

MIKOVINY SÁMUEL
FÖLDTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

A doktori iskola vezetője:
Dr.h.c.mult.Dr. Kovács Ferenc
az MTA rendes tagja
egyetemi tanár

ELJÁRÁSTECHNIKAI BERENDEZÉSEK ZAJA
ÉS TECHNOLÓGIAI-MŰSZAKI JELLEMZŐI
ÖSSZEFÜGGÉSEINEK KUTATÁSA
KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZ APRÍTÓGÉPEKRE

Doktori értekezés tézisei

Kocsis Edit
okleveles gépészmérnök

Tud. vezetők: **Prof. Dr. Csőke Barnabás**
a műszaki tudomány kandidátusa
tanszékvezető egyetemi tanár
Dr. Ladányi Gábor
tanszékvezető egyetemi docens

Miskolc, 2006.

1. BEVEZETÉS

Az eljárástechnikai gépeket az ipar számos területén használják. Feladatuk, hogy a feladott anyagot fizikai eljárással átalakítva nyerjék el a végterméket. Ez az eljárás lehet többek között aprítás, dúsítás, agglomerálás, keverés, szemcseméret szerinti szétválogatás (osztályozás). Az értekezés – tekintettel az eljárástechnika és berendezései sokrétűségére – csak az aprítógépekkel foglalkozik.

Az aprítógépek működése típustól és a technológiai jellemzőktől függően különböző mértékű zajkibocsátással jár. A zaj zavaró hatása elsősorban a berendezés közvetlen közelében, a munkahelyeken észlelhető. Minél összetettebb egy berendezés, annál több része jelenik meg zajforrásként. Ha a berendezéshez előkészítő, kiszolgáló, stb. részek is csatlakoznak, a zajforrás egyre bonyolultabbá válik.

A gépek, berendezések zajkibocsátásának vizsgálatát több ok is indokolja. Leginkább ismert ok a munkahelyi zajvédelem. A gép mellett dolgozó embert védeni kell a zajhatásoktól, hogy elkerülhessük az egészségkárosodást, mely legközvetlenebbül a hallás területén jelentkezik. Ez természetesen függ az ember zajjal szembeni egyéni érzékenységétől is. Munkahelyi zajméréseket az üzemek ezért a munkavállalót a megítélési időben érő mértékadó zajterhelés meghatározására végeztetnek.

Másik ok a gépek zajkibocsátásának vizsgálatára az, ha a működésből származó zaj már nem csak a munkahelyeken, hanem nagyobb távolságban, a környezetben lévő lakó- és egyéb védendő területeken is jelentkezik, és meghaladja az ott érvényes határértékeket. Ez jelentkezhet lakossági panaszok formájában, de kiderülhet a környezetvédelmi hatóság ellenőrzésekor is. A határérték túllépést a környezetvédelmi hatóságok szankcionálják zajbírság formájában.

További ok a gépek zajkibocsátásának vizsgálatára az üzemelési körülmények és a zajkibocsátás közötti összefüggés meghatározása. Az üzemközbeni zajkibocsátás nagyságából következtetést lehet levonni a gép üzemállapotára, esetleges kopásokra, töltési fok, sebesség, tömegáram megfelelőségére. ez a terület kevésbé megkutatott, mint a másik kettő. Vizsgálataimat ezért ebben a témában végeztem.

2. TUDOMÁNYOS ELŐZMÉNYEK, CÉLKITŰZÉSEK

A gépek környezetében előidézett zajterhelés adatokról információkat leginkább folyóiratcikkekben, internetes honlapokon találunk. Emellett ilyen adatok találhatóak az egyes üzemek által végeztetett munkahelyi zajvizsgálati jegyzőkönyvekben és környezetvédelmi hatóságok hivatalos zajmérési jegyzőkönyveiben.

A szakirodalom tanulmányozása során az alábbiakat állapítottam meg. A könyvekben, tankönyvekben a legkevésbé utalás a gépek működés közbeni zajkibocsátására. A gépek működésének leírása igen részletes, de a gép egyes zajforrásairól, a technológia keltette zajkibocsátásról nem esik szó. Néhány soros utalás előfordul a munkakörnyezetben megengedhető zajterhelés nagyságára. Ennek oka nyilvánvalóan az, hogy a könyvek tárgya alapvetően a gép működésének bemutatása, az ott fellépő erők vizsgálata.

A különféle gépek, berendezések zajvizsgálata általában a munkahelyi és a környezeti zajvédelem területén jellemző.

A munkahelyi vizsgálatoknál jellemzően a dolgozó munkavégzésének helyén mért zajszintadatokat közölnék, melyek annak a megállapítására szolgálnak, hogy a munkavállalót éri-e a megítélési idő (ez általában a műszakidő) alatt olyan zajdózis, mely egészségkárosodást okoz.

A környezeti zajvizsgálatok az üzem környezetében lévő lakóházak, intézmények védendő homlokzata előtt történnek, és a határértékek betartásának ellenőrzését szolgálják.

R. Pax végzett olyan vizsgálatokat, melyek a gép működése és zajkibocsátása között keres összefüggéseket. Az ő vizsgálatai golyósmalmokra terjednek ki, és számítógépes szoftervizsgálattal modellezte a valós aprítási folyamatokat.

Ladányi G. 2005-ben végzett olyan vizsgálatokat, melyek egy röpitőtörő üzemi jellemzői és zajkibocsátása között keresett összefüggéseket. Összefüggéseket tárt fel a tömegáram és a zajkibocsátás valamint a kopás hatása és a zajkibocsátás között.

A megkutatott szakirodalomban általában nem a gép működése és üzemi körülményei ill. a zajkibocsátás közötti összefüggéseket vizsgálták.

A szakirodalmat áttekintve megfigyelhető, hogy a gép műszaki állapota, technológiai jellemzői és zajkibocsátása közötti összefüggés vizsgálata máig kevésbé megkutatott terület. Egyértelműen igaz ez az aprítógépekre is. Zajkibocsátásuk meghatározására kevés mérést végeztek, ráadásul a mérési eredmények általános publicitása nem széleskörű.

Az előbbieket miatt az értekezés az aprítógépek új szempontokból történő zajvizsgálatát tűzi ki célul, hogy információkat szerezzünk a működési körülmények és a zajkibocsátás közötti összefüggések feltárására és következtetések levonására, amely lehetővé teszi a berendezés zajának előzetes becslését és szabályozását. A jelenlegi ismeretek nem nyújtanak elegendő információt arról, hogy a zaj szabályozásában mi a teendő az előkészítő rendszerek gépészeti és technológiai tervezése során (az eljárás és a berendezés kiválasztása, a terhelés tervezése), mint ahogy ahhoz sem, hogy a gép zaja az üzemelés jellemzőivel milyen módon befolyásolható.

3. AZ ALKALMAZOTT VIZSGÁLATOK ÉS ÉRTÉKELÉSI MÓDSZEREK

3.1. Laboratóriumi mérések

A kutatómunka első része laboratóriumi modell vizsgálatokat foglal magába. Két géptípust választottam ki melyek méréséhez az üzemeltetők biztosították a feltételeket.

Az első vizsgált gép egy ütessel-ütőközéssel aprító Prall malom volt, mely a Miskolci Egyetem Eljárástechnikai Tanszék laboratóriumában található. A feladat kivitelezéséhez aprítandó anyagként mészke került beszerzésre. A mintát részmintákra osztottam, majd azokat a vizsgálathoz digitális mérlegen lemértem. A tömegáram meghatározásához stopperrel mértem az aprítási időt, valamint az aprított anyag tömegét. A tömeg és az idő hányadosa adta a tömegáramot.

Az összeállított zajmérő rendszer egy 2260 típusú Brüel & Kjær típusú műszer volt BZ 7206 modullal vezérelve, mellyel egyidejűleg lehetett több zajjellemzőt is vizsgálni. Így nem volt szükség mérési pontonként minden tercsávban egyenként mérni. Ezzel jelentősen lerövidült a vizsgálatok ideje. A műszer alkalmas a mérési adatok tárolására. A mérési adatokat számítógépen Brüel & Kjær Noise Explorer Type 7815 version 3.31 szoftver segítségével értékeltem ki, az adatokat táblázatos formába rendezve.

A Prall malom zajkibocsátását különböző üzemállapotokban vizsgáltam meg: üresjárat a mérés-sorozat elején zajteljesítményszint meghatározással, aprítás különböző tömegáramok esetén hangnyomásszint mérés, üresjárat a mérés-sorozat végén zajteljesítményszint meghatározással, végül egy másik alkalommal üresjárat és aprítás zajteljesítményszint meghatározással.

Zajteljesítményszint meghatározásánál – üresjárat és aprítás esetén is - a gépet burkoló hasábról párhuzamos, tőle 0,5 m-re felvett mérőfelületen 5 ponton mértem hangnyomásszintet, majd a zajteljesítményszintet kiszámoltam. Csak hangnyomásszintek mérésekor a géppel szemközt, tengelymagasságban, a géptől 1 m-re hangnyomásszinteket mértem tercsáv bontásban. A kapott zajszint-idő függvényből azon időtartam hangnyomásszintjét vettem jellemzőnek az aprításra, amikor az állandó volt (azaz az aprítás eleji felfutási és a végén a lecsengési időszakot az értékelésből kihagytam).

A különböző tömegárammal és fordulatszámmal mérve választ kerestem arra, hogy:

- a tömegáram és a fordulatszám változása hogyan befolyásolja a zajkibocsátást-zajteljesítményszintet, ill. mely tömegáram esetén legcsendesebb az aprítás
- a malom üresjáratú zajkibocsátása változott-e az aprítások után

A második laboratóriumi kísérleti berendezés egy nyomással aprító pofástörő volt. Két berendezést vizsgáltam.

Az első vizsgált pofástörő a BÉM Borsodi Ércelőkészítő Mű RT laborépületében található. Zajkibocsátását üresjáratban, majd három különféle anyag – érc-zsugorítvány, építési téglá és magnezit téglá - aprítása során majd ismét üresjáratban vizsgáltam. A tömegáramot a korábbiakhoz hasonlóan

határoztam meg. A mérésekhez ugyanazon zajmérő műszerösszeállítást használtam, mint a Prall malom vizsgálatánál. A mért adatok tárolása és kiértékelése szintén az előbbieken említett módszerrel történt.

- Ebben az esetben azt kutattam, hogy
- a különféle minőségű, állagú, keménységű anyagok aprítása hogyan befolyásolja a törő zajkibocsátását,
- az aprítások után az üresjáratú zajkibocsátás milyen mértékben változik.

A második vizsgált pofástörő a Miskolci Egyetem Eljárástechnikai Tanszék laboratóriumában található. Ezen pofástörőnél üresjáratban, majd három különböző tömegáramnál határoztam meg a zajteljesítményszintet. Az aprított anyag mészke volt.

A vizsgálat során választ kerestem arra, hogy az üresjáratú zajteljesítményszinthez képest hogyan változik a zajteljesítményszint az aprítás során különböző tömegáramok esetén.

3.2. Üzemi mérések

A kutatómunka második fázisában adatgyűjtést és üzemi méréseket végeztem:

- az ÁNTSZ valamint saját magam által, az üzemelés helyén - bányákban és ásványfeldolgozó üzemekben - működő aprítógépeknél végzett hangnyomásszint mérések eredményeit rendszereztem ill. értékeltem ki. Összesen 21 db aprítógépről jutottam értékelhető adatokhoz.
- Az adatok elemzése az alábbi tényezők függvényében történt:
 - 1) igénybevétel módja (ütés, ütközés, nyomás; egy és két felületen történő aprítás)
 - 2) igénybevétel sebessége
 - 3) tömegáram és a tömegáram nagyságrendje
 - 4) az aprítás szemcsemérete (durva-, közép-, finomaprítás)
 - 5) aprítandó anyagok
 - 6) géptípus (pofás, röpítő stb.)
 - 7) a törőfelületek és egyéb alkatrészek kopása

4. A KUTATÓMUNKA EREDMÉNYEI

1. Egy aprítógép hangnyomásszintje és zajteljesítményszintje függ az igénybevétel módjától (ütés, ütközés, nyomás, egy vagy két felületen történő aprítás;), az igénybevétel sebességétől, az üzemmódtól (tömégáram nagysága), az aprítási szemcsemérettől (durva-, közép-, finomaprítás), az aprított anyag tulajdonságaitól, a géptípustól (pofástörő, röpítőtörő stb), konstrukciós kialakításától, állapotától (törőfelületek és alkatrészek kopása):

$$L_p = f(k_1, v, Q, k_2, k_3, k_4, k_5)$$

ahol:

k_1 = igénybevétel módjától függő jellemző,

v = a szemcse igénybevételi sebessége,

Q = tömégáram,

k_2 = a szemcsemérettől függő jellemző,

k_3 = az aprítandó anyag tulajdonságaitól függő jellemző,

k_4 = a géptípustól függő jellemző,

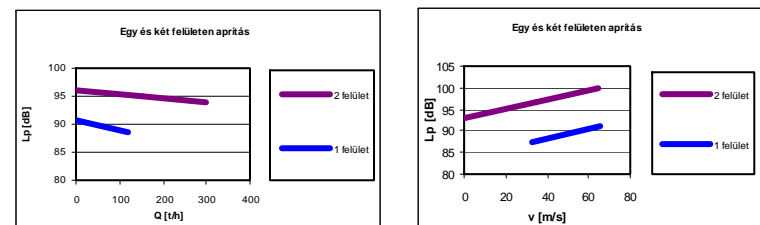
k_5 = a konstrukciós kialakítástól függő jellemző.

- 1.1 Egy berendezés zajjellemzőinek megadásakor közölni kell, hogy hangnyomásszint vagy zajteljesítményszint adatról van-e szó. Kiegészítésként meg kell adni, hogy milyen anyag törése és milyen üzemi paraméterek esetén történt a mérés, továbbá hogy az adatok meghatározása az üzemelés helyén vagy laborkörülmények között és milyen pontosságú vizsgálattal (pl. tájékoztató, műszaki) történt. A legpontosabb tájékoztatást az adja, ha jelzik, hogy a teljesítményszint mérés mely szabvány alapján történt. Hangnyomásszint mérés esetén a mérési pont géptől való távolságát is meg kell adni.

2. A zajszint alapvetően az igénybevétel módjától függ.

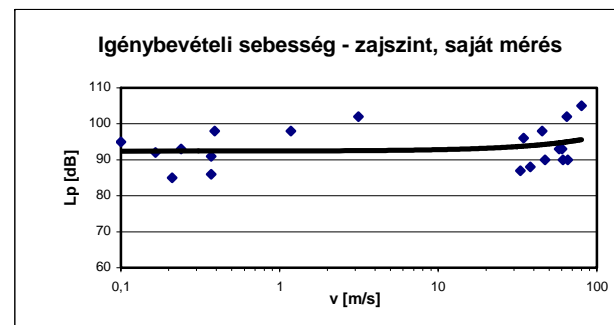
- 2.1. Az igénybevétel módját tekintve 100 t/h tömégáram alatt lehangosabb az ütéssel történő, kevésbé hangos a nyomással történő, és a legkevésbé hangos az ütközéssel történő aprítás. A sebesség változását figyelembe véve 30 – 65 m/s sebességtartományban a nyomással történő aprítás zajkibocsátása a legnagyobb, kisebb az ütéssel történő és legkisebb az ütközéssel történő aprításé.

- 2.2. A két felületen aprítás hangosabb, mint az egy felületen történő aprítás (1. ábra).



1. ábra. Egy és két felületen történő aprítás hangnyomásszintjei

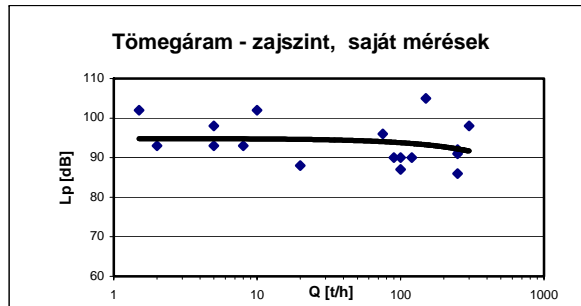
3. Az igénybevétel sebessége a zajkibocsátást befolyásolja. Az igénybevételi sebesség növekedése az összes vizsgált berendezés vonatkozásában a zajszint-trend növekedését okozza minden aprítási módnál ill. aprítási területnél (2. ábra).



2. ábra. Zajszint az igénybevételi sebesség függvényében

4. A berendezés üzemmódja a zajkibocsátást befolyásolja. A gép terhelésének (Q) növekedése:

- 4.1. Általában a zajszint-trend csökkenését hozza magával (3. ábra).



3. ábra. Zajszint a tömegáram függvényében

- 4.2. A zajszint-trend növekedését okozza közép- és durvaaprításakor, 1-100 t/h tömegáram tartományban (laboratóriumi és üzemi körülmények között egyaránt).
- 4.3. A zajszint-trend növekedését okozza pofástörők esetében (laboratóriumi és üzemi körülmények között egyaránt), mészkő és andezit aprításakor és a laboratóriumi Prall malomnál.
5. Az aprítások zajszintje a terhelés (Q) és az igénybevételi sebesség (v) szorzata függvényében közel állandó érték - 94 dB - az összes törő vonatkozásában
6. A végtermék szemcseméretét alapul véve 25 és 100 t/h között a középpaprítás a lehangosabb, a finomaprítás a tömegáram növekedésével csökkenő, a durvaaprítás növekvő zajszint-tendenciát mutat.
A sebesség növekedésével a durvaaprítás zajszintje meredeken nő, a finomaprításé csökken, a középpaprításé kismértékben nő. 10 és 50 m/s igénybevételi sebesség között a finomaprítás hangosabb, mint a középpaprítás.
7. A zajkibocsátás függ az aprítandó anyagtól is:

- 7.1. A nehezen aprítható anyag (Bond index > 15) aprítása nagyobb zajkibocsátással jár, mint a könnyen aprítható (Bond index < 12) anyagoké;
- 7.2. Az igénybevételi sebesség növekedése zeolit és andezit aprításakor, a tömegáram növekedése zeolit aprításakor eredményez zajszintcsökkenést.
8. A kalapácsos törők zajkibocsátása 80 t/h tömegáram alatt nagyobb, mint a röpítőtöröké és a pofástöröké, ennél nagyobb tömegáramok esetén a pofástörő a lehangosabb. Kis sebesség esetén a pofástörő a lehangosabb, és zajkibocsátása a sebesség növekedésével meredeken nő. 30 m/s igénybevételi sebesség fölött a kalapácsos törő hangosabb, mint a röpítőtörő..
9. A gép szerkezeti kialakítása befolyásolja a zajkibocsátását. Az aprítófelület kopása (a vizsgált röpítőtörő esetén) nem okoz hangnyomásszint növekedést. A burkolóelemek, alkatrészek kilazulása jelentősen növeli a hangnyomásszintet (BÉM pofástörő).

5. AZ EREDMÉNYEK HASZNOSÍTÁSA

A kapott összefüggések (pl. hangnyomásszint-tömegáram $L_p(Q)$, hangnyomásszint-sebesség $L_p(v)$) alkalmasak arra, hogy az aprítási tevékenységet végző bányák és üzemek az egyes üzemállapothoz a várható zajszintre első közelítésben becslést tehessenek, és ezzel a dolgozót érő munkahelyi és az üzem környezetét érő zajterhelést előzetesen megbecsüljék, ill. zajcsökkentés célból az aprítás módját kedvezőbbre válasszák. A mérési adatok számának növelésével, a folyamatos adatgyűjtéssel és értékeléssel a becslés pontossága is folyamatosan javítható.

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓK

1. **DIÓSZEGINÉ KOCSIS EDIT:** Tejipari evaporatív hűtőkondenzátor zajkibocsátásának vizsgálata és javaslat zajcsökkentésre
„Az épített környezet zajvédelme” szeminárium, Esztergom-kertváros 1993. június 2-4. p. 95-101.

2. **KOCSIS EDIT:** Faipari üzem ventilátora és az elszívóvezeték zajkibocsátásának vizsgálata
„A hazai zajvédelem helyzete“. Zajvédelmi szeminárium és kiállítás Szombathely, 2003. okt. kiadványa, CD
3. **KOCSIS EDIT** Faforgács elszívóhálózatok zajkibocsátásának vizsgálata
„Asztalos és Faipar“ c. folyóirat, 2004. január p. 85-87.
4. **KOCSIS EDIT:** Egy aprítóberendezés – Prall malom – zajkibocsátása és működési jellemzői közötti összefüggések vizsgálata
Építőgépek, építésgepesítés c. folyóirat VII. évf. II. sz. 2005. p. 34-37.
5. **KOCSIS EDIT:** Aprítógépek zajkibocsátásának vizsgálata
Építőanyag c. folyóirat, 58. évf. 2006/3. p. 83-86.
7. **KORÁBBI ÉS EGYÉB PUBLIKÁCIÓK**
 1. **KOCSIS EDIT:** Szendvicstartók statikus és rezgéscsillapítási vizsgálata
Országos Tudományos Diákköri Konferencia, Pécs 1977. március
 2. **DIÓSZEGINÉ KOCSIS EDIT:** Szendvicstartók statikus és rezgéscsillapítási vizsgálata
Borsodi Műszaki Hetek 1977. p. 79-82.
 3. **DIÓSZEGINÉ KOCSIS EDIT:** Környezeti zajvédelem Bécsben
ÚJ KÖR-KÉP (Észak-magyarországi Környezetvédelmi Felügyelőség lapja) 1991. július-augusztus. p. 10.
 4. **DIÓSZEGINÉ KOCSIS EDIT:** Környezetvédelmi menedzserképzés dán segítséggel
ÚJ KÖR-KÉP 1993. július-augusztus. p. 8.
 5. **DIÓSZEGINÉ KOCSIS EDIT:** Zajvédelmi szabályozás Nagy-Britanniában

- Zajvédelem-tervezés-hatósági engedélyezés, Szeminárium, Kecskemét 1994. október 19-21. p. 88-91.
6. **DIÓSZEGINÉ KOCSIS EDIT:** Zajvédelmi szabályozás Nagy-Britanniában
ÚJ KÖR-KÉP 1995. május p. 9.
7. **DIÓSZEGINÉ KOCSIS EDIT:** A norvégiai és a magyarországi környezetvédelmi államigazgatás összehasonlítása
Környezetbarát termékek és környezetkímélő technológiák' 96 konferencia, Debrecen, 1996. szeptember 3-4. p. 20.
8. **DIÓSZEGINÉ KOCSIS EDIT:** INTER-NOISE' 96 (Beszámoló)
ÚJ KÖR-KÉP 1996. szept.-okt. p. 14.
9. **DIÓSZEGINÉ KOCSIS EDIT:** Szakmai tanulmányút Norvégiában (Beszámoló)
ZAJINFO (az Optikai, Akusztikai, Film- és Színháztechnikai Tudományos Egyesület Zaj- és Rezgéscsökkentési Szakosztálya lapja), 1996. szeptember, I/5. Bp. p. 2.
10. **DIÓSZEGINÉ KOCSIS EDIT:** Zajvédelmi szeminárium Győrben (beszámoló)
ÚJ KÖR-KÉP 1997. jan.-febr. p. 13.
11. **DIÓSZEGINÉ KOCSIS EDIT-Raisz Gyula:** Urbanisztika, városépítés, környezetvédelem
XI. Országos Környezetvédelmi Konferencia, Siófok, 1997. okt. 14-16.
12. **DIÓSZEGINÉ KOCSIS EDIT:** Zajvédelmi szabályozás Nagy-Britanniában
XII. Országos Környezetvédelmi Konferencia, Siófok, 1998. szept. 15-17. p. 249-256.
13. **DIÓSZEGINÉ KOCSIS EDIT-Ropoliné Lázár Mária:** A hatósági munka tapasztalatai a környezeti zaj elleni védelem területén

Műhelybeszélgetés a környezeti zaj elleni védelemről, Budapest, Környezetvédelmi Minisztérium, 1999. március 8. p. 9-10.

14. **DIÓSZEGINÉ KOCSIS EDIT:** Noise research and education in Sweden
9th Hungarian Seminar and Exhibition on Noise Control. EC NOISE POLICY
30. August-1. September 1999. Proceedings, (CD-n) p. 1-10.
15. **DIÓSZEGINÉ KOCSIS EDIT-Kovácsné Sum Anna:** A települések rendezési terveivel és környezetvédelmi programjával kapcsolatos tapasztalatok
„Települések zajvédelmi programja” Zajvédelmi Szeminárium, Veszprém, 2000. okt. 11-13.
16. **KOCSIS EDIT:** Zajvédelmi szabályozás és kutatás Dániában
30. Zajcsökkentési Szeminárium, Miskolc-Tapolca 2001. szept. 19-21.
Megjelenés interneten: www.mtesz.opakfi.hu
17. **KOCSIS EDIT** Új zajterhelési határérték rendelet alkalmazásának tapasztalatai
“A környezeti zajvédelem stratégiája”. Zajvédelmi szeminárium Hajdúszoboszló, 2002. okt. konferencia kiadványa, CD
18. **KOCSIS EDIT:** Környezeti zaj- és rezgésvédelem
ÖKOGazdaság, 2004. 7-8. szám p. 4-5
19. **KOCSIS EDIT:** A környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről szóló kormányrendelet bemutatása
„Zajvédelmi Szeminárium és Kiállítás a stratégiai zajtérképezés jegyében” Keszthely, 2004. szeptember CD kiadványa
20. **KOCSIS EDIT-Sum Anna:** A zajvédelem jogi szabályozása, helyzete, hatósági ellenőrzés, zajtérképezés
„Magyar-szlovák határmenti környezetvédelmi hatóságok konferenciája”, Kassa, 2005. aug. 25-26. p. 98-102.

21. **KOCSIS EDIT:** KIOP pályázat zajmérő műszer és stratégiai zajtérkép készítésére alkalmas szoftver beszerzésére
„Zajvédelmi Szeminárium és Kiállítás”, Gyula, 2005. okt. 19-21.
22. **KOCSIS EDIT:** Zajterhelés mérése, zajtérképezés
Új KÖR-KÉP 2006. III. negyedév, p.:10-11.