

NYOMKÖVETÉSES TECHNIKÁK HASZNÁLATA A MADARAK MOZGÁSMINTÁZATAINAK MEGISMERÉSÉBEN

(GPS/ARGOS/GSM/UHF nyomkövetés)

Prommer Mátyás, dr. Tamás Enikő Anna, Schmidt András, Váczi Miklós, Solt Szabolcs, Karcza Zsolt, Molnár István Lotár, dr. Palatitz Péter, dr. Horváth Márton

BEVEZETÉS

Az 1990-es évektől kezdve olyan új technikák – a geolokátor és a GPS alapú rendszerek – is megjelentek, amelyek forradalmi áttörést hoztak a madárvonulás kutatásában, és az évek során alkalmassá váltak a vizsgált egyedek területhasználatának időben és térben nagy felbontásban történő vizsgálatára. Utóbbira (lokális területhasználatra) már korábban is használtak VHF rádióadókat, azonban ezek képességei időben és térben jóval korlátozottabbak voltak, mint az új eszközöké, így másként alkalmazhatók. Az alábbiakban az új technikák és felhasználási módjaik kerülnek ismertetésre, mindazokkal az etikai szempontokkal együtt, amelyek eddig – a technikák és eszközök eltérő jellegéből adódóan – a gyűrűzés kapcsán nem kerültek részletezésre.

A védett állatfajok védelmére, tartására, hasznosítására és bemutatására vonatkozó részletes szabályokról szóló 348/2006. (XII.23.) kormányrendelet 11. § (1) bekezdése alapján védett madarak gyűrűzésére, illetve jelölésére az kaphat engedélyt, aki a tevékenységet természetvédelmi vagy tudományos céllal végzi, és érvényes gyűrűző vizsgával rendelkezik. A gyűrűző vizsgára jelentkezést a vizsgákat szervező, természetvédelemért felelős tárca két, már engedéllyel rendelkező szakember írásbeli ajánlásához köti. Az ajánlás előfeltétele az ajánlók mellett megszerzett gyakorlati tapasztalat. Jelenleg ezen túl nincs külön jogi szabályozás a jeladók felszerelésére, a gyűrűzésre/jelölésre alkalmazott jogi szabályozás érvényes erre a tevékenységre. A hatóság számára e dokumentum szolgál útmutatóként a védett és fokozottan védett fajok nyomkövető eszközökkel történő felszerelésére irányuló engedélykérelmek elbírálásához.

Védett és fokozottan védett fajokat célzó projekt esetén a fenti jogszabály alapján hatósági engedély beszerzése szükséges. A Madárgyűrűzési Központ az országos hatáskörrel rendelkező természetvédelmi hatóságtól országos hatályú, általános madárgyűrűzési engedélyt szerez be az eddigi gyakorlat szerint, ez azonban nem jogosít fel jeladók felszerelésére, ilyen tevékenységhez tehát külön hatósági engedélyre van szükség. Az engedélykérelem részeként kutatási tervet is be kell nyújtani. A kutatási tervben meg kell határozni a projekt célkitűzéseit, és értékelni kell a kutatás kapcsán felmerülő egyéb szempontokat (lásd „*Kutatástervezés*” fejezet alább). Az ad hoc felhelyezések, melyek céljai nem tisztázottak, etikátlannak minősülnek. A kutatás megtervezésekor, az engedélykérelem összeállításakor legyünk figyelemmel a természetvédelemért felelős tárca által a természetvédelmi hatóságok számára 2014-ben kiadott és 2016-ban frissített útmutatóra, amely a természetvédelmi oltalom alatt álló állatfajokkal kapcsolatos kutatások természetvédelmi hatósági engedélyezéséhez ad iránymutatást.

A projektet betervező kutató felelőssége biztosítani a madárra ható stressz-tényezők minimalizálását mind a befogás, mind a bármilyen jelölő felhelyezési művelet alatt. A műveletet a lehető legrövidebb idő alatt kell végrehajtani. Fontos, hogy az eszközöket használó kutatók és specialisták megosszák tapasztalataikat a készülékek típusaival, felhelyezési módszereivel és az eredményekkel kapcsolatban. Ezek közreadása és terjesztése hozzájárul a jeladózási módszerek és technikák fejlesztéséhez, és segít a madarakra kifejtett negatív hatások minimalizálásában a jövőben.

A jeladók felhelyezése még ma is különleges eseménynek számít, felmerülhet a sajtó, szponzorok, egyéb – nem szakmai – személyek részvételi szándéka. Bár egy ilyen esemény remek lehetőség egy adott projekt népszerűsítésére/megjelenésére, fontos a szervezettség és a résztvevők ellenőrzése. A befogott állat(ok) érdekei mindig elsődlegesek, az eljárással töltött időt itt is a lehető legrövidebbre kell szorítani. Az egyes projektek engedélyezésekor a hatóság megszabhatja a jelenlévők körét.

Mindennemű sérülést, pusztulást – legyen annak köze a jeladózáshoz vagy nem – jelenteni kell a Madárgyűrűzési Központnak és az illetékes hatóságoknak egyaránt.

KUTATÁSTERVEZÉS

Bármilyen kutatás megkezdése előtt, elengedhetetlen egy kutatási terv készítése. Nincs ez másképp a jeladós nyomkövetést is alkalmazó kutatások esetén sem. Amellett, hogy védett, fokozottan védett madárfajok esetén maga a jeladózás is engedélyköteles, amelyhez kutatási tervet kell beadni, egy jól megalapozott terv biztosítja a kutatás sikerét is. Néhány szempont, amit egy jeladós program tervezésekor minimum érdemes figyelembe venni:

- *Mi a jeladós nyomkövetés célja az adott fajjal kapcsolatban?*

Fontos már a kutatás kezdetén meghatározni a nyomkövetés célját, védett faj esetén azt, hogy az hogyan szolgálja a faj természetvédelmi helyzetének javítását, illetve emellett milyen tudományos célokat szolgál, és ehhez milyen eszközök és módszerek a leginkább célravezetők. Védett fajon végzett kutatás csak akkor engedélyezhető, ha annak természetvédelmi hozadéka (például az új információk, amelyekkel a természetvédelmi kezelés javítható) várhatóan meghaladják a kutatással járó, elkerülhetetlen negatív hatásokat (pl. sérülés kockázata, zavarás). Előfordulhat, hogy például egy későbbi statisztikai elemzéshez nem jók az beállítások a jeladón, ami viszont tökéletesen megfelel egy természetvédelmi helyzetelemzéshez (például a veszélyeztető tényezők felderítéséhez a megismert mozgáskörzetben).

- *Milyen információk állnak rendelkezésre? Van-e hazai vagy nemzetközi irodalom az adott faj, testvérfaj vagy hasonló faj jelöléséről? Mit lehet abból tanulni?*

Ehhez képest mi az új a tervezett kutatásban (tud új információt adni, vagy csak ismétlése egy korábbi projektnek)? Egy kutatási projektnek akkor van értelme, ha új ismeretet tud adni. Az irodalmi áttekintés a felesleges ismétlések és a lehetséges buktatók elkerülésében is nagy segítséget tud nyújtani.

- *Kitől lehet segítséget kérni az adott projekttel kapcsolatban?*

A fentiekhez kapcsolódva, van-e olyan szakember, aki a kutatás tárgyát képező fajjal, vagy a jeladózással kapcsolatban (vagy a kettővel együtt) nagy tapasztalattal rendelkezik és tanácsot tud adni? Mindig egyszerűbb, gyorsabb és hatékonyabb a már meglévő tudásra építeni, mint az alapoktól kezdeni az építkezést, és ami még fontosabb, a jelölt madár szempontjából is el kell kerülni a felesleges kísérletezgetést. A Madárgyűrűzési Központ meg tudja adni azoknak a szakembereknek az elérhetőségét, akik segítséget tudnak nyújtani egy jeladós kutatási program megtervezésében és kivitelezésében.

- *Mit szeretnénk az adott fajról megtudni?*

Más-más beállítások, sőt más-más jeladó típusok az optimálisak egy fiatal madár kirepülés után kóborlásának és vonulásának, illetve egy öreg, fészkelő egyed területhasználatának a vizsgálatához. Utóbbihoz olyan jeladó kell, ami időben nagy felbontású, így a használt területen belül a finom mozgásokat is meg tudja mutatni, míg előbbihez egy kisebb felbontású, olcsóbb jeladó is megfelelő eszköz (amennyiben messziről, azaz műholdon, vagy GSM-en keresztül is tud kommunikálni).

- *Melyek az adott faj, jeladózás szempontjából fontos tulajdonságai?*

A nemzetközileg elfogadott norma alapján, a jelölendő egyed testtömegének legfeljebb 3%-át teheti ki a jeladó, a gyakorlatban azonban ettől el lehet és el is kell térni bizonyos esetekben. Nyilvánvaló, hogy egy – arányaiban hasonló tömegű – jeladó fajonként, sőt egyedenként eltérő hatást fog kiváltani. Amíg egy alapvetően földön élő, keveset repülő fajnak (például a fajdféléknek) valószínűleg az arányosan 3%-nál nehezebb jeladó sem okozna különösebb problémát, addig egy repülésből élő fajnál (például vándorsólyom) már a 3% is gondot okozhat.

A jelöléshez történő befogás körülményeit (időpont, helyszín) is figyelembe kell venni. Annak érdekében, hogy a megfelelő méretű hámmal lehessen szerelni, a fiatal madarakra a lehető legkésőbb, jellemzően repülős korukban, a fészek elhagyásakor kerülnek fel a jeladók. Ez alapvető eltérés a fiókák gyűrűzésétől, ami általában még a repülős kor elérése előtt, a fészekben történik. Előfordul azonban, hogy a magas helyen lévő fészekből kiugranak a nagy fiókák, amikor közelítünk feléjük. Ez függ a fióka korától, a faj „vérmérsékletétől”, az utolsó etetés időpontjától, az időjárástól, illetve a mászó ember gyakorlatától is. Mászás előtt ezért fel kell mérni a körülményeket, és a kiugrás veszélyét, annak lehetséges következményeit. Még egy, az Alföldön, alacsony, magányos fáról kiugrott fiókát sem könnyű a gyeppen, vagy pláne mezőgazdasági területen megtalálni, de ugyanez több fiókéval, tagolt, fás-bokros környezetben gyakorlatilag lehetetlen. A kiugrást a repülős fiókák jó eséllyel túlélnek, de a meg nem talált, és a fészekbe vissza nem helyezett fiókák további sorsa mindig kétséges. Fentiek miatt, amennyiben nagy a kockázata annak, hogy a fiókák kiugranak, és nem lehet majd megtalálni őket, nem ajánlott megkísérelni kiszedésüket. Törekedni kell arra, hogy az ilyen jellegű jelöléseknél többen legyenek jelen, hogy folyamatosan szemmel lehessen tartani a fiókákat, és nagyobb eséllyel lehessen megtalálni a kiugrott egyedeket.

A kifejlett (több éves) madarak befogása és a vonatkozó etikai és szakmai szabályok nem különböznek a gyűrűzéshez történő befogástól.

- *Milyen háttér-információkat tudunk a jelöléssel párhuzamosan összegyűjteni?*

A legtöbb esetben az egyik legnagyobb gond a jeladóval gyűjtött adatok feldolgozása során a háttér-információk hiánya, amelyek segítenének megérteni a jelölt egyed mozgását. Érdeemes ezért végiggondolni, hogy egyrészt milyen adatbázisok állnak rendelkezésre, amit a kutatás végén, az elemzéshez használni lehet, másrészt milyen lehetőségek vannak a rendszeres terepi adatfelvételre a jelölt madár „alatt”, az általa közvetített jelek helyszínén, illetve a referenciaként szolgáló helyeken, ha ez szükséges. A jeladós kutatás ideje alatt, a terepen rögzített adatok, megfigyelések – akár évekkel később is – nagy segítséget nyújtanak az eredmények értékelésekor – és nagyon tudnak hiányozni, egyes információk helyes mérlegeléséhez, ha nincsenek.

- *Milyen költségvetés áll rendelkezésre? Mennyi ideig tart a projekt?*

A jeladók és a hozzájuk tartozó szolgáltatások (a jeladónak köszönhetően kapott adatok, pozíciók) nem olcsók. A projekt tervezésekor be kell kalkulálni ezeken kívül a jeladó felszerelésének költségeit, valamint az útiköltséget is. Utóbbiba célszerű beletervezni, hogy meg kell keresni a bajba jutott madarat, országon belül vagy kívül, mert ez is előfordulhat. Emellett, ha a projekt jellege megkívánja (például kifejlett madarak területhasználata), és a keret engedi, érdemes rendszeres terepi adatgyűjtéssel tervezni, kiegészítve a jeladó segítségével szerzett információkat. Ha a költségvetés megfelelően nagy, és a tervezett projekt időtartamába belefér, az első évben érdemes próbajelölésekkel indulni, főleg, ha az adott fajról még nincs ilyen jellegű információ, tapasztalat. Ennek keretében csak pár madár kerüljön jelölésre, akár különböző eszköztípusokkal, és a következő évben, a tapasztalatok alapján lehet a többi madarat jelölni.

A pénzügyi tervezéskor arra is figyelni kell, hogy egy projekt végén valószínűleg lesznek még életben olyan jelölt madarak, amelyeken aktív a jeladó, vagy rajtuk van, de már nem működik. Utóbbiakat, amennyiben lehetséges, le kell venni a madarokról, az előbbieket pedig vagy szintén le kell venni, vagy folytatni kell az adatok gyűjtését. A jeladók levétele és a kutatás meghosszabbítása is esetenként jelentős költséggel járhat, amivel már a kutatás költségvetésének tervezésekor számolni kell.

- *Hány madarat kell jelölni, hogy megkapjuk a szükséges információkat?*

A jelölendő madarak számát – a rendelkezésre álló pénzügyi keret mellett – a megválaszolandó kérdés határozza meg. Az biztosan állítható, hogy egy-két madár mozgásának a megismeréséből általában nem lehet messzemenő következtetéseket levonni. Fiatalok esetében ráadásul a nagyobb mortalitás miatt annak is fennáll a veszélye kisszámú madár jelölése esetén, hogy egyáltalán nem lesz értékelhető adat a jeladózásból. A tervezéskor ezért mindig meg kell vizsgálni, hogy van-e mód egy évben több madarat jelölni, vagy több éven keresztül, évente pár madárra jeladót tenni. Esetleg van-e olyan párhuzamosan futó, vagy korábbi hazai vagy külföldi projekt, amely ugyanazzal a fajjal foglalkozik, és amelyhez akár egy-két hazai madár jelölése is társítható, kiegészítve más programok jelöléseit. A faj adott régióban élő állományára vonatkozó mozgásmintázat megismeréséhez – fajtól, és a már rendelkezésre álló információktól, gyűrzési adatoktól függően – minimum öt-tíz egyed sikeres jelölése szükséges.

Ettől eltérő eset lehet, amikor egy-egy konkrét terület védelmi intézkedéseinek megtervezéséhez szükséges megismerni a területen élő állomány egyedeinek

élőhelyhasználatát. Ebben az esetben kevés számú egyed jelölése is megadhatja a keresett információkat.

● *Tisztázott-e az adatokhoz való hozzáférés joga? Ki, milyen adatokhoz és milyen céllal férhet hozzá a későbbiekben?*

Sok esetben ez egyértelmű, de bizony nem mindig van így. Érdekes ezt a program indulásakor – lehetőleg írásban – tisztázni, így el lehet kerülni az esetleges későbbi félreértéseket.

● *Hol és milyen formában lehet majd közölni az eredményeket?*

A kutatási programok jelentős része valamilyen formában – pályázat, állami intézmény költségvetése, stb. – közpénzből kerül finanszírozásra, de még a magán finanszírozású programok esetén is az állam tulajdonában lévő védett, vagy fokozottan védett faj egyedére irányul a kutatás, így joggal várható el, hogy az eredmények a szakma és a szélesebb publikum számára is megismerhetők legyenek. A publikálás megszokott és nemzetközileg is elfogadott módja egy bárki számára hozzáférhető nemzetközi folyóiratban való közlés, ám a tájékoztatás nem feltétlenül jelent nemzetközi tudományos folyóiratot, az eredmények megjelenhetnek például egy projektjelentésben, vagy egy honlapon – a lényeg, hogy az eredmények, következtetések megismerhetők legyenek.

● *A kutatás fő célkitűzései mellett lehet-e más szempontból is elemezni az adatokat? Lehet-e együttműködni ebben valakivel?*

Sok esetben a jeladóval gyűjtött adatok „újrahasznosíthatók”, azaz az eredetitől eltérő kérdésekre is választ tudnak adni. Például, egy vonulás-kutatási céllal, kifejlett madárra feltett jeladó az adott egyed területhasználatát is megmutatja, ami felhasználható a védelmi intézkedések tervezésekor. Több faj sok egyedének a mozgásmintázata nem csak az adott fajt érintő veszélyeztető tényezők feltárásában segít, hanem azt is megmutatja, hol van szükség beavatkozásra, kezelési intézkedésekre, vagy mennyire kell egy adott faj jelenlétével számolni egy meghatározott területen egy fejlesztési célú beruházás tervezésekor. Ha egyszer jeladót teszünk a madarakra, érdemes a kapott adatokat a legsokrétűbben felhasználni!

A fentieket elsősorban a madarak, másodsorban a kutatás sikere érdekében kell szem előtt tartani. A jeladó csak a legritkább esetben segíti egy madár túlélését, azonban egy sikeres jeladós kutatás hozzájárul az állomány sok más egyedének a megmentéséhez, a veszélyforrások megismerésével és kiküszöbölésével. Ahhoz azonban, hogy a kutatás sikeres legyen, az szükséges, hogy a jeladós madár természetesen viselkedjen. Egy rosszul kivitelezett szerelési művelet, majd jeladós nyomkövetés sem a madárnak, sem a kutatónak nem érdeke. A kettő összefügg: amennyiben a nem megfelelő, vagy nem megfelelően feltett jeladó zavarja a madarat mindennapi tevékenységeiben, akkor az hosszú, vagy már rövid távon komoly következményekkel járhat a jelölt egyedre nézve, ami pedig a kutatás sikerét is negatívan érinti. Ebből logikusan következik, hogy minden kutatónak az az érdeke, hogy a lehető legkevésbé terhelő és zavaró módon kerüljön az adott kérdés megválaszolásához legalkalmasabb típusú jeladó az adott egyedre, hiszen a jelölt egyed természetes viselkedése csak így ismerhető meg.

MODERN TECHNIKÁK

A kutatás tervezésekor felmerül, hogy melyik a legmegfelelőbb technika az adott célkitűzés eléréséhez. Az alábbiakban rövid áttekintést adunk a jelenleg elérhető technikákról.

Minden eszköztípusra érvényes, hogy az eszköznek megfelelő színvonalúnak és minőségűnek kell lennie, hogy képes legyen a megfelelő adatok szolgáltatására a kutatás teljes időtartama alatt. A fent említettek szerint, a nemzetközileg elfogadott (nem hivatalos) norma a jelölendő egyed testtömegének 3%-ában határozza meg a jeladó maximális súlyát. Az eddigi jelölések tapasztalatai ugyanakkor azt mutatják, hogy egyes fajoknál az 5% sem jelent problémát, míg más fajoknál akár a 3% is okozhat gondot (ezek elsősorban a nagy sebességgel repülve vadászó fajok). A jeladó kiválasztásánál tehát a madár életmódját feltétlenül figyelembe kell venni. Kialakításának a lehető legkisebb hatással kell lennie a madarak normális élettevékenységeire, különös tekintettel a repülésre.

A kereskedelmi forgalomban lévő nyomkövető eszközöket megbízható cégtől kell beszerezni, a kutatási terv benyújtásakor mellékelve a korábbi használatok során keletkezett tapasztalatokat (publikációk, tanúsítványok stb.). A kereskedelmi forgalomba nem került jelölőket, azok használata előtt minőség-ellenőrzésnek kell alávetni, ezzel is csökkentve annak lehetőségét, hogy a madárra veszélyes vagy hibás eszköz kerül. Még fejlesztés alatt álló – azaz a már működő, de kereskedelmi forgalomban nem kapható – eszközt csak akkor szabad „élesben” használni, ha az az előzetes terepi teszteken – de nem vadon élő faj egyedén próbálva –, különböző időjárási körülmények között, hosszabb ideig megbízhatóan működött.

A jelölés előtt minden eszközt egyenként le kell tesztelni és meg kell bizonyosodni arról, hogy megfelelően működik, hogy ne kerülhessen hibás termék a jelölendő egyedre! Rendszerint nem egyszerű a jelölt madarak visszafogása, főleg a kifejlett példányoké. Egy hibás eszköz felszerelése így azt is jelentheti, hogy a madár feleslegesen hordozza az eszközt, és a kutatás is meghiúsul.

A jelölés során felszerelt nyomkövető eszközhöz társuló adatokat (azonosító vagy sorozatszám, gyártó, típus, súly, a jelölt egyed gyűrűszáma, a jelölt egyed biometria adatai, különös tekintettel a súlyra, a projekt neve, az adatok elérhetősége, a jelölést végző személy neve, a jelölés helye, a szerelés időtartama, stb.) a gyűrűzési adatokkal együtt meg kell küldeni a Madárgyűrűzési Központ részére, a gyűrűzési jelentés részeként.

Geolokátorok

A geolokátor a nappalok hosszát és a nappali időszak kezdetét és végét érzékeli és raktározza el memóriájában. Az adatokból egy algoritmus segítségével, a műholdas jeladóknál kisebb pontossággal, de közelítőleg visszanyerhető, hogy merre járt a jelölt egyed a vizsgált időszakban. Előnye, hogy rendkívül kis mérete miatt sok fajra feltehető, ugyanakkor az adatok kinyeréséhez vissza kell fogni a jelölt egyedet, azaz a kezünkben kell ismét tartanunk a kis eszközt. Jellemzőiből fakadóan több éven keresztül is működőképes lehet.

Műholdas technológián alapuló nyomkövető rendszerek

A műholdrendszereket használó nyomkövető eszközöket működési elvük alapján az alábbi csoportokba sorolhatjuk:

Az Argos-rendszerű nyomkövetők esetén, a rádiójelek alapján, a műholdakon elhelyezett vevők (Argos-rendszer) jeleiből a Doppler-elv segítségével határozzák meg a jeladó – és így a jelölt egyed – helyzetét. A vevők különböző, a Föld körül keringő műholdakon vannak elhelyezve, és egy vevő kb. 5000 km átmérőjű területet tud egy adott pillanatban lefedni. A rendszer legnagyobb pontossága kb. egy 150 méter oldalú négyzet (pixel), és ehhez a pontossághoz legalább négy rádiójelnek kell beérkezni az adott jeladóról, tíz percen belül. A helyzetet bonyolítja, hogy a közép- és délkelet-európai régióban „hallható” háttérzaj miatt, ebben a régióban jóval nagyobb és esetleges a rendszer pontatlansága. A kiszámított helyzet egy online adatbázisból érhető el. Az Argos-rendszerű jeladók előnye, hogy a jeladók nagyon kicsik – a legkisebb 2g, azaz a 3%-os szabályt alapul véve, egy kb. 70 grammos madár már jelölhető vele – és a Föld bármely pontján látják őket a műholdak. Hátrányuk a *Global Positioning System* (GPS) rendszerekhez képest a nagy pontatlanság, és az Argos-rendszer használatának (a már felrakott jeladóról folyamatosan érkező adatoknak) magas költsége. További negatívum, hogy jelenleg csak egyirányú a rendszer, azaz a jeladó beállításain a jeladó legyártása után már nem lehet változtatni.

A GPS alapú nyomkövető eszközökben a közös pont a GPS műholdak segítségével történő helymeghatározás. A különbség az adatok elküldésére használt kommunikációs útban rejlik.

- A legegyszerűbb, és legkisebb (1 gramm) GPS alapú rendszerek – **GPS data loggerek** – csak rögzítik a GPS adatokat, amelyeket azután számítógéphez csatlakoztatva kell letölteni az eszközről. Ehhez vissza kell fogni a jelölt egyedeket. További hátránya a rendszernek, hogy – a 2015-ben elérhető technológiák alapján – a kis teljesítményű akkumulátor miatt csak korlátozott számú kísérletet tud tenni a GPS koordináták bemérésére (például az 1 grammos logger 8 kísérletet tud tenni, a 4 grammos pedig 120-at, amelyekből vagy van koordináta, vagy nincs). Legnagyobb előnyük a rendkívül kis méretük. A 3,5 grammnál nagyobb modelleket már kombinálni lehet VHF rendszerű adóval, ami segíti a visszatalálást.
- A **GPS-Argos rendszerű eszközök** az információcsomagot az Argos-rendszeren keresztül küldik el egy online adatbázisba. Az ilyen eszközök kettős rendszerűek, mert a GPS adatok mellett a fent részletezett módon is beméri őket a rendszer, és akkor is van információ, ha a GPS valamilyen okból – például az alacsony töltöttségű akkumulátor miatt – nem működik, de a rádióegység igen. Hátránya a rendszer magas használati díja. A legkisebb kettős rendszerű jeladó súlya 15 gramm körül van.
- A **GPS-GSM alapú rendszerek** az adatokat a GSM hálózaton keresztül küldik el egy online adatbázisba. E kommunikációs mód költségei jóval alacsonyabbak, mint az Argos-rendszer használatának költségei, viszont értelemszerűen az eszköz csak olyan helyről tud kommunikálni, ahol van lefedettség. Amikor a hálózat nem elérhető, a jeladók belső memóriájukban tárolják az adatokat, és amint a madár visszatér a GSM rendszer által lefedett területre, visszamenőleg elküldik azokat. Az eddigi tapasztalatok alapján, az Afrikát

megjárt, ilyen rendszerű eszközzel jelölt madarakat szinte végig probléma nélkül lehetett követni útjuk során. A legkisebb GPS-GSM eszköz súlya jelenleg 15 gramm.

- A **GPS-UHF rendszerek** lényege, hogy a jeladó az adatokat rádióan – Ultra High Frequency (UHF) – keresztül továbbítja egy vevőegységre. A rendszer előnye, hogy egészen kis jeladók építhetők – jelenleg 4,5g a legkisebb –, mégis nagyon pontosak a GPS rendszernek köszönhetően, és nincs rendszerhasználati díj, csupán a vevőt kell egyszer megvenni. További előny, hogy rádióan keresztül egyszerűen lehet nagyobb mennyiségű adatot továbbítani, így akár egyperces felbontásban is megismerhető a jelölt egyed mozgása. Ugyanakkor, a rendszer természetéből fakadóan, a letöltéshez a jelölt egyedtől egy bizonyos távolságon belül kell lenni (ez optimális esetben pár kilométer, de a gyakorlati tapasztalatok szerint inkább pár száz méter). Amint a jeladó hatósugarán kívül kerül a vevő, a jelölt példány „láthatatlanná” válik. Emiatt fiatal, kóborló madarak követésére nem alkalmas a rendszer, de például tökéletes a költésben lévő, a fészekhez rendszeresen visszatérő kifejllett madarak területhasználatának megismeréséhez.

- A **GPS-GSM-UHF rendszer** a fenti két rendszer kombinációja, ami egyesíti a rendszerek előnyeit és hátrányait. Legnagyobb előnye, hogy a GSM rendszeren keresztül online látható a jelölt egyed helyzete, majd a helyszínen letölthetők a részletes adatok a vevőegység segítségével. A legkisebb kombinált egység súlya 17g.

A jeladók általában napelemmel biztosítják a jelek sugárzásához szükséges energia feltöltését, azaz akár több éven keresztül is működőképesek lehetnek. Típustól függetlenül, minden jeladóban van egy akkumulátor. Jellemzően, minél kisebb egy jeladó, annál kisebb az akkumulátora, és annál kisebb energiát tud leadni – vagyis annál hamarabb merül le. Ahhoz, hogy mégis tartósan működni tudjon, az akkumulátort napelemmel kombinálják, ami visszatölti az akkumulátort. Előfordul azonban, hogy a napelem nem képes megfelelő módon visszatölteni az akkumulátort, mert az energiaigény nagyobb, mint a visszatöltés. Hazai viszonyok között télen, amikor rövidek a nappalok és gyakran borult az ég, a jeladók nem képesek ugyanannyi pozíciót rögzíteni és továbbítani, mint nyáron. Így a beállításoknál mindig észben kell tartani, hogy a kért pozíciók bemérése mennyi energiát igényel, és mennyi idő áll rendelkezésre, hogy a napelem visszatöltse az akkumulátort.

Minden gyártó szinte minden jeladótípusra egy év garanciát vállal, azonban a termékek élettartama ennél rendszerint hosszabb, esetenként a tíz évet is meghaladhatja. Az eddigi tapasztalatok alapján, minimálisan 2-3 év aktív idővel lehet számolni.

A GSM és az UHF rendszerű jeladók előnye, hogy kétirányú a kommunikáció, tehát az adó beállításait – a bemérések és a kommunikáció gyakorisága, a napi be- és kikapcsolás időpontja, stb. – akkor is meg lehet változtatni, ha az eszköz már a madáron van. Ez különösen fontos, amikor az évszakok változásával változik a nappalok hossza. Ezzel szemben, az Argos-rendszerű jeladóknál – akkor is, ha GPS-es adatcsomagot küldenek – gyártáskor kell meghatározni a beállításokat, és azok módosítására a későbbiekben nincs már mód.

Mind a GSM-en, mind az Argos-rendszeren keresztül kommunikáló nyomkövetők esetében igaz, hogy az eszköz megvásárlása önmagában nem elég, a rendszerek használatáért is fizetni kell – ugyanúgy, mint a mobiltelefonok esetén.

Gyártó	GPS data logger	Argos	GPS-Argos	GPS-GSM	GPS-UHF (VHF)	GPS-GSM-UHF
Microwave Telemetry Inc.	nem	igen	igen	igen	nem	nem
Northstar	nem	igen	igen	igen	nem	nem
Ecotone	nem	nem	nem	igen	igen	igen
Lotek/Sirtrack/Biotrack	igen	igen	igen	nem	igen	nem

A legnagyobb gyártók és az általuk gyártott jeladó-kategóriák

A JELADÓK RÖGZÍTÉSE

A jeladók rögzítésének módja függ az adott fajtól, annak méretétől, életmódjától, valamint a kutatás céljától és annak hosszától. Minden rögzítési módra igaz, hogy a jeladót a madár számára a lehető „legkényelmesebben” kell felszerelni, annak érdekében, hogy a lehető legkisebb zavarást okozza. Amennyiben a rögzítés hámmal történik, az nem lehet sem túl laza, sem túl szoros, mert mindkettő akadályozza a madarat a mozgásban. A „repülésből élő” fajok esetében különösen fontos, hogy a jeladó a testsúly-középponthez a lehető legközelebb kerüljön, így a legkisebb a hatása az adott faj mozgására.

Bármilyen rögzítési módról van szó, a cél faj egyedére való felhelyezés előtt be kell gyakorolni a felszerelést. Ez történhet bábun, kitömött madáron, vagy a cél faj valamilyen okból – például sérülésből eredő, maradandó röpképtelenség miatt – fogságban tartott példányán, esetleg más, közeli rokon faj fogságban tartott egyedén (a megfelelő engedélyek birtokában). Utóbbi a gyakorlás mellett azért is fontos, mert általában egy adott faj egyedei hasonlóképpen reagálnak a jeladóra – de nem szabad elfelejteni, hogy mindig lehet eltérően viselkedő egyed!

Csakúgy, mint a gyűrűzésnél, a jeladók felszerelésénél is törekedni kell arra, hogy a lehető legrövidebb ideig legyen kézben a madár.

A jelölés előtt meg kell vizsgálni a jelölendő egyed általános egészségi állapotát (sérülés, betegség, stb.), kondícióját, valamint meg kell mérni a tömegét. Nem mellékes körülmény a kifejlett egyedek jelölésekor, hogy a költés milyen stádiumában történik a befogás: a szülők kondíciója a költés előrehaladtával csökken, azaz folyamatosan csökken általában a testtömegük is. Ezt aztán a fiókák kirepülése után tudják kompenzálni, amikor jelentősen hízhat is egy adott egyed, és testének körmérete is nagyot változhat. Jeladó csak minimum közepes kondícióban lévő, egészséges egyedre erősíthető, amennyiben testtömege eléri a jeladóhoz (3-5%) viszonyítva minimálisan szükséges értéket. Minden ettől eltérő esetben, felrakás előtt egyeztetni szükséges a Madárgyűrűzési Központtal.

A jelölést úgy kell megszervezni, hogy a jelölt madár utánkövetése elengedés után, minimum néhány órán át, de lehetőleg a jelölést követő néhány napban megoldott legyen. Ez különösen fontos a revírben (fészkelő helyen) lévő egyedek esetén, mert így mód van a gyors beavatkozásra, ha a jelölés valamiért mégis veszélyezteti a madarat. A tapasztalatok alapján az öreg madarak nehezebben viselik a jeladókat, mint a fiatalok, és esetenként szükség lehet a beavatkozásra. A jelölés utáni első napokban, amikor a jelölt madár még viszonylag sok időt tölt a jeladó tollázkodásával, a táplálékszerzéstől elvett idő esetleg kompenzálható extra táplálék biztosításával a jelölt egyed számára. Ez érdemben nem befolyásolja a madár viselkedését, ugyanakkor átsegíti a jelölés utáni kezdeti „megszokási” időszakon.

Az alábbiakban néhány rögzítési módot ismertetünk. A leírtak nem csak a műholdas technológián alapuló, hanem a VHF – hagyományos, rádiófrekvenciás jelet továbbító - jeladók szerelésére is alkalmazhatók.

Gyűrűbe, nyakgyűrűbe, szárnykrotáliába épített jeladók

A legegyszerűbb jelölési mód, amikor a jeladó a gyűrűbe (nyakgyűrűbe, szárnykrotáliába) van beleépítve. Gyakorlatilag a gyűrűzésnél (nyakgyűrűzésnél, szárnykrotáliás jelölésnél) fennálló szabályok érvényesek. A jeladók méretéből és a fajok életmódjából adódóan csak kevés fajnál alkalmazható jelölési mód.

Hám (harness)

A leggyakoribb rögzítési mód. A hámmal történő rögzítés során a jeladó – egy mellen keresztezett pántú – hátzszak módjára kerül a madár hátára. Ehhez a leggyakoribb anyag a teflon szalag, vagy teflon cső. A vékony teflon szálakból szőtt cső (szalag) rendkívül erős, gyakorlatilag elszakíthatatlan. Egyetlen gyenge pontja, hogy a végein foszlik, így azokat mindig önmaguk alá hajtva kell rögzíteni, hogy ne tudjanak visszabomlani. Esetenként más anyagot is alkalmaznak – például neoprént – ez azonban, az anyag bizonyos szempontból kedvezőtlen adottságai miatt nem általános.

A teflon rögzítése varrással, vagy szegeccseléssel történhet. Előbbi biztosabb és kevésbé sértheti a madár bőrét, illetve a teflont, utóbbi viszont jóval gyorsabb rögzítési mód. A szegecsek használatánál arra kell figyelni, hogy a szegecsek úgy legyenek elhelyezve, hogy ne sérthessék a madár bőrét, és a teflont se tudják elválni (pl. a folyamatos mozgás során összeérve a jeladó fülével). A varráshoz fogselymet, vagy orvosi cérnát használnak, az elvarrásnál a csomókat pedig pillanatragasztóval rögzítik, hogy ne tudjanak kibomlani. Érdeemes több ponton varrni egy-egy csatlakozást, hogy egy csomó esetleges kibomlása esetén se tudjon szétesni a hám. A hám beállításakor be kell igazítani a tollak közé a teflonszálakat, mert egyébként később a madár fogja ezt megtenni, aminek az eredményeképpen túl laza lesz a hám. A fiatal, kirepülés előtt álló madarak esetében egy kicsivel lazábbra kell hagyni a hámot, mert ahogy egyéb testrészeik "szikárodnak", vizet veszítenek, a mellizmus még pont fejlődni fog, mérete megnövekszik. Jellemzően a jó kondícióban lévő madarakon valamivel szorosabbra, a gyengébb kondícióban lévőkön valamivel lazábbra kell hagyni a hámot. A nagyon rossz kondícióban lévő madarakra tilos jeladót tenni! Bizonyos fajok – például túzok – fiataljainak esetében ez a rögzítési mód nem használható, mert a fiatalok csak évek múlva érik el teljes méretüket, így a hámot nem lehet helyesen beállítani. **Nem szabad olyan egyedre jeladót tenni, amelynek csontjai, tollai még növésben vannak, mivel az befolyásolhatja fejlődésüket, és pusztulásukat okozhatja!**

A hámok mindig egyedre szabottak, méretezésük nem szabványosítható, különösen nem fiatal madarak esetén.

A madaraknál alkalmazott hámok esetében, a kis méret miatt, egyelőre nincs megoldva az automatikus, vagy távirányított leoldás. Időnként alkalmaznak „gyenge láncszemet”, a teflonhámba varrt gumigyűrűket, amelyek idővel elrevesednek és elszakadnak. Elvileg ekkor a jeladónak le kell esnie, de a gyakorlatban ez nem mindig történik meg. Ilyenkor a jeladó csak félrecsúszhat a madáron akadályozva őt a mozgásban, így – amíg nem születik megoldás a problémára – biztonságosabb „gyenge láncszem” nélkül feltenni a jeladót.

Medencehám (leg-loop harness)

Ennek a típusnak a lényege, hogy a jeladót tartó szalag két egyenlő hosszúságú hurkot alkot a jeladó két oldalán, amelyeken átbújtatják a madár két lábát. A két hurkot olyan szorosra húzzák, hogy ne tudjon egyik láb sem kicsúszni, de elég lazára hagyják ahhoz, hogy ne akadályozza a madarat a mozgásban. Ekkor a jeladó a madár hátának alsó részén, a medence felett helyezkedik el.

Ragasztás

A rendszeresen víz alá bukó, és ott hosszabb időt eltöltő fajok, illetve rövid időtartamú kutatások esetében alkalmazzák, valamint a VHF jeladók közül is léteznek alapvetően ragasztással a tollra rögzíthető típusok. A víz alá bukó fajoknál a hám megbontaná a tollazatot, amely így elveszítené vízhatlan jellegét. (Hozzá kell tenni, hogy ennek ellenére volt olyan kutatás, amelynek során hámmal rögzítették a jeladókat bukó vízimadarakon). A rögzítés módja miatt a jeladó legfeljebb egy vedlési cikluson át van a madáron, de jellemzően a terhet viselő tollakat a normál vedlés előtt kidobja a madár.

Implantátum (implant)

Bukómadarak esetén alkalmazott, invazív technika. A jeladót egy műtét során, a madár testüregében helyezik el, csak az antenna van kivezetve testen kívülre. Viszonylag steril környezetet és állatorvosi gyakorlatot igénylő, a természetben nehezen kivitelezhető technika. Ugyanakkor, például kanadai kutatások szerint, egyes bukórécék ezt a típusú jelölést jobban viselik, mint a hámmal feltett jeladókat.

NÉHÁNY MÓDSZERTANI CIKK

BirdLife South Africa: Position Statement on Tracking of Birds:

<http://www.birdlife.org.za/documents/organisation/834-birdlife-south-africa-position-statement-on-tracking-of-birds-2014>

Cooke, S.J. (2008): Biotelemetry and biologging in endangered species research and animal conservation: relevance to regional, national, and IUCN Red List threat assessments. *Endangered Species Research*, Vol. 4: 165–185. doi: 10.3354/esr00063 Link:

http://www3.carleton.ca/fecpl/pdfs/Cooke_ESR_Review.pdf

Peniche, G., Vaughan-Higgins, R., Carter, I., Pocknell, A, Simpson, D., Sainsbury, A. (2011): Long-term health effects of harness-mounted radio transmitters in red kites (*Milvus milvus*) in England. *Veterinary Record*, Vol.169, Issue 12, Pp. 311. doi:10.1136/vr.d4600. Link:

<http://veterinaryrecord.bmj.com/content/169/12/311.abstract>

Seegar, W.S., Cutchis, P.N., Fuller, M.R., Suter, J.J., Bhatnagar, V., Wall, J.G. (1996): Fifteen Years of Satellite Tracking Development and Application to Wildlife Research and Conservation. *Johns Hopkins APL Technical Digest*, Vol. 17. Link:

<http://www.jhuapl.edu/techdigest/TD/td1704/cutchis.pdf>

Perry T. Patterson Satellite Tracking of Endangered Species.

http://scis.nova.edu/~pperry/pperry_653_paper.doc

Az állatok nyomon követésére használt eszközök rövid leírása:

<https://www.movebank.org/node/857>

Az állatok vonulásának tanulmányozására szolgáló technikákról:

https://en.wikipedia.org/wiki/Animal_migration_tracking

A GPS-alapú nyomkövető technikákról:

https://en.wikipedia.org/wiki/GPS_wildlife_tracking

Cikkek a Microwave Telemetry Inc. Által gyártott nyomkövető eszközökkel végzett kutatásokról:

<http://www.microwavetelemetry.com/Publications.cfm>

ADATLAP JELÖLŐESZKÖZ FELSZERELÉSÉHEZ

Fajnév	magyar		latin	
Egyed	kor	ivar	tömeg (g)	egyéb megjegyzés
Jelölés	hely (koordináta/település/stb.)	dátum	idő	Mennyi időt volt kézben a madár?
Gyűrű	ornitológiai		színesgyűrű	
Jelölőeszköz	gyártó + típus	azonosító	tömeg (g)	a madár befogásának módja
Rögzítés módja (hám, medencehám, ragasztás, stb.)				
Gyűrűző/jelölő neve				
A jelölésen részt vettek még				

Kérjük, az adatlap másolatát továbbítsa a Madárgyűrűzési Központnak (ringers@mme.hu)!