

A JÖVŐ SZÁZAD REPÜLÉSÉNEK KÖRNYEZETI KIHÍVÁSA

Dr. Pokorádi László[†]
egyetemi docens
Bera József[✕]
egyetemi tanársegéd
ZMNE VSZTK
Haditechnikai tanszék

A légi közlekedés számára kezdetektől fogva a teljesítmény növelése, a gazdaságosság és a repülési biztonság volt a legfontosabb. Így a környezetvédelem a gazdasági élet más területeihez hasonlóan a repülésben is a periférián jelent meg, korábban sem a tervezők, sem az üzemeltetők nem tulajdonítottak különösebb jelentőséget neki. Azonban századunk környezeti kihívása a légi járművek fejlesztői és üzemeltetői számára is új követelményeket támaszt, a hagyományos műszaki tervezési és gazdaságossági paraméterek mellett egyre inkább megjelennek a környezetvédelem kérdései. Jelen tanulmányunkban a jövő század repülőgép tervezésével és üzemeltetésével összefüggő környezetvédelmi — jelentőségét tekintve elsősorban a zajvédelmi — kérdéseit és lehetséges megoldásait foglaljuk össze.

1. KÖRNYEZETVÉDELMI HELYZETELEMZÉS

Napjaink alapvető emberi igénye a mobilitás, ezért a XXI. évszázad során egy várhatóan jelentős és a korábbihoz hasonlítható technikai fejlődés következményeként várható egy gyökeresen új és telített világ kialakulása. A Föld látszólagos mérete lecsökken — melyben jelentős szerepet játszik a légi közlekedés — és várhatóan az úgynevezett legújabb kori népvándorlás és a globalizálódás lesz a következő évezred első századának jellemzője [3].

A 20 évvel ezelőtti kőolajválság már jelentős hatással volt a technikai fejlődésre, de a hetvenes években a Római Klub is megjósolta, hogy az

[†] A szerző felsőoktatási és tudományos kutatási munkáját az Oktatási Minisztérium Széchenyi Professzori Ösztöndíjjal támogatja

[✕] A szerző tudományos kutatási tevékenységét a Környezetvédelmi Minisztérium támogatja.

energiaforrások kiapadása a társadalmunk végét fogja okozni. Mindezek jelentősége tagadhatatlan, hiszen a környezetvédelem sarkalatos problémája a Föld anyag- és energiakészleteinek csökkenése. Azonban a rendelkezésre álló, valamint kiaknázatlan fosszilis energiahordozó mennyiség még hosszú ideig biztosítja az emberi igények kielégítését. Napjaink fő problémája így a környezetszennyezés, az emberi élet minőségének romlása. Gyakorlatilag a környezetet károsító tevékenység tekinthető az emberi lét legfőbb veszélyeztetőjének és az ipari fejlődés legnagyobb gátjának. Ezért tekintjük a környezetszennyezés megakadályozását és lehetőség szerinti csökkentését korunk legfontosabb kihívásának.

Az eddigi technikai fejlődést érthető okokból kifolyólag nem az emberi környezet minősége határozta meg, mozgatórugóként minden esetben más szempontok érvényesültek. A kereskedelmi repülés megjelenésével együtt jelent meg a gazdaságos üzemeltetés igénye is, az ennek megfelelő tervezési követelmények már harmincas években kialakultak. Méret, hatótáv és sebesség voltak az alapvető tervezési paraméterek. A biztonság már korán tervezési követelménnyé vált, bár egzakt valószínűségi elemzések csak napjainkban kezdenek elterjedni [4]. Később az üzemeltetési hatékonyság mutatói lettek a következő elemei a követelménylistának.

A korábbi tradicionális tervezési paraméterek mellett a „környezeti kompatibilitás”, úgymint a kibocsátott zaj, imisszió, a gyártási és karbantartási folyamatok és végső soron az újrahasznosíthatóság kérdései fogják meghatározni a jövőbeni tervezési követelményeket és technológiai stratégiákat.

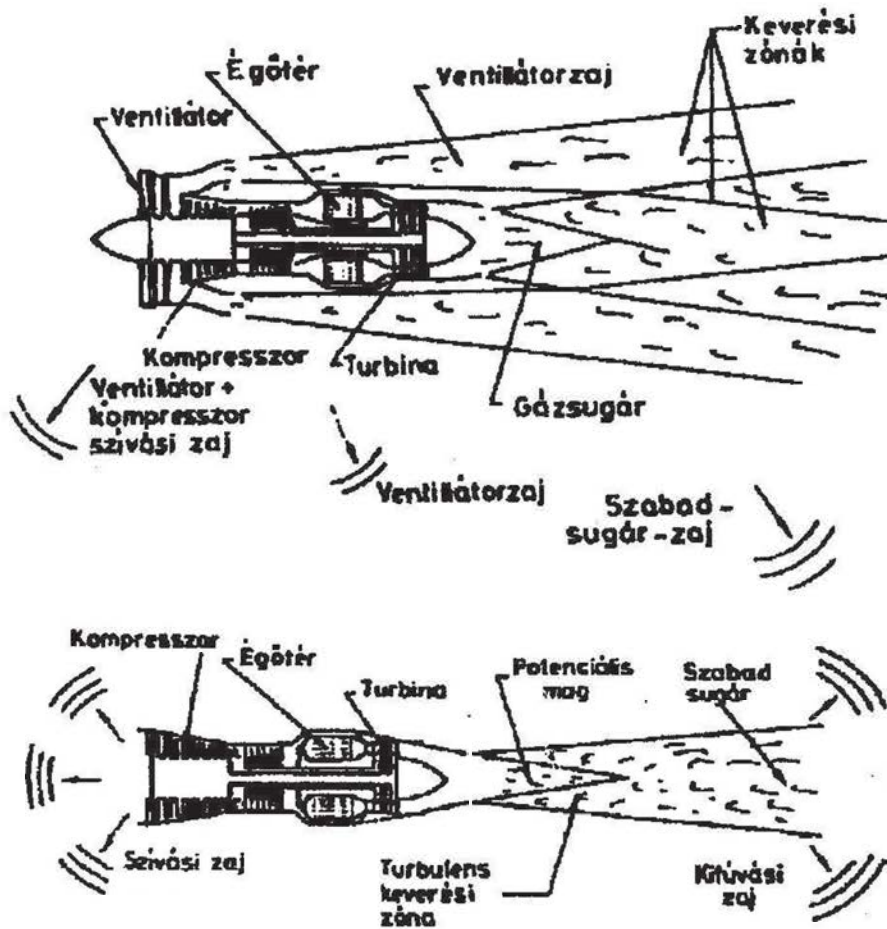
2. A GAZDASÁGI ÉS KÖRNYEZETVÉDELMI KÉRDÉSEK MAI EGYENSÚLYA

Az utóbbi évtizedekben a repülés nagyban hozzájárult az ipari fejlődéshez és a globalizációhoz, de ezzel együtt a környezetszennyezés egyik jelentős forrásává is vált. A repülés környezeti kérdései esetében is megállapíthatjuk, hogy külön kell vizsgálni a levegőszennyezés és a zajprobléma, valamint az emissziós és imissziós kérdéseket. Ennek azért tulajdonítunk jelentőséget, mivel a különböző hatások kialakulását esetenként a környezeti elemek és egyéb körülmények eltérően befolyásolhatják. Célszerű itt megjegyezni, hogy a repülés földterület igénye kevesebb mint 8 %-a a vasúti, és kevesebb mint 1 %-a a közúti közlekedés hasonló igényénél. Szakértők szerint a vasútihoz képest ötször, a közútihoz képest pedig hatszor hatékonyabb a légi közlekedés

A JÖVŐ SZÁZAD REPÜLÉSÉNEK KÖRNYEZETI KIHÍVÁSA

földterület felhasználása.

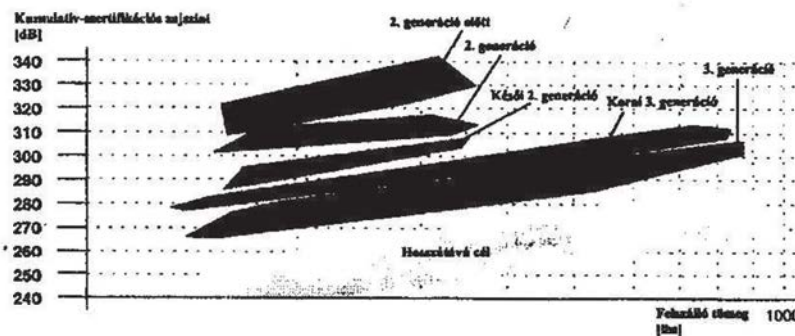
A motoros repülés kezdete óta a repülőgépek zaja leginkább a hajtóművekhez kapcsolódik. A sugárhajtóművek fő zajforrásai a levegő beömlőnyílás, a ventilátor, a fűvócső és a forró gázsugár (1. ábra).



1. ábra
Sugárhajtóművek fő zajforrásai

Napjainkban nagy jelentőségűek mind tolóerő, mind a zajemissziót tekintve a sugárhajtású repülőgépek. Ezeknél továbbra is a gázsugár zaj a legnagyobb, eredő zajszintet döntő módon meghatározó zajösszetevő, így a zajcsökkentési célkitűzéseket is ennek érdekében határozták meg a fejlesztők. Jelentős eredményt a hajtóműgyártók a nagy kétáramúsági fokú hajtóművek

kifejlesztésével értek el. A keletkező zaj csökkentésének tendenciáját szemlélteti a 2. ábra, mely tartalmazza az utóbbi évtizedekben elért kumulatív szertifikációs szinteket is.



2. ábra
A keletkező zaj csökkentésének tendenciája

Eltekintve a repülőgépek szertifikációjától, a gyártók mai helyzetét az egyre növekvő zajkorlátozás jellemzi. Körülbelül 550 repülőtér található, ahol olyan korlátozásokat alkalmaznak, mint leszállási tilalom, zajcsökkentési eljárások (NAP - Noise Abatement Procedures), preferált fel- és leszállópályák, valamint rárepülési módok stb. Egyre több repülőtér szerelnek fel zajmérő mikrofonokat, amelyek minősítik a le- és felszálló repülőgépeket a pillanatnyi zajszint alapján, s a leszállási díjak gyakran tartalmaznak zajbírságokat.

Összességében a jelenlegi zajproblémát az alábbiak jellemzik [7]:

- jelentős fejlődést tapasztalhattunk az utóbbi évtizedekben, melynek következtében a megnövekedett légi-forgalom ellenére csökkent a környezeti zajterhelés mértéke;

Például a frankfurti repülőtér zajszintje 26%-al csökkent 1995-re 1980 hoz képest, miközben 56%-al nőtt az ottani fel- és leszállások száma [1].

- világviszonylatban 5%-ra csökkent azon személyek száma, akiket közvetlenül érint a repülőgépek zaja, a hetvenes évekhez képest;
- az A320-hoz hasonló modern repülőgép zavaró zajterülete 1,5 km² és repülőtér határain belül 85 dB(A);

- általában a modern repülőgépek jobban teljesítik a szertifikációs

A JÖVŐ SZÁZAD REPÜLÉSÉNEK KÖRNYEZETI KIHÍVÁSA

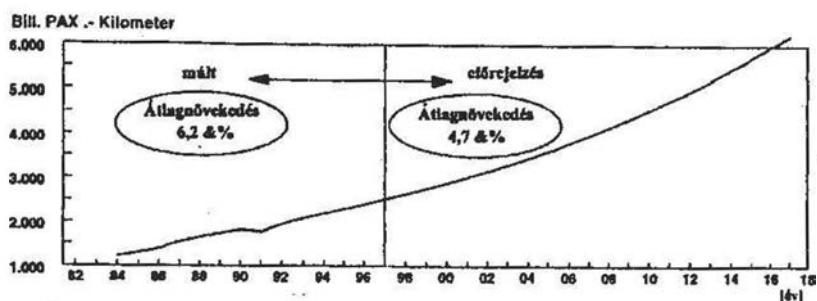
szinteket, mint a helyi repülőtéri elvárásokat, melyek sokkal szigorúbbak is lehetnek és gyakran a napszak függvényében változnak;

- a modern repülőgépek esetén a hajtómű technológiák következtében a sárkányszerkezet okozta zajszint hasonló nagyságrendűvé vált mint a hajtómű keltette zaj.

3. A LÉGI-ALKALMASSÁGI ÉS GAZDASÁGI KÖVETELMÉNYEK JÖVŐBENI VÁLTOZÁSA

Előrejelzések alapján a következő 10–15 évben a légi-forgalom megduplázódása várható (3. ábra). Ez azt jelentheti, hogy a jövő század húszas éveit végén kétszer ennyi repülőgép vesz részt a légi-forgalomban, zajemisszió és egyéb környezetszennyezés jelentős növekedése várható. Mindezek bekövetkezését befolyásoló tényezők:

- eddigi vizsgálataink alapján feltételezzük, hogy a légi közlekedés állandó növekedése mellett, a becsült időkeret változhat;
- Az utas- és teherforgalom megduplázódása — a repülőgépek ülőhelyszámainak maximális hasznos terhelésének növekedése miatt — nem jelenti azt, hogy kétszer ennyi repülőgép lesz a világban, mint ma.



3. ábra
A légi forgalom várható jövőbeni alakulása

Ugyanakkor számos egyéb tényezőt is figyelembe kell vennünk az

előrejelzések során. Első a légi-közlekedés infrastruktúrájának kapacitása. Néhány repülőtér képes lesz megbirkózni az egyre növekvő forgalommal, mások viszont nem. Várhatóan nehéz feladat lesz az utasokat rávenni, hogy Londonba, Frankfurtba vagy New Yorkba repüljenek, Glasgow, München vagy Denver helyett. Az utazási célállomás módosításának oka az, hogy egyes repülőterek rendelkeznek megfelelő kapacitással, míg az utas esetleges célállomásának repülőtere nem.

Másik tényező, amit meg kell vizsgálnunk, az olyan — szintén gyorsan fejlődő — szárazföldi közlekedési formák, mint például a nagysebességű vonatok. Környezeti okok miatt kívánatos lenne a gazdasági versenyhelyzettel szemben egy környezetvédelmi szempontból is optimált teljes közlekedési rendszer kiépítése.

A fentiek alapján a repülőipar számára a hagyományos műszaki tervezési és gazdaságossági paraméterek mellett fontos követelménnyé válik a zajemisszió kérdése is. Így a légitársaságok repülőgép-vásárlással kapcsolatos döntéseit a jövőben nem csak a pénzügyi kérdések határozzák majd meg, hanem más szempontokat is figyelembe kell venniük:

- a technológiai lehetőségeket, mint piaci követelményt figyelembe véve a repülőgép környezeti kompatibilitását megfelelő repülőgép-tervezési feladattá kell transzformálni;
- A mennyiségileg meghatározható környezeti vagy infrastrukturális hatások játsszák a főszerepet, de a nem kvantálható környezeti jellemzők is egyre nagyobb hatást gyakorolnak az új repülőgépek kiválasztása során.

Az ICAO zaj-szertifikációs rendszerét közel harminc éve alkalmazzák, míg az emissziós előírásokat csak 1981-ben fogadták el. Remélhetőleg a döntéshozók felismerik majd, hogy a jelenlegi előírt repülési eljárások a — zaj szertifikációjával kapcsolatosan — nincsenek megfelelő összhangban a normál napi üzemeltetéssel. Eddigi vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a jelen szertifikációs eljárásokkal összhangban lévő zaj-előírások szintjeinek csökkentése valóban az érintett népesség zajártalmának redukálásához vezet majd. Nagyon kicsi azon repülőterek száma, ahol a fel- és leszálló pálya viszonylag közel van a kerítéshez, és a lakott terület zajterhelése a kerítés túloldalán is megfelelő.

Összegezve, a környezeti zaj már napjainkban is jelentős döntési kritériumnak tekinthető a marketing tevékenység, valamint az új gépek vásárlása során. Célkitűzésként az alábbi zajkibocsátási szinteket határozták meg az új

A JÖVŐ SZÁZAD REPÜLÉSÉNEK KÖRNYEZETI KIHÍVÁSA

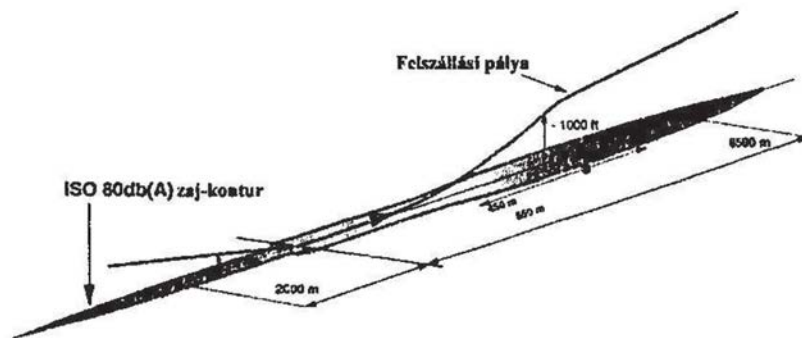
gépek tervezői számára:

-15 dB \approx 2004 ;

>-20 dB \approx 2010 .

Az általános elképzelések:

- a zaj-szertifikáció és az üzemeltetés során lévő pillanatnyi zajszint (zajcsökkentési eljárások, bírságok) szétválasztása;
- a jövőben a szertifikációt a „zajnyom”-ra kell alapozni (4. ábra) és törölni kell az eljárásból a jelentéktelen mérési pontokat. Egy tipikus 75 dB(A)-s „zajnyom” a repülőtér határain belül elfogadhatónak tűnik, miközben a környékbeli beépített területen az 52 dB(A) az előírt szint, ugyanakkor a zajszint az épületeken belül nem lehet káros az emberi egészségre;
- a repülőtereket ipari területeként kell kezelni.



4. ábra
Repülési zajnyom

4. REPÜLŐGÉP ÜZEMELTETÉS A JÖVŐBEN

A környezet gondos kezelése nem csak technológiai kérdés, legalább annyira fontos az üzemeltetési nyereségekre való átfonnálása is. A repülő társadalom (a légitársaságok, a repülőterek, a gyártók és a hatóság) kiterjedt kutatási projektek keretében folyamatosan keresi az optimális repülési eljárásokat, és üzemeltetési módosítások bevezetésével igyekszik minimálisra csökkenteni a keletkező zajt és levegőszennyeződést. Alternatívaként szóba kerülhetnek a jövő

ügynevezett 4-dimenziós navigációs rendszerei, a fejlett repülésmenedzsment, illetve a kommunikációs (adatátviteli) és légi-forgalom menedzsment rendszerek. Ezen különböző elemek együtt kell, hogy egy új, teljes légi-közlekedési rendszert alkossanak.

Ugyanakkor minden résztvevőnek el kell fogadni az új, harmonizált követelményrendszert, melynek elemei a következők lehetnek:

- futómű kiengedés röviddel a leszállás előtt;
- alapjáratú hajtóműves bejövetelek, meredekebb siklási szögek;
- meredek kezdeti emelkedési szög;
- a pillanatnyi felszálló súlyhoz és légköri viszonyokhoz kapcsolódó tolóerő-szabályozás;
- minimális gurulási idő;
- az optimális utazómagasság nagyobb sávszélessége;
- az indulási- és cél állomás közötti legrövidebb távolság repülése (a „szabad repülés” több mint 6%-s üzemanyag-fogyasztás csökkentéssel járna).

Optimális előrejelzések alapján, a légi-forgalom fentiek szerinti növekedése mellett a javasolt technológiai programok sikeresek lehetnek, illetve a repülőipar már részben felkészült a piacirányított követelmények teljesítésére.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az ipar növekedésével párosulva a repülés vezető szerepet játszik napjainkban. A légi utasforgalom és szállítás iránt a kereskedelmi igény a jövőben évi 5%-al fog növekedni. Ezzel egy időben a környezetvédelmi követelmények is egyre fontosabb szerepet játszanak az emberi tevékenységek során. A környezetbarát repülőgép és hajtómű tervezés, építés, üzemeltetés és végül az újrahasznosítás elsődleges szempontokká válnak. A gyártók és az üzemeltetők már korábban is érték el sikereket az üzemanyag fogyasztás, a levegőszennyezés és a zajkibocsátás csökkentése terén, azonban újabb és újabb szennyezési szintértéknek kell technikai eszközeiket megfeleltetniük. Ezek alapján bizakodhatunk benne, hogy az eddigi pozitív trend folytatódik a jövőben, és sikerül megtartani az ökonómiai és ökológiai egyensúlyt. A repülés társadalom felelőségének tudatában van és elfogadja a környezeti kihívásokat figyelembe véve, hogy ezek a jövő évezred repülőgép tervezésének és üzemeltetésének lehetőségei.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dialog Umwelt, Bundesverband der DeutschenLuft- und Raumfahrtindustrie (BDLI), Bonn 1997.
- [2] MICHELBERGER, P., A közlekedés hatása az ipar feladataira, Járművek, Építőipari és Mezőgazdasági Gépek, Budapest, I. 1998/3 p. 81-85, II. 1998/4 p. 121-126.
- [3] MICHELBERGER, P., A társadalom új elvárásai a közúti közlekedéssel szemben, kihívás a mérnöki társadalom felé, Járművek, Építőipari és Mezőgazdasági Gépek, Budapest, 1998/7-8 p. 234-245
- [4] POKORÁDI, L., Investigation of Aircraft Operational System with Markov-Matrix, Proc. of the 4th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, Budapest, 1994, p 437-444.
- [5] ROHÁCS J., FÁBIÁN T., KESZTHELYI GY., POKORÁDI L., A magyar repülés fejlesztésének tudományos feladatai, X. Magyar Repüléstudományi Napok, Szolnok 1993., II. kötet 206-218.
- [6] SZODRUCH J., OELKERS W., SCHUMACHER J., The Environmental Challenge as Chance for the Next Century Aircraft Design, Proc of the 21st ICAS Congress, Melbourne, 1998, CD-version.
- [7] SZODRUCH, J., Lärminderungspotentiale der Flugzeugzelle, BMBF Kolloquium „Fliegen ohne Lärm”, Marz 1998, Colonge.

RESUME

One of challenges for the next century air transport is the environmental protection. This paper shows the possible solution of environmental — mainly the noise pollution — questions of the next century aircraft design and operation.