

ZAJOS A FÖLD!

Simon Krisztián

hallgató, Miskolci Egyetem

Gép- és Terméktervezési Intézet

3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail:kristian1996.06.07@mail.com

Tóbis Zsolt

mesteroktató, Miskolci Egyetem

Gép- és Terméktervezési Intézet

3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail:machtzs@uni-miskolc.hu

Absztrakt:

A környezetszennyezés, és annak problémái napjaink egyik legfontosabb megoldásra váró feladata. Az ipari forradalom kezdete óta, szennyezzük a környezetünket, az emberi tevékenység fizikai és kémiai hulladékok termelésével. Környezetszennyezésnek vannak nem látható formái is, ilyen a zajszennyezés, amellyel észrevétlenül változtatjuk meg a körülöttünk lévő világot és saját magunkat is. Napjainkban rengeteg lehetőség van a káros zajok elleni védekezésre. A problémák megelőzése könnyebb és gazdaságosabb, mint helyreállítás és javítás.

Kulcsszavak: *zaj, zajszennyezés, gépjármű, közlekedés*

Abstract:

Pollution and its consequences are one of, if not the most important, issues of today that needs to be solved. Since people have been living on Earth, we've been polluting our environment by producing physical and chemical waste. However, there are also unseen forms of environmental pollution. Such is the noise pollution, for example, through which we change the world around us and ourselves. Nowadays, there is a lot of protection against harmful noise.

Keywords: *noise, noise pollution, vehicle, traffic*

A hang és a zaj megjelenése egyidős az emberiséggel, fejlődésünket, civilizációnkat folyamatosan végigkíséri. A beszéd és a zene az emberi lét legfontosabb mozzanataihoz tartozik, de a zaj, mint kellemetlen érzet mindig is jelen volt az emberi közösségekben. Megfigyelhető, hogy a körülöttünk lévő világ egyre hangosabb (zajosabb) lesz. Az ipari fejlődés egyre több energiát és nagyobb teljesítményt igényel, emiatt egyre zajosabb gépeket eszközöket használunk. A közlekedés rohamos növekedése miatt a járművek száma és sebessége is emelkedik, mely kihatással van a zajterhelésre is.

Települések népesedése, a gépek és berendezések növekvő számát, a zajszint folyamatos növekedését eredményezi – ez a nagyvárosi élet hozadéka. A gépjárműforgalom az esti órákban sem csökken, a nagyvárosokban vagy a forgalmas utakon pedig szinte egész napos gondot okoz a folyamatosan erősödő zaj. Egy meghatározott zajszint felett az emberi szervezet károsodásához, esetleg halálhoz is vezethet. Az ellene való védekezés, megelőzés a testi épségünk megőrzése érdekében nagyon fontos. A technológia fejlődése lehetővé teszi a káros zaj elleni hatékonyabb

védekezést. Ez idáig a legjobb védelmet a passzív zajcsökkentő eljárások biztosították, azonban már megjelentek az aktív zajszűrők és zajcsökkentő eljárások is.

Zajcsökkentés három helyen valósítható meg:

- forrás oldalon (adott gép hangszigetelésével);
- átviteli úton (forrás és vevő közötti szigetelés pl.: zajárnyékoló fal, tokozás) vagy;
- a vevő oldalon történő szigeteléssel (pl.: hallásvédő fül dugó, zajvédő fültek és a zajvédő sisak).

1. Aktív zajszűrés

Az aktív zajcsökkentő működése hasonló az aktív zajszűrős fejhallgatókéhoz, a különbség a megszárt zaj mennyiségében rejlik. Míg a fejhallgató az összes külső zajt kizárja, addig az aktív zajcsökkentő rendszer az érzékelt zajt elemzi és általában hangszórókból, olyan hanghullámokat állít elő, amelyek a nem kívánt zajhullámokat szuperpozíció elvén kioltják. Egy átlagos zajszűrő rendszer a következő elemekből épül fel:

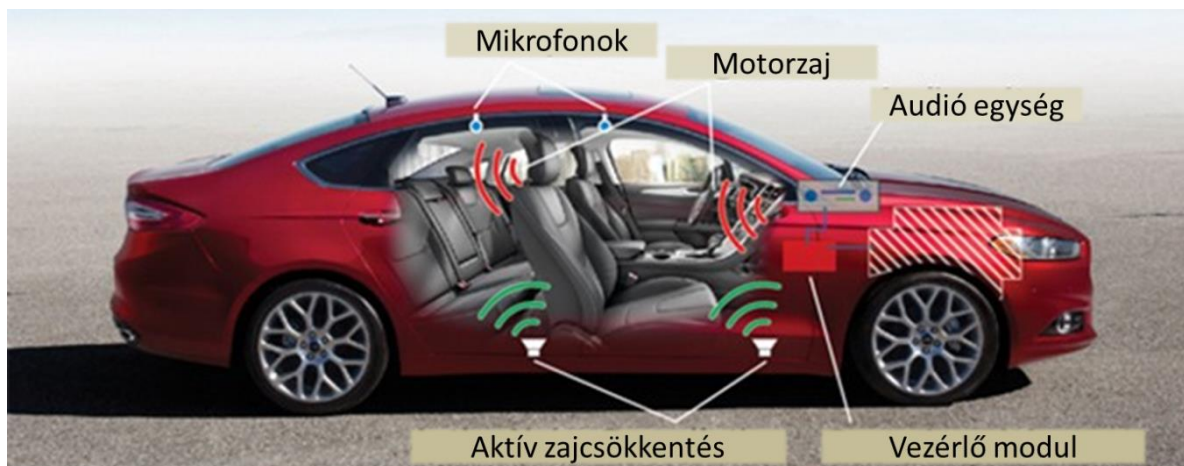
- egy mikrofon a zaj mérésére,
- egy elektronikus irányító rendszer a referencia hang feldolgozására és a szűrőjel létrehozására,
- egy hangszóró, mely az elektromos irányító rendszer által generált jelet játssza le,
- egy ellenőrző mikrofon, amelynek jelén keresztül a rendszer képes finom hangolni magát a létrejövő hangmező minimalizálásához. [1]

Az ilyen rendszereket adaptívnek nevezzük, mivel a folyamatosan változó környezeti zajokhoz „beállítják” magukat.

2. Használata a közlekedésben

Az egyre növekvő forgalom és a városiasodás hatására a lakosság zajterhelése az elmúlt időben növekedett. A mindennapi élet egyik legnagyobb zajforrásai a személygépjárművek és a tömegközlekedés eszközei. Az aktív zajcsökkentő rendszerek már itt is fellelhetőek, azonban ezeknek a hatása csak az autók utasterére, ill. a tömegközlekedési eszközök belső terére fejt ki hatását. Ezt a technológiát az autóiparba a *BOSE* cég fejlesztette ki. A rendszer működése viszonylag egyszerű, a gépjárművek utasterében elhelyezett mikrofonokon keresztül folyamatosan figyeli a környezet zajait, elemzi, majd a beépített hangrendszeren keresztül létrehozza a destruktív interferenciát. Az állandó zajok esetén különösen hatásos, mint például a motorhang vagy a menetszél és az útburkolat által keltett moraj, mivel ezek mind alacsony frekvenciás hangok. Ilyen rendszereket már 2012 óta alkalmaznak járművekben, azonban ezek a rendszerek sem tudnak minden utazással kapcsolatos zajt kiszűrni. A magas frekvenciás, valamint az utazásból eredő vibrációk kiszűrése már jóval bonyolultabb folyamat, ennek eléréséhez nem elegendő a beépített hangszórók jelenléte (1. ábra).

Ez azonban nem feltétlenül hátrány, mivel az utazás során számos esetben szükséges a sofőrnek a környezet zajaira figyelni, mint például a megkülönböztető jelzést használó szirénázó gépjármű, vagy a többi közlekedő által kibocsájtott figyelmeztető jelzés. A rendszer legnagyobb előnye, hogy működés közben egyáltalán nem zavarja a zenehallgatást és az utastérben történő beszélgetést.



1. ábra. Aktív zajszűrő rendszer a Ford Fusion személygépjárműben¹

Számos tanulmány bizonyítja, hogy a közlekedés zaja káros az emberi szervezetre, ezért a mérnökök és fejlesztők azon dolgoznak, hogy csökkentsék az utazás során a szervezetünket ért zaj nagyságát. Pl. egy német abroncsgyártó cég olyan autógumit fejlesztett ki, amely a hagyományos abroncsok menettulajdonságainak megtartása mellett, alacsony, az autó utasai számára alig hallható gördülési zajt bocsájt ki. A zajcsökkenést a gyártási folyamat végén az abroncs belső oldalára, a légzáró rétegre ragasztott hangelnyelő bevonattal érik el (2. ábra). Ezzel a habréteggel az útfelülettől függetlenül akár 9 dB-el is csökkenthető az abroncs által keltett zaj.



2. ábra. Continental autógumi²

A környezetbe kibocsájtott zajszennyezés csökkenthető a gépjárművek szigetelésével. Az autóiipar az elmúlt 50 évben jelentős fejlődésen ment keresztül, gondoljunk csak a régi Kamaz, IFA vagy Rába

¹ <https://www.geek.com/wp-content/uploads/2014/10/nonoise-car-head-625x350.jpg>

² <https://www.autosforum.hu/autogumi/121-nyari-gumi/3162-zajcsokkentett-continental-gumik.html>

„hangszigetelésére” és a mai modern gépjárművek „zajosságára”. Ugye hatalmas a különbség?! Az útburkolat kialakításával is csökkenthető a kibocsájtott zaj mértéke, pl.: hangelnyelő útburkolat kialakításával.

„Létezik ma már stabilizált kavicsburkolat is, mely egy olyan természetes kőhatású szilárd burkolat, amely egyesíti magában a vízáteresztő-, a légáteresztő-, és a nagy mechanikai terhelhetőség előnyös tulajdonságait. Kiküszöböli a beton, az aszfalt és a makadám burkolatok vízzáró tulajdonságát, lehetővé teszi a csapadékvíz szabad beáramlását a talajba. Rugalmas kötőanyagának köszönhetően csökkenthető a környezet zajterhelése.” [4]

A forgalom-, ill. a sebesség korlátozása is befolyásolja a zajszennyezést. A különböző korlátozások esetleges bosszúságot okozhatnak a gépjárművel közlekedőknek, azonban hosszútávon ez a köz érdekét szolgálja.

A meglévő épületek utólagos hangszigetelése, korszerűsítése is elősegíti a zaj érzet hatását. A szocializmus idejében felépült lakóépületekben az élet (pl.: Miskolcon az Avasi lakótelep is ilyen) finoman szólva sem egy álom. A vékony falaknak, esélyük sincs a hangok erősségének csökkentésére. Jó megoldás, ha már az új utak, ill. épületek tervezése során a tervezők a zajvédelmi szempontokat is figyelembe veszik.

Egyes országokban az autópályán figyelmeztető táblák hívják fel a sofőrök figyelmét, hogy a sebesség túllépése nem csak fokozott balesetveszélyt jelent, de nagy zajterhelést eredményez. A falvak vagy városok közelében elhaladó autópálya mellé ún. zajvédő vagy zajárnyékoló falakat telepítenek, amelyek segítségével nagymértékben csökkenthető a településeket érő zajterhelés. (3. ábra).

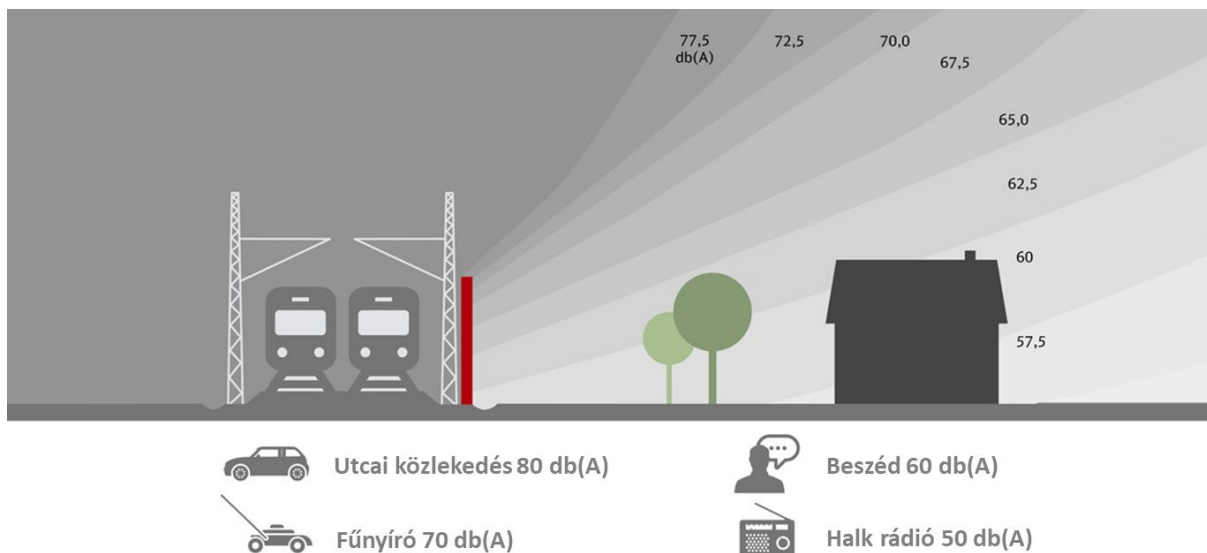


3. ábra. Zajárnyékoló fal³

A zajárnyékoló falakkal nemcsak a forgalmas autóutak és autópályák mentén találkozhatunk, hanem vasúti vonalhálózat mentén is. A zajvédelmi jogszabályok betartása és a vasútvonalak

³ <http://www.szomorepito.hu/zajarnyekolo-fal-epites.htm>

közelében élő emberek egészsége érdekében szükséges az aktív vagy passzív zajvédelem, különleges esetekben mindkettő használata (4. ábra).



4. ábra. Aktív zajszűrő rendszer a vasúti közlekedésben⁴

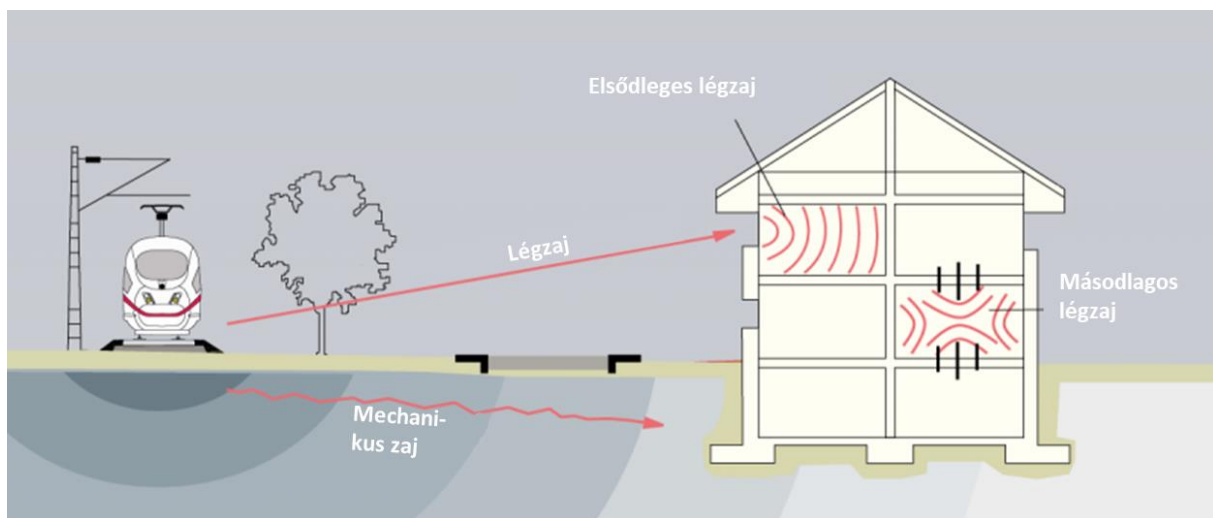
Ebben az esetben az aktív-zajvédelem közvetlenül a pálya mellett felépített zajvédő falra vonatkozik, a passzív jelzőt a vasúthoz közvetlenül nem köthető, azonban védelemre szoruló épületek védelmére alkalmazzák. Az aktív zajvédelmi rendszer a leggyakrabban használt védelemi eszköz, mivel ezzel egy időben számos lakót meglehetősen védeni a közlekedési zajtól. A falak kialakítása a pálya felé erősen abszorbensek, ezzel megakadályozva a hangvisszaverődést. A vasútvonalak zajának számos oka van, pl.: a kerék és a sín közötti érintkezés, az aerodinamikus vezetési, a megközelítési, a fékezési vagy a manőverezési zaj.

A vasút esetében nemcsak a levegőben terjedő zajokra kell odafigyelni, hanem a vasúti szerelvények által keltett mechanikus zajokra, rezgésekre is (5. ábra). A mozdony elhaladásával a földfelszín alatt olyan mechanikus zajok jönnek létre, amelyek a vasúti pálya szomszédságában lévő házakban ún. sokkot okoznak. Részben ezek a mechanikus zajok még érzékelhetőek a pálya közelében lévő épületekben, mint rezgések. A mennyezetek és a falak rezgései által hallható hanghullámok keletkeznek, ezt „másodlagos léghangnak” nevezik. Ennek és a levegőben terjedő zaj találkozásakor keletkezik az ún. sokk, mely nemcsak az épületre, de az épületben tartózkodó személyekre is veszélyes. Védekezni aktív és a passzív védelmi rendszer együttes alkalmazásával lehetséges. Passzív zajcsökkentő intézkedések az épületek hangszigetelésének javítása, hangszigetelt ablakok és hangszigetelt ventilátorok beépítésével. Bizonyos esetekben szükséges lehet a külső falak és a tető hangszigetelése is.

A forgalmas pályaudvarok, repülőterek közelében lakók szervezetére a gépek zaja káros hatással van. Brit kutatók foglalkoztak ezzel a témával, azonban a kutatás csak a forgalmas repülőterek

⁴ <https://www.2.stammstrecke-muenchen.de/umwelt/laermschutz>

közelében lakókat vizsgálta. „Az eredmény a British Medical Journal című orvosi folyóiratban jelent meg. A tanulmányban a stroke, a szívkoszorúér- megbetegedések és a szív,- és érrendszeri megbetegedések fokozott kockázatát állapították meg. A kutatók a kapott eredményeket a területi etnikai hovatartozás, életkor, dohányzás, szív,- és érrendszeri megbetegedések kiszűrésével igyekeztek korrigálni.”⁵ A tanulmány a CAA (Polgári Légügyi Hatóság) 2001-es London 12 kerületének és a város nyugati településeinek zajszint adatait használta, ahol a repülőgépek által okozott zaj az 50 dB-t meghaladta.



5. ábra. Mechanikus zajok hatása⁶

A legnagyobb hangteljesítményű közlekedési eszközeink a repülőgépek. Szerencsére idejük nagy részét a levegőben töltik messze a lakott területektől, így csak a repülőterek közelében jelent problémát a zajszennyezésük. A repülőterek közelében lakók a passzív zajcsökkentő eljárásokkal védekezhetnek a gépek zajterhelése ellen.

A 6. ábra egy reptér kifutópályájának átlagos zajkibocsátását mutatja. „Az ábrán a zajterhelés:

- az A mérési pontban: 102- 108 dB;
- a B mérési pontban: 102- 110 dB;
- a C mérési pontban: 93- 108 dB.” [2]

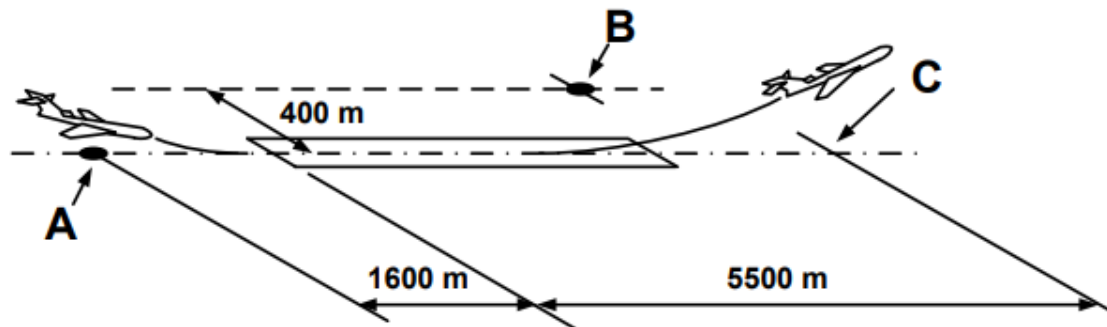
Ezeket az eredményeket egy másik kutatás a Journal of the American College of Cardiology című szaklapban megjelent tanulmány is alátámasztja⁷. A kutatók azt vizsgálták, hogy a közlekedési zaj milyen hatással van az emberi szervezetre. Arra a következtetésre jutottak, hogy a zaj egy ún. stressz választ indít be, ennek hatására megnő a stressz hormonszint és az érrendszert is károsítja.

⁵ <https://www.bmj.com/content/347/bmj.f5752>

⁶ <https://www.abs38.de/schall-und-erschuetterungsschutz.html>

⁷ <http://www.onlinejacc.org/content/71/6/688.short>

Összefüggést találtak a zaj, az alvászavar, a stressz és a kognitív képesség csökkenése között. A vizsgálatokból az is kiderül, hogy különösen az éjszakai zaj növeli a stressz hormonok szintjét.



6. ábra. Kifutópálya zajkibocsátása [KOREN E.: Zajvédelem előadások (kézirat)]

A kutatók megvizsgálták, hogyan lehetne a közlekedési zajt csökkenteni. „Mivel a népesség egyre nagyobb százaléka van kitéve a már veszélyes mértékű közlekedési zajnak, ezért annak csökkentését célzó új fejlesztések és szabályozások fontosak a közösség szempontjából.” – nyilatkozta Thomas Münzel a tanulmány vezetője.⁸

3. Az emberi tevékenység hatása a természetre

3.1. Városi zaj hatásai

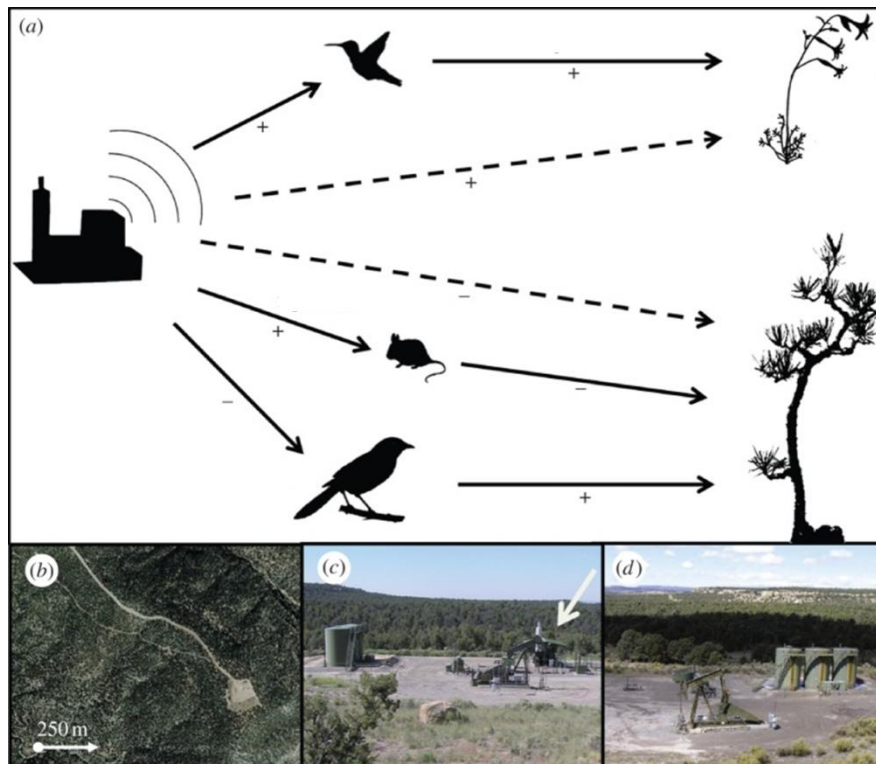
Az ember okozta zaj, mely a környezetszennyezés egyik formája, nemcsak saját magára az emberre fejt ki káros hatását, hanem közvetlen környezetére, az élő,- és a növényvilágra is. A durhami NESCent intézet kutatója, Clinton Francis által vezetett csoport azt vizsgálta, hogy a zaj hogyan hat a növényvilágra.⁹ Arra az eredményre jutottak, hogy az autópályák mentén lévő erdőkben, az erdők fejlődésében szerepet játszó állatokra más- más hatással van a forgalom által kibocsájtott zaj. Kimutatták, hogy bizonyos állatokat, mint például a kolibrít nem zavarja a forgalom zaja, viszont megállapították, hogy a forgalmas út mellett a fenyők „kihalófélben” vannak. Ennek az oka, hogy a fenyő magvak terjedéséért „felelős” szajkót kifejezetten zavarja az autók zúgása, ezért az ilyen területeket elkerüli. De nem csak a forgalmas utakat kerülik el ezek az állatok, hanem minden olyan területet, ami az emberi tevékenység(ek)nek köszönhetően megváltoztatta az adott terület ökológiáját. Sok állatfajnak okoz problémát a hangszennyeződés, akadályozza a szaporodásukat, megzavarja az állatok életmódját.

Ugyan ez a kutatócsoport az új- mexikói Csörgőkígyó kanyonban lévő gáztermelő hely környékén megfigyelték, a zajszennyezés milyen hatást fejt ki a környezetre (7. ábra). Megfigyelték az állatok

⁸<http://www.origo.hu/tudomany/20180206-sejtszinten-van-rombolo-hatással-az-ember-szervezeterere-a-kozlekedesi-zaj.html>

⁹<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22438504>

viselkedését a zajban (a szivattyúk és kompresszorok 90dB-es hangnyomás szinttel működnek) és a gépektől távol a csendben, az így kapott adatokat összehasonlították. A kapott eredmény megegyezett az előző kutatás eredményeivel. A 7. ábrán a folytonos és a szaggatott vonalak a közvetlen és a közvetett kölcsönhatásokat mutatják. A jelek a hatás irányára utalnak és az egyes hatásokat a nyilak alatt elhelyezett jelölések jelzik. A 7. ábrán a b), c), d) képeken látható az emberi cselekvés által, az állatokat zavaró ingerek hatásától a terület közeléből teljesen eltűnő fenyők. Ezen megfigyelésekből és kutatásokból megállapítható, hogy hosszútávon drámai hatással lehet az ökoszisztéma szerkezetére és sokféleségére. A kutatók megfigyelték a „városi” és a „falusi” madarak kommunikációja közötti eltérést. A kutatások során megállapították, hogy a városokban élő madarak máshogy énekelnek, mint a falun élő társaik. Ez azzal magyarázható, hogy az emberi tevékenységekből eredő zajokat, (közlekedési, építkezési hangokat) próbálják túlharsogni. A hangerejük és a hangkibocsátásuk frekvenciájának növelésével, élesebb hangot adnak ki. [5]



7. ábra. Zaj hatása az élővilágra¹⁰

A durhami NESCent intézet kutatásától függetlenül Nagy- Britanniában a városi zaj a házi veréb populációjára gyakorolt hatását vizsgálták. A Sheffield Egyetem tudósai a PLoS ONE internetes folyóiratban tették közzé eredményeiket. A városban vagy zajosabb helyen élő és ott fészkelő tojók ritkábban etették fiókáikat, mint a csendes erdőben élő társaik, így előbbiek alultápláltak voltak és

¹⁰ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22438504>

rosszabb volt a túlélési esélyük. A kutatók véleménye szerint a zajszennyezés miatt nem észlelik az anyák a fiókáik éhségjelzéseit, romlik a közöttük lévő kommunikáció. [6]

3.2. A hajózás hatásai

A tengeri élővilágot sajnos az emberi tevékenységeknek köszönhetően veszélyeztetettek. Nemcsak a műanyagszennyezés, intenzív halászat, vagy sajnos az olaj, és egyéb kémiai anyagok által, hanem a hajók zajszennyezése miatt is. Több egymástól teljesen független kutatás is foglalkozott a hajók vízi élőlényekre gyakorolt hatásaival. A Maryland Egyetem kutatói megállapították¹¹, hogy a hajók miatt a delfinek nem hallják egymást, ezáltal hangosabban és többször elismételve kell beszélniük. A delfinek beszélgetése a zaj hatására jelentősen egyszerűsödött. Ez nem elszigetelt eset, egy japán kutatócsoport a hosszúszárnú bálnák vizsgálata során hasonló megállapításra jutott.

A hajók zajának hatására a bálnapopuláció egyre egyszerűbben kommunikál. Sőt más kutatócsoportok a kardszárnú delfinekénél is hasonló következtetésre jutottak. A hangosabb beszéd sokkal veszélyesebb számukra, mint gondolnánk. A hajók túlkiabálására tett erőfeszítések miatt az állatoknak percenként átlagosan 1 kalóriával kell többet találniuk. Első pillantásra ez az 1 kalória alacsonynak tűnhet, azonban ez idővel összeadódik. „Ráadásul a motorok, a hajócsavarok, a szeizmikus felmérések és tengeri építkezések keltette zajok nem csak azért károsak, mert a cetfélék kénytelenek megemelni a hangjukat. Kutatások szerint a bálnák és delfinek többször jönnek fel a felszínre, ugranak ki a vízből, csapkodják a felszínt a farkukkal, amikor hajók vannak a közelben – ami szintén extra energiát igényel. A katonai szonárok rontják a cetek hallását és megváltoztatják merülési szokásaikat – ami gyakran azzal jár, hogy megbetegszenek, vagy partra vetődnek.

A kutatók most olyan ajánlásokat tesznek, amelyek mérsékelhetik az emberi tevékenység által okozott károkat – a kikötőkben álló motorok fordulatszámának csökkentésével, a bálnanéző hajók számára előírt minimum távolságok betartásával talán valamelyest csökkenthetők ezek a káros hatások.” [7]

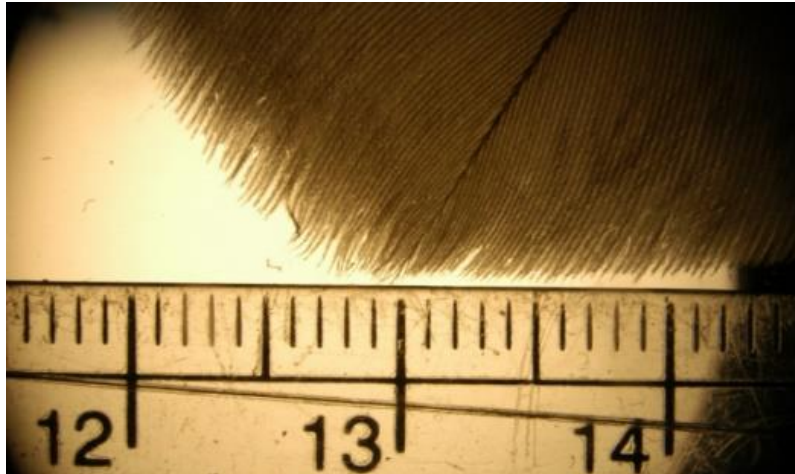
3.3. Megoldás a természetből

A Cambridge-i Egyetem és az USA három intézményének kutatói (Virginia Tech, Lehigh és a Florida Atlantic University) egy különleges bevonatot fejlesztettek ki¹², amelynek köszönhetően csökkenthető a repülőgépek, szélturbinák és a számítógépek zaja is. A felfedezés a baglyok egyedi szárnyszerkezetének köszönhető. Ezzel az új fejlesztéssel nemcsak a szélturbinák által kibocsátott zaj csökkenthető, hanem növelhető a teljesítménye is, ezáltal több áram termelhető. Mivel a kibocsátott zaj mérséklése miatt nagy szélben fékezik a lapátokat, ezért a kisebb zajkibocsátás mellett növelhető a rotor forgásának sebessége, ezáltal több áramot termelnének. A baglyok lopakodva, észrevétlenül vadásznak, amely bár köztudott volt, azonban a miértjére eddig nem sikerült rájönni. A kutatók magas felbontású mikroszkópot használtak a bagoly szárnyának finom részletességű vizsgálatára. A bagoly tollának különleges a felülete, egyenetlenül dudorok borítják. Ezt úgy kell elképzelni, mintha madártávlatból alattunk egy hatalmas és sűrű erdő terülne el, amelyből itt- ott szabálytalan félgömb alakú lombkoronák emelkednének ki. Megfigyelték a tollgerinc két oldalán a tollacsák eltérő

¹¹ <https://www.umces.edu/news/growing-noise-ocean-can-cause-dolphins-change-their-calls>

¹² <https://www.cam.ac.uk/research/news/silent-flights-how-owls-could-help-make-wind-turbines-and-planes-quieter>

struktúrája, a levegőt hasító, belépő élen a tollacskák egymástól egyenlő távolságra sorakoznak és szinte egyforma hosszúak, míg a kilépő élen eltérő a hossza, soraik hézagosak, amely így rojtos hatást kelt (8. ábra).



8. ábra. Bagoly szárny szerkezete¹³

Manapság már a nagysebességű vonatoknál és a repülőgépek esetében a legnagyobb zajt nem a motor,- vagy a gördülési zaj okozza, hanem testről leváló légtömeg örvénylése, turbulencia alakul ki. A bagoly tollának különleges kialakítása lehetővé teszi a repülés közbeni zaj csökkentését, csökkenti a légáramlást a szárny fölött és szétszórja a hangokat. A kutatás során igyekeztek a szárny szerkezet minél pontosabb lemásolására, melyre a legjobbnak az esküvői fátyolhoz hasonló anyag bizonyult, a keletkező zajt akár 30 dB-lel is képes csökkenteni. A kutatók a fátyol mintája alapján 3D nyomtatással, műanyagból készíthető hálót kísérleteztek ki és bevontak vele egy turbinalapátot. A szélcsatorna tesztek során a szélturbina pengéje által okozott zajt 10 dB-lel csökkentette az aerodinamikai hatások befolyásolása nélkül. Ha sikerül optimalizálni és széles körben felhasználhatóvá tenni, akkor jelentősen csökkenthető a repülőgépek zajszennyezése és a szélerőmű-farmok több villamos energiát lennének képesek termelni.

4. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

¹³<https://www.origo.hu/tudomany/20150717-bagoly-sugarhajtomu-szelturbina-turbinalapat-turbulencia-kilepoel-ventilator.html>

Irodalom

- [1] Hansen, C.C.– *Understanding Active Noise Cancellation*; ISBN: 0-203- 46733-7; 2001
- [2] Koren, E. (2009) *Környezeti zajok*. in: *Zaj- és rezgésvédelem*; (szerk.: Domokos E. és Horváth B.); ISBN: 978-615-5044-38-0; 2009; http://mkweb.uni-pannon.hu/tudastar/anyagok/13-Zaj_rezges_vedelem.pdf, utolsó letöltés: 2019.03.20.
- [3] <http://www.airmetric.hu/vizsgalo+laboratorium/zajmeres/zajmeres+1.html>, utolsó letöltés: 2019.03.02.
- [4] <http://survive.hu/hu/otthonod-alatt-szomjazik-a-fold-megoldas-kornyezetbarat-burkolatok/>, utolsó letöltés: 2019.02.28.
- [5] https://index.hu/tudomany/kornyezet/2012/04/02/a_zaj_is_karositja_a_kornyezetet/, utolsó letöltés: 2019.03.20.
- [6] <https://www.sheffield.ac.uk/news/nr/sparrows-lundy-julia-schroeder-noise-hunger-1.194411>, utolsó letöltés: 2019.03.20.
- [7] <https://www.nyest.hu/hirek/miert-uvoltenek-a-palackorru-delfinek>, utolsó letöltés: 2019.03.20.