

## ÚTKÖRNYEZETI HATÁSOK MONITOROZÁSA Biomonitoring módszer fejlesztése a közlekedési eredetű környezetterhelés indikálásához

**Koronikáné Pécsinger Judit<sup>1</sup>, Elekné Fodor Veronika, Polgár András,  
Pintérné Nagy Edit**

*<sup>1</sup>Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar Környezet- és Földtudományi Intézet,  
Környezetvédelmi Intézeti Tanszék  
9400 Sopron, Bajcsy-Zs. u. 4.  
e-mail: <sup>1</sup>pecsinger.judit@uni-sopron.hu*

Környezeti hatásvizsgálatokban meghatározott hatásterület az a becsült terület, ahol várhatóan jelentkeznek az adott létesítmény hatótényezői által okozott, főként negatív hatások. A környezettudatos gondolkodás előtérbe kerülése révén a környezetre, az élővilágra kifejtett negatív hatásokat és a bekövetkező károsodások nagyságát igyekszünk csökkenteni. Minél konkrétabban ismerjük a hatásterületet, annál jobban tudjuk alkalmazni a megelőzés eszközeit. A megvalósult és működő rendszerek esetében monitoring rendszer kiépítésére van lehetőség, amely során a ténylegesen jelentkező változásokat követhetjük és rögzíthetjük. Munkánk úthatásokra épülő monitoring rendszer kiépítését készíti elő. Ebben a tervezési fázisban összegyűjtjük a mértékadó hatótényezőket, amelyekre a létesítmény megvalósulása után monitoring rendszert fogunk kiépíteni.

**Kulcsszavak:** hatásvizsgálat, hatásterület, környezetterhelés, monitoring rendszer

### **Bevezetés**

Vizsgálatunk fő célja az élőlényeknek a közlekedési eredetű, tartósan érvényesülő környezetterhelésekre adott reakcióinak felmérése, az összefüggések azonosítása, és mindezek alapján ajánlások kidolgozása a biológiai alapú monitoring fejlesztéséhez.

A környezetszennyezés élőlények reakcióinak felhasználásával történő indikálásának jelentős múltja, tapasztalati alapú ismeretanyaga van. Célzottan a közúti közlekedés létesítményei és használatuk (közlekedés és fenntartás) környezetterhelő hatásainak élőlények reakcióin alapuló, tudományosan igazolt és a gyakorlat számára is rendszerbe foglalt kutatási eredmények azonban csak korlátozottan állnak rendelkezésre.

A tervezett kutatás kiterjed a célzott indikációra potenciálisan alkalmas növény- és állatfajok kiválasztására, ezek populációs, morfológiai és élettani jellemzői és a közlekedési eredetű környezetterhelés közti összefüggések kimutatására.

### **Anyag és módszer**

Munkánk tervezési fázisban lévő úthatásokra épülő monitoring rendszer tervezését készíti elő. A különböző utak esetében más és más mértékű hatótényezőkkel kell számolni. Összegyűjtöttük azokat, amiket mértékadónak tekintünk. A nyomvonaltervezet ismeretében tudjuk, mely területek érintettségével kell számolni. Ezeket a területeket be tudjuk sorolni az útkörnyezeti típusok valamelyikébe a hatásviselői adottságai alapján. Az egyes környezeti elemekre (hatásviselőkre) kiépített monitoring rendszerrel lehetővé válik az út hatótényezőinek vizsgálata mind hatásterületi kiterjedés, mind hatóképesség szempontjából.

A közlekedés okozta kibocsátások terjedését illetve a környezetterhelés mértékét együttesen kívánjuk vizsgálni. Ennek alapját a kitettséget és a térbeli elhelyezkedést figyelembe vevő olyan célzott mintavétel képezi, amely az emissziókat tekintve eltérő jellemzőjű úttípus/forgalomtípus szakaszokon kialakítandó vizsgálati szelvényekben meghatározott távolságokban történik. A vizsgálatok összehasonlító hátterét a mintavételi pontokon a levegő, a talajok és a vizek aktuális állapotának illetve szennyezőanyag terhelésének műszeres mérésével biztosítjuk, továbbá vizsgáljuk a meglévő információs rendszerek, adatbázisok bekapcsolásának lehetőségét a célzott rendszerbe.

Ahhoz viszont, hogy a monitoring rendszer megfelelően legyen megtervezve, tudnunk kell, milyen változásokra számíthatunk az utak környezetében. A detektálható változásokat a hosszú időtávon ható hatótényezők indítják el, így első körben tisztában kell lennünk azzal, hogy mikre is lehet számítani.

A vizsgált fázisok (létesítés, működtetés, felhagyás) esetében a működtetés során, ami tulajdonképp a forgalom folyamatából és a különféle útkarbantartási tevékenységből tevődik össze, találhatunk olyan hatótényezőket, amelyek időbeli lefutásukat tekintve alkalmasak monitorozásra.

### **Környezeti monitoring rendszer tervezési szempontjai**

A környezeti monitoring egy célorientált, szervezett mérési és kiértékelési tevékenység, amelynek segítségével figyelemmel tudjuk kísérni a vizsgálandó környezeti elemek állapotát, változását és ezek ismeretében meg tudjuk határozni az állapot romlását előidéző okokat (Arts és Noteboom 2000). A monitoring tevékenység egyik célja, hogy mérje és összegezze a környezet állapotára vonatkozó adatokat, a bizonytalanságok csökkentése és ellenőrzése érdekében (Gouveia és Fonseca 2008). A környezeti monitoring révén olyan adatokhoz juthatunk, amelyek alkalmasak környezetünk állapotának értékelésére (Dobos et al. 1990). Ahhoz, hogy a mérések eredményeit értékelni tudjuk, megfelelően összehangolt tevékenységre van szükség, ami kiterjed a mérési program megvalósítására, az adatok rendszerezett tárolására és ellenőrzésére, lehetővé téve bizonyos elemzéseket. A környezeti monitoring mérési adataiból így kaphatunk környezeti információt. A tervezett monitoring rendszernek tehát meg kell felelnie az általánosan érvényes, illetve a speciális szakmai információtartalmi követelményeknek is.

Clement és Szilágyi (2011) alapján a környezeti monitoring céljának meghatározását követően a mérés megtervezéséhez az alábbi szempontokat szükséges figyelembe venni:

- *Vizsgálati paraméterek*

A legtöbb esetben olyan fizikai vagy kémiai paramétereket választunk, amely a környezet állapotát, vagy annak változását a leginkább tükrözi. A fizikai környezet állapota közvetlenül befolyásolja az adott helyen kialakult élővilágot, így amennyiben a hatásokra helyezzük a hangsúlyt, indikátor szervezeteket is használhatunk. Ezek olyan élőlények, melyek érzékenyen reagálnak a környezeti tényezők megváltozására, ezért a különböző behatásokat jól mutatják. A biológiai monitoring szerepe az utóbbi években felértékelődött, azonban nem válthatja ki a hagyományos, analitikai monitoringot.

- *Vizsgálati helyszín*

A mérőhálózat kialakításánál a mintavételi helyeket úgy kell megválasztani, hogy azok jól jellemezzék a vizsgálati területet. Az egyes mérőpontok kijelöléséhez az elméleti, geometriai alapok mellett célszerű figyelembe venni olyan gyakorlati szempontokat is,

mint a vizsgálati terület sajátos adottságai (pl. földrajzi adottságok). A mérőpontok számának és pontos helyének meghatározásához elengedhetetlen a vizsgálati terület alapos ismerete. Nagyobb terület esetén célszerű több mérőpontot kijelölni, illetve környezeti elemenként is eltérő módon határozhatjuk meg a mintavételi pontokat. Felszíni vizek esetén, a függély mentén, vagy a keresztmetszetben több ponton, is történhet mintavételezés, de talaj és levegőminőségi mérések esetében fontos a magassági, mélységi adatok megadása is.

- *Mintavétel gyakorisága*

A szükséges mérésszámot a mintavételi helyek megválasztásánál a térbeli változékonyság, a mintázás gyakoriságnál az időbeli változások léptéke szabja meg. Minél változékonyabb a vizsgálandó jellemző, annál gyakrabban kell mérést végezni. A mérőhálózat kijelölésekor a mintavételi gyakoriságának és a hálózat sűrűségének együttesét is figyelembe kell venni.

Folyamatosan működtetett monitoring rendszereknél a mintavételt egyenletes időközönként (a hét vagy hónap azonos napján) szokás végezni, ezzel biztosítva a rendszerességet, kiküszöbölve azt a torzítási lehetőséget, hogy a mérések a kedvező időszakhoz igazodjanak. Egyes környezeti jellemzők a mintavételi ponton fixen telepített, automatikus érzékelő műszerek segítségével is mérhetők. A mintázási időközöket a változékonyság figyelembe vételével az adatrögzítés gyakorisága adja meg.

- *Vizsgálati módszer*

A mérési módszer megválasztása csak a fent bemutatott paraméterek meghatározása után történhet meg. A mérések első lépése a minta feltárása, ami nagymértékben hozzájárul az eredmények pontosságához. Ezt követi a koncentrációk meghatározása, ami általában laboratóriumban, speciális műszerek vagy eszközök segítségével történik. A mintavételt, az előkészítést menetet valamint az analitikai módszereket szabványban rögzítik.

## **Környezeti hatótényezők azonosítása**

A tervezett monitoring vizsgálataink során a mértékadó hatótényezők nyomon követése a fő cél, ezeket mutatjuk be az alábbi részben. Mivel a monitoring hosszú távú adatgyűjtést jelent, ezért a létesítési fázis hatótényezőivel nem foglalkozunk az időbeli lefutásuk viszonylagos rövidege miatt, vizsgálataink szempontjából a működési fázist tekintjük meghatározónak.

### *Útfenntartás*

- *Vegyszerek alkalmazása*

Az útpadka és a rézsűk gyomtalanítására szolgáló vegyszerezés ma már a főközlekedési utak mentén is megszűnt, helyette a géppel vagy kézi erővel végzett kaszálást alkalmazzák. A téli sózás az a síkosságmentesítési technológia, amely hazai viszonyaink között elfogadott és alkalmazott. A közönséges só károsodást okozhat a növényzet, különösen a túlevelű erdők szennyezik az ivóvízellátást és csökkenti a pH-értéket a talajban, ami növeli a nehézfémek mobilitását (Reck és Kaule 1993; Bauske és Goetz 1993). Nehézfémek és nyomelemek, például Pb, Zn, Cu, Cr, Cd, Al kijuthatnak a sózás során és felhalmozódhatnak növényi és állati szövetekben, hatást kifejtve ezáltal a szaporodásra és a túlélésre (Scanlon 1987). Az útburkolatról lefolyó sóoldat a padka és az árkok növénytakarójának faji összetételét átalakítja, a sótűrő növényfajok szaporodnak el. E korlátozott terjedésnél jelentősebb, kiterjedtebb kárt a vízelvezető árkokban összegyűlő vizek élővizekbe (pl. patakokba) való bevezetése eredményezhet, amely a mennyiségi jellemzőktől függően a vízfolyások akár 1-200 méteres mederszakaszán is érvényesülhet.

- **Állapotfenntartási munkák**

Az útburkolat helyenkénti sérüléseinek, hibáinak javítása ("kátyúzás"), az útarok tisztítása, a rézsúk karbantartása, a burkolat esetleges szennyeződéseinek (pl. sárfelhordás, kihullások,

elfolyások) eltávolítása évente jelentkező, de alkalmanként csak jelentéktelen ideig tartó művelet. A lehetséges környezeti hatások jellege azonos az építési fázis hatásaival, méretben jellemzői azonban csekélyek, így e hatások jelentősége is kicsi. Az útburkolat teljes felújítása az üzemi utak esetében tervezett forgalmi viszonyok mellett leghamarabb 10 év múlva válhat szükségessé. Az útfelújítások gyakorlatában az elhasználódott réteg lebontásra nem kerül (ráépítés történik), így veszélyes hulladéknak minősülő hulladékanyagok még az aszfaltozott utak esetében is csak csekély mennyiségben keletkezhetnek.

### *Forgalom/közlekedés*

- **Környezetszennyező anyagok megjelenése (feldúsulás)**

A közlekedő gépjárművek az üzemanyag elégetéséből, a gumiköpenyek és a fékbetétek kopásából származó káros anyagokat juttatnak a levegőbe. Ezek jelentős része az út felszínére kiülepszik (porok), vagy az út közelében lévő növényzeten illetve talajfelszínen lerakódik. A gáznemű légszennyezők másik részének koncentrációja az úttól távolodva a levegővel való keveredés (hígulás) következtében csökken.

A járművek üzemanyag és kenőanyag elfolyása (csepegés) az útburkolaton jelentkezik, itt jórészt megkötődik, a további hatásfolyamatokban szerepe jelentéktelen.

Gyakorlati tapasztalat, hogy településekhez közeli utak mentén kommunális hulladék (szemét) jelenik meg.

- **A zaj- és rezgésterhelés változása**

A közlekedési zaj olyan hatótényező, amely jelentős távolságokra tud terjedni. Bár a zaj zavaró hatását nehezebb megfigyelni a természeti környezetben, mégis egy fő meghatározó szennyező (Vangent és Rietveld 1993; Lines et al. 1994). A közlekedési zaj zavaró a legtöbb ember számára. Bár nincs azonnali fizikai hatása, a hosszú idejű zajkibocsátás pszichés stresszt okozhat, végül fiziológiás rendellenességhez vezet (Job 1996; Babisch et al. 1999). A vadállatok hasonló hatást szenvednek el a közlekedési zaj miatt (Andrews, 1990), bár ezek az állatok elkerülik az utak közelében lévő élőhelyeket (Curatolo és Murphy 1986; Mace et al. 1996).

Az út megépítését követően az építési területen egészen -az addig terepen, földúton folyó- szállításból eredő zaj, ugyanakkor az új út koncentrálja a szállítást, s itt terhelés-növekedés lép fel.

A környezeti hatásvizsgálatok során a zaj- és rezgésterhelés becslésére szabványos eljárásokat alkalmaznak (27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról), melynek eredményét határértékekkel hasonlítják össze. A természeti területeken azonban ezek az eljárások nem, vagy csak estenként (ha például emberi tartózkodásra szolgáló épületek vagy műemléki, régészeti területek közelében vezetett útszakaszokon) eredményezhetnek hasznosítható információkat, mert:

- a természeti területek természetközeli állapotát a határértékeknél lényegesen kisebb terhelés is veszélyeztetheti, ha ott arra érzékeny állatfajok fordulnak elő
- azonos terhelések különböző területek élővilágára különböző következményekkel járhatnak attól függően, hogy az adott területen korábban milyenek voltak a zaj- és rezgésterhelési viszonyok, vannak-e olyan kapcsolódó „tartalékterületek”, amelyek a zavarás időszakában menedéket biztosíthatnak: az állatvilág fajainak nagyobb része ugyanis képes alkalmazkodni bizonyos mértékű terhelésekhez (pl. „megszokja”).

– a terhelés időszaka, ciklikussága lényegesen befolyásolja az állatvilág reakcióit. Mindezek alapján e hatótényező jelentősége csak konkrét esetben, egyedileg állapítható meg. A forgalomból eredő rezgésterhelés alapvetően a nehézgépjárművek mozgásából származhat. Az ilyen járművek száma a vizsgált utakon csekély, és gyakorlatilag -minden megvalósítási változatban- a külterületre korlátozódik. E hatás így legfeljebb akkor lehet számottevő, ha a külterületi szakaszon az út közvetlen környezetében (5-10 méteren belül) védett állatfaj élőhelye, vagy épület található.

- Egyéb hatótényezők

Az éjszakai közlekedés jellegzetes hatótényezője a fénykibocsátás, amely a fény által "vonzott" éjszakai állatok elütésével okozhat kárt.

#### *Komplex hatótényező: „gáthatás”*

Az elsődleges hatások közül a gáthatás az, melyik a legnagyobb mértékű élőhely-fragmentációt eredményez (Reck és Kaule 1993, Forman és Alexander 1998). Az infrastrukturális elemek megzavarják a természetes folyamatokat (talajvízáramlás, növények, állatok terjedési folyamatai) Forman et al. 1997). A közlekedési zaj, a járművek mozgása, a különféle szennyezések és az egyéb emberi tevékenység által okozott zavaró hatások miatt sok faj elkerüli az infrastrukturális elemeket. A növekvő forgalom és a nagyobb sebességű járművek esetében a halálozási arányok általában növekednek, amíg a forgalom elrettentő hatása érvényesül és csökken az elütések száma (Oxley et al. 1974; Kuhn 1987; Van der Zee et al. 1992;)

A gáthatás az út elkészülte után egyrészt állandósul, másrészt több szempontból is mérséklődik. Nem-lineáris függvénye a forgalom intenzitásának, az útszélességnek, az útvonali jellemzőknek, az állatok viselkedésének és érzékenységüknek.

Az út és a rajta zajló forgalom gátolhatja a vadon élő állatvilág mozgását, az élőhelyek elválasztásával a növények vagy állatok szaporodási lehetőségeit. Amennyiben az úthasználat korlátozott (pl. bizonyos járműkategóriák kitiltása, egyirányú forgalom előírása), a tájhasználat egyes formái szempontjából is tartós gáthatás érvényesülhet.

Az összességében már széles pászta gáthatásának közvetett következménye lehet az élőhelyek feldarabolódás miatti csökkenése. Ez abban az esetben várható, ha az út által "lemetszett" élőhelyrész túl kicsi (az élőhely stabilitása megszűnik), vagy a gáthatás jelentős, s ezért az elválasztott élőhelyeken eltérő ökológiai folyamatok jutnak érvényre. Az ilyen hatások kialakulásának lehetőségét csak helyszíni vizsgálatokkal lehet megállapítani, vagy kizárni.

#### **Hatástovábbítás vizsgálata**

A hatótényezők nagysága és intenzitása mellett a hatástovábbítás szempontjából meghatározható 3 fő útkörnyezeti típus (Koronikáné 2008). Ezek ismeretében lehetőség van azokra a területekre koncentrálni már a tervezés fázisában, amelyek az úthatásokra érzékenyek minősülnek.

A *kiemelten érzékeny útkörnyezetre* jellemzők a gyors hatástovábbító folyamatok az érintett hatásviselőknél. Legfontosabb tulajdonságai közé tartozik a vizekben gazdag terepfelszín, jelentős légmozgások, útmenti szegélyek hiánya, alacsony növényborítottság, érzékeny, alacsony tűrőképességű növény- és állatfajok. A talajszerkezet laza, jó víz- és levegőháztartású. A terület ökoszisztémái szoros kapcsolatban álló elemek alkotta vízi vagy erdei ökoszisztémákhoz tartoznak. Mértékadó hatásviselőnek a víz és/vagy a levegő tekinthető, a hatásterület kiterjedése pedig 150 m-nél nagyobb.

Az *érzékeny útkörnyezet* esetében már megtalálhatók hatáscsökkentő szegélyek az utak mentén.

A közvetlen hatásterületen nem találhatunk felszíni vízfolyást, a talajvíz a felszín alatt 0,5-2 m mélyen áramlik. A talaj növényborítottsága közepes. Az érintett élővilág legtöbb faja nem reagál érzékenyen a változásokra, tűrőképességük közepesnek mondható. Leginkább erdei ökoszisztémák találhatók a területen, melyek elemei kölcsönhatásban állnak egymással. Mértékadó hatásviselőnek az élővilág és/vagy a felszín alatti vízfolyás tekinthető, a hatásterület kiterjedése pedig 50 és 150 m közötti.

A *normál útkörnyezetben* az utak mentén zárt, több szintes szegélyek találhatók, melyek nagymértékben lecsökkentik a hatásokat. Az út teljes hatásterületére nem jellemzőek a felszíni vízelőfordulások, a talajvíz mélyen, 2 m alatti rétegekben áramlik. A talaj nagy növényborítottságú, szerkezete tömött, lassabb folyamatok jellemzik a levegő- és vízháztartását. A hatásterület élővilágában túlsúlyt képeznek a nagy tűrőképességű, jól alkalmazkodó és akkumuláló fajok. Jellemzőek a nyílt ökoszisztémák, melyek elemi között nincs szoros kapcsolat. Mértékadó hatásviselőnek az élővilág és/vagy a talaj tekinthető, a hatásterület kiterjedése pedig 50 m-nél kisebb.

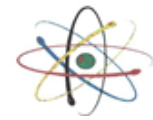
## Összefoglalás

Mekkora élőhely veszítést eredményez egy többsávos út a rajta folyó forgalommal együtt? Milyen széles az úthasások területi kiterjedése? Milyen összefüggés írható le a forgalom intenzitás és a környező élőhely típusok változása között? Milyen mérnökbiológiai és egyéb lehetőségeink vannak az utak működése során fellépő negatív hatótényezők hatóképességeinek mérséklésére? Hol vannak azok az ökológiai hatásértékek, amelyek átlépésével visszafordíthatatlan környezeti károsítást indítunk el az infrastrukturális létesítmények működése során?

Ezek olyan, környezetünk védelmével kapcsolatos fontos kérdések, amelyek megválaszolása szakmai kihívást jelent. Ugyanakkor tisztában kell lennünk azzal, hogy egy-egy nagyobb léptékű nyomvonalas létesítmény az adott környezeti rendszerbe történő megjelenése révén milyen tényleges változásokat hol és milyen mértékben indukál. Ebben a még tervezési fázisban lévő, de ugyanakkor hosszú távra tervezett kutatásban lehetőségünk van arra, hogy részletesen feltárjuk a létesítés előtti környezeti állapotot, kijelöljük a monitoring vizsgálatok alapját képező monitoring mintaterületeket, nyomon kövessük a kiépítést és detektáljuk a működés fázisának hatásait, lefedve ezáltal egy széles idősíkot.

## Felhasznált irodalom

1. Andrews, A. (1990): Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: A review. *Australian Zoologist* 26, 130-141.
2. Arts J., Noteboom S. (2000): Environmental Impact Assessment Monitoring and Auditing. In: Hillary R., Jolly A. (eds.) (2000): *The CBI Environmental Management Handbook*. Earthscan, London, UK
3. Babisch, W., Ising, H., Gallacher, J.J., Sweetnam, P.M. and Elwood, P.C. (1999) Traffic noise and cardiovascular risk: The caerphilly and speedwell studies, third phase-10-year follow up. *Archives Of Environmental Health* 54, 210-216.
4. Bauske, B. and Goetz, D. (1993): Effects on de-icing salts on heavy metal mobility. *Acta Hydrochimica Et Hydrobiologica* 21, 38-42.
5. Clement A., Szilágyi F. (2011): *Környezeti monitoring. Oktatási segédanyag*. BME, Budapest
6. Curatolo, J.A. and Murphy, S.M. (1986) The effect of pipelines, roads, and traffic on the movements of Caribou (*Rangifer tarandus*). *Can.Field Nat.* 100, 218-224
7. Dobos T., Orbay P., Nagy A., Pájer J., Oláh M., Tókécs P. (1990): A környezetállapot kifejezését szolgáló monitoring rendszer koncepciója és alkalmazási lehetőségeinek feltárása. Kutatási jelentés. Erdészeti és Faipari Egyetem Erdőmérnöki Kar Környezetvédelmi Tanszék, Sopron



8. Forman, R.T.T., Friedman, D.S., Fitzhenry, D., Martin, J.D., Chen, A.S. and Alexander, L.E. (1997): Ecological effects of roads: Towards three summary indices and an overview for North America. In: Canters, K., Piepers, A. and Hendriks-Heersma, A., (Eds.) Proceedings of the international conference on "Habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering" Maastricht & DenHague 1995, pp. 40-54. Delft, The Netherlands: Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Road and Hydraulic Engineering division.
9. Forman, R.T. and Alexander, L.E. (1998): Roads and their major ecological effects. *Annual Review Of Ecology And Systematics* 29, 207.
10. Gouveia C., Fonseca A. (2008): New approaches to environmental monitoring: the use of ICT to explore volunteered geographic information. *GeoJournal* 72, 185-197
11. Job, R.S. (1996): The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environment International* 22, 93-104.
12. Koronikáné Pécsinger J. (2008): Az útkörnyezet hatásterjedést befolyásoló szerepe természeti területeken. Doktori disszertáció. NyME Sopron.
13. Kuhn, J. (1987): Strassentod der Erdkröte (*Bufo bufo*): Verlustquoten und Verkehrsaufkommen, Verhalten auf der Strasse. *Beih.Veröff.Naturschutz & Landschaftspflege in Baden-Württemberg* 41, 175-186.
14. Lines, J.A., Lee, S.R. and Stiles, M.A. (1994): Noise in the countryside. *Journal Of Agricultural Engineering Research* 57, 251-261.
15. Mace, R.D., Waller, J.S., Manley, T.L., Lyon, L.J. and Zuuring, H. (1996): Relationships among grizzly bears, roads and habitat in the Swan Mountains, Montana. *J.Appl.Ecol.* 33, 1395-1404.
16. Oxley, D.J., Fenton, M.B. and Carmody, G.R. (1974) The effects of roads on populations of small mammals. *J.Appl.Ecol.* 11, 51-59.
17. Reck, H. and Kaule, G. (1993): Strassen und Lebensräume: Ermittlung und Beurteilung strassenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume. Bonn-Bad Godesberg, Germany.: Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Strassenbau.
18. Scanlon, P.F. (1987) Heavy metals in small mammals in roadside environments – implications for food chains. *Science of the Total Environment* 59, 317-323.
19. Van der Zee, F.F., Wiertz, J., Terbraak, C.J. and Van Apeldoorn, R.C. (1992): Landscape change as a possible cause of the badger *Meles meles* L. decline in the Netherlands. *Biol.Conserv.* 61, 17-22.
20. Vangent, H.A. and Rietveld, P. (1993): Road transport and the environment in Europe. *Science of the Total Environment* 129, 205-218.