

Bera József

REPÜLÉSI ZAJSZINTEK VÁLTOZÁSA, HATÁSA A ZAJ ÉSZLELÉSÉRE

A repülési zaj értékelésénél és a zavaró hatás mérlegelésénél az egyedi átrepülések keltette zaj átrepülési időre vonatkozó, méréssel megállapított értékei a mérvadók. A zaj észlelését is befolyásoló, egyben a zajvédelemi intézkedések eredményességét meghatározó tényezők, mint a zajszint-változás nagysága, maximum és minimum értékek kialakulása és a frekvenciás összetevők megjelenése csak mérési adatok alapján értékelhető. Ezeknek a mérési adatoknak a megfelelő alkalmazása vezet hosszú távon eredményre mindazon zajcsökkentési feladatok során, melyek a XXI. század repülésének újabb kihívását jelentik a légi közlekedésben résztvevő minden szakember számára.

BEVEZETÉS

A XX. század tudományos-technikai eredményei az emberiség mobilitással szemben megfogalmazott igényének és globalizációs törekvésének sikeréhez vezettek. Napjainkra a Föld látszólagos mérete lecsökkent, melyben a légi közlekedésnek is jelentős szerep jutott. Amennyiben bízhatunk egy korábbihoz hasonló fejlődési tendenciában, a közlekedés és ezen belül a repülés továbbra is meghatározója lesz a XXI. század embere által irányított világnak, legyen szó személy- és áruszállításról, tudományos kutatásról vagy katonai feladatok végrehajtásáról [1]. Ezzel együtt a hagyományos műszaki és gazdaságossági paraméterek mellett számolni kell az emberi életkörülményeket meghatározó környezetvédelmi kérdésekkel is, egyben elkerülhetetlenül jelentkező feladatokkal kell szembenéznie minden szakembernek a technikai eszközök alkalmazásával együtt járó környezeti ártalmak csökkentése érdekében. Világszerte folytatott kutatások eredményei mutatják, hogy a lakosság mindenütt a zajt itéli a levegőszennyezés után a második környezeti problémának. Hazai felmérések szerint a zavaró mértékű zajban élők aránya eléri az 50%-ot, domináns zajforrásnak a közlekedés számít. A légit forgalom növekedése — Európában az elmúlt 40 év alatt négyszeres — miatt a repülési zajt a környezeti zajvédelem egyik legsúlyosabb problémájaként kezeljük, így hazai repülőtereink működését a zajvédelmi intézkedések érvényesíthetőségét biztosító előírások is szabályozzák polgári- és sportrepülőterek, illetve katonai repülőterek vonatkozásában egyaránt.

REPÜLÉS ÉS ZAJVÉDELEM

A repülési zaj sajátossága, hogy elsősorban repülőterek környezetére és a közvetlen átrepülési útvonalak alatt található területekre korlátozódik. Ezért telepítették korábban a repülőtereket és kijelölt leszállóhelyeket a lakott településektől nagyobb távolságra. Napjaink településfejlesztési folyamata során azonban az ún. zajgátló védőövezetként funkcionáló területeken is egyre több lakóházat építenek, ezzel is növelve a zajjal terhelt lakóterületek nagyságát.

Természetesen a zajprobléma enyhítésére a légi közlekedésben is van lehetőség. A XXI. század repülése már elképzelhetetlen a megítélési zajszintek függvényében kijelölt zajgátló védőövezetek nélkül, mely egyben a zajvédelmi követelmények szigorúbb előírását is jelenti a levegőben végzett gépmozgások paraméterei, a környezeti jellemzők, az észlelt zajszintek és a számított zajterhelés együttes figyelembevételével [2].

Zajgátló védőövezet a repülőter környezetében, a repülőter telekhatárán kívül eső területnek az a része, amelyen a repülőter üzemeltetéséből számított megítélési zajterhelés meghaladja a közlekedéstől származó környezeti zajnak jogszabályban meghatározott zajterhelési határértékeit¹. A zajgátló védőövezet kijelölése során a repülőter üzemeltetője készítteti el a szükséges számításokat a mértékadó forgalmi helyzetnek megfelelően.

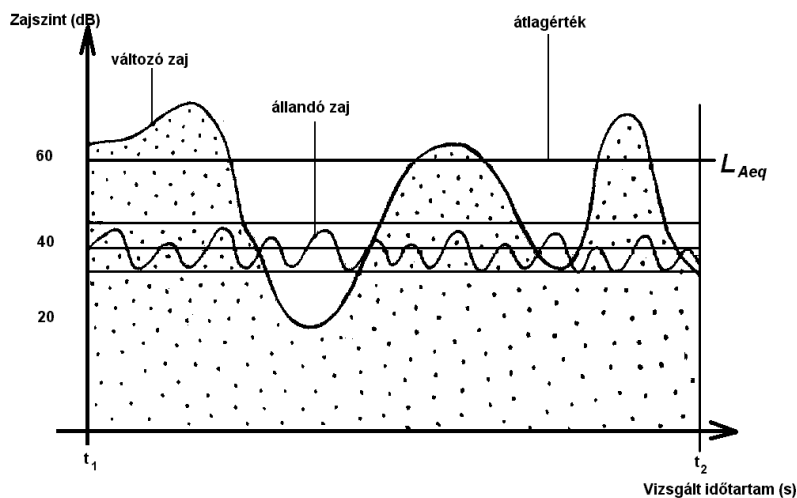
A megítélési zajszint meghatározása tehát egy zajmérésen alapuló számítási eljárás, mely láthatóan figyelembe veszi a zajkeltéssel-, terjedéssel- és észleléssel összefüggő összes tényező hatását. Az eredményes zajcsökkentés érdekében azonban nem elég mérni és számolni, az észlelt zajszintek változását és a változást kiváltó tényezőket is meg kell ismerni. Ennek érdekében vizsgáljuk a levegőben végzett gépmozgásokra jellemző, egyedi átrepülésekhez tartozó zajeseményeket adott vonatkoztatási időn belül. A zajeseményszintek vizsgálati eredményeket is meghatározó legfontosabb adatai a következők:

- a vizsgálati ponton a zajeseményhez tartozó L_{Amax} maximális A-hangnyomásszint (dB);
- a zajeseményhez tartozó átrepülési idő (s);
- a zajeseményre meghatározott vonatkoztatási idő (s).

A zaj terjedését és észlelését befolyásolják még a légköri hangcsillapítás normatív adatai, a terepviszonyok és a repülési profil normatív adatai, valamint meghatározóak az egyes gépkategóriák zajadatai is. Repülőterek környezetének zajterhelését mindezen paraméterek felhasználásával számított egyenértékű A

¹ 4/1984. (I. 23.) EüM. rendelet 3. számú melléklete

hangnyomásszintekkel jellemezzük, ami az észlelt zajnak egy meghatározott időre vonatkoztatott energia szerinti átlagértéke (1. ábra).



1. ábra. Zajszint-idő függvény

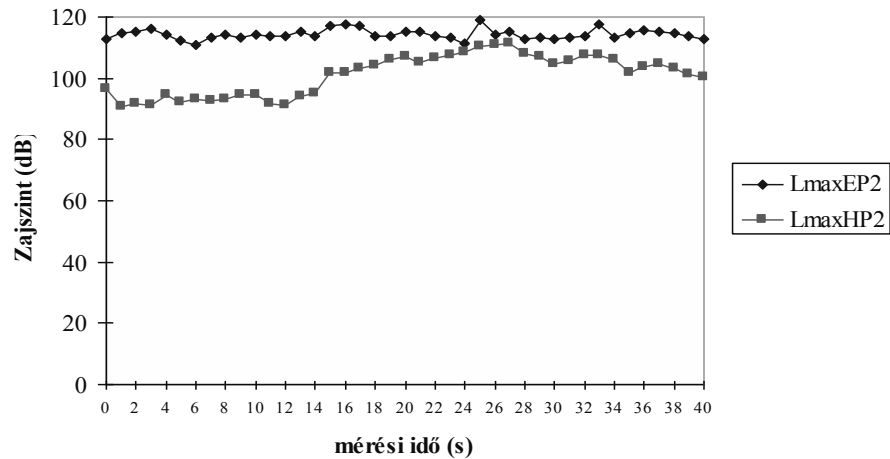
A zajmérésen alapuló vizsgálatok tapasztalatai azonban azt mutatják, hogy a zaj olyan tulajdonságokkal is rendelkezik, melyek miatt a hatás zavaróbb, mint az „átlagos” zaj. Ezt okozhatja, ha az észlelt zajban egy bizonyos frekvencián jelentős kiemelkedés vagy impulzusos jelleg van, de a zavaró hatást fokozhatja még az átrepülési idő alatt kialakuló csúcsértékek nagysága és ingadozása is. A zaj észlelésével összefüggésben lévő zajszintváltozás jelegét és összetevőit természetesen meghatározza az is, hogy minden esetben térben mozgó zajforrást vizsgálunk, ami a távolságadatokkal történő együttes értékelést is feltételezi a repülőgép mozgásából adódó üzemeltetési paraméterek felhasználásával [2]. Az így kapott eredmények elemzését végezzük el a továbbiakban, ami reményeink szerint a repülés és a zajvédelem feladatainak sikeres végrehajtásához járulhat hozzá a jövőben.

LÉGIJÁRMŰ, MINT TÉRBEN MOZGÓ ZAJFORRÁS

A repülési zaj mérését sokan a környezeti zajvédelem sajátos területének tekintik, mivel a viszonylag rövid földi üzemeltetési időktől eltekintve minden esetben térben mozgó zajforrást vizsgálunk. Lényeges szempont, hogy a térbeli jellegből adódóan a kibocsátott zaj nagy területen észlelhető, valamint nagy távolságokban is okozhat kellemetlen zajhatást, amit a legtöbb esetben hagyományos

módszerekkel nem lehet határérték alá csökkenteni. Az eredő zajszintet döntő módon meghatározó mértékadó zajforrás azonosítása természetesen ebben az esetben is alapvető feladat. Az egyes rész-zajforrások aránya mozgó forrás esetében is hatással van a lesugárzott zaj nagyságára és irányítottságára, ezért különbséget teszünk merev- és forgószárnyas repülőgépek zajszempontú vizsgálata között. Mivel korábbi vizsgálatok nyomán viszonylag nagy számban áll rendelkezésre merevszárnyú repülőgépek okozta zajmérés eredmény, további vizsgálatainkat forgószárnyas repülőgépek (helikopterek) keltette zajhatás összefüggéseinek feltárása céljából végeztük.

Helikopterek okozta zaj nagysága, spektruma és irányítottsága nagymértékben függ a gép szerkezeti kialakításától, így a zajlesugárzás irányítottsága a légszavaras és szabad hajtóművel rendelkező repülőgépektől eltérően a járműszerkezet elülső részén jelentősebb [2]. Emiatt a kialakuló hanghullámok elméleti kúpszöge is torzul, ami a zajforrás által létrehozott hangtér jellegét is sajátosan befolyásolja. Vizsgálataink alkalmával MI—8 HIP típusú helikopter közeltéri mérését végeztük el, a zajszint-idő függvényt a 2. ábra szemlélteti.

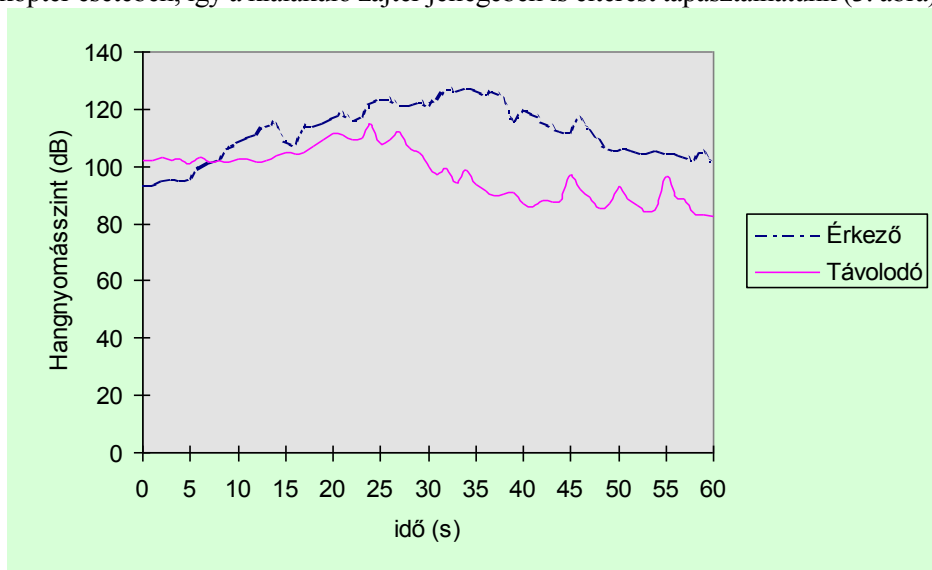


2. ábra. Hajtóműpróba zajszint-idő függvénye

A mérési pontokat (EP-helikopter előtt, HP-helikopter mögött) 50 méter távolságban jelöltük ki. Földi észlelési pontban végzett mérések során a helikopterzaj a környezeti zajból kiemelkedve fokozatosan növekszik a legnagyobb értékig, majd a gép távolodásakor egészen addig csökken, míg teljesen el nem tűnik a környezet zajában. Természetesen a zajszint-idő függvény ebben az esetben is ingadozó jelleget mutat, a pillanatnyi hangnyomásszintek maximum és minimum értékei a zajforrás tulajdonságainak megfelelően változnak.

Az átrepülési idő alatt, azaz a zajeseményhez tartozó mérési időtartamban minden esetben jól megfigyelhetőek azok a csúcsertékek, melyek a szubjektív megfigyelőnek a legnagyobb hanghatást jelentik. A gyakorlatban azonban a repülési zaj pontos reprodukálhatósága is fontos, vagyis a mérési eredmények szempontjából nem mindegy a zajeseményhez tartozó mérési idő megválasztása. Általában azt mondjuk, hogy a zajesemény kezdetének „ t_1 ” időpontja az, amikor az átrepülés során a mért hangnyomásszint az alapzajból határozottan kiemelkedik, a zajesemény végének „ t_2 ” időpontja pedig az, amikor az átrepülési zaj az alapzajban elvész. A zajmérési eredmények kiértékelése szempontjából tehát fontos, hogy a hangnyomásszint adatok csak a repülésből származó zajokat tartalmazzák.

A szubjektív érzékelés szempontjából a repülés okozta zaj megjelenése, vagyis a környezet egyéb forrásainak zajából való kiemelkedés, majd távolodáskor a környezeti zajban való eltűnés adja a zajhatást. Egy érkező és egy távolodó MI—24 HIND típusú helikopter közvetlenül a repülési útvonal alatt mért zajadataiból megrajzolt zajsztint-idő függvényének részletén megfigyelhető, hogy az érkezés és a távolodás időszakában jelentős különbségek adódnak. Természetesen az érkező és leszálló helikopter által kifejtett hajtómű-teljesítmény kisebb, mint induló és távolodó helikopter esetében, így a kialakuló zajtér jellegében is eltérést tapasztalhatunk (3. ábra).



3. ábra. Érkező és távolodó helikopter zajsztint-idő függvénye

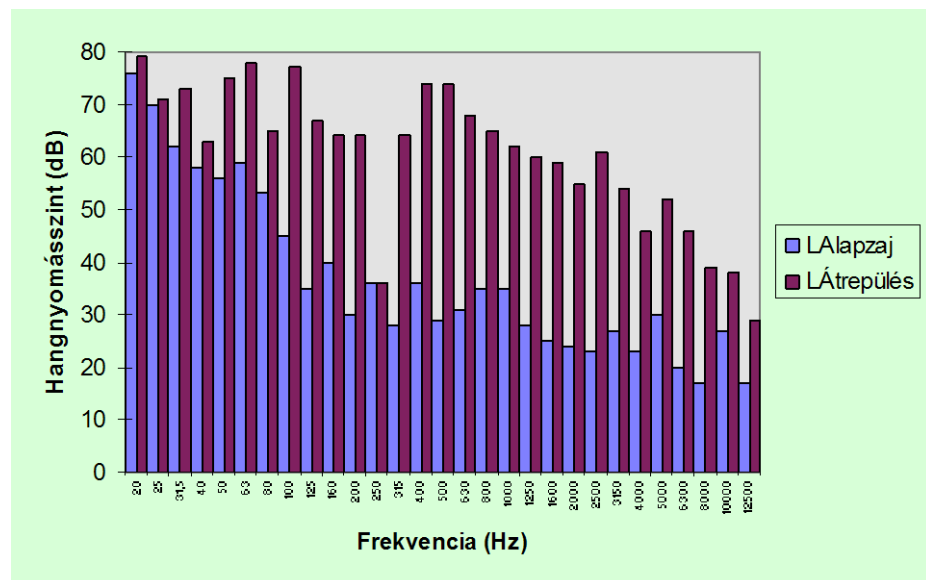
Az azonos időszakra vonatkoztatott zajsztint adatokban szembetűnő különbség, hogy a maximális értékek nem közvetlenül akkor észlelhetők, amikor a zajforrás és a megfigyelő közötti távolság a legkisebb. A különbség elsődleges oka az, hogy a forgószárny és a faroklégszárny-lapátok eltérő zajkeltése a hangtér de-

formációját okozza. A hangtér kialakulásának másik érdekessége, hogy távolodó helikopter esetében több kiemelkedő csúcshang is megjelenik, ami a zajhatás növekedéséhez vezet. Több megismételt mérésorozat adatai vezettek arra a megállapításra, hogy a mérési pont és a térben mozgó zajforrás közötti távolság növekedésével a kigyorsítás sebességétől függetlenül észlelhetők az újra és újra kiemelkedő hangnyomásszintek, ami a hosszabb mérési idő megválasztását követeli meg.

ZAJSZINTEK A FREKVENCIA FÜGGVÉNYÉBEN

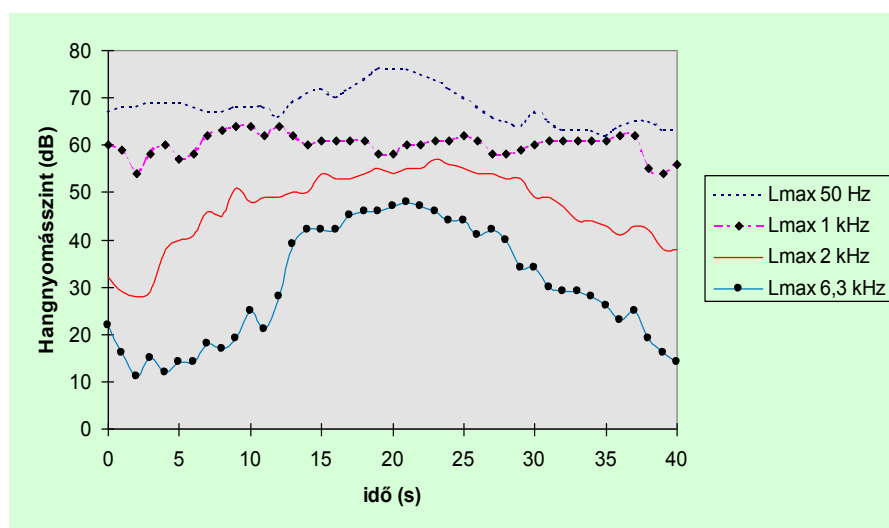
A hang zavaró jellegének — korábbi kutatási tapasztalatok alapján — a hangnyomásszint és frekvencia komplex hatását tartjuk. A zavaró hatást tovább fokozza, ha egy szűkebb frekvenciasávban kiemelkedés van, de a térben „megjelenő” és „elvező” hang eltérő jellegét is megfigyelhetjük a frekvencia függvényében.

Ennek vizsgálata céljából méréseket végeztünk a jellemző hangfrekvenciás tartományokban, mely során vizsgáltuk a „repülésmentes” időszakokban észlelhető környezeti zajszinteket is (4. ábra).



4. ábra. Jellemző zajszintek a frekvencia függvényében

Jellemző, hogy a repülési zajeseményből eredő zajban magasabb frekvenciákon az alapzaj-spektrumhoz képest egészen nagy hangnyomásszintek is előfordulnak, illetve a zajforrás megjelenésével az átlagos környezeti alapzajnál jóval magasabb zajszintek elsősorban a 100 Hz — 6,3 kHz tartományban jelentkeznek.



5. ábra. Zajsztint-idő függvény eltérő frekvenciákon

Térben mozgó zajforrás vizsgálata során tett megállapítások egy-egy frekvenciasávra jellemző zajsztint-idő függvényre is igazak. Frekvenciánként az idő függvényében változó maximális szintekkel számolhatunk, melyek hangtérben való kiemelkedése majd eltűnése hasonlít a szélessávú zaj jellegéhez. Megfigyelhető különbség azonban, hogy alacsonyabb frekvencián a zajsztint-idő függvény laposabb, azaz a teljes átrepülési idő alatt kisebb hangnyomásszint-növekedéssel számolhatunk. Magasabb frekvenciákon (pl. 2 és 6,3 kHz) a növekedés és csökkenés szakasza meredekebb, és a kezdeti értékeknél jóval nagyobb csúcsertékek jelennek meg (5. ábra).

KÖVETKEZTETÉSEK

A repülési zaj mérését és értékelését több olyan szempont figyelembevételével végeztük el, mely a korábbiakhoz képest eltérő eredményt ad. A vizsgálati adatok jól mutatják, hogy a repülési zaj csökkentéséhez az egyes jellemzők részletesebb elemzésére is szükség van, ami a kialakuló hangtér jobb megismerését is eredményezheti. Tekintve, hogy a zajjellemzők kis változása is hatással van az eredő hangnyomásszintek észlelésére, a zajesemények alaposabb vizsgálata vezethet eredményes zajcsökkentéshez, valamint a zajkeltés és észlelés közötti összefüggések feltárásához.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] ROHÁCS J.—FÁBIÁN T.—KESZTHELYI GY.—POKORÁDI L.: A magyar repülés fejlesztésének tudományos feladatai, X. Magyar repüléstudományi napok, Szolnok 1993., II. kötet 206-218.
- [2] BERA J., Influence of operational conditions on noise evaluation, Proceedings of Second Conference on Mechanical Engineering, Springer orvosi Kiadó, 2000. május, p. 356-360.