezője az akkori hőtechnikai szabvány előírásainak megfelelő. Utólagos hőszigeteléssel a fal hőátbocsátási tényezőjének értéke csökkenthető, ám ez a teljes határoló-szerkezet hőátbocsátási tényezőjére vonatkoztatva csekély, mivel arra alapvetően a nyílászáróknak van hatása.

Az épület falszerkezetének utólagos hőszigetelésével 18% fűtési energia takarítható meg. A számítást a következő pont tartalmazza.

A beruházás anyagköltsége: $1500 \text{ Ft/m}^2 + 25\% \text{ ÁFA}$

munkadíja: $4500 \text{ Ft/m}^2 + 25\% \text{ ÁFA}$

összesen: $6000 \text{ Ft/m}^2 + 25\% \text{ ÁFA} = 7500 \text{ Ft/m}^2$

e. Külső nyílászárók szigetelése

A vizsgálat során megállapítottam, hogy ezek a nyílászárók erősen elhasznált állapotban vannak, a külső mázolás sérülése miatt a faszervezetek már károsodtak. Az ablakkeretek gyakran vetemedettek, a zárszerkezetek elhasználódtak, emiatt nagy a filtrációból származó hővesztés. A nyílászárók cseréjének költsége az energia-megtakarításból reális időn belül nem gazdálkodható ki, ezért én csak a nyílászárók utólagos javításával, résszigetelés beépítésével számoltam. E javítás eredményeképpen a szigetelés hatásosságának 40%-os javulása várható.

Az épület nyílászáróinak utólagos résszigetelésével a réstömörtség javul, a frisslevegő ellátás romlik. A megfelelő frisslevegő utánpótlás biztosításának érdekében elegendő méretű rést tömítetlenül kell hagyni.

A nyílászárók utólagos résszigetelésével 8% fűtési energia takarítható meg.

A beruházás anyagköltsége: 500 Ft/fm + 25% ÁFA

munkadíja: 250 Ft/fm + 25% ÁFA

összesen: 750 Ft/m + 25% ÁFA = 937,5 Ft/m

f. Tüzelőberendezés rekonstrukció

Az intézmény energiagazdálkodásában jelentős energia-megtakarítás egy teljes, átfogó kazánrekonstrukcióval valósítható meg. A jelenleg üzemelő kazánok életkora nem jelentős, alig 5 évesek, azonban a technológiai konstrukciójuk elavultnak minősül. A beépített FÉG-VESTALE F-105-ös kazánok legújabb generációja már mikroprocesszoros vezérlésű, őr láng nélküli termoelektromos gyújtású, alacsonyabb gázfogyasztású készülék, ahol kiküszöbölték a korábbi szériákra jellemző nagy készenléti veszteséget és a fűtésszabályozókkal össze nem kapcsolható kazántermosztátokat. Ez a megoldás egy jól szabályozott, szinte veszteségek nélkül üzemelő kazánt jelent, ahol kazánveszteségek mérséklése jelent megtakarítást. A jelentős energia-megtakarításokat a legmodernebb alacsonyhőmérsékletű, valamint kondenzációs kazánok jelentik, melyeknél a gyártók a 20-30-40% fűtési energia-megtakarítást prognosztizálnak.

Megvizsgálva a három lehetséges kazánrekonstrukciót:

f1, FÉG-VESTALE AF-105 kazán

A beruházás anyagköltsége: 1600000 Ft + 25% ÁFA

gépészeti, építőipari és villamos

munkadíj: 500000 Ft + 25% ÁFA

összesen: 2100000 + 25% ÁFA = 2625000 Ft

f2, Viessmann Vitogas 100 alacsony hőmérsékletű kazán

A beruházás anyagköltsége: 7200000 Ft + 25% ÁFA

gépészeti, építőipari és villamos

munkadíj: 2000000 Ft + 25% ÁFA

összesen: 9200000 + 25% ÁFA = 11500000 Ft

f3, Viessmann Vitocrossal 300 kondenzációs kazán

A beruházás anyagköltsége: 8500000 Ft + 25% ÁFA

gépészeti, építőipari és villamos

munkadíj: 2000000 Ft + 25% ÁFA

összesen: 10500000 + 25% ÁFA = 13125000 Ft

g. Villamosenergia-felhasználás mérséklése

Villamosenergia-felhasználás mérséklésének egy lehetséges megoldása, ha a meglévő lámpatesteket új, korszerű, energia-takarékos lámpatestekre cserélik. Világítási szintek mérése nem történt a vizsgálat folyamán, így a helyszín bejárása során tapasztal kielégítő megvilágítás az egyéni véleményem. A másik beavatkozási megoldás lehet a programozott folyosóvilágítás, melynél egy kapcsolóóra vezérli az üzemet. E berendezéssel beállítható az éjszakai, ünnepnapos folyosói világításcsökkentés.

A villamosenergia-felhasználás vizsgálata nem képezi e vizsgálat tárgyát, így e lehetőségeket nem vizsgálom.

h. Megújuló energiaforrások alkalmazása

A megújuló energiaforrások közül elsősorban a napenergia hasznosítása jöhet szóba. A vizsgált épület azonban a nyári, nagy napsugárzás-intenzitású időszakban használaton kívül van. Mivel a szolár rendszerek igen drágák, ezért a használati melegvíz készítésre történő alkalmazásuk a tavaszi és őszi napos időszakok alatt nem megtérülő beruházásoknak minősülnek.

Amennyiben több energiatakarékosági intézkedés kerül megvalósításra egyszerre, úgy azok együttes hatása külön vizsgálatot igényel. A várható megtakarítások százalékos értékeinek (m [%]) összegzésével félrevezető eredményt kapunk, ezért az egymással párhuzamosan üzemelő energiatakarékosági megoldások hatásának (M [%]) becslése:

$$M \leq 100 \cdot \left\{ 1 - \left[\left(1 - \frac{m_a}{100} \right) \cdot \left(1 - \frac{m_b}{100} \right) \cdot \left(1 - \frac{m_c}{100} \right) \cdot \left(1 - \frac{m_d}{100} \right) \cdot \left(1 - \frac{m_e}{100} \right) \right] \right\}$$

4.4.2 Műszaki elemzés számításai

a. HMV előállító berendezések korszerűsítése, veszteségek mérséklése

Az 56 órás cirkuláció szüneteltetéssel a HMV előállítás becsült energia-megtakarítása 8%.

Ez alapján az összes energia-megtakarítás meghatározása:

A HMV előállítás átlagos tüzelőanyag felhasználása 30515 m^3 gáz.

A fűtés átlagos tüzelőanyag felhasználása 63371 m^3 gáz.

A cirkuláció szüneteltetésével ez $30515 \cdot 0,92 = 28073 \text{ m}^3$ -re módosul.

Az így adódó összes gázfelhasználás $63371 + 28073 = 91444 \text{ m}^3$

Ez alapján az összes energia-megtakarítás $\left(1 - \frac{91444}{93885} \right) \cdot 100 = 2,6\%$

b. Fűtési hálózat átalakítása

A fűtési hálózat időjárás-követő szabályozójának felprogramozása és az épületrészek függetlenítése a jobb szabályozhatóság következtében megközelítőleg 10% megtakarítást eredményez, ami esetünkben a fűtési energiafogyasztásra vetítve $63371 \cdot 0,1 = 6337 \text{ m}^3$ gáz tüzelőanyag megtakarítás.

Így az összes gázfogyasztás $93885 - 6337 = 87548 \text{ m}^3$ -re változik, ami $\left(1 - \frac{87548}{93885}\right) \cdot 100 = 6,8\%$.

c. Helyiségek hőmérsékletének szabályozása

Az épület felmérése során a személyzet véleménye szerint 1-2 °C-os túlfűtöttség jelentkezik az épületben. Ez kiküszöbölhető a termosztatikus radiátorszelepek beépítésével. A túlfűtöttség okozta többlet hőfelhasználás $\frac{tb - tk}{tb - tk} = \frac{22 - 4}{20 - 4} = \frac{18}{16} = 1,125$, azaz 12,5%-os, ezt lehet a termosztatikus szelepek alkalmazásával megtakarítani.

A fűtési energiafogyasztásra vetítve, a tüzelőanyag megtakarítás $63371 \cdot 0,125 = 7921 \text{ m}^3$ gáz. Így az összes gázfogyasztás $93885 - 7921 = 85964 \text{ m}^3$ -re módosul, ami $\left(1 - \frac{85964}{93885}\right) \cdot 100 = 8,5\%$.

d. Hővesztések csökkentése utólagos hőszigeteléssel

Az utólagos hőszigetelésként HERATEKA hőszigetelő lemez ($R = 1,06 \text{ m}^2\text{K/W}$, $\delta = 5 \text{ cm}$) kerül a külső falfelületre, így a jelenlegi $k = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási tényező $k = 0,57 \text{ W/m}^2\text{K}$ -re változik. A IV. melléklet adatait felhasználva, az energia-megtakarítás:

$$k = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K-re a hővesztés } Q_{fal} = k_{fal} \cdot A_{fal} \cdot (tb - tk) = 1,3 \cdot 2298 \cdot 33 = 98584 \text{ W}$$

$$k = 0,57 \text{ W/m}^2\text{K-re a hővesztés } Q_{fal} = k_{fal} \cdot A_{fal} \cdot (tb - tk) = 0,57 \cdot 2298 \cdot 33 = 43225 \text{ W}$$

A hőszigetelést követően a fűtési hőigény: $Q_{szám}' = 1,3 \cdot (Q_{tető} + Q_{pince} + Q_{fal}' + Q_{üveg}) = 328 \text{ kW}$, tehát a hőszigetelés eredményeként 72 kW hőigénycsökkenést idézünk elő. Ez a csökkenés

esetünkben $\left(1 - \frac{328}{400}\right) \cdot 100 = 18\%$ megtakarítást eredményez.

A fűtési energiafogyasztásra vetítve, a tüzelőanyag megtakarítás $63371 \cdot 0,18 = 11407 \text{ m}^3$ gáz. Így az összes gázfogyasztás $93885 - 11407 = 82478 \text{ m}^3$ -re módosul, ami $\left(1 - \frac{82478}{93885}\right) \cdot 100 = 12,2\%$.

e. Külső nyílászárók szigetelése

Az utólagos résszigetelés következtében a nyílászárók jelenlegi $k = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási tényezője becslésem szerint $k = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$ -re változik. A IV. melléklet 1. pontjának adatait felhasználva, az energia-megtakarítás:

$$k=5 \text{ W/m}^2\text{K-re a hőveszteség } Q_{\text{üveg}} = k_{\text{üveg}} \cdot A_{\text{üveg}} \cdot (t_b - t_k) = 5 \cdot 766 \cdot 33 = 126390 \text{ W}$$

$$k=4 \text{ W/m}^2\text{K-re a hőveszteség } Q_{\text{üveg}} = k_{\text{üveg}} \cdot A_{\text{üveg}} \cdot (t_b - t_k) = 4 \cdot 766 \cdot 33 = 101112 \text{ W}$$

A hőszigetelést követően a fűtési hőigény: $Q_{\text{szám}}' = 1.3 \cdot (Q_{\text{tető}} + Q_{\text{pince}} + Q_{\text{fal}}' + Q_{\text{üveg}}) = 367 \text{ kW}$,

tehát a résszigetelés eredményeként 33 kW hőigénycsökkenést idézünk elő. Ez a csökkenés esetünkben $(1 - \frac{367}{400}) \cdot 100 = 8\%$ megtakarítást eredményez.

A fűtési energiafogyasztásra vetítve, a tüzelőanyag megtakarítás $63371 \cdot 0,08 = 5070 \text{ m}^3$ gáz.

Így az összes gázfogyasztás $93885 - 5070 = 88815 \text{ m}^3$ -re adódik, ami $(1 - \frac{88815}{93885}) \cdot 100 = 5,4\%$.

f. Tüzelőberendezés rekonstrukció

Jelenleg üzemelő kazán készenléti vesztesége 5%, éves hatásfoka 84%.

Éves átlagos tüzelőanyag felhasználása: 93885 m^3 .

1, Fég-Vestale AF-105 kazánnal

Készenléti vesztesége 1%, éves hatásfoka 88%.

Éves átlagos tüzelőanyag felhasználása: $93885 \cdot \frac{(1 - 0,05) \cdot 0,84 \cdot (1 + 0,01)}{0,88} = 85949 \text{ m}^3$, ami

$(1 - \frac{85949}{93885}) \cdot 100 = 8,5\%$ tüzelőanyag megtakarítást eredményez.

2, Viessmann Vitogas 100 kazánnal

Készenléti vesztesége 0,63%, éves hatásfoka 93%.

A Viessmann ENEM kalkulátor program eredményei szerint:

Éves átlagos tüzelőanyag felhasználása: 73606 m^3 , ami $(1 - \frac{73606}{93885}) \cdot 100 = 21,6\%$

tüzelőanyag megtakarítást eredményez.

3, Viessmann Vitocrossal 300 kazánnal

Készenléti vesztesége 0,4%, éves hatásfoka 106%.

A Viessmann ENEM kalkulátor program eredményei szerint:

Éves átlagos tüzelőanyag felhasználása: 63279 m^3 , ami $\left(1 - \frac{63279}{93885}\right) \cdot 100 = 32,6\%$

tüzelőanyag megtakarítást eredményez.

4.4.3 Gazdasági elemzés

Az elemzés során az egyes intézkedések gazdasági mutatóit határoztam meg, mint az egyszerű megtérülési időt, a belső megtérülési rátát és a nettó jelenértéket, melyeket összefoglaló táblázatban bemutatok, valamint az egyes intézkedésekre vonatkozó részleteket a III. melléklet táblázatos formában tartalmazza.

a. HMV előállító berendezések korszerűsítése, veszteségek mérséklése

Beruházási költség: 67000 Ft + ÁFA = 83750 Ft

Beépített elemek várható élettartama: 6 év

Prognosztizált összes hőmegtakarítás: 2,6%

b. Fűtési hálózat átalakítása

Beruházási költség: 500000 Ft + ÁFA = 625000 Ft

Beépített elemek várható élettartama: 15 év

Prognosztizált összes hőmegtakarítás: 6,8%

c. Helyiségek hőmérsékletének szabályozása

Figyelembe vett termosztátszelep mennyisége: 150 db

Beruházási költség: 1050000 Ft + ÁFA = 1312500 Ft

Beépített szeleptestek várható élettartama: 15 év

Beépített szelepek várható élettartama: 8 év

Prognosztizált összes hőmegtakarítás: 8,5%

d. Hővesztések csökkentése utólagos hőszigeteléssel

Figyelembe vett falfelület mérete: 2298 m²

Beruházási költség: 13788000 Ft + ÁFA = 17235000 Ft

Beépített elemek várható élettartama: 15 év

	Prognosztizált összes hő megtakarítás:	12,2%
e.	Külső nyílászárók szigetelése	
	Figyelembe vett élhossz mérete:	1325 m
	Beruházási költség:	993750 Ft + ÁFA = 1242187,5 Ft
	Beépített elemek várható élettartama:	10 év
	Prognosztizált összes hő megtakarítás:	5,4%
f.	Tüzelőberendezés rekonstrukció	
	1, Fég-Vestale AF-105 kazánnal	
	Beruházási költség:	2100000 Ft + ÁFA = 2625000 Ft
	Beépített elemek várható élettartama:	15 év
	Prognosztizált összes hő megtakarítás:	(8,5)%
	2, Viessmann Vitogas 100 alacsony hőmérsékletű kazánnal	
	Beruházási költség:	9200000 Ft + ÁFA = 11500000 Ft
	Beépített elemek várható élettartama:	15 év
	Prognosztizált összes hő megtakarítás:	(21,6)%
	3, Viessmann Vitocrossal 300 kondenzációs kazánnal	
	Beruházási költség:	10500000 Ft + ÁFA = 13125000 Ft
	Beépített elemek várható élettartama:	15 év
	Prognosztizált összes hő megtakarítás:	(32,6)%

Gazdasági elemzés összesítő táblázata:

a, HMV veszteségek mérséklése						Javasolt-e az intézkedés?
b, Fűtési hálózat átalakítása						
c, Helyiség hőmérsékletének szabályozása						
d, Épület utólagos hőszigetelése						
e, Külső nyílászáró szigetelése						
f1, Tüzelőberendezés rekonstrukció - Fég-Vestale AF-105 kazán						
f2, Tüzelőberendezés rekonstrukció - Viessmann Vitogas 100 kazán						
f3, Tüzelőberendezés rekonstrukció - Viessmann Vitocrossal 300 kazán						
	Költség Áfa-val	Energia- megtakarítás évente	Beruházás megtérülési ideje	Belső megtérülési ráta	Nettó jelenérték	
	[Ft]	[Ft]	[év]	[%]	[Ft]	
a,	83750	113038	0,74	134	332878	IGEN
b,	625000	293454	2,13	47	1174622	IGEN
c,	1312500	366852	3,58	26	851908	IGEN
d,	17235000	528235	32,63	-8	-12205576	NEM
e,	1242187,5	234782	5,29	14	51259	IGEN
f1,	2625000	369584	7,1	11	-154301	NEM
f2,	11500000	939080	12,25	3	-4685495	NEM
f3,	13125000	1417303	9,26	7	-3310382	NEM

11. táblázat A gazdasági elemzés összesítő táblázata

A gazdasági elemzés alapján javaslom a HMV ellátó rendszer korszerűsítésének, a fűtési hálózat épületrészenkénti függetlenítésének és szabályozásának, a helyiségek hőmérsékletének termosztatikus radiátorszelepek révén történő szabályozásának és a külső nyílászáróknak az utólagos szigetelésének elvégzését.

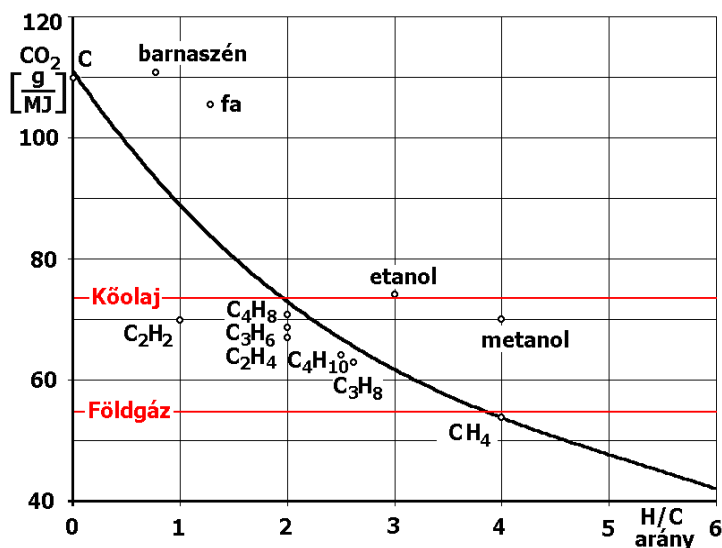
4.4.4 Környezeti hatások

Az energia-megtakarítási intézkedések eredményeként tüzelőanyag megtakarítást érünk el. Az el nem tüzelt tüzelőanyaggal pedig a károsanyag kibocsátást csökkentjük. Ezen károsanyag kibocsátás csökkentés meghatározására szolgáló egyszerű módszert alkalmazva az általam vizsgált intézkedések környezeti hatását a 12. táblázat tartalmazza.

Az el nem tüzelt gáz által képzett károsanyag kibocsátás csökkenés számítása:

1 m³ eltüzelt földgázban 53 g CO₂ található MJ-onként, ami 1,802 kg CO₂-t jelent.

1m³ eltüzelt földgázban megközelítőleg a CO₂ tartalom ezrelékét teszi ki az NO_x, ami 1,802 g NO_x-et jelent [36].



52. ábra Különböző tüzelőanyagok CO₂ kibocsátásának fajlagos értéke [36]

Az energia-megtakarítási intézkedések révén megtakarított földgáz károsanyag tartalma:

Károsanyag kibocsátás mérséklése	Energia- megtakarítás	CO ₂ kibocsátás	NO _x kibocsátás
	évente [m ³]	csökkenés [t]	csökkenés [kg]
a, HMV veszteségek mérséklése	2441	4,40	4,40
b, Fűtési hálózat átalakítása	6337	11,42	11,42
c, Helyiség hőmérsékletének szabályozása	7922	14,28	14,28
d, Épület utólagos hőszigetelése	11407	20,56	20,56
e, Külső nyílászáró szigetelése	5070	9,14	9,14
f1, Tüzelőberendezés rekonstr. - Fég-Vestale AF-105 kazán	7981	14,38	14,38
f2, Tüzelőberendezés rekonstr. - Viessmann Vitogas 100 kazán	20279	36,54	36,54
f3, Tüzelőberendezés rekonstr. - Viessmann Vitocrossal 300 kazán	30606	55,15	55,15

12. táblázat Károsanyag kibocsátás csökkenésének mértéke

4.4.5 Megvalósítás költség és ütemterve

Az energia-megtakarítási intézkedések költségtervét a korábbi alfejezetek, az ütemtervét a gazdasági számítások III. Melléklete tartalmazza.

4.5 Energia hordozó költségek összehasonlítása

A hőközpont átalakítását megelőzően az épület hőellátását távfűtés biztosította. Annak érdekében, hogy megválasszunk, megérte-e áttérni a földgáz alapú hőellátásra, nézzük meg a két időszak hőfelhasználását, és nézzük meg a költségeiket.

Az 1999-es felülvizsgálati adatlap alapján az 1997-98-as év távhőfogyasztása:

1997: 3648 GJ/év

1998: 3254 GJ/év

az ebből képzett átlag: 3451 GJ/év

Jelenlegi áron számolva ennek hódíja: $3451 \text{ GJ} \cdot 926 \frac{\text{Ft}}{\text{GJ}} = 3195626 \text{ Ft}$

alapdíja: $0,326 \text{ MW} \cdot 7977840 \frac{\text{Ft}}{\text{MW}} = 2600776 \text{ Ft}$

összesen: 5796402 Ft + ÁFA

A jelenlegi földgázfogyasztási adatokból az átlagos hőfelhasználás: 2799 GJ

Ezen hőmennyiség előállításához felhasznált földgáz költsége:

gázdíj: $93885 \text{ m}^3 \cdot 46,3 \frac{\text{Ft}}{\text{m}^3} = 4346875 \text{ Ft}$

alapdíja: $57 \text{ m}^3 \cdot 9400 \frac{\text{Ft}}{\text{m}^3} = 535800 \text{ Ft}$

összesen: 4882675 Ft + ÁFA

A bemutatott összehasonlítás eredményeként az épület földgázzal történő fűtése 913727 Ft-tal kerül kevesebbe, mintha távfűtéssel oldanák meg.

A hőfelhasználásban tapasztalható eltérés magyarázatát főként az üzemvitel eltérésére vezetném vissza, miszerint azok, akik a fűtést földgázzal biztosítják, kevésbé bánnak pazarlóan az energiával, míg a távfűtéssel rendelkezők körében azok, akik a korábbi évtizedek „a távhő az ingyen fűtési energia” eszmét vallották, pazarló energiagazdálkodást végeztek és végeznek.

5. Összefoglalás

A diplomatervem tanulmányrészének keretében a hazai és nemzetközi irodalomban fellelhető és a témával foglalkozó publikációkat alapul véve elkészítettem egy átfogó tanulmányt. Ebben bemutattam az energiahatékonysági szemléletig vezető utat, annak kiváltó okait, valamint ismertettem az energiatakarékosságra vonatkozó törvényeket, rendelkezéseket. Ezt követően felvázoltam az energetikai veszteségfeltárás mibenlétét, röviden ismertettem feltáró módszereinek egyikét a hozzá tartozó adatlappal egyetemben. Bemutattam a veszteségfeltárás során szükséges és alkalmazható mérőműszereket, továbbá a veszteségfeltárás részeként kidolgozandó intézkedések gazdaságossági értékelésére szolgáló indikátorokat és összefüggéseivel is foglalkoztam.

Az energetikai veszteségfeltárás intézkedési célterületei közül a három legfontosabbat emeltem ki és elemeztem. Ezek az épület határoló szerkezetei, mivel minden épület esetében a határoló szerkezetek alapvetően befolyásolják a kialakítandó hőellátás felépítését; az épületgépészeti berendezések, melyek a szükséges hőmennyiséggel ellátják a kiszolgálandó épület/ek/et, biztosítják a használati melegvíz mennyiséget; valamint épületvillamossági berendezések, melyek (pl. szivattyúk, elektronika) kiszolgálják, szabályozzák a gépészeti rendszereket. Az itt ismertetett beavatkozási lehetőségek közül kiemelném a legfontosabbakat és a legelterjedtebbeket: utólagos hőszigetelés, nyílászáró cseréje vagy légrés tömítése, fűtési hálózat automatikus- és beszabályozása, termosztatikus radiátorszelepek beépítése, megújuló energiaforrások alkalmazása, energiatakarékos fényforrások üzemeltetése, és épületfelügyeleti rendszerek.

Az általam feldolgozott beavatkozási lehetőségekkel igyekeztem e három célterületen az épület egészének lefedését megvalósítani, de az is igaz, hogy még vannak intézkedési megoldások és vannak még célterületek, ahol az energiatakarékosság megvalósítható.

Néhány gondolat erejéig foglalkoztam az ipari, technológiai folyamatokkal, az ott alkalmazható egyszerűbb, ismertebb megoldásokkal, azonban az ipari folyamatok esetében, a nagy eltérések, technológiai sajátosságok miatt, kevés olyan általános megoldás vázolható fel, melynek megvalósítása bármely rendszeren megoldható, így energia takarítható meg.

A diplomaterv kiírásának megfelelően, a tanulmányterv keretében ismertetett módszereket és eljárásokat felhasználva elvégeztem a konzulenseim által jóváhagyott épület energetikai veszteségfeltárását. Ez az épület a Budapesti Műszaki És Gazdaságtudományi Egyetem Építésztechnológiai Karának Bercsényi úti kollégiuma volt. A veszteségfeltárás során egy adatlap segítségével felmértem az épület szerkezet hőtechnikai adottságait, a hőellátást, a melegvíz-ellátást és a légtechnikát, melyet a II. melléklet tartalmaz, ismertettem az épületet, elvégeztem a szükséges számításokat a BME Műszaki Osztálya által szolgáltatott gázfogyasztási adatokból, majd ezek ismeretében energia-megtakarítási intézkedéseket dolgoztam ki.

Az épület felmérése, a fogyasztási adatok valamint a számítások alapján megállapítható, hogy az épület hővédelme a jelenleg érvényben lévő előírásoknak nem felel meg, azonban a fajlagos éves hőfelhasználás jobb a magyarországi átlagnál, mely az intézmény hatékony energiagazdálkodásának köszönhető. Az épület nyílászáróinak állapota nem megfelelő, elöregedtek, vetemedtek. A kazánház kialakítása jó, a beépített kazánok üzemére, megbízhatóságára nem volt panasz. A melegvíz-ellátás megfelelő, de a cirkuláció folyamatos. Az épület hőellátó rendszerének a megismerését követően az összegyűjtött információk alapján energiahatékonyság növelő intézkedéseket dolgoztam ki a HMV hálózatra, a központi szabályozásra, a nyílászáró légzárásának javítására, az utólagos hőszigetelésre és a termosztatikus radiátorszelepek beépítésére, valamint megvizsgáltam egy esetleges kazánkorszerűsítést három eltérő opcióra, melyek a meglévő kazánok újabb generációját, az alacsony hőmérsékletű és a kondenzációs kazánokat foglalják magukba.

A felsorolt intézkedések gazdasági mutatóit is meghatároztam, úgymint az egyszerű megtérülési időt, a belső megtérülési rátát és a nettó jelenértéket. A kapott eredményeket összesítő táblázatban szemléltetem és a mellékletben csatolom a részeredményeket.

Továbbá az egyes intézkedések környezetre gyakorolt hatását is megvizsgáltam, azaz kiszámítom, hogy mely intézkedés milyen károsanyag-kibocsátás csökkenést eredményez. A vizsgált károsanyagok a CO₂ és az NO_x.

Sajnálatos tény, hogy a megújuló energiaforrások alkalmazására ennél az intézménynél nincs reális lehetőség.

A veszteségfeltáráson túlmenően, mivel a kollégium korábban távfűtéses hőellátásban részesült, amit önálló hőközponttá alakítottak át, megvizsgáltam ezen átalakítás gazdasági eredményességét is. Ennek eredménye, hogy a földgáz alapú energiaellátás ma kedvezőbb, mint a távfűtés.

6. Summary

According to the declaration of diploma using the methods and procedures described in the scope of study I done the energy audit of a building confirmed by my tutors. This building was the residence of the Architect Faculty of Budapest University of Technology and Economics. During the audit I surveyed the thermo technical capacity of building structure, the heat-, the hot water supply and the ventilation of building by the Energy Data Sheet, which can be found in the second insert, I set forth the building and I done the necessary calculations from the gas consumption data given by the Technical Department of BUTE and with full knowledge of these I worked out energy-saving methods.

On the basis of the survey of building, the consumption data and calculations determinable, that the thermal overload protection of building is not suit the requirements of regulations in force however the specific yearly heat usage is better than the Hungarian average, which due to the efficient energy management of institute. The conditions of doors and windows is unsuitable, decrepit and warped. The construction of boil house is good, there was no complain about operation and reliability of the built-in boilers. The hot water supply is compliance with orders, but the circulation is continuous. After getting acquainted with the heat supply system of building on the basis of the collected information I worked out energy-saving methods for the betterment of the hot water system, of the central controlling and of the window insulation, for the post thermo insulation and for the mounting in of thermostatic radiator valve, and I considered a possible modernization of boilers for three different options, these are the newer generation of the available-, the low temperatured- and the condenser boilers.

I determined the economic indexes of the listed methods, as the payback period, the internal rate of return and the net present value. The results are demonstrated in a summary chart and the partial results are attached in the insert.

Moreover I determined the effects on the environment of these methods, I calculated the reduction of danger gas emission for every methods. These gases were the CO₂ and NO_x.

An unfortunate event that the application of regenerate energy sources has not real practicability here.

In addition to this energy audit, because the residence had got district-heating earlier which was rebuilt to an independent boil house, I examined the economical success of this reconstruction. The result, that the natural gas supplement has better conditions nowadays against the district-heating.

7. Irodalomjegyzék

- [1] 1055/1980.(XII.24.) minisztertanácsi határozat: a VI ötéves terv energiagazdálkodási programjáról. A Minisztertanács határozatai, Parlamenti Könyvtár, 1981.
- [2] Sebestyén János: A magyar energetika váltásai a tervgazdálkodás évtizedeiben. Magyar Energetika, I. évfolyam, 1993/4. szám, 3-10.o.
- [3] Erdősi Pál: A gazdaság és az energetika összefüggései a múltban. Magyar Energetika, II. évfolyam, 1994/1. szám, 2-13.o.
- [4] Magyar Dániel – Tihanyi László: A szénhidrogénhelyzet. Magyar Tudomány, 2001/11. szám, www.matud.iif.hu/01nov/magyari.html
- [5] Dr. Parti Mihály: Anyag és energiagazdálkodás. Egyetemi oktatási segédanyag, BME, 2003.
- [6] Energy efficiency in public and municipal buildings. ECOS OUVERTURE project, Graz, Austria, 1997. 3-5.o.
- [7] 1107/1999.(X.8.) kormányhatározat: A 2010-ig terjedő energiatakarékosági és energiahatékonyság-növelő stratégiáról. Complex CD-jogtár 2003.12.
- [8] Bohoczky Ferenc: Az energiapolitika és a megújuló energiaforrások. Fűtéstechika, Megújuló energiaforrások, 2002.
- [9] Directive 2002/91/EC of European Parliament and of The Council of 16 December 2002 of the energy performance of buildings. Official Journal of the European Communities, Brussels, 04.01.2003.
http://europa.eu.int/eur-lex/en/archive/2003/l_00120030104en.html
- [10] Ujj Attila: Távfűtés vagy gázfűtés. Fűtéstechika, megújuló energiaforrások 2001, Infoprod, Budapest, 2001. 12-13.o.
- [11] Ujj Attila: Paneles épületek felújítása. Építőipari körkép 2002, Infoprod, Budapest, 2002. 21-23.o.
- [12] Épületgépészet a gyakorlatban: A megújuló energiaforrások alkalmazása. Verlag Dashöfer, Budapest, 2004.
- [13] Hatósági energiaárak a GKM 96/2003 rendelete alapján, Gazdasági és Közlekedési Minisztérium, 2003.
- [14] Dr. Árpási Miklós: Kell nekünk a geotermális energia? Energiagazdálkodás, 44. évfolyam, 2003/2.szám, 17-19.o.
- [15] Csoknyai Tamás: Energiatudatos épület-felújítás, fűtőkorszerűsítés. Fűtéstechika, megújuló energiaforrások 2002, Infoprod, Budapest, 2002. 21-24.o.
- [16] Dr. Laklia Tibor: A földgázfelhasználás jövője és szerepe a hazai energiaellátásban. Fűtéstechika, megújuló energiaforrások 2001, Infoprod, Budapest, 2001. 10-11.o.

- [17] Dr. Barcsik József: Az energiahatékonyság hatása a megyei önkormányzati intézmények gazdálkodására.
- [18] Energiaveszteségek feltárása, UNDP. Energia Központ, Budapest, 2002, 3-4, 13-18.o.
- [19] Dr. Vad János: Technológiai folyamatok és modellezésük. Egyetemi oktatási segédanyag, BME, 2004.
- [20] Albert Thumann, P.E., C.E.M.: Handbook of Energy Audits. The Fairmont Press, Lilburn, USA, 1992. 1-4.o.
- [21] Dr. Zsebik Albin, C.E.M.: Az energia értéke, energetikai veszteségfeltárás. Energiagazdálkodás, 5. munkafüzet, Budapest, 2003.
- [22] Épületgépészet a gyakorlatban: Épületenergetika. Verlag Dashöfer, Budapest, 2004.
- [23] Monitoring, UNDP. Energia Központ, Budapest, 2004. 1-5.o.
- [24] Dr. Zsebik Albin: Épületgépészeti Energetika V. Oktatási segédanyag, BME, 2002.
- [25] Ujj Attila: A thermovíziós, infratelevíziós, hőtechnikai épületdiagnosztika jelentősége. Fűtéstechnika, megújuló energiaforrások 2003, Infoprod, Budapest, 2003. 17-19.o.
- [26] Bohoczky Ferenc: Épületenergetikai adatlap bevezethetőségének lehetősége. Hírlevél, III. évfolyam 8-9. szám, Budapest, 8-9.o.
- [27] Főtáv Komfort Kft.: Távhőellátott lakóépületek hőellátásának diagnosztikai vizsgálatai. Főtáv Komfort Kft, Budapest, 2001. 31.o.
- [28] Dr. Zsebik Albin: Épületgépészeti Energetika VI. Oktatási segédanyag, BME, 2002.
- [29] Dr. Zsebik Albin: Épületgépészeti Energetika I. Oktatási segédanyag, BME, 2002.
- [30] Dr. Zöld András: Műszaki és gazdasági értékelések. Internetes oktatási segédanyag, BME, 1998. www.egt.bme.hu
- [31] Dr. Zöld András: Energiatakarékos épületfelújítás. Internetes oktatási segédanyag, BME, 1998. www.egt.bme.hu
- [32] Dr. Laczkovits Zoltán: Épületszerkezetek hőszigetelése és hővesztesége. Fűtéstechnika, megújuló energiaforrások 2001, Infoprod, Budapest, 2001. 26-29.o.
- [33] Dr. Laczkovits Zoltán: Korszerű tetőszigetelések, zöldtetők. Építőipari körkép 2002, Infoprod, Budapest, 2002. 78-79.o.
- [34] Cvikovszky Barna: Nyílászáróüveg-fóliák. Építési Piac, 37. évfolyam, 2003/9.szám, 59-60.o.
- [35] Kalmár Ferenc: Az utólagos hőszigetelés hatása a hófokhídra. Energiagazdálkodás, 44. évfolyam, 2003/3.szám, 20-25.o.
- [36] Dr. Zsebik Albin: Épületgépészeti Energetika III. Oktatási segédanyag, BME, 2002.
- [37] Dr. Zsebik Albin: Tüzelőanyag megtakarítás becslése. Energiagazdálkodás, 44. évfolyam, 2003/3.szám, 20-25.o.

- [38] Dr. Menyhárt József: Az épületgépészet kézikönyve. Műszaki Kiadó, Budapest, 1978. 261.o.
- [39] Épületgépészet 2000: Fűtéstechnika. Épületgépészet Kiadó, Budapest, 2001. 679-689.o.
- [40] Balog Róbert: Fűtési költségmegosztás. Építőipari körkép 2002, Infoprod, Budapest, 2002. 78-79.o.
- [41] TA Hydronics: Szabályozókörök hidraulikai besabályozása. 1999. 4-5.o.
- [42] Magyar Zoltán: Fűtéstechnika II. Műegyetemi Kiadó, 2001. 185-205.o.
- [43] Viessmann: Vitotec tervezési segédletek. Viessmann Fűtéstechnika Kft., 2003/9.
- [44] Viessmann: Vitotec műszaki adatlapok 1+2. Viessmann Fűtéstechnika Kft., 2003/4.
- [45] Móczár Gábor: A megújuló energiatermelés perspektívái. Építőipari körkép 2003, Infoprod, Budapest, 2003. 60.o.
- [46] Strausz Tamás: A napenergia kuriózum vagy a jövő energiaforrása? Fűtéstechnika, megújuló energiaforrások 2001, Infoprod, Budapest, 2001. 47-48.o.
- [47] Dr. Imre László: A napenergia aktív hőhasznosítása. Fűtéstechnika, megújuló energiaforrások 2001, Infoprod, Budapest, 2001. 55-58.o.
- [48] Varga Pál: Napkollektoros fűtés vagy csak használati melegvíz-készítés. Fűtéstechnika, megújuló energiaforrások 2002, Infoprod, Budapest, 2002. 46-48.o.
- [49] Dr. Tóth László - Horváth Gábor - Tóth Gábor: A szélenergia hasznosítása. Fűtéstechnika, megújuló energiaforrások 2001, Infoprod, Budapest, 2001. 73-77.o.
- [50] Kajór Béla: Hasznosítható-e a szélenergia Magyarországon? Fűtéstechnika, megújuló energiaforrások 2002, Infoprod, Budapest, 2002. 53-56.o.
- [51] Dr. Árpási Miklós: A geotermális energiahasznosítás helyzete Magyarországon. Fűtéstechnika, megújuló energiaforrások 2001, Infoprod, Budapest, 2001. 62-65.o.
- [52] Dr. Bai Attila – Zsuffa László: A biomassza tüzelési célú hasznosítása. Fűtéstechnika, megújuló energiaforrások 2001, Infoprod, Budapest, 2001. 81-84.o.
- [53] Dr. Marosvölgyi Béla: A biomassza eredetű energiahordozók és hasznosításuk. Fűtéstechnika, megújuló energiaforrások 2001, Infoprod, Budapest, 2001. 85-88.o.
- [54] Barta István: Biogáz szalmából, trágyából, hulladékból. Energiagazdálkodás, 44. évfolyam, 2003/6.szám, 23.o.
- [55] Sudár Enikő: Biosolar fűtőművek. Fűtéstechnika, megújuló energiaforrások 2001, Infoprod, Budapest, 2001. 59-61.o.
- [56] Komlós Ferenc: A megújuló energiát hasznosító hőszivattyús rendszer és a hőkomfort. Hűtő-, klíma- és szellőzéstechnika 2003, Infoprod, Budapest, 2003, 46-51.o.
- [57] Dr. Nagy Lajos: Megújuló energiaforrások hasznosítása hőszivattyúval, hőszivattyús rendszerekkel. Fűtéstechnika, Megújuló energiaforrások 2001, Infoprod, Budapest, 2001, 78-80.o.

- [58] Stiebel Eltron: Környezetkímélő kényelem, hőszivattyús fűtőrendszerek.
- [59] Sándor László: Energiagazdálkodás korszerű gázmotorral. Gázberendezések, gázfelhasználás 2003/2004, Infoprod, Budapest, 2003, 43-45.o.
- [60] Dr. Szűcs Miklós: Alacsony energiafelhasználású lakóépületek, Fűtéstechnika, Megújuló energiaforrások, 2002, 25-32.o.
- [61] Meszlényi Zoltán: A használatimelegvíz-termelés hatásfoka. Magyar Installateur, 14. évfolyam, 2004/4. szám, 31-32.o.
- [62] Dési Albert: A rézfelhasználás széles körű lehetőségei a Széchenyi Terv által az építést és az épületfelújítást segítő támogatásoknál. Épületvillamosság 2002, Infoprod, 2002, 13.-15.o.
- [63] Lieti György: Kisfeszültségű készülékek az épületfelújításban. Elektro Installateur, 2003/11-12. szám, 18-19.o.
- [64] Kerekes László: Korszerű világítási megoldások. Épületvillamosság 2002, Infoprod, 2002, 21.-25.o.
- [65] HOLUX: Világítástechnikai. Oktatási segédanyag, Holux Kft, Budapest, 2003.
- [66] Dr. Zsebik Albin: Épületgépészeti Energetika VII. Oktatási segédanyag, BME, 2002.
- [67] Hunyár - Kovács - Németh - Schmidt - Vespémi: Energiatakarékos és hálózatbarát villamos hajtások. Műegyetemi Kiadó 1997, Budapest
- [68] Dr. Zsáry Árpád : Gépelemek III. Tankönyvkiadó 1991, Budapest
- [69] Gruber József : Ventilátorok. Műszaki Könyvkiadó 1968, Budapest
- [70] Darvas István: Épületinformatika, épületfelügyelet, korszerű technológiák. Épületvillamosság 2002, Infoprod, 2002, 49.-52.o.
- [71] Laboranovits György: Épületfelügyeleti rendszerek. Magyar Építéstechnika, XLII. évfolyam, 2.szám, 2004, 12.o.
- [72] Honeywell: Building management – EBI. www.honeywell.hu/epaut.html
www.honeywell.hu/building.pdf
- [73] Dr. Csoknyai István: Bercsényi Kollégium energetikai adatlapja. 1999.
- [74] Meteorológiai Szolgálat honlapja. www.met.hu
- [75] MSZ-04-140-2:1991 Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai.
- [76] Csökkentett magasságú FÉG-VESTALE rendszerű modul kazán, tervezési segédlet. Mafég-Therm Rt., 1996
- [77] Magyar Energia Hivatal. www.eh.gov.hu
- [78] Fővárosi Távfűtő Rt. www.fotav.hu

8. Mellékletek

I. Hatósági energiaárak

II. Épületenergetikai adatlap

III. Gazdasági elemzés számításai

Tervrajzi mellékletek (a BME Műszaki Osztályának engedélyével)

Gf-1	Kazánház hőellátás alaprajz	M 1:50
Gf-2	Szellőzőgépház hőellátás alaprajz	M 1:50
Gf-3	Kazánház hőellátás függőleges csőterv	M 1:50
Gv-1	Kazánház HMV ellátás alaprajz	M 1:50
Gv-2	Kazánház HMV ellátás függőleges csőterv	M 1:50

I. melléklet: Hatósági energiaárak

Villamos-energia árak [74]

Közüzemi villamos energia tarifák 2004. január 1-től (ÁFA és energiaadó nélkül)					
Teljesítménydíjas árszabás					
Díjtételek	Teljesítménydíjak Ft/kW/év		Áramdíjak Ft/kWh		
	csúcsidei	csúcsidőn kívüli	csúcsidei	csúcsidőn kívüli	
Nagyfeszültség I.	17 256	11 736	11,40	7,10	
Nagyfeszültség II.	13 092	8 268	12,40	8,00	
Középfeszültség I.	17 004	11 244	13,20	8,70	
Középfeszültség II.	12 600	7 560	13,80	10,00	
Kisfeszültség I.	16 404	10 620	14,40	9,80	
Kisfeszültség II.	12 156	7 368	15,90	11,30	
Alapdíjas árszabás					
Díjtételek (kVA)	Alapdíj		Áramdíjak Ft/kWh		
			csúcsidei	csúcsidőn kívüli	egész napos
Nagyfeszültség, kéttarifás*	11 472	Ft/kVA/év	13,60	9,30	-
Középfeszültség, kéttarifás*	10 884	Ft/kVA/év	17,90	12,60	-
Kisfeszültség, kéttarifás	2 208	Ft/A/év	21,00	15,40	-
Kisfeszültség, egytarifás	1 500	Ft/A/év	-	-	19,80
Kisfeszültség, vezérelt külön mért	408	Ft/A/év	-	-	13,00
Közvilágítási árszabás					
Teljesítménydíj	48 396	Ft/kW/év			
Áramdíj	18,60	Ft/kWh			

Gáz árak [74]

Közüzemi villamos energia tarifák 2004. január 1-től (ÁFA és energiaadó nélkül)				
	teljesítménydíj Ft/MJ/év	alapdíj		gázdíj
		Ft/év	Ft/m3/év	Ft/MJ
Lakossági				
<20m3/h		3144		1,437
20-100 m3/h			9400	1,362
gázmérővel nem rendelkező				1,495
Nem lakossági				
Kisfogyasztók <20m3/h		3144		1,437
Középfogyasztók 20-100 m3/h			9400	1,362
Nagyfogyasztók 100-500 m3/h	850			1,117
>500 m3/h	850			1,059

Távhőszolgáltatási árak [75]

Távhőszolgáltatási díjrendszer 2003. október 15.-től (ÁFA nélkül)

Háztartási célú díjszabás	A típusú	a melegvízhez szükséges hidegvizet nem a Főtáv Rt. biztosítja, a tarifa csak a vízmelegítés költségét tartalmazza				
	B típusú	a melegvízhez szükséges hidegvizet a Főtáv Rt. biztosítja, a tarifa csak a vízmelegítés költségét, a hidegvíz és a csatornahasználat díját is tartalmazza				
Hődíj:	1,366 Ft/GJ					
Alapdíj		fűtés	A típusú melegvíz		B típusú melegvíz	
			csak meleg víz	fűtéssel együtt	csak meleg víz	fűtéssel együtt
Havi díj	Ft/légm ³ /hó	29,67	3,86	33,53	17,61	47,28
Éves díj	Ft/légm ³ /év	356,04	46,32	402,36	211,32	567,36

Közüzemi szerződésben lekötött hőtéljesítmény esetén alkalmazott díjszabás

Alapdíj	7 977 840	Ft/MW/év
Hődíj	926	Ft/GJ

II. melléklet: Épületenergetikai adatlap



BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
I. ÉPÜLETGÉPÉSZETI TANSZÉK

Objektum szám

1

Az intézmény neve:

Bercsényi - Építész kollégium

Címe:

Budapest város Bercsényi utca 28-30 házszám / hrsz.

Az adatlap felvételének célja:

Tervezett épület energetikai értékelésre alkalmas jellemzőinek összefoglalása:

Meglévő épület energetikai értékelését megalapozó jellemzők rögzítése:

Előző adatlap:

Nem volt

Volt: 1999 év november hó nap
..... év hó nap

Az adatlap felvételének dátuma:

2004 év április hó 5 nap

Felvette:

Név: Simeggy Péter

Cím: 1172, Bp., Almásháza u. 121.

Tervezői / szakértői névjegyzék száma: Diplomatervező

Építtető / Megbízó:

Név: Budapesti Műszaki Egyetem Műszaki Osztály

Cím: 1111, Bp., Műegyetem rkp. 1-3.

1. Az épület általános adatai

1.1. Az épület rendeltetése: lakó köz ipari egyéb

ezen belül: *kollégium*

1.2. A használat jellege: szakaszos folyamatos

1.3. Építési mód: hagyományos panelos blokkos
 könnyűszerkezetes öntött egyéb

1.4. Az építés éve: 1950 előtt 1950 - 1960 1961 - 1970
 1971 - 1980 1981 - 1985 1986 után

1.5. A dokumentált felújítás éve:

- 1.) *1983-87* jellege: *elektromos*
- 2.) *1989-93* jellege: *tornaterem kialakítása, vizesblokk felújítása*
- 3.) *2000* jellege: *kazánház kialakítása*
- 4.) jellege:
- 5.) jellege:

1.6. Az épület alapterülete: *1250* m²

1.7. Az épület párkánymagassága: *20,7* m, szintek száma: *7*

1.8. Bruttó beépített alapterület: *5501* m²

nem fűtött/fűtött célú alapterület aránya kb.: *5* %

1.9. A fűtött épülettérfogat: *22 500* m³

1.10. Az épület külső határoló (lehűlő) felülete: *5000* m²

1.11
$$\frac{\text{Külső határoló (lehűlő) felület}}{\text{Fűtött épülettérfogat}} = \dots \dots \dots \textit{0,222} \dots \dots \dots \text{ m}^2/\text{m}^3$$

1.12. A becsült külső üvegezési arány: *25* %

1.13. Külső nyílászárók típusa:

1.14. Külső fal becsült átlagos hőátbocsátási tényezője: *1,3* W/m²K

2. Az épület energetikai értékelése

2.1. Tervezett épület energetikai értékelése:

A hővédelemre vonatkozó előírás¹ szerint az épület:

megfelelő nem megfelelő

(ez a pont meglévő épületeknél is kitölthető)

2.2. Meglévő épület energetikai értékelése:

A fajlagos energiafogyasztás alapján

	Megfelelő	Javítandó
a fűtés:	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
a hmv készítés:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
a légtechnikai rendszer:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

2.3. Összesítő értékelés:

jó

elfogadható

nem megfelelő az alábbi területen:

- kazán éves hatásfok
- hővédelem
- hőellátás
- fűtés szabályozás
- hmv termelés
- légtechnika

2.4. A szakértő egyéb észrevételei: (pótlapon is folytatható)

Az épület hővédelme rossz. A központi szabályozóprogramozhatósága nem kihasznált.

A cirkuláció folyamatos. A légkezelő berendezés üzeme rövid idejű szellőztetés.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

* Jelenleg az MSZ-04-140-2:1991 Építéstügyi Ágazati szabvány

3. Az épület energetikai jellemzői

3. Vizsgált épületre végzett energetikai számítás eredményei:

- 3.1. Az épület egységnyi fűtött térfogatára és egységnyi külső-belső méretezési hőmérsékletkülönbségére vonatkozó fajlagos hőáram: 0,54 W/m³K
- 3.2. A vonatkozó előírás* szerinti megengedett fajlagos hőáram: 0,25 W/m³K
- 3.3. Tervezői (méretezési) hőigények: fűtési: n.a. kW
 hmv: n.a. kW
 légtechnika: n.a. kW
- 3.4. A beépített kazánok névleges teljesítménye: 480 kW
- Közelítő számítással a fűtési hőigény: 400 kW
- 3.5. Energiahordozó lekötések: 57 m³/h földgáz
- 3.6. Mért gázfogyasztások m³/a mértékegységben:

Tárgyév	Összesen:	Fűtés		Hmv	Légtech	Fajlagos fűtési fogyasztás	
		tényl.	korr.			MJ/m ³ ,a	kWh/m ² ,a
2001	95939	66183	66739	28268	1488	87	99
2002	89184	58127	63569	29504	1553	83	94
2003	96533	65802	61198	29195	1536	80	90

- 3.7. Fogyasztásból hőhiddal számolt névleges fűtési hőigény: 340 kW
- 3.8. Értékelés: *Az épület hővédelme rossz. A kazánok mind a fogyasztás, mind a közelítő hőszükséglet számítás alapján túlméretezettek. A gázlekötés megfelelő.*
A fajlagos mutatók jók.

* Jelenleg az MSZ-04-140-02:1991 Építésügyi Ágazati szabvány

4. Hőellátási adatlap

4.1. A kazánház jellemzése:

A kazánok típusa: FÉG F-105
A kazánok darabszáma: 4
A kazánok üzeméve: 4
Névleges hatásfokuk: 86%
Becsült éves hatásfokuk: 86%*
Fűtők száma: -

Központi szabályozás: van nincs
 kézi automatikus DDC
 keverő fojtó

Vízlágyító: van nincs

4.2. A kazánház kialakítása:

jó megfelelő korszerűtlen

A kazánház állaga:

jó megfelelő rossz

A fűtési csövek hőszigetelésének állapota: jó átlagos rossz nincs

4.3. A fogyasztó véleménye röviden:

.....
.....
.....
.....
.....

4.4. A szakértő esetleges megjegyzései: (pótlapon is folytatható)

Központi szabályozó: Sauter Equitherm 200

Vízlágyító: VAS 10F1/CWG

** A kazán moduláris felépítéséből kifolyólag, csak a hőigény kielégítéséhez szükséges számú fűtőmodul üzemel, minek következtében a névleges hatásfok megegyezik az évessel.*

5. Fűtési adatlap

5.1. A használat jellege:

- folyamatos szakaszos programozott

5.2. Az épület fűtési rendszere:

- egyedi kétcsöves egycsöves átfolyós
 átkötőszakaszos
 egyéb

- felsőeloszlású alsóeloszlású fordított U-csőves

- nyitott zárt

a fűtőtestek kapcsolása felső - alsó alsó - alsó alsó - felső egyéb:

5.3. A fűtőtestek típusa:

- sima cső bordácscső
 öntöttvas tagos acéllemez tagos
 RADAL

lapfűtőtest, mégpedig: acéllemez alumínium

- padlófűtés mennyezetfűtés falfűtés

egyéb

a fűtőtestek életkora: 2,5 év

5.4. Helyi fűtőtest szabályozás

- van nincs

- kézi
 automatikus

5.5. A felszállókénti besabályozás lehetősége

- adott nincs

5.6. A fűtési csövek anyaga: acél réz műanyag többretegű

vezetése: falban padlóban szabadon

szigetelésének állapota: jó átlagos rossz nincs

5.7. A fogyasztó véleménye röviden:

Hőellátási elégtelenség nem tapasztalható, túlfűtés előfordul.

Az épületen belül nem egyenletes a hőeloszlás, nincs égtáj szerinti bontás

5.8. A szakértő esetleges megjegyzései: (pótlapon is folytatható)

Nincs helyi automatikus szabályozás, illetve besabályozás

6. A használati melegvíz termelés adatlapja

6.1. A fűtés jellege:

egyedi központi vegyes

6.2. Az egyedi hmv előállítás berendezése:

tárolós átfolyós
 villamos gáz egyéb fűtéssel

6.3. Központi hmv előállítás

jellege: átfolyós tárolós soros tárolóval
 párhuzamos tárolóval

a tároló(k) mérete3..... db, összesen:7,5..... m³

hmv cirkuláció:

nincs van
 alapvezetékig
 felszálló tetejéig

6.4. A használati melegvíz előállítása:

automatikus szabályozással ellátott nem szabályozott
 üzemképes
 üzemképtelen

6.5. Használati melegvíz/felmelegítendő hidegvíz fogyasztásmérés

nincs van mégpedig: központi
 egyedi
 vegyes
 használják nem használják

6.6. A hmv vezetékek

hőszigeteltek
 részben hőszigeteltek

állaguk: jó átlagos rossz

hőszigetetlenek

cirkulációs vezetékek

hőszigeteltek
 részben hőszigeteltek

állaguk: jó átlagos rossz

hőszigetetlenek

6.7. A fogyasztó véleménye röviden:

.....
.....
.....
.....

6.8. A tervező / szakértő esetleges megjegyzései: (pótlapon is folytatható)

HMV szabályozó: Sauter flexotron 100

HMV termelő modul: MK-2 előnykapcsolásban

Folyamatos cirkuláció

.....
.....

7. Légtechnikai adatlap

7.1. A légtechnikai rendszer jellege:

- teljes klíma
 fél klíma
 szellőztető

7.2. A légtechnikai berendezés jellege

- központi
 helyi

7.3. A kezelt helyiségek nyomásviszonya:

- túlnyomásos
 kiegyenlített
 depressziós

7.4. A légtechnikai rendszer:

- frisslevegős
 recirkulációs

7.5. Hővisszanyerő berendezés:

- van
 nincs

7.6. Hűtőberendezés:

- van
 nincs

7.7. A kezelt térfogatáram:

	n.a.	m ³ /h
Légcsereszám a helyiségekben:	konyha l/h
	fürdőszoba l/h
	WC l/h
	egyéb (tornaterem) n.a. l/h

7.8. Az üzem jellege:

- folyamatos
 szakaszos

7.9. A szabályozás kialakítása:

- az üzem szabályozott
 ki-be kapcsolósos
 kézi vezérlésű

7.10. A lég/klimatechnikai berendezés állaga:

- jó
 megfelelő
 rossz

7.11. A fogyasztó véleménye röviden:

Üzemeltetése rendszertelen

.....

.....

7.12. A szakértő esetleges megjegyzései: (pótlapon is folytatható)

A légtechnika üzemeltetése a tornatermi öltözők szellőztetését látja el. Üzemeltetése nem indokolt, mivel a rövid idejű üzem során a feladatát nem látja el, nem arra használják, amire készült.

.....

.....

III. melléklet: Gazdasági elemzés számításai

Az egyes intézkedések megtakarításának mértékei, gazdasági mutatói:

		a, HMV veszteségek mérséklése			b, Fűtési hálózat átalakítása		
		Cirkuláció szüneteltetése			Épület szabályozása		
		Várható összes megtakarítás: 2,6%			Várható összes megtakarítás: 6,8%		
Év		Beruházási költség	Megtakarítás	Hozam	Beruházási költség	Megtakarítás	Hozam
2004	0	-83750		-83750	-625000		-625000
2005	1		113038	113038		293454	293454
2006	2		113038	113038		293454	293454
2007	3		113038	113038		293454	293454
2008	4		113038	113038		293454	293454
2009	5		113038	113038		293454	293454
2010	6		113038	113038		293454	293454
2011	7			0		293454	293454
2012	8			0		293454	293454
2013	9			0		293454	293454
2014	10			0		293454	293454
2015	11			0		293454	293454
2016	12			0		293454	293454
2017	13			0		293454	293454
2018	14			0		293454	293454
2019	15			0		293454	293454
		kamatláb	BMR	134%	kamatláb	BMR	47%
		0,125	NPV	332 878 Ft	0,125	NPV	1 174 622 Ft
		c, Helyiségek hőmérsékletének szab.			d, Épület utólagos hőszigetelése		
		Termosztatikus radiátorszeleppel					
		Várható összes megtakarítás: 8,5%			Várható összes megtakarítás: 12,2%		
Év		Beruházási költség	Megtakarítás	Hozam	Beruházási költség	Megtakarítás	Hozam
2004	0	-1312500		-1312500	-17235000		-17235000
2005	1		366852	366852		528235	528235
2006	2		366852	366852		528235	528235
2007	3		366852	366852		528235	528235
2008	4		366852	366852		528235	528235
2009	5		366852	366852		528235	528235
2010	6		366852	366852		528235	528235
2011	7		366852	366852		528235	528235
2012	8		366852	366852		528235	528235
2013	9	-468750	366852	-101898		528235	528235
2014	10		366852	366852		528235	528235
2015	11		366852	366852		528235	528235
2016	12		366852	366852		528235	528235
2017	13		366852	366852		528235	528235
2018	14		366852	366852		528235	528235
2019	15		366852	366852		528235	528235
		kamatláb	BMR	26%	kamatláb	BMR	-8%
		0,125	NPV	851 908 Ft	0,125	NPV	-12 205 576 Ft

		e, Külső nyílászárók szigetelése			f, Tüzelőberendezés rekonstrukció		
					1, Fég-Vestale AF-105 kazánnal		
		Várható összes megtakarítás: 5,4%			Várható összes megtakarítás: 8,5%		
Év		Beruházási költség	Megtakarítás	Hozam	Beruházási költség	Megtakarítás	Hozam
2004	0	-1242187,5		-1242187,5	-2625000		-2625000
2005	1		234782	234782		369584	369584
2006	2		234782	234782		369584	369584
2007	3		234782	234782		369584	369584
2008	4		234782	234782		369584	369584
2009	5		234782	234782		369584	369584
2010	6		234782	234782		369584	369584
2011	7		234782	234782		369584	369584
2012	8		234782	234782		369584	369584
2013	9		234782	234782		369584	369584
2014	10		234782	234782		369584	369584
2015	11			0		369584	369584
2016	12			0		369584	369584
2017	13			0		369584	369584
2018	14			0		369584	369584
2019	15			0		369584	369584
		kamatláb	BMR	14%	kamatláb	BMR	11%
		0,125	NPV	51 259 Ft	0,125	NPV	-154 301 Ft
		f, Tüzelőberendezés rekonstrukció			f, Tüzelőberendezés rekonstrukció		
		2, Viessmann Vitogas 100 kazánnal			3, Viessmann Vitocrossal 300 kazánnal		
		Várható összes megtakarítás: 21,6%			Várható összes megtakarítás: 32,6%		
Év		Beruházási költség	Megtakarítás	Hozam	Beruházási költség	Megtakarítás	Hozam
2004	0	-11500000		-11500000	-13125000		-13125000
2005	1		939080	939080		1417303	1417303
2006	2		939080	939080		1417303	1417303
2007	3		939080	939080		1417303	1417303
2008	4		939080	939080		1417303	1417303
2009	5		939080	939080		1417303	1417303
2010	6		939080	939080		1417303	1417303
2011	7		939080	939080		1417303	1417303
2012	8		939080	939080		1417303	1417303
2013	9		939080	939080		1417303	1417303
2014	10		939080	939080		1417303	1417303
2015	11		939080	939080		1417303	1417303
2016	12		939080	939080		1417303	1417303
2017	13		939080	939080		1417303	1417303
2018	14		939080	939080		1417303	1417303
2019	15		939080	939080		1417303	1417303
		kamatláb	BMR	3%	kamatláb	BMR	7%
		0,125	NPV	-4 685 495 Ft	0,125	NPV	-3 310 382 Ft

Az intézkedések költségtervezete, belső megtérülési rátái és nettó jelenértékei:

a, HMV veszteségek mérséklése - Cirkuláció szüneteltetése										
Energiahordozó megnevezése		Természetes mértékegységben			Hőegyenértékben GJ/év			Energiaköltség Ft/év		
		Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás	Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás	Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás
Földgáz	m ³ /év	93885	91444	2441	3192,09	3109,10	82,99	4347627	4234589	113037,8
Beruházás éve	Beruházás költsége		Földgáz-igény	Földgáz költség	Megtakarítás mértéke		Megtérülési idő	Belső megtérülési ráta	Nettó jelenérték	Javasolt-e
	Áfa nélkül [Ft]	Áfa-val [Ft]			[m ³]	[Ft]				
2004	67000	83750	91444	4234589	2,6	113038	0,74	134	332878	IGEN
b, Fűtési hálózat átalakítása - Épület szabályozása										
Energiahordozó megnevezése		Természetes mértékegységben			Hőegyenértékben GJ/év			Energiaköltség Ft/év		
		Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás	Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás	Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás
Földgáz	m ³ /év	93885	87548	6337	3192,09	2976,63	215,46	4347627	4054173	293453,8
Beruházás éve	Beruházás költsége		Földgáz-igény	Földgáz költség	Megtakarítás mértéke		Megtérülési idő	Belső megtérülési ráta	Nettó jelenérték	Javasolt-e
	Áfa nélkül [Ft]	Áfa-val [Ft]			[m ³]	[Ft]				
2004	500000	625000	87548	4054173	6,8	293454	2,13	47	1174622	IGEN
c, Helyiségek hőmérsékletének szabályozása - Termosztatikus radiátorszeleppel										
Energiahordozó megnevezése		Természetes mértékegységben			Hőegyenértékben GJ/év			Energiaköltség Ft/év		
		Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás	Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás	Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás
Földgáz	m ³ /év	93885	85963	7922	3192,09	2922,74	269,35	4347627	3980775	366852
Beruházás éve	Beruházás költsége		Földgáz-igény	Földgáz költség	Megtakarítás mértéke		Megtérülési idő	Belső megtérülési ráta	Nettó jelenérték	Javasolt-e
	Áfa nélkül [Ft]	Áfa-val [Ft]			[m ³]	[Ft]				
2004	1050000	1312500	85963	3980775	8,5	366852	3,58	26	851908	IGEN
d, Épület utólagos hőszigetelése										
Energiahordozó megnevezése		Természetes mértékegységben			Hőegyenértékben GJ/év			Energiaköltség Ft/év		
		Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás	Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás	Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás
Földgáz	m ³ /év	93885	82478	11407	3192,09	2804,25	387,84	4347627	3819391	528235,4
Beruházás éve	Beruházás költsége		Földgáz-igény	Földgáz költség	Megtakarítás mértéke		Megtérülési idő	Belső megtérülési ráta	Nettó jelenérték	Javasolt-e
	Áfa nélkül [Ft]	Áfa-val [Ft]			[m ³]	[Ft]				
2004	13788000	17235000	82478	3819391	12,2	528235	32,63	-8	-12205576	NEM

e, Külső nyílászáró szigetelése

Energiahordozó megnevezése		Természetes mértékegységben			Hőgyenértékben GJ/év			Energiaköltség Ft/év		
		Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás	Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás	Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás
Földgáz	m ³ /év	93885	88815	5070	3192,09	3019,71	172,38	4347627	4112845	234781,6

Beruházás éve	Beruházás költsége		Földgáz-igény [m ³]	Földgáz költség [Ft]	Megtakarítás mértéke		Megtérülési idő [év]	Belső megtérülési ráta [%]	Nettó jelenérték [Ft]	Javasolt-e IGEN
	Áfa nélkül [Ft]	Áfa-val [Ft]			[%]	[Ft]				
2004	993750	1242187,5	88815	4112845	5,4	234782	5,29	14	51259	IGEN

f, Tüzelőberendezés rekonstrukció - 1, Fég-Vestale AF-105 kazánnal

Energiahordozó megnevezése		Természetes mértékegységben			Hőgyenértékben GJ/év			Energiaköltség Ft/év		
		Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás	Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás	Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás
Földgáz	m ³ /év	93885	85904	7981	3192,09	2920,74	271,35	4347627	3978042	369584,1

Beruházás éve	Beruházás költsége		Földgáz-igény [m ³]	Földgáz költség [Ft]	Megtakarítás mértéke		Megtérülési idő [év]	Belső megtérülési ráta [%]	Nettó jelenérték [Ft]	Javasolt-e NEM
	Áfa nélkül [Ft]	Áfa-val [Ft]			[%]	[Ft]				
2004	2100000	2625000	85904	3978042	8,5	369584	7,10	11	-154301	NEM

f, Tüzelőberendezés rekonstrukció - 2, Viessmann Vitogas 100 kazánnal

Energiahordozó megnevezése		Természetes mértékegységben			Hőgyenértékben GJ/év			Energiaköltség Ft/év		
		Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás	Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás	Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás
Földgáz	m ³ /év	93885	73606	20279	3192,09	2502,60	689,49	4347627	3408547	939079,9

Beruházás éve	Beruházás költsége		Földgáz-igény [m ³]	Földgáz költség [Ft]	Megtakarítás mértéke		Megtérülési idő [év]	Belső megtérülési ráta [%]	Nettó jelenérték [Ft]	Javasolt-e NEM
	Áfa nélkül [Ft]	Áfa-val [Ft]			[%]	[Ft]				
2004	9200000	11500000	73606	3408547	21,6	939080	12,25	3	-4685495	NEM

f, Tüzelőberendezés rekonstrukció - 3, Viessmann Vitocrossal 300 kazánnal

Energiahordozó megnevezése		Természetes mértékegységben			Hőgyenértékben GJ/év			Energiaköltség Ft/év		
		Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás	Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás	Korszerűsítés előtt	Korszerűsítés után	Megtakarítás
Földgáz	m ³ /év	93885	63279	30606	3192,09	2151,49	1040,60	4347627	2930324	1417303

Beruházás éve	Beruházás költsége		Földgáz-igény [m ³]	Földgáz költség [Ft]	Megtakarítás mértéke		Megtérülési idő [év]	Belső megtérülési ráta [%]	Nettó jelenérték [Ft]	Javasolt-e NEM
	Áfa nélkül [Ft]	Áfa-val [Ft]			[%]	[Ft]				
2004	10500000	13125000	63279	2930324	32,6	1417303	9,26	7	-3310382	NEM