

Bera József, Bera Bálint

HELYZETELEMZÉS REPÜLŐTÉR ÉS ZAJTERHELÉS ÖSSZEFÜGGÉSEIRŐL

A környezetvédelmi elemzések az aktuális feladat függvényében kitérnek a vizsgálatba vont környezeti helyzet feltárására, az ok-okozati összefüggések és a környezeti igénybevételben bekövetkező változások megismerése azonban rendszerint a háttérbe szorul. Nincs ez másképp a légi közlekedés és a repülőtér üzemeltetés vonatkozásában sem. A légi forgalomból eredő környezetterhelést a legtöbb ember a zajterheléssel hozza összefüggésbe, az elfogadható környezeti állapotot a zajhatáson keresztül ítéli meg. Ennek következménye, hogy a kíméletes környezethasználatnál egyéni és társadalmi szinten egyaránt a zajterhelés kerül középpontba. Ez kérdések sorát veti fel, mivel a környezethasználó és az érintett környezet alanyai között szinte folyamatos a zaj miatti konfliktus. A környezeti párbeszédkonfliktus kezelése megkívánja a tényleges, repüléssel összefüggő zajhelyzet és légi forgalom vizsgálatát, ebben a vonatkozásban elvégzett méréseink eredményeiről számolunk be az alábbiakban.

Kulcsszavak: repülőtér, légi közlekedés, környezeti zaj, kíméletes környezethasználat.

1. BEVEZETÉS

Se szeri se száma azoknak a frappáns mondatoknak, melyek a környezetvédelem jelentőségére hívják fel valamilyen formában a figyelmet. A legtöbb ember egyet is ért ezekkel a mondatokkal, majd változatlan módon használja, sok esetben terheli környezetét élete során. A „klímaváltozás, mint legsürgetőbb fenyegetés” – „az ember eleve a természet része” – „minden gramm családi ékszerre jut egy tonna hulladék” – „lassan sikerül magunk körül mindent tönkretenni” – „ezt a bolygót nem a szüleinktől örököltük” – „a Föld nem az emberé, ő csak egy parányi része” és az ehhez hasonló szlogenek ma már olyan emberek mondatai, akik mesterségüket és életüket tekintve mással foglalkoznak, nem a környezet védelmével.

Írók, költők, filmszínészek és politikusok mutatnak rá időről-időre a környezetvédelemre, miközben a kritikával illetett környezethasználat más emberekhez hasonlóan részükről sem változik meg jelentős mértékben. Modern korunk vívmányait veszik igénybe ők is, természetes számukra az összkomfortos élettér, a mindig és mindenhol rendelkezésre álló energia, valamint az utazás lehetősége. Elfáradtál vagy nyugalomra vágysz a munka után? Vagy csak egy díjat kell átvenned a világ egy távoli pontján? Esetleg szórakozni, nyaralni vagy síelni szeretnél? A kiválasztott úti cél megközelítésében ma már nincs akadály.

Rendelkezésre állnak mindazon közlekedési eszközök, melyek bárkit eljuttatnak a világ bármely pontjára, de szűkebb környezetében is több lehetőség közül választva, valamilyen járművel utazás mellett dönt a legtöbb ember. Ezek a lehetőségek a közlekedési rendszerek rendelkezésre állásával vannak összefüggésben, mely rendszerek részeként kell említeni a légiközlekedést is. A repülés az emberi élet meghatározó elemévé nőtte ki magát, a megnövekedett utazási távolság és a lerövidült utazási idő a civilizációs társadalom szerves részeként jelenik meg. Kijelenthetjük, hogy repülés nélkül sérülnének a társadalmi folyamatok, több szempontból is összeomláshoz vezetne a légi közlekedés hiánya.

A légi közlekedés ugyanakkor nemcsak rendelkezésre áll, a folyamatos technikai fejlődés egyik mozgatórugójaként is tekinthetünk rá. Eközben az emberi élet összetettségét tekintve sok esetben nem a környezethasználat miatt kerül a figyelem középpontjába, hanem a környezetbiztonság szempontjából kap vezető szerepet egy-egy kitűzött utazási vagy szállítmányozási, esetenként biztonsági és mentési feladat végrehajtásában. Környezetbiztonság oldaláról megközelítve mind a repüléssel és a légi közlekedés létesítményeivel, mind a rendelkezésre állással kapcsolatban látni kell, hogy más közlekedési ágazatokhoz hasonlóan a repülés funkciója is kiegészült több, a környezetvédelmet is érintő tényezővel.

Ezek egyrészt azok a jellemzők, melyek más közlekedési rendszerekhez képest a környezeti hatékonyság szempontjából kedvezőbbek, másrészt a 21. századra megjelent a kiépítettség és a meglévő létesítmények fenntartásának szükségessége, ami a használat esetleges visszaszorításából keletkező környezeti károkkal van összefüggésben. Globálisan és egy-egy régió szintjén is megjelenő új környezetvédelmi szempont, hogy kedvezőbb a meglévő közlekedési rendszerek kíméletes környezethasználat melletti fenntartása, mint az esetleges felhagyás és a tevékenység korlátozása. Hiszen egy közlekedési lehetőség, például a repülés visszaszorításával az utazási és szállítási igény még nem változik, csak kényszerűen áttérrelődik egy másik közlekedési mód felé, ahol nincs megfelelő kapacitás.

Mit kezdjünk tehát a napjainkra kialakult környezeti problémával, miközben rendelkezésre állnak azok a létesítmények, melyek az emberiség növekvő utazási és szállítási igényeit szolgálják nap, mint nap? A kérdés megválaszolása a repülőterek üzemeltetésére és a légi közlekedésre is kiterjed, ami olyan kutatások elvégzését igényli, melyek a tényleges környezeti állapotot tárják fel a környezethasználat és a környezeti állapottényezők változásainak együttes értékelésével.

2. KÖRNYEZET ÉS REPÜLÉS KAPCSOLATA

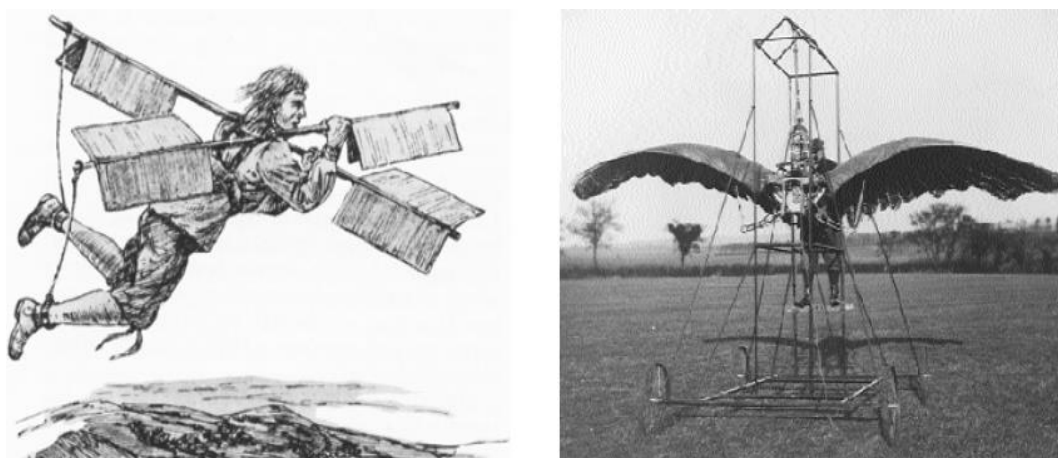
Mindaddig, amíg a levegőben maradás megvalósítása volt a kitűzött cél, nem számított a környezetvédelem. Nem is lehetett megfogalmazni környezetvédelmi szempontokat, amikor a repülés még gyerekcipőben járt, az úgynevezett hőskor nem képviselt olyan változásokat, melyek kihatottak volna a környezetre. Hosszú volt az út, mire a mai légiközlekedési eszközök és a repülés létesítményei kialakultak. Később eljött az idő, amikor egyértelművé vált, hogy a technikai fejlettség környezetvédelem nélkül ellenszenvet vált ki a környezetben, a repüléssel szemben is kialakult egyfajta ellenállás azok részéről, akik repülőtér vagy leszállóhely közelében élnek. Mindez már olyan konfliktushelyzet kialakulásához vezetett, amit csak kétoldalú szabályozással, illetve a *kompromisszum feltétel* érvényesítésével [1] lehet kezelhetővé tenni. A környezet és repülés kapcsolatát célszerű abból az irányból vizsgálni, hogy azok mikor és milyen jellemzők mellett jelentek meg az ember történelmében.

2.1. A repülés, mint környezeti hatás

Az ember először a madarakhoz hasonlóan szeretett volna a repülni, de ehhez nem rendelkezett a szükséges adottságokkal. Ezért jelenítette meg azokat a repülő isteneket, akik állatok hátán, vagy szárnyak segítségével repkedtek. Mivel a légi utazás gondolata – megfigyelések alapján – a madarakhoz kapcsolódott, az ember számára a madarak jelentették a példát a levegőbe emelkedéshez, az első kísérletezők is a madarak röptét utánozták, jellemzően sikertelenül. Ezt az

utat követte az ókor embere is, a repülés klasszikus megvalósításakor a görög Daidalosz és Ikarosz történetét említjük. Ők fogságból való szabadulásukhoz szárnyakat készítettek, melyben a tollakat viasszal és mézzel rögzítették egymáshoz. Útközben azonban Ikarosz túl közel repült a Naphoz, miáltal a viasz megolvadt és a tollak kilazultak a szárnyakból, majd Ikarosz a tengerbe zuhant.

A középkorból is maradt ránk olyan írás, ami arról tanúskodik, hogy mesterséges repülő szerkezet építését fontolgatták az akkori gondolkodók. Ezek a szerkezetek az ember által megszerkesztett szárnyak voltak, melyek csapdosták a levegőt. Ezek a kísérletek sem hoztak sok sikert a repülési vágyalom megvalósításában, amit III. Nagy Iván orosz cár és moszkvai nagyfejedelem (1440–1505) úgy értékelt egy bátor, de sikertelen repülési kísérlet után, miszerint „az ember nem madár, hogy szárnya legyen, ha mégis készít magának fából szárnyakat, a természet ellen cselekszik”. Csapkodó szárnyas kísérletek láthatók az 1. ábrán.



1. ábra Csapkodó szárnyas repülési kísérletek [2]

Annak ellenére, hogy a csapkodó szárnyú szerkezetek alkalmatlannak bizonyultak a repülésre és az ember légi úton való szállítására, az akkori gondolkodók nem ingottak meg. Ezt igazolja Sir George Cayley (1773–1857) munkássága, aki úttörő szerephez jutott a siklórepülőgép felépítésével és a repülési stabilitás igazolásával. A siklórepülőgépek fejlesztésének azonban jelentős akadálya volt a meghajtáshoz szükséges erőforrás hiánya. Az erőforrás a kezdetekben a gőzgépen alapult, az első szabadalom 1842-ben született meg, amikor William Samuel Henson angol mérnök (1812–1888) bemutatta az első gőzmeghajtású repülőgépet.

Nagy előrelépés a 19. század végén és a 20. század elején következett be, amikor Franciaország vált a repülőgép fejlesztés központjává. De említést kell tenni Alekszandr Fjodorovics Mozsajszkij orosz tengerésztiszt, ellentengernagy (1825–1890) találmányáról is. Mozsajszkij bizonyítottan 1882. július 20-án mutatta be néhány tíz méteres repülésre alkalmas motoros repülőszerkezetét. A repülőgépet egy 10 lóerős gőzgép hozta mozgásba és a levegőbe emelkedést követően 20–30 méteres repülési távolságot tett meg.

A hivatalos iratok alapján a történelem első nyilvános motoros meghajtású repülését Wilbur Wright (1867–1912) és Orville Wright (1871–1948) hajtotta végre 1903. december 17-én az amerikai Kitty Hawkban, amit az első nyilvános repülésként tart számon a történelem. Orville 39 métert repült 12 másodperc alatt, Wilbur 279 métert repült 59 másodperc alatt.

A Flyer I elnevezéssel említett repülőgépük 340 kg volt és egy 12 lóerős, 77 kg tömegű motor hajtotta. Munkásságuk egyik jelentősége, hogy a repülőgép irányíthatóságára is hangsúlyt helyeztek, ami tartós repülést tett lehetővé. Sikereiket mutatja, hogy a világ legképzettebb vitorlázó pilótái voltak, illetve ők már repülőteret alakítottak ki Dayton közelében. A repülőgépük a 2. ábrán látható.



2. ábra Wilbur és Orville Wright repülőgépe [3]

A motoros repülés ettől fogva fokozatosan tért hódított az egész világon, a motorgyártás és a sárkányfejlesztés megélénkült, a minőségi jellemzők évről-évre javultak. Már a kezdeti fejlődési tendenciát is jól szemlélteti, hogy Igor Ivanovics Szikorszkij (1889–1972) Oroszországban, tíz esztendővel az első repülőgép felszállása után, 1913-ban megépítette az első többmotoros repülőgépet. Az ő nevéhez fűződik az első többmotoros utasszállító repülőgép 1914-es megépítése is, illetve az első sorozatban gyártott helikopter, a Sikorsky R-4, 1942-ben. Megkezdődött tehát a repülés folyamatos fejlődése, amiből a magyarok sem maradhattak ki.

Magyarországon az első, repülőgéppel levegőbe emelkedő ember a Budapestre látogató Louis Blériot (1872–1936) francia konstruktőr és pilóta volt 1909. október 14-én. Ezt hamar követte egy másik, már magyar kötődésű esemény. Adorján János (1882–1964) gépészmérnök 1910. január 10-én felszállt az első minden szerkezeti elemét tekintve magyar tervezésű Libelle nevű repülőgéppel. A repülőgép kéthengeres és 18,4 kW-os motorját Dedics Ferenc tervezte és készítette. A legjelentősebb magyar géptervező-aviatikus Zsélyi Aladár (1883–1914) gépészmérnök volt, aki Magyarországon elsőként készített aerodinamikai és szilárdságtani számítások alapján repülőgépet. A Zsélyi I. nevű repülőgépével 1910. március 15-én emelkedett a levegőbe. Ezt megelőző fontos esemény volt Bartha Miksa (1853–1930) és Madzsar József (1876–1940) szabadalma a stabil és kormányozható emelő (helikopter) forgószárny kialakításáról.



3. ábra Első sikeres helikopteres repülések egyike [3]

Az első magyar vizsgázott pilóta Petróczy István százados (1874–1957) volt, aki 1910. szeptember 28-án nyerte el a címet. Később a Bécs melletti Fischamen-ben repülőkísérleti állomást hozott létre, ahova az Osztrák-Magyar Monarchia egyetemeiről és tervezőirodáiból gyűjtötte össze a legjobb szakembereket. Ebben az intézetben kapta feladatul Petróczy István, Kármán Tódor (1881–1963) és Zurovecz Vilmos a helikopter kifejlesztését, ugyanitt az emelőlégcsavar megtervezését és kivitelezését Asbóth Oszkára (1891–1960) bízták. Az első sikeres helikopteres repülések egyike a 3. ábrán látható.

A feltalálók példáját százával követték a kísérletező emberek, akik különféle szerkezeteket építettek a levegőbe való felemelkedéshez. Az első, majd a második világháború katonai repülése lendületet adott a légi közlekedésnek és a repülőeszközök felhasználásának, a különféle harci és szállító repülőgépek számos tapasztalattal bővítették a fejlesztők ismerettárát. A második nagy világégés után ismét fejlődésnek indult a polgári repülés, melyben az Amerikai Egyesült Államok járt az élen. A Lockheed, a Boeing és a Douglas repülőgépei például a piac elismert járművei lettek. Világszerte egyre több repülőgép épült, a szállítási teljesítmény, a repülési magasság és sebesség folyamatosan növekedett, megjelentek a korszerű sugárhajtóművek az egyre fejlettebb légcsavaros gépek mellett.

A merevszárnyú repülőgépek mellett egyre több szerepet kapott a forgószárnyas légi jármű is, a helikopteres repülés számos helyen a környezetbiztonság és a speciális szállítási feladatok eszköze lett. A technikai fejlődés a 21. századra elért odáig, hogy a légi járművek fejlesztése mellett a repülőterek kialakítása és folyamatos korszerűsítése is központi helyet kapott a fejlesztésekben. A motoros repülés jelentette a nagy áttörést abban a folyamatban, ami a korszerű repülő megjelenéséig tartott, kifejlesztés helyett ma már a korszerűsítésükről és modern repülésről beszélhetünk. Az ember önmaga nem képes a levegőbe emelkedni, ezért kényszerű, de eredményes megoldás számára a repülőszerkezetek és a motoros meghajtás alkalmazása. Az álom megvalósítása azonban ezen a ponton a környezettel és a természetes folyamatokkal is kapcsolatba került.

2.2. A környezet, mint hatásviselő

Amikor a természet még csak az élelem és az életfeltételek forrását jelentette, az ember kismértékben volt hatással környezetére, ember és környezete passzív egyensúlyban volt, azaz stabil állapotban. A gyűjtögetés, a halászat, a vadászat és a lakóhely kialakítása kezdetben nem járt a környezeti levegő, a vizek és a földtani közeg olyan szennyezésével, hogy természetidegen anyagok vagy hulladékok keletkezzenek, az ember tevékenysége nem okozott zavaró hanghatásokat. Kezdetekben például a hang informatív tartalma kiemelt jelentőséggel bírt, ekkor a zaj, mint kellemetlen hanghatás jelentését az ember még nem ismerte. Később ember és környezete viszonyát a civilizált társadalmak megváltoztatták azáltal, hogy az ember mindinkább képessé vált az őt körülvevő anyagok, tárgyak és a természeti erőforrások átalakítására. Hol kapott a maihoz hasonló szerepet a közlekedés az ember-környezet rendszer passzív egyensúlyának megváltozásában?

A természet adta lehetőségek kiaknázása az ember számára minden korban – az ókortól kezdődően egészen napjainkig – erdőirtással, mocsarak lecsapolásával, folyóvizek elterelésével járt, idővel az emberek rájöttek az öntözés hasznára és lehetőségeire, később már utakat is építettek közlekedési célzattal. Kezdetben azonban csak a közvetlen érintettség fordította az emberek figyelmét arra a lokális környezetre, ami körülvette őket, illetve ahonnan az őket érő hatások

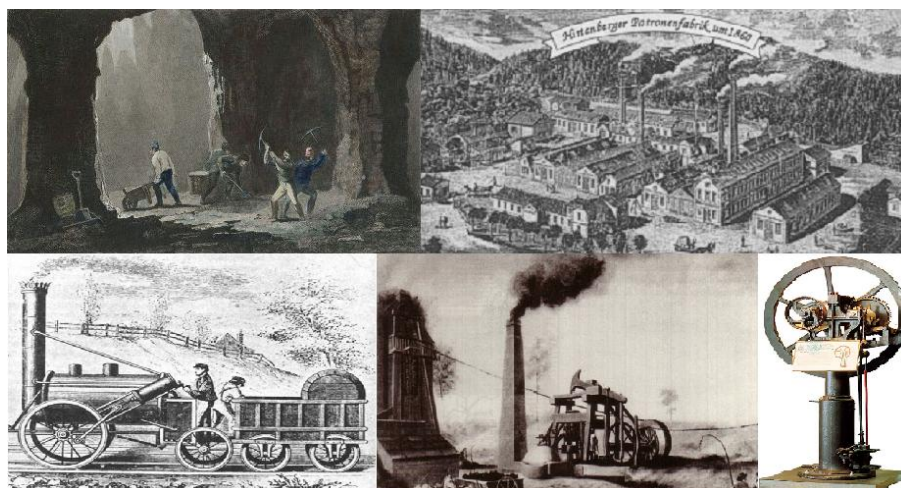
származtak. Figyelmük ugyanakkor egyre inkább kiterjedt minden hatásra, ami az életminőséget befolyásolta, így a kellemetlen hanghatások ellen is védekeztek.

Jelenlegi ismereteink alapján kijelenthetjük, hogy

- a környezetbe való beavatkozás örök emberi cselekvéssé vált, ami megteremtette a modern környezetvédelem alapjait.

Jelentősebb és környezettudatos magatartáshoz a mezőgazdasági termelés, a bányászat, a kohászat, a nagyobb településeken keletkező szennyvíz- és hulladékmennyiség kezelési igénye, valamint a közlekedés fejlődése vezetett. A környezeti hatások elleni védekezéshez a technikai fejlődés számos találmányt adott, ami a biztonságot és a kényelmet jelentette sokak számára, a betegségek és járványok elleni védekezésben segített, de több felfedezés a rombolás és a pusztítás eszközeit is megteremtette. A háborúk jelentős környezetszennyezést okoztak, a megváltozott és szennyezett környezet helyreállításáról is gondoskodni kellett.

Az emberiség történetének jelentős állomása volt a gőzgép feltalálása, ettől az időponttól és az ipari forradalomtól – 1769 és 1850 között Nagy-Britanniában, majd Európa fejlett országaiban és Észak-Amerika egyes régióiban zajlott le – kezdve gyorsan mélyült a szakadék ember és környezete viszonyában. Az ipari forradalommal azonosított változások elválaszthatatlanok a modern környezetvédelem kialakulásától. A 4. ábrán az ipari forradalom pillanatképeit szemlélítjük.

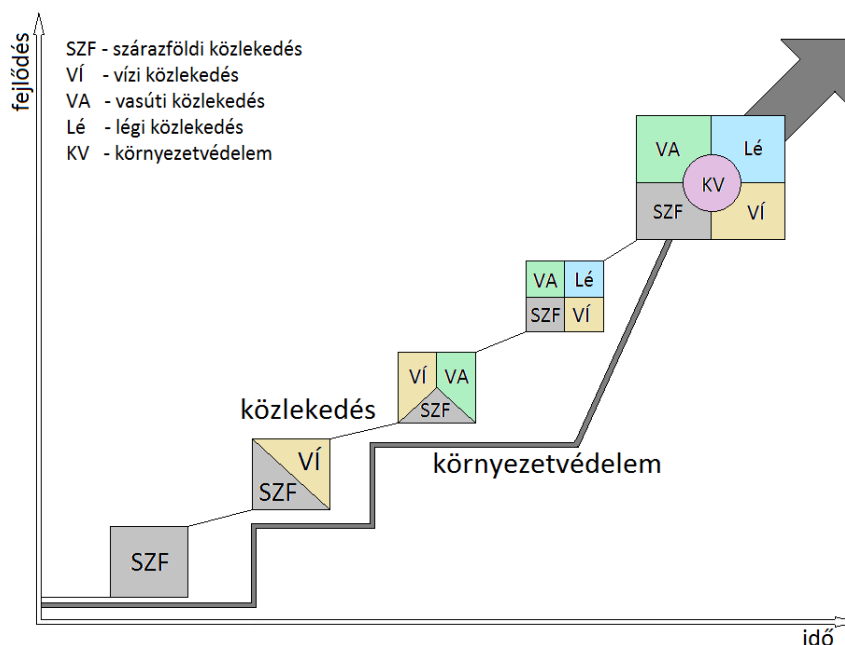


4. ábra Pillanatképek az ipari forradalomból [3]

A modern környezetszennyezés a széntüzelésű gőzgép feltalálásával, valamint a textilüzemek gépesítésével elkezdődött, ezután gyorsan bekövetkezett a gőzhajtású hajók és a gőzvasút használata, ami további lendületet adott a fejlődési, valamint a környezetszennyezési folyamatnak. Ezzel együtt az emberek számára kitért a világ, egyre nagyobb távolságokat tettek meg, az utazási szokások is jelentősen átalakultak. Az 1871 és 1914 közötti időszak a technológiai érettség kora volt, amikor a vegyészet, az acél- és olajipar, valamint az elektromosság találmányai az emberi jóléthez szükséges áruk és termékek tömeges előállítását is lehetővé tették. De ezzel együtt a tömeges szállítás igénye is megfogalmazódott, egyre nagyobb mennyiségben és egyre nagyobb távolságokra kellett szállítani.

A 21. századra a kibocsátások mellett a rendelkezésre álló energiahordozók felhasználása lett a környezetvédelmi gondok egyik oka, hiszen a Föld évmilliók alatt képződött energiatartalékait nagyon rövid idő alatt használjuk el. Másik ok, hogy az energiahordozók felhasználása azok

fejezet) és a környezetvédelem (lásd 2.2. fejezet) kialakulásának folyamatát tekintve, a 21. században elengedhetetlen a kettő közös modernizációja, ami a jelenlegi szemléletmód korszerűsítésével lehetséges. Új szemléletmód alapja ugyanakkor a környezetvédelmi probléma olyan megközelítése, ami az emberi tevékenységeket és az emberi elme által létrehozott műszaki találmányok használatát helyezi középpontba, majd ehhez kapcsolja a környezetvédelmi érdekek találmányait. Mindez a modern környezetvédelem nélkül elképzelhetetlen, a folyamatot a közlekedés – ezen belül a légi közlekedés – oldaláról megközelítve a 6. ábrán foglalunk össze.



6. ábra Modern környezetvédelem és modern közlekedés fejlődési folyamata [saját szerkesztés]

A 6. ábra alapján érzékelhető, hogy a különböző közlekedési módozatok fokozatosan kerültek be a folyamatba a technológia fejlettségének megfelelően. A repülés kiteljesedést adott a fejlődésben, egyben a modern közlekedés kialakulását is elősegítette. A környezetvédelem fejlődésére szintén jellemző a fokozatos fejlődés, az ember valamilyen módon mindig kapcsolatban állt a környezetével, és a meglévő ismeretei birtokában adott válaszokat a környezeti hatásokkal kapcsolatos kérdésekre. A modern környezetvédelem már valamennyi hatást felöleli az anyagi és az energia jelegű szennyezésekre kiterjedően.

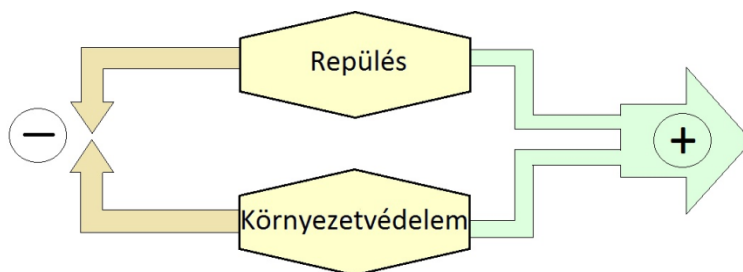
Mi az 1769 és 1850 között Nagy-Britanniában, majd Európa fejlett országaiban és Észak-Amerika egyes régióiban lezajlott ipari forradalomhoz kötjük azt a kiugrást, ami világ olyan változásaihoz vezetett, ami a környezetvédelemre is meghatározóan hatott. A technikai fejlettség ekkortól adott olyan lehetőségeket és eszközöket az emberiségnek, melyek a környezethasználatot minőségében és mennyiségében jelentősen megváltoztatta. Látható, hogy a repülés és a környezetvédelem gyors fejlődési szakasza párhuzamosan zajlott le, napjainkban pedig a két folyamat több ponton is összefonódik. A 21. században nincs repülés környezetvédelem nélkül és nincs környezetvédelem repülés nélkül.

A kapcsolatokat természetesen a környezeti hatások jellemzői határozzák meg, megítélésük is erre való figyelemmel történik. Ebben a megítélésben szükségszerű követelmény a környezeti hatással érintett személyek és környezeti elemek reakciója. Sajnálatos tény, hogy a folyamatban

jelenleg még háttérbe szorul a természetes vagy eredeti környezeti helyzet megváltozása, a változás mértéke és a változás jellemzőinek összevetése. Mivel a környezetvédelmi fejlődési tendencia kihat a légi közlekedésre is, felmerül a kérdés, hogy merre tovább, hogyan alakul a környezetvédelmi jövőkép a repülés és a repülőtér üzemeltetés számára? A kérdésre a modern környezetvédelem alapján felállított *FTF* összefüggéssel adunk választ:

$$\text{felismerés (F)} + \text{tudatosság (T)} = \text{fejlettség (F)} \quad (1)$$

Az (1) szerinti *FTF* összefüggésben az (F) felismerés meghatározza a jövőbeni környezetvédelmi cselekvési irányokat is. Nem elég tehát a környezetvédelmi szándék – annak ellenére, hogy szintén a modern környezetvédelem meghatározó eleme –, a környezeti hatások azonosítása és megismerése még sokáig elsődleges marad. A cselekvési irány meghatározása a *környezetvédelmi polaritás* (ellentettség) alapján történhet, amit a 7. ábra szerinti kapcsolati hálóval azonosítunk. A környezetvédelmi polaritás természetesen a repülésre, illetve a repülőtér üzemeltetési folyamatokra is kiterjeszthető.



7. ábra Környezetvédelmi polaritás a közlekedés vonatkozásában [saját szerkesztés]

A "környezetvédelmi polaritás" kifejezés a fizikai eredetű polaritás fogalomra épül, amit abban az értelemben használunk, hogy két szembenálló mozzanat a közöttük fennálló összefüggések miatt egymásra irányul. A meghatározott irányulás mindkét pólus alkotóeleme, korrelációban és feszültségi egységben állnak egymással.

A környezetvédelem szintén az ellentétes cselekvések összhangjára épül, hiszen a környezetbe való anyag és energia kibocsátás szükséges velejárója a légi közlekedésnek, ami a környezet védelmére irányuló cselekvéssorozatot generál. Feszültség keletkezik a két ellentétes folyamatban, a polaritás egyfajta feszültségi egységet képez a két irány között. A környezetvédelmi polaritás tehát a továbbiakban meghatározza, hogy egy légi jármű üzemeltetésével vagy egy légi közlekedési létesítmény működtetésével kapcsolatos tevékenység fenntartható legyen a szabályozó vagy korlátozó intézkedések mellett.

A környezetvédelmi polaritás függ azoktól a tényezőktől, melyek a légi közlekedés környezeti hatásait, azok mértékét és jellemzőit befolyásolják. Jelentőséget tulajdonítunk azoknak a jellemzőknek, melyek a hatás kezelése folytán kevésbé jelennek meg, mint környezeti probléma, a légi üzemeltetési folyamatokba beépíthetők. Vannak azonban olyan kibocsátási formák, melyeknél a sztochasztikus jellemzők nagy száma miatt a környezeti probléma kezelése nehéz. Ezek a sztochasztikus jellemzők a kibocsátás és a környezet oldalán is azonosíthatók, ebbe a körbe tartozik a környezeti zaj és zajterhelés is.

3. KÖRNYEZETI ZAJ ÉS A LÉGI KÖZLEKEDÉS

Repülőtér működésével összefüggésben fellépő zajterhelés kezeléséhez – tekintettel a meglévő repülőterekre is – a légi forgalom szabályozása elsődleges eszközként jelenik meg. A szabályozás alapját adja a rendelkezésre álló jogszabályi környezet, ami a jogszabályokban hivatkozott műszaki előírásokkal egészül ki. A szabályozás jellegzetessége, hogy az általános környezeti zaj- és rezgés vonatkozású jogszabályok a légi közlekedésre kevésbé írnak elő kötelezettségeket, ezek a repülőterek zajgátló védőövezet kijelölésének szabályainál jelennek meg.

3.1. Környezeti zaj általános szabályai

Zaj és rezgés ellen védendő környezetben és építmények környezetében a környezeti zajt és rezgést okozó üzemi, építési, szabadidős, valamint közlekedési zaj- vagy rezgésforrások üzemeltetésének, értékelésének és minősítésének zaj és rezgés vonatkozású keretszabályait a környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól szóló 284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet tartalmazza.

A 284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet meghatározza a következőket:

- a közlekedési zaj- vagy rezgésforrások körét;
- a környezeti zaj- vagy rezgésforrás üzemeltetőjét;
- szabályokat és kötelezettségeket a különböző környezeti zaj- és rezgésforrások létesítésével és működtetésével kapcsolatban;
- a veszélyes mértékű környezeti zaj és rezgés fogalmát.

Amellett, hogy a 284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet tartalmazza a környezeti zaj és rezgés elleni védelem általános szabályait, a repülőterek üzemeltetésére, a légi közlekedésre és a légi jármű forgalomra a fogalmi meghatározásokon túl további előírást vagy kötelezettséget nem állapít meg.

A zaj és rezgés ellen védendő területek, illetve építmények és épületek figyelembevételével előírt zaj- és rezgésterhelési határértékek a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról szóló 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendeletben találhatók.

A 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet tartalmazza a következőket:

- a megítélési szint (L_{AM}) fogalma;
- a megítélési szintben kifejezett határértékek;
- a jelentős zajterhelési határérték túllépés meghatározása;
- zajterhelési határértékek teljesülésének helye és szabályai.

A közlekedéstől származó zaj terhelési határértékeit zajtól védendő területeken a 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet 3. mellékletben foglaltak alapján – repülőtértől, valamint a nem nyilvános fel- és leszállóhelyektől származó zajra – az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Az 1. táblázat „A” oszlopába tartoznak az olyan repülőterek, vagy nem nyilvános fel- és leszállóhelyek, ahol 5,7 tonna maximális felszálló tömegnél kisebb légszavaros repülőgépek, illetve 2,73 tonna maximális felszálló tömegnél kisebb helikopterek közlekednek. Az 1. táblázat „B” oszlopába tartoznak az olyan repülőterek, vagy nem nyilvános fel- és leszállóhelyek, ahol 5,7 tonna maximális felszálló tömegű vagy annál nagyobb légszavaros repülőgépek, 2,73 tonna

maximális felszálló tömegű vagy annál nagyobb helikopterek, valamint sugárhajtású légi járművek közlekednek.

Sor-szám	Zajtól védendő terület	Határérték (L_{TH}) az $L_{AM,kö}$ megítélési szintre [dB]			
		A oszlop repülőtértől, illetve a nem nyilvános fel- és leszállóhelyektől származó zajra		B oszlop repülőtértől, illetve a nem nyilvános fel- és leszállóhelytől származó zajra	
		Nappal (06-22 h)	Éjjel (22-06 h)	Nappal (06-22 h)	Éjjel (22-06 h)
1.	Üdülőtérület, különleges területek közül az egészségügyi terület	55	45	60	50
2.	Lakóterület (kisvárosias, kertvárosias, falusias, telepszerű beépítésű) az oktatási létesítmények területei, és a temetők, a zöldterület	60	50	65	55
3.	Lakóterület (nagyvárosias beépítésű), a vegyes terület	65	55	65	55
4.	Gazdasági terület	65	55	65	55

1. táblázat Zajterhelési határértékek [5]

A megítélési szint értelmezése a stratégiai zajtérképek, valamint az intézkedési tervek készítésének részletes szabályairól szóló 25/2004. (XII. 20.) KvVM rendelet 3. számú melléklet 1.1. pontja és 5. számú melléklet 1.1. pontja szerint történik. Az $L_{AM,kö}$ megítélési szint meghatározására irányadó, a hivatkozott 25/2004. (XII. 20.) KvVM rendelet szerinti módszer azonban a légi közlekedési zajra nem terjed ki.

A követelményértékek ellenőrzésére és az érintett területek adottságai szerinti alkalmazására vonatkozó előírásokat a zajkibocsátási határértékek megállapításának, valamint a zaj- és rezgés kibocsátás ellenőrzésének módjáról szóló 93/2007. (XII. 18.) KvVM rendelet tartalmazza. Repülőtér és a légi közlekedés vonatkozásában a 93/2007. (XII. 18.) KvVM rendelet 4. § (4) bekezdés szerint „A légi közlekedési zaj mérését az MSZ 13-183-3:1992 számú, illetve az MSZ 13-183-4:1992 számú szabvány alapján vagy azzal egyenértékű eredményt adó mérési módszerrel kell elvégezni.”

A légi közlekedéstől származó zajterhelés mért értékeinek dokumentálására külön jogszabályi – például a 25/2004. (XII. 20.) KvVM rendelet szerinti – hivatkozás nincs. Fentiek alapján a 93/2007. (XII. 18.) KvVM rendelet, ami zajkibocsátási határértékek megállapításának, valamint a zaj- és rezgés kibocsátás ellenőrzésének módjáról szól, csak a repülési zaj mérési módszerére fogalmaz meg előírást. Lényeges, hogy a vizsgálati előírások a határértékek ellenőrzése tekintetében összhangban vannak a határérték rendelettel, illetve a mérési követelmények vonatkozásában a kettőt együtt alkalmazzuk. Ezek közül kiemeljük a megítélési idő problémáját – például a nappali 16 óra és az éjszakai 8 óra megítélési idő –, ami a zaj megítélésben számos konfliktust eredményez.

3.2. Környezeti zaj kezelése a repülés vonatkozásában

Repülés vonatkozásában az általános érvényű zajszabályozás első áttekintésre hiányosnak tűnhet. Ezért hangsúlyozni kell, hogy a zaj elleni védelem szabályai elsősorban a követelményértékek vonatkozásában érvényesülnek előírva az alábbiakat:

- zajterhelési határértékek;
- határértékek meghatározási módja.

További, a repülési zaj, illetve repülőterek vonatkozásában az üzemeltetés és a légi forgalom szabályozására irányadó előírás külön jogszabályokban található (ezek jelen tanulmány megírásának idején hatályban vannak) [6] [7].

3.2.1. Zajgátló védőövezetek kijelölése

Repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének szabályairól szól a 176/1997. (X. 11.) Korm. rendelet. A rendelet hatálya a légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. törvény 37. §-ában meghatározott minden olyan repülőtérre kiterjed, amelyet motoros repülőgépek és helikopterek rendszeresen használnak.

A 176/1997. (X. 11.) Korm. rendelet 2. § (1) bekezdése értelmében zajgátló védőövezet a repülőtér környezetének az a része, amelyen a repülőtér üzemeltetéséből számított mértékadó zajterhelés meghaladja a közlekedésből származó környezeti zajnak külön jogszabályban – ez jelenleg a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról szóló 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet – meghatározott zajterhelési határértékeit. Nem tartozik a zajgátló védőövezetbe a repülőtér telekhatárán belül lévő terület. A zajgátló védőövezetnek az a része, amelyen a környezeti zaj szempontjából védendő objektumok vagy védett természeti területek találhatók, fokozottan zajos területnek, illetve övezetnek minősül, így kiemelt figyelmet érdemel.

A zajgátló védőövezet önmagában a légi jármű működtetéstől és a repülőtér üzemeltetéstől, illetőleg a légi forgalomtól származó zaj elleni védelmet nem jelent, tehát a zaj ellen nem véd, és nem gátolja a zaj terjedését. Ezért a fogalmi meghatározás félreértést okozhat. A zaj elleni védelmet a zajgátló védőövezet kijelöléséhez kapcsolódó követelményértékek előírása, valamint a légi forgalomra vonatkozóan előírt és a repülőtér üzemeltetőjére háruló zajcsökkentési feladatok jelentik. Ezért a szabályozást tekintve a 176/1997. (X. 11.) Korm. rendelet szerinti zajgátló védőövezet kijelölésen keresztül nyílik lehetőség olyan intézkedésekre és beavatkozásokra, melyek a repülőtér működésétől származó légi közlekedési zaj szabályozását, kezelését és a zajterhelés csökkentését eredményezhetik.

3.2.2. Zajgátló védőövezetek kijelölésének műszaki szabályai

Természetesen a zajgátló védőövezetek kijelöléséhez rögzíteni kellett azokat a műszaki szabályokat is, melyek alkalmazása mellett egyértelművé válnak a zajgátló védőövezet kijelölésének feltételei és paraméterei. A repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének részletes műszaki szabályairól szól a 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendelet.

A 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendelet tartalmában kiterjed a

- a zajgátló védőterület kiszámítására;
- a repülőtér környezetkímélő üzemeltetésére.

mint a forgalom, a műveletszám, a hatásidő és a megítélési idő. Más bemenő adat, mint a zaj-eseményszint és az A-hangnyomásszint számításával vagy méréssel meghatározott tényező, melyek számítására nem tér ki a 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendelet szerinti műszaki szabályozás. A 8. ábrán szerepeltett tényezők magyarázatát a 2. táblázatban foglaltuk össze.

Tényező	Magyarázat
$L_{Amax,i}$	vizsgálati ponton az i-edik zajeseményhez tartozó, számításával meghatározandó A-hangnyomásszint [dBA]
t_i , vagy Π_i	a vizsgált ponton az i-edik zajeseményhez tartozó átrepülési idő [dBA]
$L_{AE,i}$	vizsgálati ponton az i-edik zajeseményhez tartozó zajeseményszint [dBA]
T_m	megítélési idő [s], melyre nézve a mértékadó műveletszám vonatkozik, nappal 16 óra és az éjszaka 8 óra
$L_{eq,R}$	levegőben végzett gépmozgásokra vonatkozó egyenértékű zajterhelés, ami: $L_{eq,R} = 10 \cdot \lg \left(\frac{T_0}{T_m} \cdot \sum_i 10^{0,1 \cdot L_{AE,i}} \right)$ [dB]
$L_{Aeq,k}$	a k-adik földi művelettípusnak a T_k időtartamra vonatkoztatott egyenértékű A-hangnyomásszintje a vizsgálati ponton [dB]
T_m	megítélési idő [s], ami azonos a nappali 6.00-22.00 óra közötti 16 óra és az éjszakai 22.00-06.00 óra közötti 8 óra idővel
T_k	k-adik típusú, földön végzett műveletből származó zajesemények összegzett hatás ideje a teljes T_m megítélési idő alatt [s]
$L_{eq,F}$	földön végzett műveletekből származó egyenértékű zajterhelés, ami $L_{eq,F} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{T_m} \cdot \sum_k T_k \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,k}} \right)$ [dB]
$L_{eq,M}$	mértékadó zajterhelés a repülőtér környezetének valamely pontján, ami $L_{eq,M} = 10 \cdot \lg (10^{0,1 \cdot L_{eq,R}} + 10^{0,1 \cdot L_{eq,F}})$ [dB]

2. táblázat Mértékadó zajterhelés meghatározása zajgátló védőövezet számításánál [7]

A 8. ábrán szemléltetett folyamat első és legtöbb bizonytalansággal rendelkező tényezője az $L_{Amax,i}$ érték. A jelenlegi szabályozás az $L_{Amax,i}$ érték számításával történő meghatározását írja elő a számítási folyamat során. Ehhez a műszaki előírás tartalmaz egy zaj adatbázist és a repülőgépek akusztikai osztálya szerinti besorolást, ami a számítások elvégzését alapozza meg.

Számos kritika éri azonban a jelenleg érvényben lévő zaj adatbázist, hiszen az adatok rögzítését követően elmaradt azok felülvizsgálata, illetve a ma használatos légi járművek zajkibocsátási adatain alapuló korszerűsítés. Ezért a repülési zaj kezelésében sürgető feladat a napjainkban használt légi járművek és az üzemeltetett repülőterek jellemzőin alapuló korszerű zaj adatbázis kialakítása, ami műszeres mérések elvégzését igényli. Ez hosszadalmas – és költséges – feladat, amire a jelenlegi tervezők és gyártók, illetve repülőtér üzemeltetők nem szívesen vállalkoznak, ilyen irányú kutatás is csak magánfinanszírozásban történik.

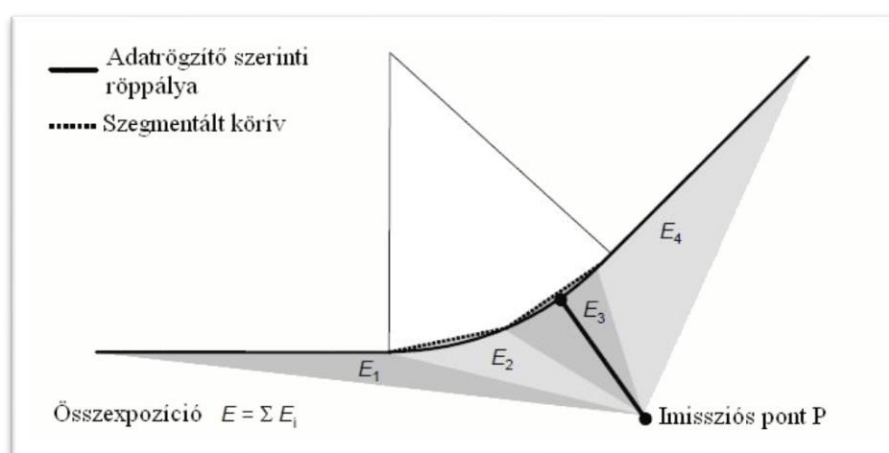
3.2.3. Zajs számítás szemléltetése

A repülőtér környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének részletes műszaki szabályairól szóló 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendelet az 1971-ben megalkotott első AzB módszert alkalmazza. Ezt a légi jármű üzemeltetésben bekövetkezett fejlesztések nyomán 1971 óta többször módosították, a frissítés eredményeként alkották meg az AzB-75, AzB-84, AzB-95, AzB-96, illetve az AzB-99, valamint az AzB 2008-as számítási módszert.

A jelenlegi magyar műszaki szabályozásnak van egy nagy hátránya, a zajterjedésre vonatkozóan ugyanis nem tartalmaz tényleges számítási metodikát. Repülési zaj vonatkozásában jelenleg ugyanis nincs olyan jogszabály vagy műszaki előírás, ami egységes számítási eljárást rögzítene a zajkibocsátás és a vizsgált területen észlelhető zajterhelés közötti összefüggésekkel a terjedési feltételek figyelembevételével. Ilyen irányú műszaki előírás hiányában joggal merül fel a kérdés, hogy a szabadban történő hangterjedésre figyelemmel hogyan határozzuk meg a repülési műveletektől származó zajterhelést, illetve a repülési zajeseményekkel összefüggő $L_{Amax,i}$ értékeket?

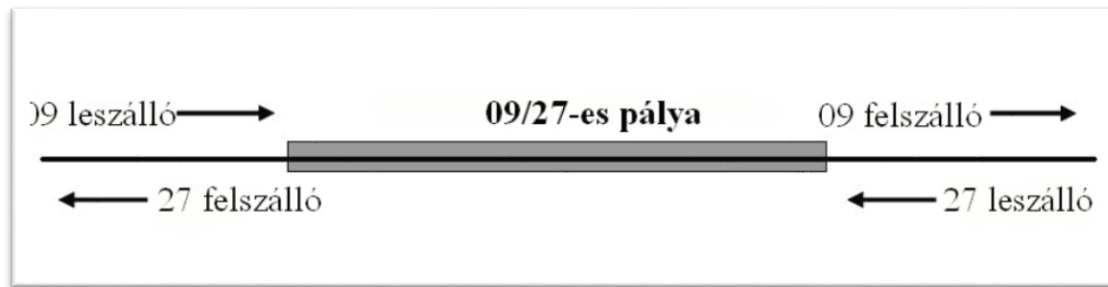
Fenti kérdésre választ keresve – műszeres zajmérések elvégzése mellett – elemeztük a Német Szövetségi Környezetvédelmi Hatóság „AzB átdolgozása” munkacsoportja által elfogadott utasítást a zajgátló védőövezetek meghatározásához, ami az AzB számítási módszert alkalmazza. Eddigi eredményeink alapján rövid áttekintést adunk – teljesség igénye nélkül – az AzB számítási módszerről, mellyel jelen tanulmányunkban a további kutatási munka egyik, a műszeres mérések mellett kijelölt irányát kívánjuk megvilágítani.

A vizsgált számítási eljárás a zajgátló védőövezetek számításához egy szegmentáló eljárást alkalmaz, mely a repülőgép háromdimenziós repülési pályájának lineáris komponensekre való felosztására épül. Minden komponens a repülőgépet egy E_i összetevővel az E hangexpozícióhoz közelíti a P imissziós pontban. A szegmentáló eljárást sematikus formában, kétdimenziós esetre a 9. ábra mutatja be.



9. ábra A szegmentáló elv bemutatása egy körív formájú röppályaszegmens két lineáris részkomponensre való felosztásán keresztül [9]

Ideális esetben egy futópálya kettő üzemeltetési irányban használható. A mindenkori üzemeltetési irányok használati arányának szórását kiegészítő taggal veszi figyelembe a számítási eljárás, ami az úgynevezett szigma-vezérlés. Ha mindkét pályairányban fel- és leszállások is lehetségesek, akkor egy pályához maximum négy pályafüggő üzemeltetési irány rendelhető hozzá. A gyakorlatban a pályafüggő üzemeltetési irányok száma az alkalmazási koncepciók és az üzemeltetési megkötések miatt ennél kisebb. Ahogy a 10. ábrán példaként feltüntetésre került, a 09/27-es futópálya keleti (90°) és nyugati (270°) irányban is használható fel- és leszállásokra. Következésképpen négy pályafüggő üzemeltetési irány adódik: felszálló 09, leszálló 09, felszálló 27 és leszálló 27.



10. ábra Példa pályafüggő üzemeltetési irányokra [9]

A repülési manőverek felosztása a különböző pályafüggő üzemeltetési irányokra a lehetséges üzemeltetési megkötések mellett a mindenkori széliránytól is függ, ami a pályairányok változását eredményezi. A zajkontúroknak egy prognosztizált vonatkoztatási évre való meghatározását a pályairány változás úgy befolyásolja, hogy a zajterhelés érték évenkénti ingadozásokat mutat annak ellenére, hogy egy prognosztizált évre a pályahasználat szórásának többéves átlagát vesszük alapul. Ezért, az éjszakai és nappali kiértékelési idők alatt bekövetkező pályairány változások többéves szórásának statisztikai kiértékelése alapján, minden imissziós pontra kiegészítő tagok ($K_{\sigma, \text{Leq}, \text{Nap}}$ és $K_{\sigma, \text{Leq}, \text{Éj}}$ az egyenértékű zajszintre és $K_{\sigma, \text{NAT}}$ a határfrekvenciára) kerülnek megállapításra.

Ehhez először a nappali és éjszakai pályairányokra vonatkozó repülési műveletek tízéves eloszlásából kijelölésre kerül egy időtartam. Ebből a folyó év (mindenkori naptári év) 12 hónapjára meghatározásra kerülnek a használati arányok. Az α_{i,j,T_r} műveleti arány az „i” pályairányra a „j” évben az alábbi összefüggésből adódik:

$$\alpha_{i,j,T_r} = \frac{N_{i,j,T_r}}{N_{j,T_r}}, \text{ ahol } \sum_{i=1}^{BB} \alpha_{i,j,T_r} = 1 \quad (2)$$

ahol:

- ➔ α_{i,j,T_r} az i-edik pályairány használati iránya a j-edik évben a T_r kiértékelési idő alatt;
- ➔ N_{i,j,T_r} az i-edik pályairányon a j-edik évben a T_r kiértékelési idő alatt a repülési műveletek száma;
- ➔ N_{j,T_r} a j-edik évben a T_r kiértékelési idő alatt az összes repülési művelet száma;
- ➔ BB a pályafüggő üzemeltetési irányok száma.

Látható, hogy a számítási eljárásban hangsúlyt kap a pályafüggő üzemeltetés, ami a környezeti zajterhelés csökkentésének egyik eleme, hiszen egy-egy irány kiemelése vagy a használat csökkentése szoros összefüggésben van a repülőtér környezeti jellemzőivel, illetve a repülőtér környezetvédelmi rendszerének rendszerkörnyezeti viszonyaival. A (2) összefüggés szerinti számítást napi bontásban rögzített mátrix adatok segítik. Az éjszakai periódusra a folyamat a nap-pali időszakra irányadó összefüggésnek megfelelően zajlik.

A számítás szabványosított repülőgép csoportokból indul ki, amiket minden esetben legalább egy szélsőérték rendszerez, felszállás (F) és leszállás (L) szerint, így alakulnak ki a repülőgép-osztályok. Egy repülőgép osztály szabványos akusztikai és üzemeltetési sajátosságokat tartalmaz felszállás, illetve leszállás esetére.

A repülőgép-osztályok számára az adatokat – amennyire lehetséges – repülőtér tulajdonságoktól függetlenül állapítják meg. Repülőgép osztályok mértékegységére és az adatok számára mutat példát a 3. táblázat.

Mértékegység	Jel	Adatszám
Oktávszint a viszonyítási távolsághoz $s = s_{O_n}$	O_n	(1)
Íránytényező	$R_n\{a_1, a_2, a_3\}$	(2)
(Repülés)akusztikai vonatkoztatási pont	P_F	(3)
Korrektószint	$Z(\sigma')$	(4)
Repülési sebesség	$V(\sigma')$	(5)
Repülési magasság a viszonyítási sík felett	$H(\sigma')$	(6)
Forrásmagasság	h_0	(7)
Normáletérés	Q_σ	(8)
Késleltetési szakasz a leszállásnál	S_v	(9)

3. táblázat Repülőgép osztályok mértékegysége és az adatok száma [9]

Az egyes repülőgép osztályok zajspektrumait az O_n oktávszint által, az S_{O_n} vonatkoztatási távolságon írjuk le. Az „n” index a közepes oktávfrekvenciát jelöli. Az R_n irántényező a repülőgépek zajkibocsátásának kétdimenziós iránykarakterisztikáját írja le egyszerűsített módon. Az irántényező egész számokból álló számhármast a $\{a_1; a_2; a_3\}$ formátumban. Ezek a számok a kisugárzási szög koszinuszának Taylor-sorba fejtéséből adódó koefficienseit jelentik. A (repülés)akusztikai vonatkoztatási pont a σ' pályakoordináta-rendszer középpontja. A P_F felszállásoknál a starthely, leszállásoknál a pályaküszöb vagy leszállóhely, helikopteres műveleteknél a helikopter fel- és leszállóhely.

A számításnál természetesen a repülési magasság és a repülési sebesség is hangsúlyt kap. Ezeknél a tényezőknél azonban egyéb feltételekre is célszerű figyelmet fordítani. A manővereknél ugyanis szinte lehetetlen mindig azonos magasság és sebesség paraméterekkel repülni, a környezet és a légi jármű jellemzői mellett ezeket az értékeket a repülőgép vezetője személyes tulajdonságain keresztül önmaga is befolyásolja.

Így a fizikai paraméterek mellett olyan, emberi tulajdonságokból eredő hatások is megjelennek, melyek további bizonytalanságot okoznak a számítás bemenő adataként figyelembe vett $L_{Amax,i}$

értékekben. Ezeknek a bizonytalanságoknak a kezelése a számítás további bonyolításához vezet, illetve felveti a szélső értékek, azaz legrosszabb zajterhelés értékek alkalmazásának kérdését.

3.3. Repülési zaj megítélésének ellentmondásai

Mindaddig, amíg egy repülőtér környezetében zajra érzékeny terület lesz, az ott élők és a légi közlekedés közötti ellentét fennáll. Az ellentét önmagában hordozza a konfliktushelyzet kialakulását, ami a zaj észlelési oldalon történő megítélésétől is függ. Ez a megítélés sok esetben rosszabb képet fest a műszeres mérési adatok és a határértékek összevetésével kapott értékelésnél. Más esetekben nem vezet tényleges zajprobléma kialakulásához, ehelyett elvárásként fogalmazódik meg. Mit tehet a repülőtér üzemeltetője a zajterhelés csökkentése, ezáltal a konfliktushelyzetek elkerülése érdekében?

Repülőtereknél külön figyelmet érdemelnek a zajcsökkentő üzemeltetési eljárások, például a meredekebb emelkedés, kisebb hajtómű-teljesítmény, a megfelelő szárnymechanizáció-kitérítés, vagy a szárnymechanizáció késleltetett működtetése leszálláskor. Ezek ugyanakkor összefüggésbe hozhatók a repülésbiztonsággal, hiszen a repülési módoszatokba való beavatkozást jelentik, a zajcsökkentett repülés megvalósítását célozzák meg.

Ahogy korábban bemutattuk, a zajterhelés számításánál egyebek mellett a mértékadó műveletszám, az átrepülési idő és a megítélési idő is szerepet kap. Tény, hogy pont azoknál az eljárásoknál, melyeknél a repülési zaj kezelése a cél, a figyelembe vett zajterhelés érték átlagolt zajadat, illetve a műveletekkel összefüggő tényleges zajeseményszint értékek hosszú idejű, nappal 16 óra, éjjel 8 óra megítélési időre vonatkoznak. A műveletszámok alakulása prognosztizált adat, tíz év és legnagyobb zajterhelést eredményező hat hónap figyelembevételével meghatározott adat [6]. Állandó probléma, hogy az észlelési oldalon lévők nem fogadják el a repülőtér üzemeltetője által közölt forgalmi adatokat, ami leginkább az átrepülések ismétlődésével és ebből eredő zavarással függ össze. A műveletszám kapcsolódik a megítélési időhöz, mivel hosszabb időtartamban a zajesemények száma kevésbé befolyásolja a 2. táblázatban látható összefüggésekkel számolt zajterhelés értéket.

Tény, hogy a műveletszám és a megítélési idő zajterhelés vonatkozású végeredményt befolyásoló hatása vitathatatlan. E kettő tényező közül a megítélési idő jogszabályban meghatározott érték. Átgondolásánál a *secundumban* kifejezett mértékegységtől célszerűen el lehet rugaszkodni, nem a mértékegységen van a hangsúly, tulajdonképpen érdektelen, hogy *secundumban* (s) vagy órában (h) fejezzük ki a megítélési időt. Ez tehát nem is lehet kérdés. A mértékegység megváltoztatása ugyanis nem lehetséges – időtartam kifejezése a cél –, de az időtartam hosszát meghatározó módszer megváltoztatható. Valójában nem a mértékegység lesz a lényeges, hanem azok a részletek, melyek tartalmukban jelenleg hat hónapra vonatkoznak, illetve nappal 57600 s és éjjel 28800 s időtartamokat jelentenek. Érdemes a megítélési idő meghatározási módjára helyezni a hangsúlyt és további vizsgálat tárgyává tenni.

Bármilyen megközelítésben is vizsgáljuk repülőterek környezetében a megítélési zajterhelést, a zajprobléma minden esetben azokra a zajeseményszint értékekre vezethető vissza, melyek ténylegesen kimutathatók egy-egy területen, és a repülési művelettel összefüggésben zavaró, vagy kellemetlen hanghatást okoznak az észlelő számára. Zavarás szempontjából egy idő után

már érdektelenné válik a napi műveletszám, elveszti jelentőségét a napközben vagy éjjel kialakuló „zajszünet”. Előtérbe kerülnek a művelethez köthető zajszint értékek, ezzel együtt egyre nagyobb figyelmet kap az $L_{Amax,i}$ A-hangnyomásszint érték. Ezért érdemes a számítási metodikák elemzése mellett a műszeres zajmérésekkel nyert adatok áttekintése is.

4. ZAJ ÉRTÉKEK ÁTTEKINTÉSE REPÜLŐTÉR KÖRNYEZETÉBEN

A repülési zaj megítélésében feltárt ellentmondás részben a zajeseményszint értékekkel, valamint a számítások egyik bemenő adatával, az $L_{Amax,i}$ A-hangnyomásszint értékekkel kapcsolatos bizonytalansághoz kötődik. Ezért a korábbiakhoz képest nagyobb figyelmet szenteltünk a zajesemények elemzésére. Célkitűzésünk volt olyan adatok előállítása, melyek a légi forgalom nagysága, aránya és eloszlása mellett a tényleges környezetvédelmi problémára, azaz a környezeti zajhelyzetre adnak információt. Pontos képet a környezeti zajhelyzetről akkor kapunk, ha a valóságos helyzet leírása műszeres zajmérések eredményein alapul. Ezt a gondolatot folytatva, repülőtér környezetében észlelhető A-hangnyomásszintek megismerése céljából helyszíni műszeres zajméréseket végeztünk a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér mellett. A közölt mérési eredmények a repülési művelethez tartozó, egyedi zajesemények zajszint adatai. Jelen tanulmányban szerepeltetett adatsorok összeállításánál támaszkodtunk a témában megjelent Tudományos Diákköri Dolgozatra is [10].

4.1. Mérésekkel kapcsolatos előzmények

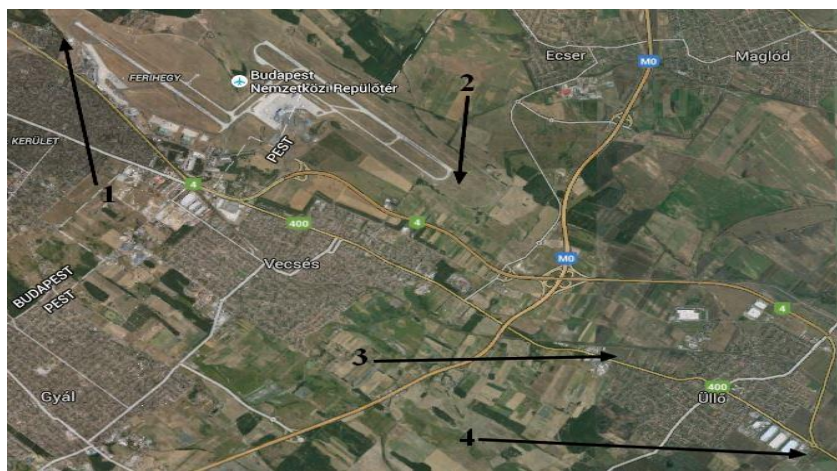
Az észlelt zajszintek elemzése mellett számos olyan tényező van, aminek a figyelembevétele közelebb viszi a mérési eredmények alapján levont következtetéseket a valóságos helyzethez. Ilyen tényező a repülési magasság, a repülési sebesség, a manőver jellege (leszállás, felszállás, átrepülés) vagy az időjárási körülmények. Előbbiek a repülési zaj sajátosságai, utóbbi viszont minden zajesemény esetében befolyásoló hatással bír.

A repülési magasság elsődleges szerepet kap a repülési zaj megítélése szempontjából. Értelemszerűen minél közelebb van a zajforrás a terhelési ponthoz, annál jobban érvényesül a hatása. Ez a légkör csillapító hatásától, valamint a zajforrás és a terhelési pont közötti tér – beépítettség, növényzet – jellegétől függően jelentős mértékben is változhat. A repülőgép sebessége több módon is befolyásoló hatással bír a zajszintekre. Fizikai törvényszerűségekből tudjuk, hogy egy repülőgép légellenállása a repülőgép és a légmozgás egymáshoz viszonyított sebességének négyzetével egyenesen arányos. A légellenállás növekedésével pedig a géptest zaja is magasabb lesz.

Másodlagos tényezőként megjelenik a hajtómű-teljesítmény növekedése, ami további zajszint-növekedést von magával. A repülési manőver jellege az előbb felsorolt két tényező változása miatt fontos. Felszállás során a repülőgép hajtóművei maximális teljesítményen üzemelnek, a legmagasabb zajszintek ezért ebben a repülési stádiumban mérhetők. Ehhez hozzájárulnak a külső helyzetben lévő futóművek és a fékszárnyak rezgései, amik a géptest zaját (aerodinamikai zaj) növelik. Ez a jelenség leszállás során szintén megjelenik, és mivel ekkor a hajtóművek teljesítménye jóval alacsonyabb, hatása a zajterhelésre is ennek megfelelően alakul. Megfelelő siklópálya és alacsony leszálló sebesség esetén a zajkibocsátás csökken [9].

Az átrepülés a polgári légi forgalom zajának vizsgálata során kevésbé fontos, mivel a repülőgépek a lehető leghamarabb utazómagasságra emelkednek (8000–12 000 méter), ahol már elhanyagolható hatásuk van a földfelszínen mérhető zajszintre. A fel- és leszállások zajának vizsgálatakor ennek ellenére a manővert jellegében átrepülésnek vehetjük, amennyiben kellően rövid intervallum erejéig vizsgáljuk a pillanatnyi zajszinteket.

A műszeres zajméréseket a repülőtértől dél-keletre leszállóirányban, a siklópálya alatt kijelölt mérési pontokban, valamint a repülőtér egyes futópálya Budapest felőli pályavég mellett a telekhatáron kijelölt mérési pontban végeztük el. A mérés helyszíne minden esetben szabad tér, beépítetlen terület. A háttérterhelést a közutak és a távoli vasút forgalma határozta meg, üzemi zaj nem volt kimutatható. A mérési pontokat úgy jelöltük ki, hogy az átrepülési magasság arányosan növekedjen. A siklópálya és a mérési pontok közötti távolságokat a mérési eredményekkel együtt közöljük. A mérési pontok helyzetét a 11. ábrán szemléltetjük.



11. ábra Zajmérési pontok helyzete [forrástérkép: Google Earth]

A mérési pontok helyzete a 11. ábra alapján:

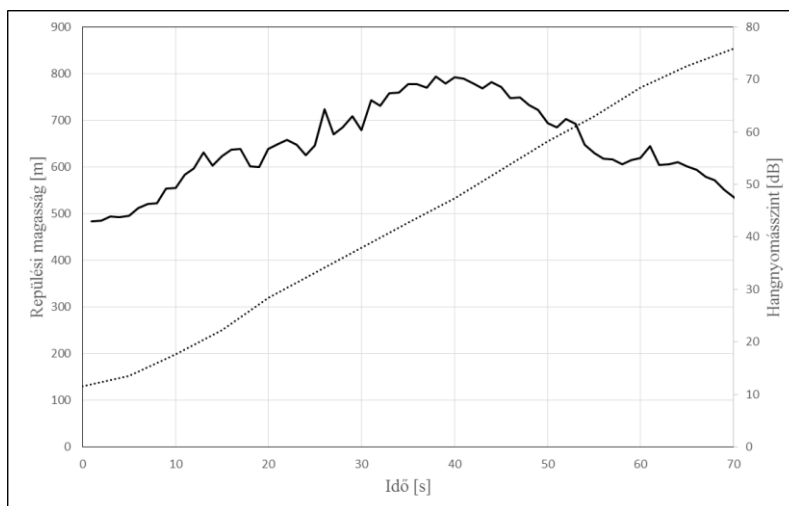
1. Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér, egyes futópálya Budapest felőli pályavég, Csap utca mentén.
2. Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér, kettős futópálya, Vecsés-Monor felőli pályavég.
3. Üllő külterületén a Gyáli(1.)-csatornától 300 méterre.
4. Üllő, Ilona út településhatár felőli végén (zsákutca).

Az elvégzett vizsgálat keretében a zajeseményekhez tartozó L_{Aeq} egyenértékű hangnyomásszinteket és az $L_{Amax,i}$ hangnyomásszinteket mértük másodpercenkénti mintavételezéssel. A zaj adatok mellett rögzítettük az átrepülések adatait. A mérési eredményeket meghatározó egyik jellemző a mérési idő, azaz a zajesemény t_1 és t_2 időpontok közötti időtartama. A t_1 a zajesemény kezdetének időpontja, amikor az átrepülés során mért L_A hangnyomásszint az alapszintből határozottan kiemelkedik. A t_2 a zajesemény végének időpontja, amikor az átrepülés során mért L_A hangnyomásszint az alapszintben elvész. A mérési eredmények alapján látható volt, hogy a t_1 - t_2 időtartam a zajesemények függvényében jelentősen változik, a méréseknél több esetben is jelentős eltérések adódtak a hatásidőt tekintve.

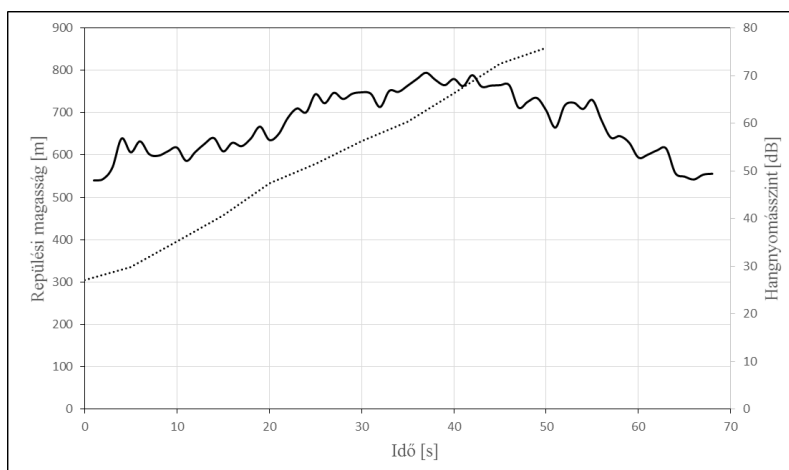
A mérések helyszínéül szolgáló Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér forgalmának túlnyomó részét két repülőgéptípus adja, az *Airbus A320* és a *Boeing B-737* (pontosabban ezek különféle típusváltozatai).

4.2. Repülési zaj mérési eredményei

Az első mérési pont esetében felszálló repülőgépektől származó A-hangnyomásszinteket rögzítettünk. A mérések ideje alatt a légi járművek 150-300 méterről hozzávetőlegesen 900 méteres magasságig emelkedtek. A mérési eredményeket a 12. és 13. ábrákon szemléltetjük, az adatok összefoglalását a 4. táblázat tartalmazza.



12. ábra Airbus A320 típusú repülőgép felszállás közbeni mért hangnyomásszint értékei a repülési magasság értékekkel [10]



13. ábra Boeing B-737 típusú repülőgép felszállás közbeni mért hangnyomásszint értékei a repülési magasság értékekkel [10]

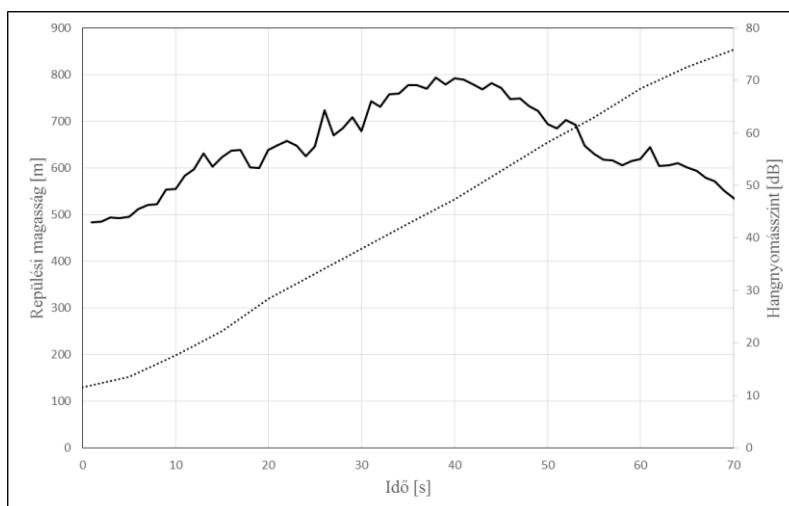
Mért jellemző	A320	B-737
L_{Amax}	70,4 dB	70,6 dB
L_{Amin}	42,8 dB	42,5 dB
L_{Aeq}	62,3 dB	62,7 dB

4. táblázat Mérési adatok összefoglalása első mérési pontra [10]

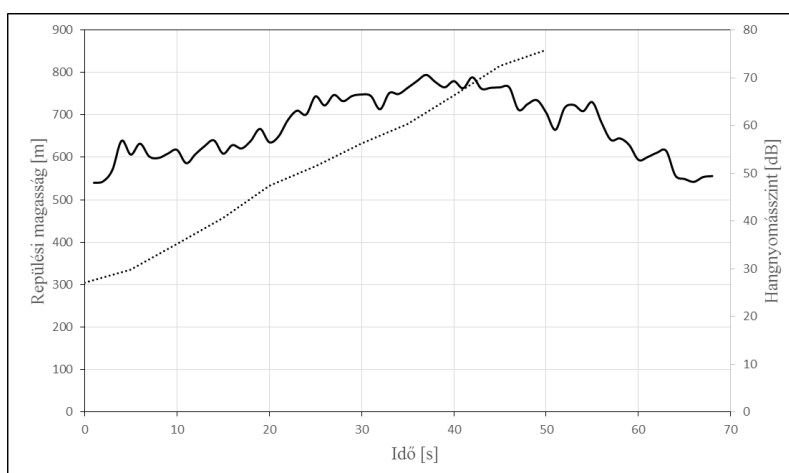
A második mérési pont esetében a repülőgépek leszállás közbeni zajkibocsátását mértük. A mérések ideje alatt a légi járművek 500 méterről hozzávetőlegesen 100 méteres magasságig süllyedtek. A mérési adatok összefoglalását az 5. táblázat tartalmazza, a 14. és 15. ábrákon szemléltetjük a mérési eredményeket.

Mért jellemző	A320	B-737
L_{Amax}	79,5 dB	77,2 dB
L_{Amin}	73,5 dB	43,1 dB
L_{Aeq}	67,3 dB	67,5 dB

5. táblázat Mérési adatok összefoglalása a második mérési pontra [10]

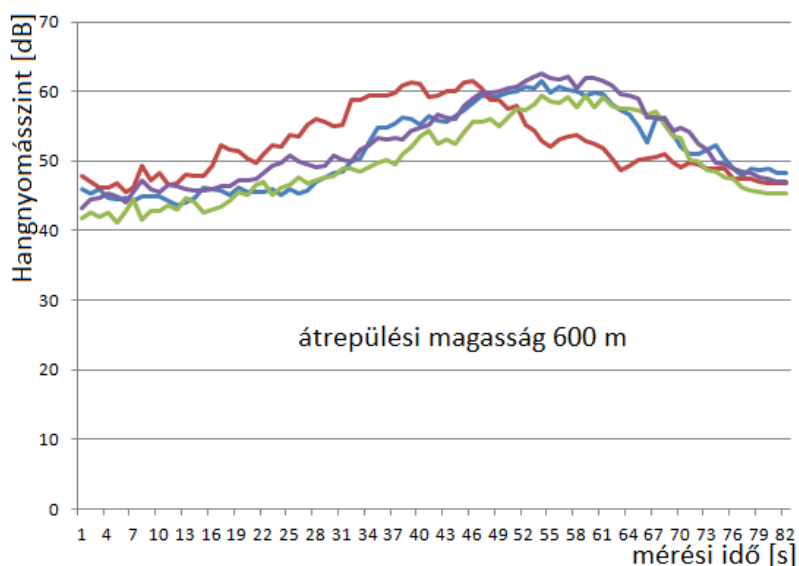


14. ábra Airbus A320 típusú repülőgép felszállás közbeni mért hangnyomásszint értékei a repülési magasság értékekkel [10]



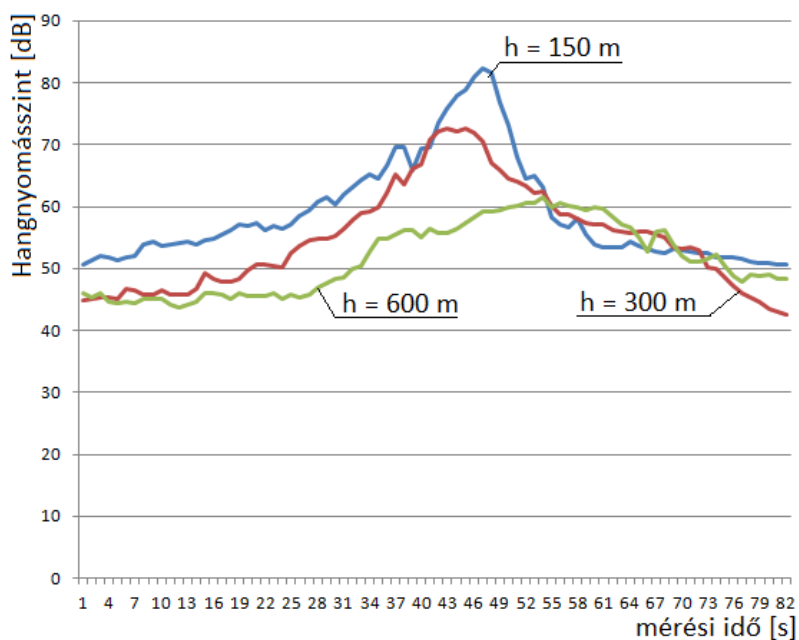
15. ábra Boeing B-737 típusú repülőgép felszállás közbeni mért hangnyomásszint értékei a repülési magasság értékekkel [10]

Azonos mérési helyszínen és változatlan mérési körülmények mellett eltérő zajszint-idő függvényt kapunk, amit a környezet hangterjedésre gyakorolt hatása mellett a légi jármű tulajdonságai, a manőver és a repülési művelet jellemzői határoznak meg. Ezért minden átrepüléshez különböző zajszintek tartoznak, ebből következően minden zajeseménynél más-más a zavaró hatás folyamata is. Mindezt harmadik mérési pontban észlelt hangnyomásszint értékek alapján szemléltetjük, amit a 16. ábrán mutatunk be.



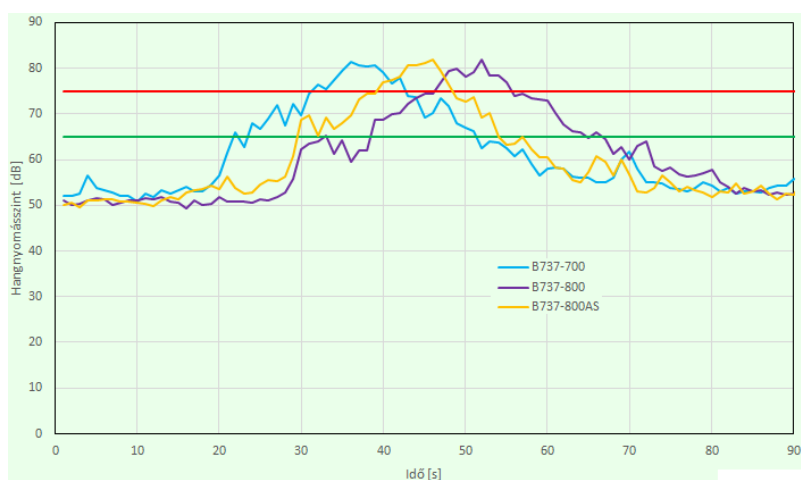
16. ábra Hangnyomásszint értékek négy átrepülés alapján a harmadik mérési pontban [saját mérés]

A zavarás jobb kiértékeléséhez vezet a legnagyobb zajszint értékek elemzése a repülési magasság alapján, ami kiterjedhet azok időtartamára és számára is. Az eltérő átrepülési magasságokhoz tartozó jellemző zajszintek összevetése a 17. ábrán látható.

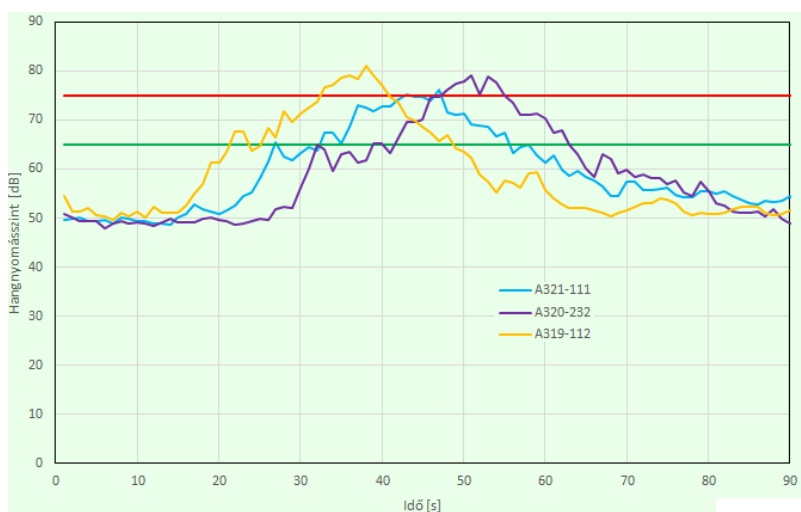


17. ábra Eltérő átrepülési magasságokhoz tartozó hangnyomásszint értékek [saját mérés]

A mért zajszint értékek alapján látható volt az egymást követő repülési manőverektől származó hangnyomásszint értékek különbözősége azonos géptípusok esetén is. A mérési eredményeket a 18. és 19. ábrákon szemléltetjük.

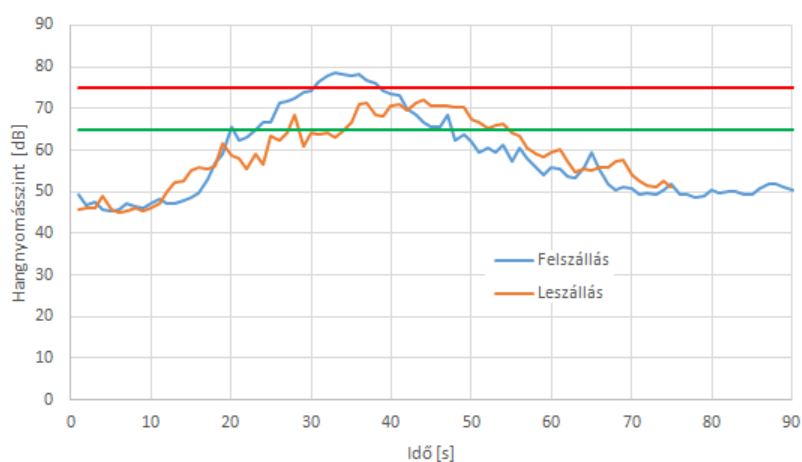


18. ábra Boeing típusú repülőgépek átrepülési hangnyomásszint értékei ($h = 150$ m) [saját mérés]



19. ábra Airbus típusú repülőgépek átrepülési hangnyomásszint értékei ($h = 150$ m) [saját mérés]

Természetesen a leszálló és a felszálló irányokban is kimutatható a műveleti zajok közötti különbség, amit a 20. ábrán szemléltetünk Airbus A320 repülőgép típus esetében.



20. ábra Airbus A320 típusú repülőgép felszállás és leszállás műveleti zaja 350 m-es magasságon [saját mérés]

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A modern környezetszennyezés egyik meghatározó problémája a környezeti zaj és a zaj elleni védelem. Általánosságban elmondható, hogy mindenkit érint kisebb-nagyobb mértékben, zajjal terhelt környezetben élünk. A modern környezetszennyezés azonban környezetbiztonsági kérdéseket is felvet, amikor a szennyezés csökkentésére, illetve zajhatások esetén az elfogadható zajhelyzet kialakítására fogalmazunk meg igényt. Mivel a légi közlekedés vonatkozásában is összetett folyamatról beszélünk, a zajcsökkentési célzatú beavatkozásokkal is óvatosan kell bánni. A repülés komplex környezethasználati folyamatot jelent, ami a repülésbiztonság kérdéskörét is érinti, különös tekintettel a repülési kockázatokra.

Mivel a repülésbiztonságnak érintettnek kell lennie a környezetvédelmi beavatkozásokkal kapcsolatban, a zaj elleni védelemnek is tekintettel kell lennie erre a követelményre. Ráadásul nem lehet cél a légi közlekedés visszafojtása, mivel társadalmi és globális értelemben sem állunk azon a ponton, hogy egy közlekedési ágazat esetleges környezetvédelmi előnyeit figyelmen kívül hagyjuk. Ebből következően a jövőben előrelépést a környezetvédelem és a repülésbiztonság együttese adhat, célszerűen vizsgálni kell a környezetbiztonság és a zaj elleni védelem összefüggéseit. Környezetvédelmi szempontból ez röviden úgy foglалható össze, hogy a nagyobb rossz elkerülése érdekében a kisebbet válasszuk.

Ennek érdekében vizsgáltuk a légi közlekedéssel összefüggő jelenlegi zajhelyzetet, a repülés, mint rendszer és a zajjal terhelt környezet, mint rendszerkörnyezet kapcsolatát. Sajnálatos módon ez a kapcsolat gyakran a lakossági zavarásban és abból fakadó tiltakozásban nyilvánul meg. Megjegyezzük, hogy a lakossági észrevételek többsége ma már úgy foglалható össze, miszerint kérdéseket keresünk meglévő válaszokra.

De mi a kihívás abban, ha valami elsőre sikerül? Miért ne adhatnánk a környezethasználó számára lehetőséget azzal, hogy a működés engedélyezése mellett fogalmazzuk meg az eredményes vagy előzetesen hatásosnak ítélt zajcsökkentési intézkedéseket? Ha elsőre nem teljesül a célkitűzés, akkor tovább kell dolgozni és módosítani a környezethasználati tevékenységen, tovább haladni a kijelölt úton. Ehhez a környezetvédelem oldalán is korszerűsítésre van szükség, amire zajmérési adatokat hoztunk fel példaként.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Bera József, Pokorádi László: Légiközlekedés környezetbiztonsági fogalomrendszere, Repüléstudományi Közlemények, XXVI. évfolyam 2014. 2. szám (e-dok.) http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2014_cikkek/2014-2-23-0127_Bera_J-Pokoradi_L.pdf
- [2] BERA József, POKORÁDI László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Debrecen, Campus Kiadó, 2010, 192 p.
- [3] BERA József, POKORÁDI László: Közlekedés a környezetvédelmi rendszerhatáron innen és túl, Közlekedéstudományi Konferencia 2016, Győr, Széchenyi István Egyetem, 2016, pp. 116-143.
- [4] BERA József: Légi közlekedés környezetbiztonsági kapcsolatrendszerének modellezése a helikopterzaj tükrében, doktori (PhD) értekezés, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori iskola, Budapest, 2015, 119 p.
- [5] 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról
- [6] 176/1997. (X. 11.) Korm. rendelet a repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének szabályairól
- [7] 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendelet a repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének részletes műszaki szabályairól

- [8] BERA József, POKORÁDI László: Légi forgalom környezetbiztonsági modelljének zajszerpöntú elemzése, Repüléstudományi Közlemények, XXVII. évfolyam, 2015. 3. szám (e-dok.) http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015_3/2015-3-05-0236_Bera_J-Pokoradi_L.pdf
- [9] Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen. Arbeitsgruppe „Novellierung der AzB“, Umweltbundesamt, 2007.
- [10] BERA Bálint: Repülési zaj hatásának elemzése a zajforrás és a környezeti alapállapot jellemzőinek összevetésével, Tudományos Diákköri Dolgozat, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, 2015, pp. 26.

SITUATION ASSESSMENT REGARDING THE CONNECTION BETWEEN AIRPORT AND NOISE LOAD

As a function of the actual task, the environment protection analyses cover the exploration of the environmental situation studied; however, recognition of the cause-effect relations and the changes in environment use usually fade into the background. This also applies in respect of the aviation and airport operation. Most of the people establish relation between air traffic environmental load and noise load; they assess the acceptable environmental conditions as a function of noise impact. As a consequence, when discussing gentle use of the environment, but not the level of the individual and of the society, noise load shall represent the focus. This raises series of question, since there is an almost constant conflict due to noise between the user of the environment and the subjects of the environment affected. Managing the environmental dialogue conflict to study the actual, aviation related noise situation and air traffic. Hereby we shall report the result of our studies conducted in this matter.

Keywords: airport, air traffic, environmental noise, gentle use of the environment

BERA Bálint
gépészmérnök hallgató
Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonság-
technikai Mérnöki Kar
balintbera@gmail.com
orcid.org/0000-0003-4434-8554

Dr. BERA József, PhD
környezetvédelmi szakértő
Fonometro Környezettechnikai Bt.
bera.jozsef@prosysmod.hu
orcid.org/0000-0001-6240-2345

BERA Bálint
mechanical engineering student
Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mecha-
nical and Safety Engineering
balintbera@gmail.com
orcid.org/0000-0003-4434-8554

BERA József, PhD
environmental expert
Fonometro Limited partnership
bera.jozsef@prosysmod.hu
orcid.org/0000-0001-6240-2345



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-05-0302-Bera_J-Bera_B.pdf