



Dr. Tóth Rudolf (PhD)

AZ „ENERKIAMEGTAKARÍTÁS” ÉS A „MEGÚJULÓ ENERGIÁK” ALKALMAZÁSÁNAK LEHETSÉGES FORMÁI A REPÜLŐTÉRI LÉTE- SÍTMÉNYEK ÜZEMELTETÉSE TERÜLETÉN

A Föld élővilágát egy rendkívüli hőegyensúly hozta létre, amely a Nap sugárzásából, valamint a Föld belső hőjéből és a világűr dermesztő hidegének kölcsönhatásából alakult ki. Az ehhez tartozó globális energiaszintet helyileg befolyásolja a Föld forgástengelye, az óceánok meleget tároló és a sarkok, gleccserek hideget tároló hatása. A viszonylag állandó éghajlat tette lehetővé a magasabb rendű élet kialakulását. A földi energia mai szintje évmilliárdok alatt alakult ki. Óriási anyag- és energiaforgalom mellett került dinamikus kiegyensúlyozott állapotba. Azonban ez az egyensúly igen kényes. A geológia és a biológia tanúsítja, hogy egy-egy helyi katasztrófa, vulkánkitörés vagy meteor becsapódás hosszú időre felborította ezt az egyensúlyt, fajok, kultúrák pusztultak el és évezredek kellett hozzá, hogy az egyensúly újra helyreálljon.

A fosszilis energiák nagymértékű felhasználásának hatása a globális felmelegedésre, az energiagazdálkodás fontossága napjainkban

Az ipari forradalommal az emberi társadalom arra a veszélyes útra lépett, amely a Föld légkörének dinamikus energiaegyensúlyának megsérüléséhez vezet. A veszélyt a fosszilis energiahordozók, a szén, az olaj, a földgáz egyre növekvő elégetése okozza. Ezek elégetésével, sok olyan káros anyag kerül a légkörbe, melyek annak sérülését, károsodását okozza. A Föld hőegyensúlyára ezek közül épp a széndioxid az egyik legveszélyesebb. A megsokszorozódott széndioxid kibocsátás miatt a *”hővédő takaró”* megvastagszik és a szükségesnél jobban visszatartja a Nap hőjét, az üvegházakhoz hasonlóan. Sok mérési adat bizonyítja, hogy a légkör és ennek folytán a földfelszín és az óceánok felmelegedése megindult. A fosszilis energiahordozók felhasználásának határai:

- *a kimeríthetőségük, amire sokszor gondoltunk,*
- *valamint a légkör CO₂-terhelhetősége, amit eddig nemigen vettünk figyelembe.*

Az emberiség pazarló energia felhasználásával szorosan összefügg a hagyományos energiaforrások kimerülésének veszélye és a globális klímaváltozás, amely lassan a biztonságos földi élet létét fenyegeti. Korábban a szakemberek azt hitték, hogy az energiaforrások kimerülése a nagyobb veszélyt, de mindig fedeznek fel új olaj- és gázlelőhelyeket, a szénmezőket.

Be kell látnunk, hogy a légkör CO₂-terhelhetősége a veszélyesebb, a közelebbi. *Kétségtelen, hogy az emberi civilizációt pusztulással fenyegető felmelegedés megindult, üteme gyorsul.* Ha a tovább nö-

vekvő energiaéhséget, a növekvő fűtési és hűtési igényeket, a szaporodó gépkocsikat a jövőben is a mai ütemű fosszilis energia- felhasználással elégítjük ki, akkor történelmileg rövid időszak alatt (valószínűleg még ebben az évszázadban), katasztrófa elé kell néznünk. Al Gore, az USA volt alelnöke a következőket írta 1990-ben a fosszilis anyagok növekvő felhasználásáról:

„Ma már tudjuk, hogy a halmozódó globális környezeti hatások halálos veszélyt jelentenek minden nemzet biztonságára, halálosabbat, mint amelyet bármilyen hadászati ellenfél jelenthet, amellyel valaha is találkoztunk. ”

Van-e egyáltalán megoldás, milyen kiutat találunk ennek az ellentmondásnak a feloldására? A megoldás kétségtelenül a CO₂-kibocsátás csökkentése, a fosszilis energiák ellenében az alternatív energiák használatának növelése, valamint a hatékonyabb energia felhasználás segítése. De erre az útra rá kell térnünk, méghozzá minél előbb, mielőtt a változások öngerjesztővé, visszafordíthatatlanná válnak. Biztos, hogy ez a megoldás még több akadállyal fog találkozni, mint az ózonréteget veszélyeztető freonok használatának korlátozása, ami a nemzetközi szerződéseknek hála, már látszanak az eredménye. A CO₂ kibocsátás nagyságát az 1 sz. táblázat, valamint az üvegházhatás kialakulását és a CO₂ kapcsolatát a 1 sz. ábra mutatja.

A fűtőberendezés	CO ₂ -kibocsátás kg CO ₂ /kW · h
Kazán, olaj, 1995 (gázégő)	0,357
Kazán, gáz, 1995 (ventilátoros égő)	0,272
Kazán, kondenzációs	0,233
Villamos fűtés, éjszakai áram	0,648
Villamos hőszivattyú, levegő/víz	0,227
Villamos hőszivattyú, talajkollektorral vagy mélyszondával	0,166
Villamos hőszivattyú, víz/víz	0,149
Gázmotoros hőszivattyú, levegő/víz	0,170
Gázmotoros hőszivattyú, víz/víz	0,100
Gáz-abszorpciós hőszivattyú	0,182
A CO ₂ -kibocsátás szempontjából minden hőszivattyú jobb, mint a fűtőkazán	



1 sz. táblázat:Fűtőberendezések CO₂-kibocsátása **1 sz. ábra:**Az üvegházhatás és a CO₂ kapcsolata

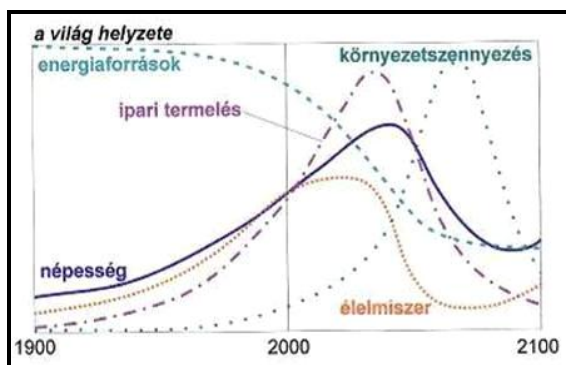
Amikor napjainkban, egy energetikai rendszer hasznosságát értékeljük, kiemelt figyelmet kell fordítani a környezetvédelmi hatásokra.

Napjainkban a vizsgálatok során, elsősorban a klímavédelemhez való kapcsolódás került a figyelem középpontjába, de hasonlóan fontos a lokális környezetvédelem, valamint a helyi levegőszennyeződések csökkentése. További fontos szempont, az energiaimport-függőség csökkentése, a különböző fosz-

¹Dr. U. Schreier, K-H. Stawiarski – W. Kirchensteirner, F. Antony: A hőszivattyú CSER kiadó, Budapest, 2007. 26. oldal

²Dr. U. Schreier, K-H. Stawiarski – W. Kirchensteirner, F. Antony: A hőszivattyú CSER kiadó, Budapest, 2007. 26. oldal

szilis energiák szükséges biztonsági készletezési szintjeinek csökkentése, valamint a kiegyensúlyozottabb, hatékonyabb hasznosítással kombinált, villamosenergia-fogyasztási igény megteremtése. Városaink levegőszennyezettségének káros hatását pénzben nem lehet kifejezni, de abban a szakemberek egyetértenek, hogy környezetünk légszennyezése alapvetően *energiatakarékossággal, a CO₂ kibocsátás csökkentésével*, (korszerű berendezések, technológiák alkalmazásával) valamint a *megújuló energiák széleskörű felhasználásával* érhető el. A változás várható irányát a 2 sz. és a 3 sz. ábrák mutatják.



2. sz. ábra: A világ helyzetét meghatározó jellemzők alakulása 1900-tól 2100-ig.³



3sz. ábra: A megújuló energia-felhasználás várható alakulása 2050-ig.⁴

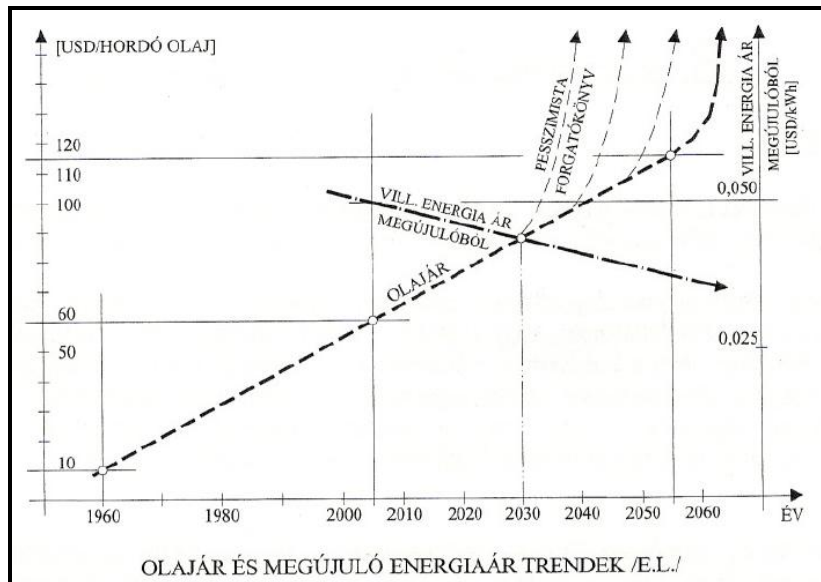
Az elmúlt évszázadban az energiaárak mérsékeltek voltak és nem tükrözték az energia valós értékét, így az energia hatékony felhasználására nem ösztönözték a felhasználókat, a tulajdonosokat, a beruházókat. Az utóbbi évtizedben a helyzet megváltozott. Az energiaárak robbanásszerű növekedése, valamint a hatékony energiagazdálkodás és az alternatív energiák felhasználásának növekvő társadalmi igénye, kényszerítő erővel hatott a nagy energia fogyasztókra, hogy létesítményeiket és rendszereiket korszerűsítsék, azok energia felhasználását, károsanyag kibocsátását, továbbá üzemeltetési költségeiket csökkentsék. Az olaj és az alternatív energia árak várható változását a 4 sz. ábra szemlélteti.

Az utóbbi években, az EU-ban is kiemelt figyelmet kapott az **energiagazdálkodás** területe, melynek során különböző irányelvek, cselekvési programok és tervek készültek a felmerült problémák hatékonyabb kezelésére. Ezek, a tagországokra vonatkozóan, részben ajánlott, részben kötelező jelleggel kerültek bevezetésre. A 2008. évi „irányelv – csomagban” célként határozták meg, az üvegházhatásért felelős gázok kibocsátásának 20%-os csökkentését, az energia hatékonyság 20%-os növelését, valamint 20%-ra kell növelni a megújuló energiák primer energiaként való használatát.

A célok elérése érdekében, minden tagország köteles javítani, (lakóépületek 27%-ánál, ipari és egyéb épületek 30%-ánál) az épületek energiafelhasználását, továbbá széles körben kell alkalmazniuk az energia-megtakarítás és az alternatív energiák felhasználásának módszereit, formáit.

³Homonnay Györgyné Dr.: Épületgépészet a gyakorlatban, kézikönyv épületgépészeti tervezéshez, kivitelezéshez, Kiadó: Verlag Dashöfer Kft, 2007, (12.2/2 ábra)

⁴Homonnay Györgyné Dr.: Épületgépészet a gyakorlatban, kézikönyv épületgépészeti tervezéshez, kivitelezéshez, Kiadó: Verlag Dashöfer Kft, 2007, (12.2.1/2 ábra)



4 sz. ábra: Az olajár és megújuló energiaár trendek.⁵

Az elvárt megtakarítások és a káros anyag kibocsátás csökkentése az alábbiakkal elérhető el:

- *korszerű és szigorú tervezési követelmények bevezetésével,*
- *az üzemmódok energiatakarékosabb megválasztásával,*
- *az elavult technológiák felújításával, korszerű berendezések alkalmazásával, valamint*
- *a hagyományos fosszilis energiák helyett, megújuló energiaforrások használatával.*

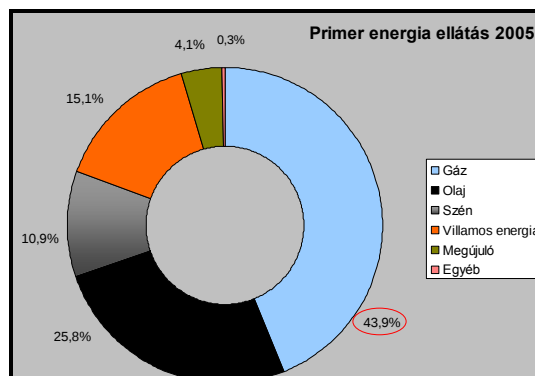
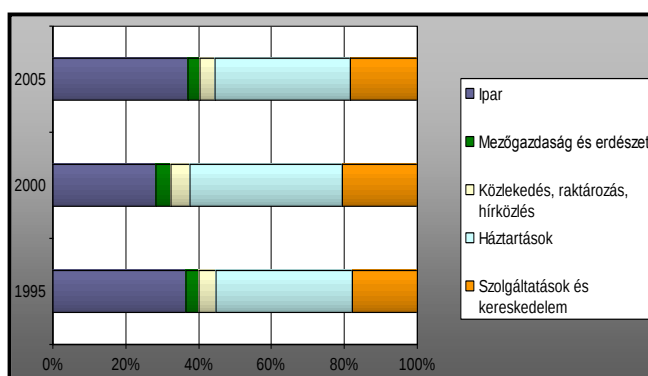
A fejlesztés (korszerűsítés) során, elsősorban azok a területek kerülnek a figyelem középpontjába, ahol viszonylag kis anyagi ráfordítással már számottevő energia-megtakarítás érhető el. Ide sorolhatók az új üzemeltetési módszerek bevezetése, megfelelő hőszigetelési megoldások kialakítása, korszerű nyílászárók, energiatakarékos fűtő, hűtő és szellőző berendezések alkalmazása, a túlfűtések elkerülése, az épületek megfelelő tájolása stb. A megújuló energiaforrások alkalmazásának növelését hátrányosan befolyásolja a viszonylag magas megvalósítási költség, és a beruházások hosszú megtérülési ideje, továbbá a kivitelezők kevés gyakorlati tapasztalata, esetenként a nem megfelelő ipari háttér.

Hazán energia gazdálkodásának helyzete, jogszabályi alapja

Magyarország energetikai helyzete az utóbbi tíz évben jelentősen megváltozott. Az 1989-es politikai fordulatot követően az ipari termelés visszaesett, ezért az ország energiafelhasználása jelentősen csökkent. Hazánk jelenlegi éves energia igénye 1100-1200 PJ, melynek közel 60%-át (650-700 PJ) importból kell beszerezni. Mivel energiaforrásokban szegény ország vagyunk és energetikai rendszerünk túlnyomóan olyan energiahordozókra épül, amelyekből behozatalra szorulunk. Rendszerváltás után az Uránérc-kitermelésünk leállt, így a Paksi Atomerőmű üzemelése - amely az ország villamosenergia-ellátásának 40 százalékát adja - teljes mértékben importfüggő. A fosszilis üzemanyagok terén sem jobb a helyzetünk. Ha a jelenlegi felhasználás mellett a hazai igényeket teljes mér-

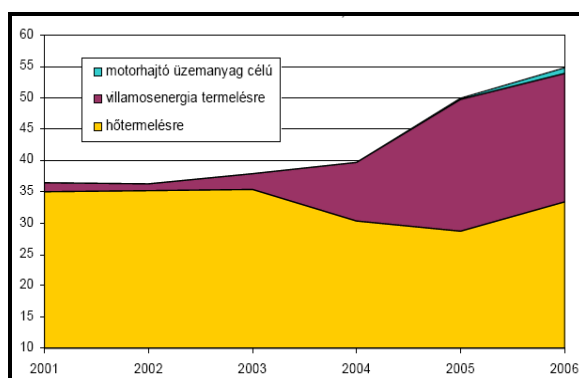
⁵Dr. Emhő László: Budapesti Műszaki és gazdaságtudományi Egyetem, EU- Rendszerű Energia Auditor Képzés, Tanfolyam kód:12.01, Budapest, 2008. 03. 19. előadás anyag.

tékben a hazai forrásokból kívánnánk kielégíteni, akkor földgáz-készleteink kilenc év alatt, míg kőolaj-készleteink három év alatt kimerülnének. Magyarország energiafelhasználásának, valamint a primerenergia ellátásának szerkezete az 5. sz. és a 6. sz. ábrán látható.

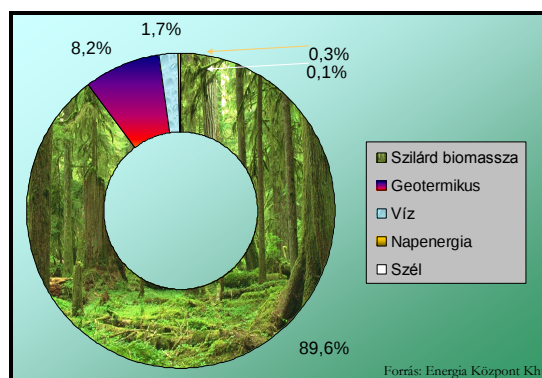


5. sz. ábra: Hazánk energiafelhasználásának szerkezete⁶ **6. sz. ábra:** Hazánk primer energia szerkezete⁷

Az Európai Unióban és szerte a világon megfigyelhető a megújuló energiaforrások térhódítása. Köszönhető ez a technikai fejlődésnek, a környezetvédelmi elvárások szigorodásának, a hagyományos energiahordozók mennyiségi csökkenésének és a megújuló energiaforrások számos egyéb kedvező tulajdonságának. Az Európai Unió energiapolitikájának fő célkitűzése, hogy a megújuló energiaforrások részarányát az energiatermelésből 2010-re, 12 százalékra növelje. Ez azt jelenti, hogy a tagállamokban összességében kell ennek az aránynak kialakulnia. Magyarországon jelenleg 3,2-3,8 százalékos körüli a megújuló energiaforrások részaránya, azonban a magyar energiapolitikai tervek alapján ennek az aránynak 6-7 százalékra kell módosulnia az EU által meghatározott időpontig. Hazánk megújuló energiaforrásainak százalékos összetételét a 8. sz. ábra, a felhasználás területeinek alakulását pedig a 7. sz. ábra mutatja.



7. sz. ábra: A megújuló energiafelhasználás (PJ) alakulása felhasználási területek szerint⁸



8. sz. ábra: A megújuló energiafelhasználás százalékos összetétele⁹

⁶Dr. Németh Imre: A megújuló energiatermelés magyarországi kilátásai, előadás, (20. dia) Budapest, 2009. 03. 19. Forrás: <http://www.startlap.hu/web/?q=Magyarország%20energia%20felhasznalasa&start=110>

⁷Dr. Németh Imre: A megújuló energiatermelés magyarországi kilátásai, előadás, (22. dia) Budapest, 2009. 03. 19. Forrás: <http://www.startlap.hu/web/?q=Magyarország%20energia%20felhasznalasa&start=110>

⁸Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére 2008-2020 Budapest, 2008. július, Budapest, 2009. 03. 19. Forrás: <http://www.startlap.hu/web/?q=A+meg%C3%BAjul%C3%B3+energia-elhaszn%C3%A1l%C3%A1s+v%C3%A1ltoz%C3%A1s+alakul%C3%A1sa+2050-ig&x=34&y=10>

Az Európai Unió energetikai célkitűzései előtérbe helyezett olyan környezetvédelem kérdéseket is, amelyek az energiaipart, mint jelentős szennyező ágazatot, technikai és szemléletbeli megújulásra készítette. Így hazánkban is szükség van az erőművek szennyezőanyag-kibocsátásának és a hálózati veszteségek drasztikus csökkentésére, valamint az energiafelhasználás hatékonyságának növelésére. Tovább rontja a helyzetet az a tény, hogy a jelenlegi erőműparkban felhasznált üzemanyagok energiatartalmának csupán közel 1/3-a hasznosul, a többi pedig nem hasznosított hőként a légkört, illetve a vizeket melegíti. A fentiek alapján kijelenthető, hogy a megújuló energiaforrások egyre nagyobb szerephez jutnak a magyarországi energiaellátási rendszerekben is, melyek megvalósítása komoly költségvonzzal jár. A megközelítő számítások szerint mintegy 400-450 Mrd Ft összeruházás szükséges ahhoz, hogy a jelenlegi megújuló energiahordozó részarány a duplájára emelkedjen. Ahhoz, hogy egy ilyen komoly program megvalósuljon, az érintett tárcák – GKM, PM, FVM és KVM – együttes munkájára, közösen elfogadott stratégiára, valamint jelentős, 100 Mrd Ft körüli összegre becsülhető állami támogatásra van szükség.

Az EU, a 2002/91/EK Parlamenti és Tanácsi irányelvekben, 2006. január 01.-től, kötelezően előírta a tagországok részére az épületek energia auditálását és tanúsítását. Az auditálás gyakorlatilag egy új épületfizikai számítási módszer, melynek kötelező alkalmazását hazánkban, a **7/2006.(V. 24.) TNM rendelet** írja elő, és 2006. május 01-én lépett hatályba. Az épületek tanúsítása alatt egy adott épület épületenergetikai minőségének jellemzőit, különböző osztályba sorolhatóságát kell érteni. Hazánkban az épületek energia auditálását 2007. szeptember 01.-től kormányrendelet tette kötelezővé, de a tanúsításra vonatkozó **176/2008. (VI. 30.) Kormányrendelet** csak 2008. június 30-án jelent meg és 2009. január 01-én lépett hatályba. A hőtermelő berendezések és légkondicionáló rendszerek energetikai felülvizsgálatáról szóló kormányrendelet is elkészült és **246/2008. (XI. 6.)** számon a Magyar közlönyben megjelent.

A fenti jogszabályok, - melyek összhangba vannak az EU elvárásaival és irányelveivel – teljes mértékben lefedik az épületek létesítésével összefüggő energetikai tervezési követelményeket, a létesítmények energetikai jellemzőinek tanúsításával kapcsolatos szakmai elvárásokat, valamint a hőtermelő berendezések és légkondicionáló rendszerek energetikai felülvizsgálatának szabályait. A jogszabályok egyértelműen rögzítik, hogy az előírásokat hogyan, mikor és milyen épületekre, épületrészekre kell alkalmazni. Nem ad felmentést a védelmi célokat szolgáló létesítményekre, így a Magyar Honvédség kezelésében (használatában) lévő épületekre, objektumokra sem.

A repülőterek energiatakarékos üzemeltetését befolyásoló tényezők, a megoldások lehetséges területei és módszerei

Az energiaárak növekedése kényszerítő erővel hat a nagy energia fogyasztókra, így a repülőterekre is, hogy hatékonyabb energiafelhasználással, vagy alternatív energiák alkalmazásával csökkentsék

⁹Dr. Németh Imre: A megújuló energiatermelés magyarországi kilátásai, előadás, (26. dia) Budapest, 2009. 03. 19.
Forrás: <http://www.startlap.hu/web/?q=Magyarország%20energia%20felhasznalasa&start=110>

üzemeltetési költségeiket. A polgári repülőtereknél ez a folyamat elkezdődött, de a hazai katonai repülőterek esetében ezek a fejlesztések lassan haladnak. A racionális energiagazdálkodás eredményességét jól példázzák a *Ferihegyi repülőtéren sikeresen végrehajtott fejlesztések*, melyek az alábbiak szerint valósultak meg.¹⁰

A repülőtér összesen 14 négyzetkilométeres területén mintegy 200 épület található. Az épületek között egyaránt találhatók korszerű létesítmények (például utasforgalmi terminálok, irodák), valamint elavult épületek.

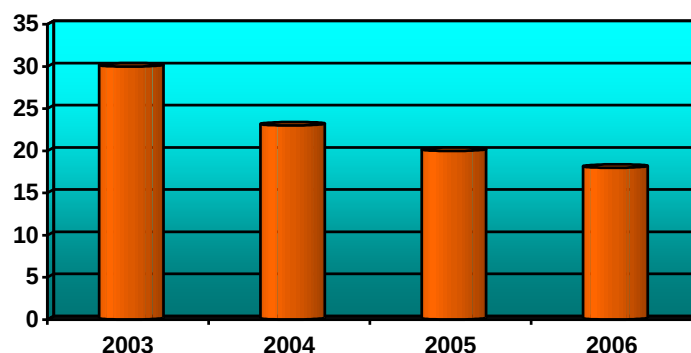
- *Hőellátás:* A telephelyen található legjelentősebb levegőszennyezési technológiát a központi hőenergia előállítás jelenti. A körülbelül 2250 négyzetméter alapterületű kazánházi létesítmény szolgáltat forró vizet a repülőtéri épületek, létesítmények fűtésére, valamint biztosít használati meleg vizet. Alapvetően a földgáztüzelés a jellemző. A beépített teljesítmény **65 megawatt**, ami meghaladja a repülőtér összes hőigényét.
- *Villamosenergia-ellátás:* A repülőtér két, egymástól független, közép feszültségű betáplálást kap a Budapesti Elektromos Művektől. A betáplálások a repülőtér villamosenergia-rendszerének központjába, az erőműházba érkeznek, ahol az erőforrások elosztása történik. A repülőtér villamosenergia pillanatnyi terhelése az évszaktól, napszaktól és más tényezőktől függően **4-9 megawatt**. Az éves fogyasztás mintegy **56 000 megawatt óra**.
- *Energiaracionalizálási program:* Az energiatakarékosság érdekében csökkentették a hővezetékek hőmérsékletét. Az épületekben természetesen biztosítjuk a jogszabályoknak megfelelő hőmérsékletet, azonban a túlfűtés megakadályozására új üzemmódokat határoztak meg. Nagy üvegfelületekkel rendelkező épületekben a tájolástól, illetve a napfény mennyiségétől függően sokszor eltérő hőmérsékletek tapasztalhatók. Ezért ezeknek az épületeknek a déli szárnyában szabályozók felszerelésére került sor, hogy napsütés esetén a fűtés csökkenthető legyen. A fogyasztási volumen, illetve jellemzők alapján fogyasztáscsökkentési lépéseket dolgoztak ki. A megtakarításokat egyfelől az üzemmódok energiatakarékosabb megválasztásával, másfelől az elavult technológiák felújításával valósítható meg. Példaként említhető a repülőgép-állóhelyek, illetve a karbantartó állóhelyek világítástechnikájának módosítása oly módon, hogy ezeket csak repülőgép érkezésekor világítsák meg. Emellett energia hatékony légkondicionáló berendezéseket alkalmaztak, amelyek, amikor csak lehetséges, a környezeti levegőt használják a berendezések hűtésére.

A végrehajtott energia racionalizálási program hatására a repülőtér energia felhasználása hatékonyabbá vált, az egy utasra eső teljes energiafelhasználás 4 év alatt 30-ról 18 kWh/ utas értékre csökkent. Ez közel 40%-os megtakarítást jelentett, melyet a 9 sz. ábra szemléltet.¹¹

¹⁰ Budapest Airport, környezetvédelmi jelentés, 2006 (6. oldal) Budapest, 2009. 03. 26.

Forrás: http://www.bud.hu/sajtoszoba/kiadvanyok/?article_hid=1813

¹¹ Az ábrát szerkesztette: Dr. Tóth Rudolf, Forrás: Budapest Airport, környezetvédelmi jelentés, 2006 (6. oldal) Budapest, 2009. 03. 26. http://www.bud.hu/sajtoszoba/kiadvanyok/?article_hid=1813



9 sz. ábra: Egy utasra jutó teljes energia felhasználás. (kWh/utas)

A fenti példából is jól látható, hogy a repülőterek energiatakarékos üzemeltetését nagyon sok tényező befolyásolja és több olyan területe van ahol komoly megtakarítások érhetők el, egyszerű megoldásokkal is. A költséghatékony üzemeltetést befolyásoló tényezőket többféle szempontból lehet csoportosítani attól függően, hogy *pénzügyi* (nyereség) oldalról, a *munkaszervezés* humán (létszám) szempontjából, vagy az *energiafelhasználás hatékonysága* oldaláról vizsgáljuk. Ha az elemzést ez utóbbira végezzük el, akkor megállapítható, hogy az energiafelhasználás hatékonyságát több tényező is befolyásolja, melyek különböző képen csoportosíthatók. A tényezők csoportosításának egy lehetséges változata a következő.

A repülőterek energiatakarékos üzemeltetést befolyásoló tényezők.

- *A repülőtéri létesítmények (épületek) fajtái, funkciói és műszaki jellemzői.*

Különbséget kell tenni az épületek, rendeltetése (funkciói) között, mivel más energia igénye és üzemeltetési követelménye van a raktárépületeknek, a szerelő műhelyeknek, a hangáraknak, mint az irodaépületeknek, a szociális helyiségeknek, az váróknak, vagy a szállás jellegű épületeknek. Komoly hatással van az energia felhasználás hatékonyságára az épületek szerkezeti kialakítása, (építési technológia, az építőanyag, a hőszigetelés, stb.), azok műszaki állapota, (új, korszerűsített, régi, rossz műszaki állapot, stb.) valamint az, hogy megfelel e, az új tervezési előírásoknak, műszaki követelményeknek.

- *A repülőtéri létesítmények (épületek) épületgépészeti rendszereinek kialakítása, működésük hatékonysága, sajátosságai, jellemzői.*

Az épületszerkezetek mellett, az energia megtakarítás másik nagy területe az épületgépészeti rendszerek, mert azok célszerű kialakításával, a korszerű, energiatakarékos berendezések alkalmazásával, valamint a létesítmények és az energia rendszerek összehangolt és hatékony üzemeltetési formáinak kialakításával, üzemeltetési költségcsökkenés érhető el. A legnagyobb energia veszteségeket a korszerűtlen fűtési, szellőzési és klímatisztálási rendszerek, alacsony hatásfokkal működő berendezések, (kazánok, hőcseré-

lők, klímák, stb.) a pazarló világítási formák, valamint a régi, esetleg rosszul hőszigetelt (kivitelezett) csővezetékek, közműhálózatok okozzák.

- *Költséghatékony üzemeltetési formák módszerek alkalmazása.*

A repülőterek különböző rendeltetésű létesítményeinek, épületeinek, a funkciójuk betöltéséhez legjobban illeszkedő üzemeltetési formát kell alkalmazni és ennek megfelelően kell kialakítani az épületgépészeti rendszereket is. Az energia rendszerek üzemeltetési formáinak kiválasztásánál (folyamatos, időszakos, program szerinti) figyelembe kell venni az épületek rendeltetését, (raktár, műhely, iroda, szálló, stb.), kihasználtságát, (a napszaknak megfelelően a használat időtartamát), valamint a szükséges paraméterek (hőmérséklet, nedvesség, fényviszonyok, stb.), biztosításának előírt követelményeit. A különböző épületgépészeti és energiaellátó rendszerek célszerű kialakításával, hővisszanyerő berendezések alkalmazásával, megfelelő szabályozási módokkal, (kézi, automatikus, szakaszos, épületrészenkénti, stb.) elérhető a hőveszteségek csökkentése, valamint a hőnyereségek, (nap-sütés, gépek, világítás technológiai folyamatok, stb.) jobban kihasználása.

- *A repülőterek földrajzi helyzete, adottságai és meteorológiai viszonyai.*

A repülőterek, legyen az katonai, vagy polgári, különböző földrajzi adottságokkal és meteorológiai jellemzőkkel rendelkeznek, melyek befolyásolják a létesítmények, energia-takarékos működését. A gazdaságos üzemeltetés kialakítása során nem hagyható figyelmen kívül a repülőtér tengerszint feletti magassága, a természetes környezete általi védettsége, az uralkodó szélirány és annak erőssége, az évi átlagos hőmérséklet, valamint az adott területre jellemző időjárási viszonyok, mivel ezek egyrészt pozitívan, mások esetleg negatívan befolyásolják az épületek energia felhasználását, veszteségét.

- *A repülés kiszolgálásához szükséges rendszerek, berendezések működőképessége, energia-felhasználási hatékonysága, korszerűsége.*

Figyelembe véve, hogy a repülés biztonsága mindig elsődleges cél, ezért a berendezések részére mindig biztosítani kell a szükséges energia mennyiséget. Így, a megtakarítás csak a rendszerek és berendezések korszerűsítésével lehetséges. A korszerűtlen, alacsony hatásfokú berendezések nagymértékben rontják az a költséghatékony üzemeltetés kialakításának esélyeit.

- *A különböző energia fajták és azok felhasználásának gazdaságossága.*

Napjainkban a figyelem, egyre inkább az alternatív energiák irányába fordul és jövőbeni szerepének növekedését az állam is támogatja. Jelenleg, a hagyományos (fosszilis) energiák a beruházási költségei a megújuló energiákkal szemben kedvezőbbek, de hosszabb távon az utóbbiak gazdaságosabbak és környezetkímélőbbek. Az új technológiák megjelenésével és elterjedésével – melynek folyamata az utóbbi években felgyorsult – a beruházási költségek megtérülési ideje egyre rövidebb lesz. Ez viszont lehetővé teszi, hogy

a jövőben meghatározó szerepe legyen, nem csak a lakossági felhasználás, vagy a nagy energiafogyasztók, hanem az ipari felhasználás területén is.

A fentiekből látható, hogy a repülőterek energiatakarékos üzemeltetését számtalan tényező befolyásolja. Ha az energia megtakarítás területén eredményeket akarunk elérni, akkor első lépésként meg kell határozni azokat a területeket ahol ez műszakilag kivitelezhető. Ezt követően, számba kell venni azokat a módszereket, amellyel a kívánt cél elérhető és gazdaságosan megvalósítható. A megtakarítás nagyobb része elsősorban a létesítmények gazdaságos üzemeltetésével érhető el, mivel a repülés biztonságos kiszolgálását megvalósító rendszerek, berendezések energia igénye kötött, csökkentése csak költséges beruházásokkal valósítható meg. Ezért, a továbbiakba csak a létesítmények (épületek) energiatakarékos üzemeltetésének területeit, módszereit vizsgálom.

A repülőtéri létesítmények energiatakarékos üzemeltetésének területei, módszerei, az alkalmazható alternatív energiák fajtái, a felhasználás lehetséges formái.

A repülőtéri létesítmények energia felhasználásának legnagyobb részét a fűtési, a klímatisztálási, a szellőztési és a világítási energia teszi ki. Az energia megtakarítás elérhető az energia rendszerek gazdaságos kialakításával, megfelelő üzemeltetési forma kiválasztásával, a működési idő minimalizálásával, valamint olcsóbb energiára források (megújuló energiák) felhasználásával. A fentiek alapján, a repülőtéri létesítmények energiatakarékos üzemeltetés területei és módszerei az alábbiak szerint csoportosíthatók.

A repülőtéri létesítmények energiatakarékos és költség-hatékony üzemeltetésének lehetséges területei

- *Meglévő vagy új épületek épületszerkezeteinek hő-technikailag megfelelő kialakítása*
- *Gazdaságos energiaellátó rendszerek kialakítása és berendezések alkalmazása*
- *Az energiaellátó rendszerek célszerű és költséghatékony üzemeltetése, működtetése*
- *Gazdaságosan létesíthető alternatív, vagy kapcsolt hő-és villamos energiák felhasználása*

A területek egymással szorosan összefüggnek és a gazdaságos üzemeltetést biztosító műszaki megoldások, alkalmazhatók egyszerre és kombináltan, de időben és térben elkülönítetten is. Például, nem elég csak az épületszerkezetek hőszigetelését végrehajtani, javasolt a hő-technikailag nem megfelelő nyílászárók cseréje is. Nem elég az energiaellátó rendszerek hatékony és korszerű kivitelezése, szükség van azok megfelelő üzemeltetési formák kialakítására is. A fenti területeken az energiatakarékos üzemeltetést és így, a működési költségek csökkentését is elősegítő, legfontosabb műszaki megoldások, módszerek az alábbiak szerint foglalhatók össze.

A repülőtéri létesítmények energiatakarékos üzemeltetésének lehetséges műszaki megoldásai, módszerei

Az **épületszerkezetek hő-technikai megfelelőségének** biztosítása alapvető cél, amit a korszerűsítés során, a meglévő épületeknél is meg kell valósítani. Az erre alkalmas legfontosabb megoldásokat és módszereket az 2 sz. táblázatban foglaltam össze.

TERÜLET	A MŰSZAKI MEGOLDÁSOK FORMÁI, MÓDSZEREI	ÉPÜLET TÍPUS
Az épületszerkezetek hő-technikai jellemzőinek biztosítása	Az épületek tervezése és megvalósítása során az előírt szilárdsági, benapozási és hő-technikai követelmények betartása, megvalósítása.	Új épületek
	Olyan építési technológiák és építőanyagok alkalmazása, melyek biztosítják az épületszerkezet hő-technikai megfelelőségét.	
	Az épületek megfelelő tájolása, amely biztosítja a környezet adta hőnyereség (napsütés) optimális kihasználását.	
	Az épületszerkezetek hő-technikai jellemzőinek tervezése és kivitelezése során figyelembe kell venni a földrajzi és meteorológiai viszonyokat is.	
	Szükség esetén, a külső épületszerkezeteket, (fal, födém, padozat, lábazat) megfelelő hőszigeteléssel kell ellátni.	Meglévő épületek
	A külső épületszerkezeteken, födémeken és padozatokon található (meglévő) hő-hidak hőszigeteléssel történő megszüntetése, a hővesztés csökkentése.	
	A külső épületszerkezeteken található, hő-technikailag nem megfelelő nyílászárók cseréje, vagy el kell érni, hogy javítással, (korszerűsítéssel) a funkcióra alkalmassá váljon.	
	Az épületeket különböző árnyékolási technikákkal, szerkezetekkel védeni kell a túlmelegedés ellen. (klimatizálási, hűtési energia csökkentése)	

2 sz. táblázat: Az épületszerkezetek megfelelő hő-technikai jellemzőinek kialakítási módszerei

Az épületszerkezetek kívül, további jelentős energia megtakarítás érhető el, az **energiaellátó rendszerek kialakítása** területén. Figyelembe véve, hogy a létesítmények üzemeltetése során, a felhasznált teljes energiának több mint 60%-át fűtésre, melegvíz-ellátásra, szellőztetésre, klimatizálásra, valamint világításra fordítjuk, így a megtakarítások is alapvetően ezekhez a rendszerekhez kötődnek. Korszerű műszaki megoldásokkal, jó hatásokkal rendelkező épületgépészeti berendezésekkel, hővisszanyerő készülékekkel (kazánok, klímák, hőcserélők, rekuperátorok stb.), célszerűen kialakított szabályzási körökkel, vagy ezek együttes alkalmazásával, 25-30% energia megtakarítás is elérhető. A teljesség igénye nélkül, a legfontosabb műszaki megoldások formáit, módszereit a 3 sz. táblázatban foglaltam össze.

TERÜLET	A MŰSZAKI MEGOLDÁSOK FORMÁI, MÓDSZEREI	ENERGIA RENDSZER
Gazdaságos energia ellátó rendszerek kialakítása és berendezések alkalmazása	A tervezés és a kivitelezés során olyan energia rendszereket kell megvalósítani, ami gazdaságosan biztosítja létesítmény energia igényeit.	Új energiaellátó rendszerek
	A veszteségek csökkentése miatt, a távvezetékek és gerinchálózatok hossza minimális legyen, és rendelkezzenek megfelelő hőszigeteléssel.	
	Az új energiaellátó rendszerek rendelkezzenek energia visszanyerő berendezésekkel és a változásokat folyamatosan követő szabályzási lehetőséggel	

	Már a tervezés kezdetén el kell dönteni, hogy milyen energiaforrást alkalmazunk és az ellátó rendszert ennek megfelelően kell kialakítani, megvalósítani, amely legyen összhangban a létesítmény alaprendeltetésével.	
	A meglévő energiarendszerek (fűtés, szellőzés, klíma, stb.) csővezetékeinek beszállószabályozása, hőszigetelése, a szerelvények kicserélése (javítása), az energia és más paraméterek mérési feltételeinek kialakítása.	Meglévő energiaellátó rendszerek
	Korszerűtlen, rossz hatásfokú berendezések (kazánok, radiátorok, hőcserélők, szivattyúk, ventilátorok, stb.) cseréje, a rendszer automatikus vezérlésének, szabályozásának kialakítása.	
	A korszerűsítés során, energia visszanyerő berendezések (rekuperátorok) beépítése, a rendszeren belül szabályozási körök kialakítása, különböző energiatakarékos megoldások alkalmazása (pl.: A fűtési és szellőző rendszereknél a visszakeverés lehetőségének kialakítása, vagy termosztatikus szelepek alkalmazása, stb.)	

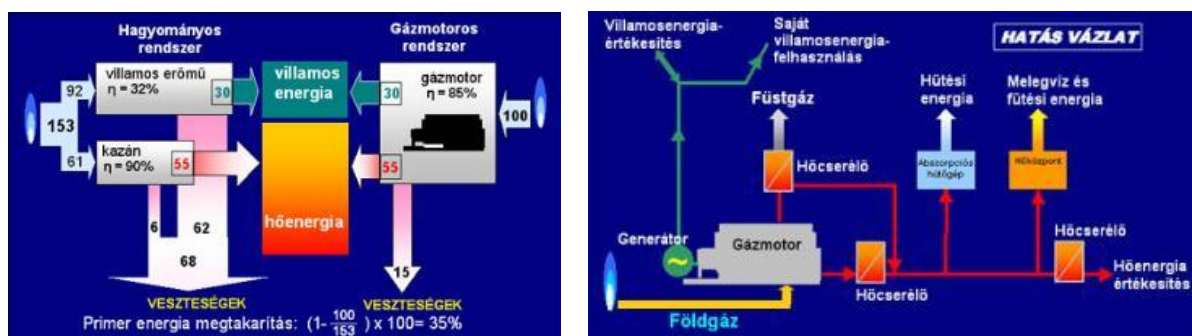
3 sz. táblázat: Az energiaellátó rendszerek hatékonyságát befolyásoló megoldások, módszerek.

További megtakarítás érhető el a létesítmények rendeltetésének megfelelően, **az energia rendszerek célszerű üzemeltetési és működtetési formáinak (fajtáinak)** kialakításával és alkalmazásával. A különböző repülőtéri létesítmények eltérő funkcióval rendelkeznek, mindegyiknek megvan a saját alaprendeltetése, így eltérő lehet azok napi működési időtartama is. Ennek megfelelően, úgy kell az energia ellátó rendszerek üzemeltetésének formáit (fajtáit) megválasztani, hogy azok, a szükséges működési paramétereket (hőmérséklet, páratartalom, stb.) biztosítása mellett, legyenek költséghatékonyak és energiatakarékosak. Például, megtakarítás érhető el az irodák fűtése és a világítása területén, ha munkaidő után azokban alacsonyabb hőmérsékletet biztosítunk, a szellőző rendszert és a világítást központilag lekapcsoljuk. Energia megtakarítás érhető el akkor is, ha a létesítmények különböző részeiben, - figyelembe véve a külső és belső hőnyereséget, a használat időtartamát, valamint a biztosítandó paramétereket - eltérő energia felhasználást engedélyezünk. A legfontosabb üzemeltetési formákat és azok lehetséges megoldásait a 4 sz. táblázatban foglaltam össze.

TERÜLET	AZ ENERGIA RENDSZEREK KÖLTSÉGHATÉKONY ÜZEMELTETÉSÉNEK LEHETSÉGES MEGOLDÁSAI.	A MŰKÖDÉS (ÜZEMELTETÉS) FAJTÁI
Az energiaellátó rendszerek költséghatékonyságának csökkentése.	A létesítmények alaprendeltetésétől függően, különböző üzemeltetési fajták alkalmazhatók és ezeken belül, a fűtés, a szellőzés, a klímatisztítás, valamint a világítás területén az energia felhasználást különböző szabályozási módszerekkel csökkentik. Típusát tekintve beszélünk kézi, vagy automatikus szabályzásról, a szabályzás folyamata oldaláról megkülönböztetünk szakaszos, folyamatos és program szerinti szabályozást.	Folyamatos működés
		Időszakos működés
		Programozott működés
	Az épületrészek energia igénye az épület tájolásától és az üvegezett felületek nagyságától függően eltérő, ezért energia felhasználásukat is ennek megfelelően kell szabályozni.	Épületrészek önálló energia ellátása, szabályozása
	Az üzemeltetési költségek tovább csökkenthetők, az olcsóbb alternatív és a gázmotorokkal előállított, kapcsolt hő- és villamos energia használatával. Az így kialakított energia rendszerek szintén lehetnek <i>folyamatos, időszakos és programozott</i> működésűek, <i>egy épületen belül az épületrészek rendelkezhetnek külön energiaellátó rendszerrel</i> , de az üzemeltetés során megfelelő szabályzási formákat, módszereket kell alkalmazni.	

4 sz. táblázat: Az energiaellátó rendszerek üzemeltetésének fajtái, lehetséges megoldásai.

Az előzőekben megvizsgáltam az üzemeltetési költségek csökkentésének azon lehetséges megoldásait, melyek az épületek szerkezeteihez, az energiaellátó rendszerek kialakításához és üzemeltetési formáihoz kötődnek. Az energiatakarékos és költséghatékony üzemeltetés negyedik területe, **az alternatív, vagy a gázmotorokkal előállított, kapcsolt hő- és villamos energiák felhasználása** lehet. A gázmotorokkal előállított, kapcsolt hő- és villamos energiák termelése alatt, a mechanikai-villamosenergia, és a hőenergia együttes termelése értendő. A gázmotoros kapcsolt energiatermelést elsősorban azokon a felhasználási területeken célszerű alkalmazni, ahol egyidejűleg jelentkezik villamos energia, fűtési, illetve hűtési igény, és a berendezés legalább 6-7000 óra/év-t üzemel. Jól alkalmazható azokon a területeken, ahol követelmény a hő és a villamosenergia-ellátás biztonsága, pl. kórházak, számítógépközpontok, élelmiszeripar távhővel ellátott épületek, lakóparkok, stb. esetén. Így, alkalmazása a repülőtereken is lehetséges és gazdaságosan üzemeltethető. A gázmotorokkal elérhető primer energia megtakarítást és a kapcsolt energiatermelés elvi megoldását a 10 sz. ábra szemlélteti.



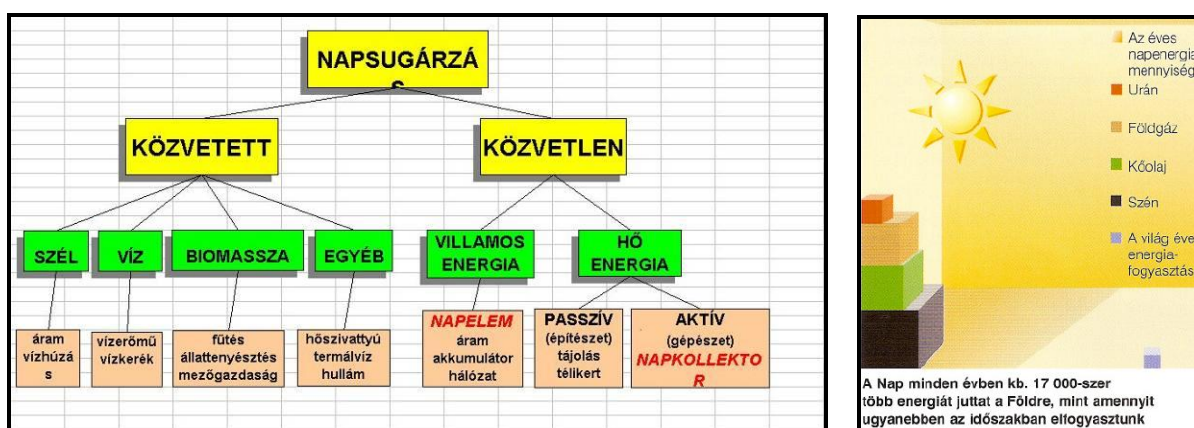
10 sz. ábra: A gázmotorok energiatermelésének és energia megtakarításának elvi vázlata.¹²

¹²Gázmotorok. Forrás: <http://fogaz.hu/engine.aspx?page=Gazmotor> Budapest, 2009. 04. 04.

Napjaink energiapiacának alakulása, illetve a vonatkozó törvényi előírások egyre inkább előtérbe helyezik az **alternatív (megújuló) energiák hasznosíthatóságának** vizsgálatát, illetve olyan telepek létrehozását, amelyek ezen energiákat a leghatékonyabban hasznosítják a környezet minimális terhelése mellett. A következő alfejezetben bemutatom, hogy a repülőtéri létesítmények üzemeltetése során milyen alternatív energiákat célszerű alkalmazni, vázolom azok felhasználásának lehetséges formáit.

A repülőtéri létesítmények üzemeltetése területén alkalmazható alternatív energiák fajtái, a felhasználás lehetséges formái

Egy energiaforrást akkor nevezünk megújulónak, ha a hasznosítás során nem csökken a forrás, és a későbbiekben ugyanolyan módon termelhető belőle energia. Alapvetően a Naptól származó energia napról-napra megújítható, ezért ezeket az energiaforrásokat *megújuló energiaforrásoknak* nevezzük. **Ezek lokális energiaforrások és ezért az alkalmazásukkal kapcsolatos döntések mindig a helyi adottságok függvénye.** A megújuló energiaforrások alternatívát kínálnak az energiakészletek (fosszilis energiahordozók) felhasználásának mérséklésére, ezért ezeket *alternatív energiaforrásoknak* is nevezzük. A Napenergia mennyiségét, annak felhasználási lehetőségét és formáit a 11 sz. ábra mutatja.



11 sz. ábra: A Nap energiájának mennyisége és hasznosításának lehetséges formái.¹³

A repülőterek méretei és beépítési sajátosságai miatt, jó lehetőség kínálkozik a megújuló, vagy a gázmotorok által előállított kapcsolt hő-és villamos energiák felhasználására, de a hazai katonai repülőterek esetében, a fejlesztésekre negatívan hatnak az eltérő funkciójú, műszaki állapotú és energiaigényű épületek, kiszolgáló létesítmények és üzemeltetési rendszerek. A repülőterek esetében csak olyan alternatív energiaforrások jöhetnek számításba, amelyek folyamatosan rendelkezésre állnak, képesek a változó energia igényeket mindenkor kielégíteni, működésük megbízható, rugalmas, üzemeltetésük egyszerű, jól automatizálható és szabályozható, valamint nem zavarják a repülés biztonságát. A repülőterek létesítményeinek üzemeltetése területén alkalmazható alternatív energiaforrások:

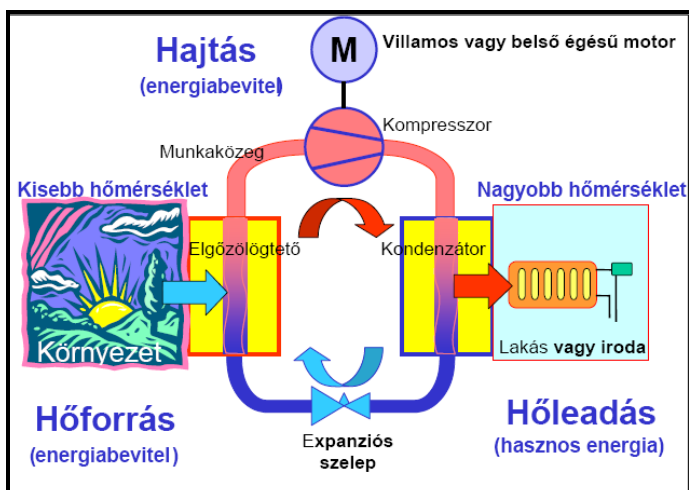
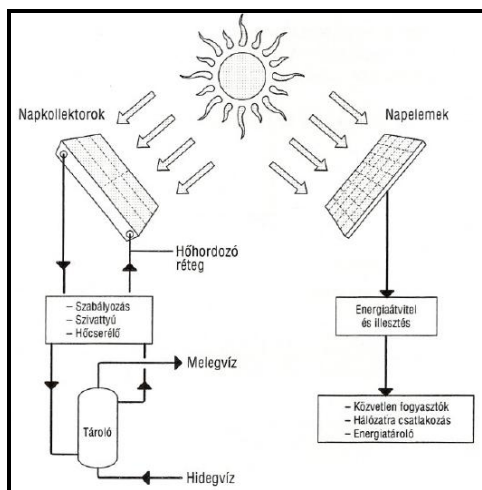
- villamos és hőenergia termelésre, *napelem és napkollektor*
- hőtermelésre és klímatiszálásra: *hőszivattyúk*

¹³Dr. U. Schreier, K-H. Stawiarski – W. Kirchensteirner, F. Antony: A hőszivattyú CSER kiadó, Budapest, 2007. 24. oldal
Homonnay Györgyné Dr.: Épületgépészet a gyakorlatban, kézikönyv épületgépészeti tervezéshez, kivitelezéshez, Kiadó: Verlag Dashöfer Kft, 2007, (12.5. 1/7 ábra)

- villamos energiatermelésre: *szélenergia (szélerőművek)*
- hőtermelésre: *erdő-és mezőgazdasági hulladékok, biomassza tüzelés*
- Hő-és villamos energiatermelésre: *geotermikus energia felhasználása.*

A *közvetlen napenergia-hasznosítás* legelterjedtebb módjai, amikor **napelemek** segítségével villamos energiát, valamint **napkollektorok** használatával meleg vizet állítunk elő és az így nyert energiát tovább hasznosítjuk. Ezt a folyamatot a 12 sz. ábra szemlélteti.

A **hőszivattyúk** a napenergiát *közvetett formában hasznosítják*. A hőszivattyú olyan berendezés, amely bizonyos hőmérsékleten hőt vesz fel és megnövelve azt egy nagyobb hőmérsékleten adja le. Az energiaforrás sokféle lehet, viszont az alapelv minden hőszivattyúnál ugyanaz: *a környezet tömegében tárolt hőmennyiséget kiszivattyúzva felhasználjuk fűtéshez, vagy hűtéshez*. A hőszivattyúk energiaforrása lehet talaj, levegő, vagy éppenséggel víz. Amikor hőt termel (pl. helyiségfűtésre vagy vízmelegítésre) fűtő üzemmódban, amikor hőt von el (pl. helyiségűtésre), akkor pedig hűtő üzemmódban üzemel. A megújuló energiaforrások közül ez az egyetlen csoport, mely önállóan is képes házunk fűtéséről/hűtéséről gondoskodni. Elvi működését a 13 sz. ábra szemlélteti.



12 sz. ábra: A napenergia hasznosítása¹⁴

13 sz. ábra: Kompresszoros sűrítésű hőszivattyús rendszer elvi vázlata¹⁵

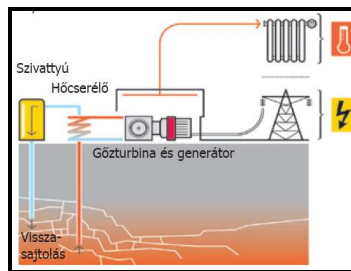
A felsorolt alternatív energiák közül az utolsó három csak korlátozottan alkalmazható a repülőterek esetében, mivel ezek egy része egyáltalán nem, vagy csak korlátozottan áll rendelkezésre, (geotermikus energia, erdő-és mezőgazdasági hulladékok, biomassza, biogáz, stb.). A szélenergia kihasználásának lehetőségét mindig a helyi adottságok döntenek el, mivel a szélgenerátorok méreteik miatt, veszélyeztethetik a repülés biztonságát.

A **szélenergia**, a nap energiájából származó megújuló energiaforrás, ingyen áll a rendelkezésünkre, folyamatosan megújul és környezetkímélő. A szélgenerátor működése nagyban függ a magasságától, az uralkodó szél irányától és a szélerősségtől, de hosszú időn át, automatikusan és gazdaságosan üzemelnek. Minimális elhelyezési magassága legalább 15 méter, ez alatt, a szélgenerátortól ritkán várható

¹⁴Homonnay Györgyné Dr.: Épületgépészet a gyakorlatban, kézikönyv épületgépészeti tervezéshez, kivitelezéshez, Kiadó: Verlag Dashöfer Kft, 2007, (12.5. 1/8 ábra)

¹⁵Komlós Ferenc: NÉS szakvélemény, a hőszivattyú technológia szerepe a klímapolitikában 2007–2025. Forrás: <http://klima.kvvm.hu/documents/48/hoszivlt1007.pdf> Budapest, 2009. 04. 04.

ideális áramtermelés, mert ott sok turbulens fékező hatás lassítja a működést. Amennyiben a helyi adottságok lehetővé teszik a szélgenerátorok alkalmazását, előnyös a generátorok és a napelemek kombinált használata, így tovább nő a hatékonyságuk. A megoldást a 14 sz. ábra szemlélteti.

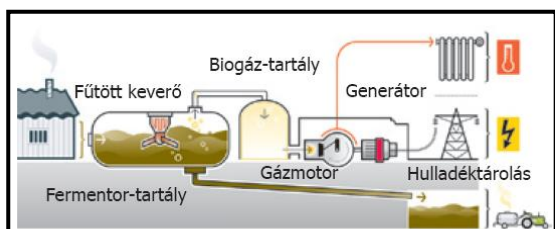


14 sz. ábra: szélgenerátor napelemekkel.¹⁶ 15 sz. ábra: A geotermikus energia hasznosítása.¹⁷

A **geotermikus energiát** használó erőművek (berendezések) nem a felső földrétegben tárolt napenergiát, hanem a Föld belsejének a hőjét használják fel. Föld belső hőjével a vizet gőzzé alakítják, és azt áramtermelésre használják. A geotermikus fűtés számára az áramtermelésnél alacsonyabb hőmérséklet is elegendő. Alkalmazása még költséges, több különböző rendszer fejlesztése van folyamatban. A hasznosítás elvét a 15 sz. ábra szemlélteti. Jelenleg, repülőtereknél energiaforrásként, a feltárás és a

magas beruházási költség miatt, nem alkalmazzuk.

Nem tekinthető repülőterek esetében gazdaságosan alkalmazható energiaforrásoknak, **az erdő- és mezőgazdasági hulladékok, a biomassza, a biogáz,** stb. mert korlátozottan áll rendelkezésre és az előállítási feltételek kialakítása költséges. Az előállítás és a



16 sz. ábra: A bioenergia hasznosításának elve.¹⁸ hasznosítás elvi ábráját a 16. sz. ábra szemlélteti.

Összességében megállapítható, hogy az energia piac alakulása, rövidesen előtérbe helyezi a megújuló energiák hasznosítását a repülőterek esetében is, amelyre a honvédelemnek fel kell készülni.

FELHASZNÁLT IRODALOM:

- [1] Homonnay Györgyné Dr.: Épületgépészet a gyakorlatban, kézikönyv épületgépészeti tervezéshez, kivitelezéshez, Kiadó: Verlag Dashöfer Kft, 2007,
- [2] Dr. U. Schreier, K-H. Stawiarski – W. Kirchensteimer, F. Antony: A hőszivattyú CSER kiadó, Budapest, 2007.
- [3] Komlós Ferenc: NÉS szakvélemény, a hőszivattyú technológia szerepe a klímapolitikában 2007–2025.
- [4] Gázmotorok. Forrás: <http://fogaz.hu/engine.aspx?page=Gazmotor> Budapest, 2009. 04. 04. Forrás: <http://klima.kvvm.hu/documents/48/hoszivlt1007.pdf> Budapest, 2009. 04. 04.
- [5] Budapest Airport, környezetvédelmi jelentés, 2006. http://www.bud.hu/sajtoszoba/kiadvanyok/?article_hid=1813 Budapest, 2009. 03. 26.
- [6] Dr. Emhő László: Budapesti Műszaki és gazdaságtudományi Egyetem, EU- Rendszerű Energia Auditor Képzés, t Tanfolyam kód:12.01, Budapest, 2008. 03. 19. előadás anyag
- [7] Dr. Németh Imre: A megújuló energiatermelés magyarországi kilátásai, előadás, (20. dia) Budapest, 2009. 03. 19. Forrás: <http://www.startlap.hu/web/?q=Magyarország%20energia%20felhasználása&start=110>
- [8] Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére 2008-2020 Budapest, 2008. július, Budapest, 2009. 03. 19. Forrás: <http://www.startlap.hu/web/?q=A+meg%C3%BAjul%C3%B3+energia-elhaszn%C3%A1l%C3%A1s+v%C3%A1ltoz%C3%A1s+alakul%C3%A1sa+2050-ig&x=34&y=10>

¹⁶Forrás: <http://www.hu.excondo.com/excondo/?q=node/356> Időpont: 2009. 04. 05.

¹⁷Energia (forradalom) Greenpeace kiadvány 2005.-2007. (42. oldal)
Forrás: <http://www.greenpeace.hu/energia.pdf>, Időpont: 2009. 04. 05.

¹⁸Energia (forradalom) Greenpeace kiadvány 2005.-2007. (41. oldal)
Forrás: <http://www.greenpeace.hu/energia.pdf>, Időpont: 2009. 04. 05.