

# A repülőterek energiahatékonysági elemzése

## Airports energetic efficiency analysis

CSUZI Botond-István  
BsC, távközlési mérnök,  
ROMATSA SA, Nagyvárad,  
csuzibotond@gmail.com

### Abstract

*The aviation industry due to the COVID-19 pandemic has reached perhaps the worst crisis in its history. Any energy saving is important. Energy efficiency of airports is a key component in trying to find solutions for survival. The study is an initial step in approaching the subject, which after summing up the result of the collected data will help decision makers in terms of strategies to follow.*

**Keywords:** Airports, energy efficiency, energy costs savings, case studies, Key Performance Indicators

### Kivonat

*A repülő iparág, a repülés történetének egyik a legnagyobb krízis periódusába van a COVID-19 vírus pandémia eredményeként. Felértékelődött minden energiatakarékossági próbálkozás, hatástanulmány ami esélyt ad az amúgy elég energiaigényes iparágaknak. A repülőterek energiahatékonysága fontos eleme ennek a kísérletnek, ez a tanulmány egy felmérés kezdete, mely összegzésképpen fontos adatokat szolgáltat a döntéshozók számára.*

**Kulcsszavak:** Repülőterek, energiahatékonyság, energiatakarékosság, esettanulmányok, hatékonysági paraméterek elemzések

### 1. Bevezetés

Ki ne látott, hallott volna a repülőjegyek széndioxid kibocsátás ekvivalenséről? Sokan érvelnek, hogy milyen “energiafáló” és mennyire környezetszennyező a repülés, meg stb... Nos, ennek van valószínűsége, de ha valójában elemezni akarjuk az energia igényt vagy a szennyezést, akkor ne csak az végeredményt nézzük (magának az utazásnak hatásait), hanem a teljes energia konturt meg kell határozni, ami magában foglalja a reptereket is (induló és fogadó), melyek amúgy igencsak megdöbbentő az összenergia mérlegét a teljes utazás energiamérlegének vizsgálatánál!

#### Ecological information

Calculated average CO2 emission is 612.68 kg/person

Source: ICAO Carbon Emissions Calculator

<http://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Pages/default.aspx>

#### Airline Booking Reference(s)

TK (Turkish Airlines): RLBE23

1. ábra Repülőjegy CO<sub>2</sub> ekvivalens

### 1.1. A projektről és az aktualitásáról

A repülőtéri terminálok nagy mennyiségű energiát használnak megvilágításhoz, fűtéshez, szellőzéshez, levegő koordinálásához és csomagszállítási rendszerekhez, és nem utolsósorban a kommunikációra. Néhány repülőtér-üzemeltető már eddig is az energiahatékonyságra összpontosítva csökkentette a működési költségeket, figyelembe véve mind az energiaellátási lehetőségeket, mind az energiafogyasztási optimalizálásokat. Egyes repülőterek termináltetőket vagy szárazföldi területeket használtak alternatív energiarendszerek befogadására. Számos repülőtér kiküszöbölte a felesleges energiafelhasználást a repülőtéri létesítményekben, így csökkentve a működési költségeket. Ez az összefoglaló a lehetőségekre összpontosít, leírva azokat a sikeres gyakorlatokat, melyeket a repülőterek az energiahatékonyság növelése és a repülőtéri terminálok üzemeltetési költségeinek csökkentése érdekében hajtottak végre.

A felmérés elindításának aktualitását az iparág rendkívüli helyzete indokolja, a COVID-19 vírus pandémia egyik legnagyobb áldozata a repülés iparága, a repülőgyárak, a repülő társaságok és a repterek sorra kerültek kilátástalan helyzetbe, alkalmazottak tízezrei váltak, válnak munkanélkülivé. Éppen ezért minden olyan lehetőség, ami a fenntartás optimalizációját segítheti jelen pillanatban vitális segítség lehet az üzemág túlélési harcában.

### 1.2. Terminológia, kulcsdefiníciók, munkaterv

A kezdeti szakirodalmi áttekintésekben az egyszerű, direkt megtérülést használták az energiahatékonysági projektek megvalósíthatóságának meghatározására. A befektetés megtérülési idejét (ROI - Return of Investment) mértékként értelmezték a repülőtéri felmérésekben. Az egyszerű megtérülés meghatározható a fejlesztéshez szükséges évek kiszámolásával és a folytonos üzemelés éveinek összeadásával, melyek szükségeltetnek, hogy megtérüljenek a projekt költségei.

A kutatási munkát több szakaszra oszthatjuk, mindegyik jellegzetessége, hogy időigényes és nem egyszerű adatgyűjtésről lévén szó, külön engedélyeztetéseket is igényelhet az információs adatbázis összeállítása, az információknak publikus vagy bizalmas mivolta eléggé komplikálhatja a helyzetet:

- Összefoglaló az szakirodalomban rendelkezésre álló információkról, a repülőterek tipizációjáról, az jelentősebb energia fogyasztókról, esetleges energia felmérésekről, statisztikákról;
- Összefoglaló a romániai repülőterekről, csak a publikus és megosztható adatokról, esetleges statisztikai összehasonlításokról;
- Módszertan a befektetési és üzemeltetési költségek, karbantartási adatok összegyűjtésére;
- Adatgyűjtési munkaterv készítése a teljeskörű felmérésekhez;
- Repülőtéri költségek elemzése, berendezések hatékonysági mutatói (LCC- Life Cycle Cost) és teljes bekerülési költség (TCO - Total Cost of Ownership) számítások;
- Eredmények, következtetések ismertetése, terjesztése.

## 2. Az energiahatékonyság tervezéséről

Ez az összefoglaló ismerteti azokat a gyakorlatokat és fejlesztéseket, amelyeket a különböző méretű repülőtéri terminálokra hajtottak végre és dokumentáltak annak érdekében, hogy az energiahatékonyság révén csökkentsék az energiaköltségeket. Bármely program vagy projekt végrehajtása előtt hatástanulmányokra és döntésekre van szükség a projekt céljának, a projekt költségének, a finanszírozási forrásoknak, valamint a lehetséges megtérülés vagy visszatérítések meghatározásához.

### 2.1. Energiahatékonyság a repülőtér tervezésében

Mivel a legtöbb repülőtér számára az energiafelhasználás az éves költségek jelentős százalékát teszi ki (általában egy jól teljesítő reptér működési költségvetésének legalább 10 – 15%-a!), a hatékonyságot a hosszú távú tervekben kiemelt prioritásként kell kezelni. A szakmai dolgozatok, ismertetőik eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy a régebbi termináloknál az átépítési opció jelenti az energetikai hatékonyság növelésének egyik módozatát, azáltal, hogy az utólagos áttervezéseket vagy korszerűsítéseket kezdeményeznek a hosszabb távú tervekbe, míg másoknál az energiamegtakarításokat a folyamatban lévő a karbantartási és üzemeltetési (O&M) terveken keresztül próbálják meg. Irodalmi források azt is megjegyezték, hogy fontos, hogy a stratégiai üzleti tervek a vagyionkezelés részeként fogalmazzák meg az épület hatékony üzemeltetésének céljait.

## 2.2. Energiahatékonysági projektek

Az üzemeltetési és karbantartási procedúrái képezhetik a repülőterek elsődleges és költségghatékony módszerét az energiahatékonyság javításának területeinek meghatározásában. Fontos helyi köz-művek által az optimális és gazdaságos ellátás (víz, villany csatlakozások járulékos költségei). Az energiaauditok szintén nagy szerepet játszanak. A repülőtéri rendszerekkel kapcsolatos adatok gyűjtése és elemzése kulcsfontosságú annak meghatározásához, hogy hol szükségesek vagy melyek lesznek a leg-hatékonyabb fejlesztések.

## 2.3. Stratégiák az energiahatékonysági projektek tervezéséhez

A felmérés egyik célja a kelet-Európai „best-practice”-ok felkutatása és meghatározása, köve-tendő példák szélesebb körű bemutatása. A kihívás: korlátozott költségvetéssel rendelkező kis repülő-terek az alapvető működési igények miatt gyakran nem tudnak elegendő forrást fordítani a hatékonyság megtervezésére. Érdeemes átnézni milyen erőforrásokat vagy stratégiákat sorakoztathatunk fel, amelyek segíthetnek a projektek tervezésében.

### a. Energiahatékonysági projektek javaslata

Sajnálatos módon bármelyik tervezés stádiumában a gazdasági összefüggések, a befektetésre ren-delkezésre álló források megléte vagy egyáltalán az áhított lehetősége sokszor eldönti milyen projekt kezdeményezhető. Az energiahatékonyság figyelembevételére a hosszú távú tervekben és az általános költségvetésekben következetes figyelmet és finanszírozást igényel.

A költségvetésbe beépített energiahatékonysági projekteket akkor van esély sikeresebben megva-lósítani, ha a projekteket szakaszokra, külön eredményekre bontható lépésekre lehet felosztani, illetve a terminál/repülőter költségvetésén belül az egyes részlegek finanszírozásának elosztásával.

### b. Energiagazdálkodási terv

A típustervek és tervezési folyamatok mellett javasolt lenne minden repülőter számára, hogy ren-delkezzen külön energiagazdálkodási tervvel. Egy átfogó energiagazdálkodási terv bemutathatja a vég-rehajtáshoz szükséges energiahatékonysági intézkedéseket, elősegítve azokat, amelyek a legnagyobb megtérülési rátával és energia megtakarítással rendelkeznek, és melyek tehetik még gazdaságosabbá a létesítmény sajátos működési igényeit. A kis repülőter-üzemeltetők a külön karbantartási-üzemelési ter-veket is figyelembe vehetnek az energia megtakarítási tervek részeként.

Bár bármilyen stratégiát meg lehet tervezni, tanulmányozni és önálló projektként megvalósítani, a legtöbbre egy nagyobb beruházás részeként kerül sor. Jelentős felszerelés-frissítések és egyéb hosz-szabb megtérülés (10 + év) fejlesztések végrehajtása esetén érdemes lehet ezeket rövid megtérülési pro-jektekkel, például világítás utólagos áttervezésével vagy optimalizálási programokkal csoportosítani, „hogya segítsék a kezdeti költségeket és javítsák a beruházások megtérülését”. Egyes stratégiák, például a világítás korszerűsítése, már a folyamatos karbantartási programok részét képezhetik. A fiatalabb lé-tesítmények fontolóra vehetik a fejlesztésekkel kapcsolatos műveletek folytatását, míg a régebbi termi-nálok számára előnyös lenne a berendezések korszerűsítése vagy az automatizálás.

## 2.4. A megtérülési idő, a költségvonzat és az energiahatékonyság javulása

A kezdeti szakirodalmi áttekintésekben az egyszerű megtérülést az energiahatékonysági projek-tek megvalósíthatóságának megállapításánál általános módszernek találták, és mérésenként használták a repülőtéri felmérésben. A megtérülési időszakok számos tényezőtől függenek: energia arányok és nagy-ságrendek, éves üzemóra, a beépített vagy cserélt berendezések relatív hatékonysága

## 3. Energiahatékonysági gyakorlatok: kezelés és műveletek

### 3.1. Automatizálás és vezérlések javallata

Az épületautomatizálási rendszerek frissítésével és optimalizálásával kapcsolatos változások, a belső hőmérsékletek kalibrálására és beállítására szolgáló technikák, valamint az automatizálás által támogatott speciális vezérlők utólagos áttervezése szinte kötelező és követendő út. A repülőterek által az energiahaté-konysági projektek irányításához, megvalósításához és nyomon követéséhez használt speciális vagy egyedi programokkal és megállapodásokkal kapcsolatos témák kiemelik a projekt kritériumait. Nem elhanyagolható az energiahatékonyságot befolyásoló emberi tényező sem. Ezek magukban foglalják a személyzet és a légi-utas-kísérők célzott képzési programjait, a „természetvédelmi kultúra” létrehozásának kommunikációs stra-tégiáit és egyes utólagos áttervezési gyakorlatok pszichológiai hatásait.

A számítógépes vezérlőket, érzékelőket és az egész épület automatizálását széles körben használják az energiafogyasztás figyelemmel kísérésére és csökkentésére, valamint a jövőbeli energiahatékonyági projektek támogatására szolgáló adatok biztosítására.

### 3.2. Működés és karbantartás

A repülőterek technikai osztályai által biztosított szakirodalmi források megjegyezték, hogy a mérnöki programok értékelése, mint az energiaauditok és az üzemeltetés optimalizációja jelentősen javíthatják a repülőtér termináljainak az energiahatékonyágát. Korábbi tanulmányok megjegyezték, hogy minden repülőtér prioritásként kell kezelje az „átfogó, energiával kapcsolatos karbantartási és működési (Operation and Maintenance) program kidolgozását, világosan meghatározott célokkal és előnyökkel”, mint az energiahatékonyág javításának módszerét. Továbbá kijelentették, hogy fontos, hogy ezek a programok „agresszív célokat tűzzenek ki maguk elé, és biztosítsák a finanszírozást és a felső vezetést támogatását [és fenntartsák] a teljesítmény-értékelési eredmények megvalósítását és nyomon követését”.

### 3.3. Szakember Független döntések

A szakirodalom egyetért ezzel az állítással, egyúttal figyelmeztet is arra, hogy sok kis repülőtér esetében a korlátozott személyi erőforrások és a külső cégeknek kiszervezett üzemeltetési és karbantartási szerződések növelhetik a megvalósítás költségeit és a megtérülési időt. Általános megállapítás, hogy a kis repülőterek rendelkezzenek energiafelelős pozícióval, aki irányítja az energiával kapcsolatos üzemeltetési-karbantartási végrehajtást. Ezt a munkát kis repülőtérre az a szakember végezheti, akinek korábbi tapasztalata van hasonló létesítmény üzembe helyezésében.

## 4. Energiafelhasználás és működési rendszerek

Az elemzés során fontos rámutatni a szén-dioxid-alapú és a megújuló energiákra, az energiafelhasználás mérési rendszerekkel történő dokumentálásának és kezelésének technikáira, valamint az energiaáram szerkezetének javítására és a csúcsterhelések minimalizálására a hasznos szolgáltatókon keresztül. A források nyomán a mechanikai rendszerek fejlesztéseit mind az új, mind az utólag optimalizált berendezések vonatkozásában elemekre kell bontani, melyek a főbb fűtési és hővisszanyerési lehetőségekre, valamint a hűtési komponenseket érintő stratégiákra irányulnak. A világítással kapcsolatos témák a lámpák és szerelvények utólagos áttervezésével és cseréjével foglalkoznak, valamint az érzékelők és az irányítás fejlesztéseinek széles körű megváltoztatásával. Végül további főbb berendezések energiaterheléséről is szó kell esnie, amelyek némileg egyediek a repülőtereken. Ide tartoznak a vizuális információk megjelenítésének és a csomagszállító rendszerek hatékonysági technikáinak megváltoztatása.

### 4.1. Energiaforrások

A legtöbb repülőtérre a földgáz az uralkodó tüzelőanyag-típus. Ez az üzemanyag pont úgy, mint az összes szén alapú forrás érzékeny a költségnövekedésekre. Az energiaköltségeket csökkenteni legfőképpen alternatív energiaforrások felhasználásával lehet. Néhány követendő példa létezik napenergia felhasználásra lévén nagy terület van a reptér kezelésében, a szélenergia felhasználása is prioritásként kezelendő. Van néhány repülőtér (főleg USA viszonylatban), ahol biomassa is rendelkezésre áll, a kapcsolt energiatermelő erőművek a repülőtér energiaigényének kielégítésére is szolgálhatnak. Ahol pedig nincs más lehetőség továbbra is használják még a szénalapú, nem megújuló üzemanyagokat melegvíz és gőz, esetlegesen elektromos energia előállítására. A légszennyeződés visszaszorításának kíséretében nagyobb szén-dioxid-kibocsátást ellenőrzéseket is végeznek, a repülőterek termináljait és más nagy kereskedelmi épületeit az emelkedő energiaköltségek és a szennyezési együtthatók negatívan fogják befolyásolni. Ajánlatos többretnű energiaellátásra berendezkedni az áringadozások hatásait tompítandó stratégia részeként. Az elsődleges energiaszolgáltatóval kötött megállapodás alapján az átmeneti szezonban gazdaságosabb kazán-üzemanyagra lehet váltani, ami lényegesen alacsonyabb energia árarányt eredményez. Nem elfogadott de lehetséges, hogy a repülőgépeknél könnyen elérhető energiaforrásként használt repülőgép-üzemanyagot a létesítmények korlátozott módon használhatják az energia csúcsterhelés csökkentésére.

*4.1.1. Napelemes fűtés használata:* Az Egyesült Államokbeli reptér felmérés keretén belül, két reptér is használ a hálózathoz kötött, helyszíni napelem panelek telepítésével elektromosenergiapótlást (PHX -Phoenix Sky Harbor International, USA és a FAT- Fresno Yosemite International, USA). A napelemes rendszerek megtérülési ideje a repülőtér termináljain nagyban függ attól, hogy hol található a repülőtér, és milyen engedményeket vagy ösztönző ajánlatokat nyújtanak a helyi közművek, valamint

a helyi és központi hatóságok. Átlagosan tíz évnél hosszabb megtérülési idő várható. Érdekes megjegyezni a FAT reptér 1 év megtérülési időt állapított meg a telepített rendszerén. A becslések szerint ez a 2,4 MW-os projekt az elektromos szükségletek mintegy 42%-át fedezi, és 20 év alatt több mint 13 millió USD értékű energia megtakarítást jelenthet a létesítmény számára. A közölt adatok alapján rendszer optimalizálásához az éves energiaköltségek 5–15%-os megtakarítása szükséges, a fenntartható fejlesztések ezáltal önköltséges (self funded) projekteké válhatnak. A napenergiás melegvíztermelő rendszerek tetőre szerelt panelekből állnak, amelyeken keresztül víz vagy glikol/víz keverék halad át, hogy hőenergiát nyerjen. Ezt a fűtött folyadékot ezután egy nagy hatásfokú hőcserélőn keresztül szivattyúzzák át, amely átadja az energiát az ivóvíz rendszernek a helyiség fűtéséhez vagy a használati meleg vízhez. Noha a költségek csökkentek, a napenergiával működő fűtési rendszerek és kollektorok jelentős hatékonyságnövelést és megbízhatóságot értek el. A napenergiával működő rendszerek hidonikus fűtéshez való felhasználásáról a szakirodalomban csak példa akadt (DFW- Dallas Fort Worth, USA). Habár a napelemeknél beváltabb a technológia, a napkollektoros hőtechnológia ennek ellenére csak korlátozottan alkalmazható a kis repülőtereken, súly és konstrukciós nehézségek miatt. Ennek a technológiának a legjobb alkalmazása a használati melegvíz vagy a hóolvadék rendszerekben lehet, és nem az elsődleges fűtésre. A napkollektorok által termelt hőenergiát a kazánrendszerek rásegítésére is fel lehet és kell használni.

**4.1.2. Energia-visszanyerési rendszerek:** A hővisszanyerő egységek növelik a fűtési és hűtési hatékonyságot azáltal, hogy megfogják vagy „visszanyerik” az energiát az elszívott levegőből vagy a hűtővízből, amely egyébként elvesződne. A rendszerek fűtési vagy hűtési üzemmódban továbbítják a hőt a melegebb levegőből a hidegebb levegőbe, csökkentve ezeket a terheléseket az évszaktól függően. A „hővisszanyerés” besorolású levegő-levegő hőcserélők csak a hőt távolítják el, míg mások, az „energia-visszanyerés” kategóriába sorolva, a hő- és a vízgőzt egyaránt eltávolítják a légáramból. Különböző anyagokat használnak a levegő-levegő hőcserélőben, amelyek közül néhány nagyobb karbantartást igényel, mint a többi. Ezek a rendszerek jellemzően 70% és 80%-os átviteli hatékonyságot érnek el.

## 4.2. Energiafelhasználók

**4.2.1. Mechanikus fűtés, szellőzés és légkondicionálás:** A klíma rendszer (HVAC- fűtő, levegőforgató és légkondicionáló) a repülőtereken az elektromos energia akár több mint 40%-át is el tudja fogyasztani, ennek jelentős részét maguk a hűtő-fűtő légkondicionáló rendszerek használják fel. Az olyan kis rendszerek kivételével, mint a használati melegvíz, a HVAC rendszerek szinte az összes repülőtéren felhasznált földgázt felemésztik.

**4.2.2. Világítás:** A világítás a legtöbb kereskedelmi épületben az elektromos áram használatának mintegy 25%-át teszi ki. A repülőtereken, beleértve a pálya és külső megvilágításokat is ez akár 40%-ra nőhet. Az üzemeltetési és karbantartási optimalizációk után a világítás jelenti a legnagyobb energia-megtakarítási lehetőséget a kis repülőtéri terminálokon. A világítási rendszerekkel kapcsolatos utólagos áttervezések jelentős hatással lehetnek más, potenciálisan költségesebb infrastruktúra-korszerűsítésekre,

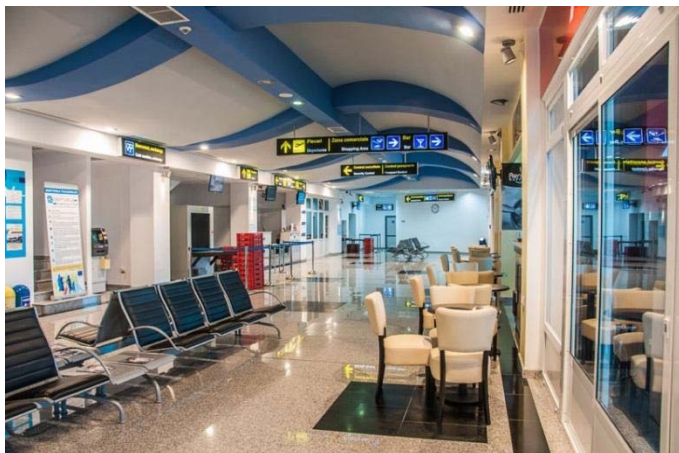


2. ábra. Kifutópálya fényei

például a kazánokra és a szellőztető berendezésekre, a hatékonyabb fénycsövek által biztosított hűtési terhelések csökkenése miatt. Ma már a LED technológia, a korszerű világítástechnika kitűnő megoldásokat kínál, csupán gazdasági kérdéssé vált a modernizálás, a fénycsövek leszerelési akciója. A világítási korszerűsítések energiát szabadítanak fel más rendszerek vagy létesítmények bővítéséhez. A világítás korszerűsítések szintén javítják a termelékenységet és az utasok kényelmét a fény minőségének

és szintjének javításával, javíthatják az irányíthatóságot a fények kikapcsolásával vagy a nappali fényviszonyok kiegyensúlyozásával, és csökkenthetik a karbantartási költségeket a minőségi lámpák élettartamának követésével és növelésével.

**4.2.3. Vezérlők és érzékelők:** Becslések szerint az éves energiamegtakarítás 10–15%-kal növelhető, ha a világításvezérlőket megfelelően telepítik. A megtakarítás az utasok szokásaitól és a meglévő világításkezelési stratégiáktól függ. Nem titok, hogy a szenzorok beállítása a világítás minden nap tíz másodperccel korábbi kikapcsolásához egy év alatt mérhető megtakarítást eredményezhet. A világítótestek be- vagy kikapcsolásának idejének szabályozása az egyik legalapvetőbb módszer a fogyasztott energia korlátozására és az üzemeltetési költségek megtakarítására. A belső vagy külső lámpák fénysorompó által kiváltott időzítők vagy nappali időmérők olcsó energiatakarékosági intézkedésként széles körben használható.



3. ábra

*Világításvezérlők a terminálon.*

*A vezérlő ellenőrzi a napfényt, és kikapcsolja az ablakok melletti berendezést, ha nincs rá szükség (Nagyvárad, OMR, Románia)*

A világításvezérlő rendszerek ajánlott struktúrája magában foglalja a terminálon belüli összes világítótestet központosított vezérlését. A központi vezérlés használatával a tevékenységi területek nyomon követhetők, és azonosítani lehet az elhanyagolható vagy a kevésbé problémás területeket. Ezenkívül egyes központi vezérlők nyomon követik a lámpák teljes üzemidejét, hasznos információkkal látják el az operatív személyzetet az újbóli világítási programok ütemezéséhez. Az egyik beállítási stratégia a világításvezérlők programozása volt, úgy, hogy az éjszaka folyamán az épület bizonyos területein, ahol nincs tevékenység rendszeresen kikapcsolja az összes fényt.

**4.3. Elektromos terhelések:** A világítás mellett a kijelzők és a csomagszállító rendszerek kiemelkedő energiafogyasztóknak számítanak a repülőtér termináljain

belül. A modern poggyászkezelő és biztonsági átvilágító rendszerek hozzáadása továbbra is növeli az energia költségeket a terminálon. Az olyan vezérlők beépítése, melyek lehetővé teszik az energiafogyasztás csökkentését terhelés vagy ideiglenes leállás miatt akkor amikor a repülőtér zárva van, enyhíthetik a kibővített rendszerek hatásait.

**4.3.1. Kijelzők:** A repülési és poggyász információkat a repülőtereken elsődlegesen elektronikus kijelzők segítségével kommunikálják az utasok számára. Ezek a kijelzők gyakran nagy kompozit egységekben vannak, egyedi szekrényekben elhelyezve. Az utasok számára elhelyezett kijelzők mellett az alkalmazottak számítógépes kijelzői, valamint a szórakoztató és reklám rendszerek energiahatékonysági fejlesztése is megvalósítható.

**4.3.2. Szállító rendszerek:** A poggyász szalagok, a mozgólépcsők és a mozgó járdák vezérlése fontos eleme az energiahatékonyság növelésére, ideértve a nagy rugalmasságú, kis súrlódású övek felszerelését a poggyász szalagokhoz. Ezenkívül egyes repülőterek motorvezérlőket telepítettek a mozgó járdákra, mozgó lépcsőkre, hogy azok terhelésre legyenek érzékenyek. Ezek a vezérlők csökkentik a motor leadott teljesítményét és hőjét, ami meghosszabbíthatja az élettartamot és energiát takarít meg. Egy másik módszer, hogy időt csökkentsenek a mozgásérzékelők használata. A szakirodalom megjegyzi, hogy a továbbfejlesztett szállítószalagok és a motorvezérlők éves megtakarítása akár 30-40% is lehet.

## 5. Az újabb technológiák és a hosszú távú megtérülés

Ez a fejezet a feltörekvő technológiákat, az innovatív projektek megvalósítását és azokat a irányelvi trendeket tárgyalja, amelyek alapján befolyásolják a repülőterek energiahatékonyságát. Az egyedi vagy innovatív gyakorlatok, valamint a hosszú távú megtérüléssel rendelkező napelemek, szélenergia rendszerek és nagy teljesítményű ablakok.

A repülőtéri terminálok különféle előnyökkel rendelkeznek, amelyek jól elhelyezik őket a napenergia-technológiák jövőbeni megvalósításában, ideértve a nagy tetőterületeket és a növényzet általi

korlátozott árnyékolást. A terminálepületeken, a hangárokon és a parkolóházakon található nagy tetőterületek és a környező épülettől való nagyon kevés árnyék miatt a repülőtér termináljának tetőterein gyakran a legjobb megoldás rengeteg napelem telepítésére - különösen, hogy az utóbbi években a panelek hatékonysága nőtt és a költségek csökkentek.

### 5.1. Földi hőszivattyú

A rendszer geotermikus erőforrásokat használ - a talajt, a talajvizet vagy a felszíni vizet - hőforrásként és hűtőelemként egyaránt alkalmazza. A „Ground-Source Heat Pump” (GSHP) megfordítható hűtési ciklust használnak akár fűtés, akár hűtés biztosítására. A régi vagy nem hatékony közvetlen távulási mechanikus rendszerek hőszivattyúra történő cseréjével jelentős megtakarítások és további rugalmasság érhető el a rendszeren belül.



4. ábra  
*Geotermikus rendszer telepítése*



5. ábra  
*Geotermikus „kútmező”. A Juneau Nemzetközi Repülőtér (Alaska, USA) meglévő burkolatai alá telepített kútterek*

### 5.2. Mikro szélturbinák

A kisméretű szélturbina telepítést vagy a napelemes generátor telepítését, a repülőtéri terminálok kiegészítő energia forrásának tekintjük. Jelenlegi megvalósításukat a relatív lassú megtérüléssel magyarázható. Teszt esetként nemrég helyszíni, mellvédre szerelt szélturbinákat telepítettek az MSP (Minneapolis-Saint Paul), USA repülőtérrre. Bár hosszú távú adatok még nem állnak rendelkezésre, jelenlegi becslések szerint 10 évnél hosszabb megtérülési idő várható.



6. ábra

*Mikro szélturbinák.*

*Mellvédre szerelt turbinák az MSP (Minneapolis, USA) reptéri tűzoltóállomásán*

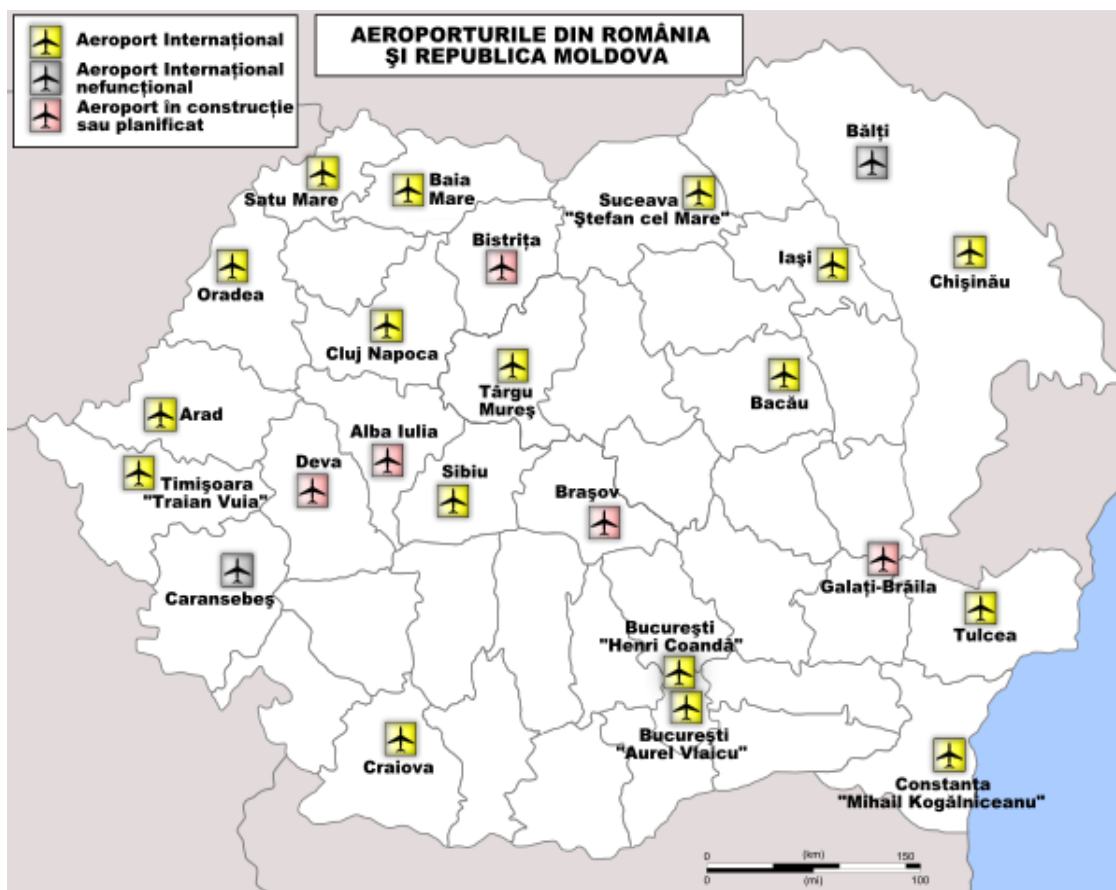
### 6. Adatgyűjtés, hatékonysági mutatók

A kutatómunka első része a szakirodalom tanulmányozásával lezárult. A következő lépésben már a romániai repülőterekről kérdőív formában szándékszunk adatokat begyűjteni és olyan mód feldolgozni, hogy hasznos összehasonlítások, döntésekhez felhasználható ajánlások szülessenek, akár egy későbbi hatástanulmány alapjául szolgálhassanak. A romániai repülőtereket forgalom szerint négy csoportra oszthatjuk:

- a.) Jelentős forgalmú repülőtér: egyedül a Bukarest-Otopeni éri el ezt a mércét
- b.) Közepes forgalmú nemzetközi repülőterek: Bukarest-Băneasa, Kolozsvár, Temesvár, Szeben és esetleg Jászváros sorolható csak ide
- c.) Kis forgalmú nemzetközi repülőterek: Bákó, Konstanca, Szucsáva, Szatmár, Nagyvárad, Nagybánya, Craiova, Arad
- d.) Regionális helyi érdekű repülőterek: Brassó (építés alatt), Beszterce, Gyulafehérvár, Déva, Galac, Resicabánya, Tulcea

A 7. ábrán lévő térképen látható a besorolás szerinti elhelyezés, a napi szintű működés nagyon eltér akár a térképen vázolttól, akár a tavalyi évi besoroláshoz képest is.





7. ábra  
Romániai és Moldovai repülőterek térképe

Az adatgyűjtéshez kérdőív készül, melynek engedélyezési folyamata még tisztázás alatt van. A repülőterekről szóló információs anyagok egy része nemzetbiztonsági érdekekben korlátozott hozzáférésű, de vannak publikus és kereskedelmi adatok, melyek hozzásegíthetnek a jelenségek megértéséhez.

Célirányos információ gyűjtéshez a kérdőív mellett a fellelhető technikai leírásokban szereplő adatokat is be kell gyűjteni. Javaslatként következő hatékonysági mutatók összehasonlítását tervezzük:

1. Repülőtéri technikai adatok:
  - épület adatok-nagyság
  - összterület (esetleges részletezés)
  - terminál
  - kereskedelmi kiszolgáló egységek
  - jegyirodák
  - várótermek
  - megközelíthetőségi adatok (tömegközlekedés, parkolók, stb..).
2. Pályahossz és más (nyilvános!) repüléstechnikai adat:
  - Repülőgép parkolás lehetőség
  - készenléti tűzoltóság
  - repülőgépjavító (vagy más) műhelyek
  - szolgáltató járművek, stb...
3. Utazási számok:
  - repülő járatok napi, heti, havi száma
  - napi, heti, havi és éves utasszám (esetleg külön érkező és induló)
4. Auditok eredményei:
  - Energetikai audit (elektromos energia, hőenergia)

## 7. Következtetések

Az ismert szakirodalomból kiderült, hogy az összes repülőtéri terminál legalább egyfajta alacsony/költségmentes energiahatékonyság javítást már végre hajtott, általában az üzemeltetésre vagy a világítás utólagos áttervezésére összpontosítva. Az energiahatékonyság javításának megtervezése összetett feladat lehet, különösen a kisebb repülőterek terminálvezetői számára. Az energiahatékonysági célokat legfőképp hosszú távú tervekbe ágyazva vagy hatékonysági programokba javasolják az üzemeltetési vagy fejlesztési részlegeken belül. Az energiahatékonyság javításának tervezésére hivatkozott egyéb gyakorlatok a következők:

- Tapasztalatcserék, repülőtéri menedzsment és tanácsadói továbbképzések szükségessége;
- Nemzeti szabványok felkutatása az energiahatékonysági projektek tervezéséhez;
- Hatósági (helyi vagy központi) támogatások és tanácsadói szerződések felhasználása az auditok és a megvalósíthatósági elemzések elvégzéséhez;
- A korlátozott költségvetési lehetőségek összpontosítása egyes szakaszok megvalósítására;
- Kis méretű projektek tesztelése nagyobb léptékű megvalósítás érdekében;
- A hatékonyság növelése a repülőterek tervezési normáival, kereskedelmi bérlok bevonásával;
- Rövid és hosszú távú megtérüléssel rendelkező projektek csoportosítása a korai költségmegtakarítás felhasználására más beruházások támogatásaként;
- A repülőtéri terminálok energiahatékonysági projektjeinek átfogó megfontolása és a fejlesztések közötti szinergiák felkutatása.

Az adatgyűjtés kiemelkedő fontosságú a legtöbb fejlesztéshez, és energia audit vagy egyéb épület alapinformáció, ezek nélkül nehéz meghatározni, hogy az energiahatékonysági projektek hol gyakorolják a legnagyobb hatást az energiaköltségekre. Az automatizálási rendszerek felbecsülhetetlen mechanizmust biztosítanak a további energiahatékonysági projektekben felhasználható trendek és megtérülési információk nyomon követésére.

## 8. Bibliográfia, irodalmi hivatkozások

1. Craig R. LAU, Joel T. STROMGREN and Daniel J. GREEN: *Airport Energy Efficiency and Cost Reduction*. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2010. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/14413>.
2. BENYA, J., L. HESCHONG, T. MCGOWAN, N. MILLER, and F. RUBINSTEIN: *Advanced Lighting Guidelines*, 2003 Edition, New Buildings Institute, Inc., White Salmon, Wash., 2003.
3. BRUNTLAND, G., ed.: *Our Common Future: The World Commission on Environment and Development*, Oxford University Press, Oxford, United Kingdom, 1987.
4. Chicago Department of Aviation: *Airports Going Green*, "Sustainable Airport Manual v1.0", Aug. 5, 2009 [Online]. Available: <http://www.airportsgoinggreen.org/> SAM (accessed June 29, 2010).
5. Clean Airport Partnership, Inc. (CAP), "Austin–Bergstrom International Airport: Lessons Learned in Designing an Energy Efficient Terminal," *CAP Reports—Energy Efficiency in Buildings*, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy, Washington, D.C., 2003b [Online]. Available: <http://www.cleanairports.com/reports/austin.pdf> (accessed Sep. 2009).
6. LIU, M., D.E. CLARIDGE, and D.W. TURNER, "Continuous Commissioning Guidebook," *Maximizing Building Energy Efficiency and Comfort*, Oct. 2002 [Online]. Available: [http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/ccg03\\_ch1.pdf](http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/ccg03_ch1.pdf) (accessed Sep. 21, 2009).
7. MARTIN, M.C., "Airport Renovations to Boost Safety—Improvements Also Stand to Eliminate Congestion, Save Energy," *Juneau Empire.com*, Oct. 14, 2009 [Online]. Available: [http://www.juneauempire.com/stories/101409/loc\\_504603844.shtml](http://www.juneauempire.com/stories/101409/loc_504603844.shtml) (accessed Oct. 15, 2009).
8. SEIDENMAN, P. and D. SPANOVICH, "Green Terminals," *Airport Magazine*, Dec./Jan. 2008, pp. 22–27.
9. TURNER, W.D., M. VERDICT, B. YAZDANI, H. HUFF, and K. CLINGENPEEL, ACRP Research Results Digest No. 2: *Model for Improving Energy Use in U.S. Airport Facilities*, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., Dec. 2007, pp. 1–20.