

XXXI. OTDK
Biológia szekció

Énekesmadarak hurokvonulásának kimutatása biometriai adatok alapján

készítette:

Jónás Bianka

biológus MSc, I. évfolyam

Eötvös Loránd Tudományegyetem



témavezető:

dr. Csörgő Tibor

ELTE TTK

Anatómiai, Sejt- és Fejlődésbiológiai Tanszék

Budapest, 2013

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	3
Anyag és módszer	5
Eredmények.....	7
Diskusszió.....	8
Összefoglaló.....	12
Abstract	13
Köszönetnyilvánítás	14
Szerzői hozzájárulás	15
Irodalom	16

Bevezetés

A vonulás képességével több állatcsoport egyedei is rendelkeznek, ugyanis ez a rendszeresen ismétlődő, szabályozott mozgás teszi lehetővé túlélésüket és szaporodásukat a folyamatosan változó környezeti feltételek mellett. E szezonális mozgás a madarak esetén a legszembetűnőbb, a legkülönbözőbb vonulási típusok ebben a csoportban alakultak ki az evolúció során (Csörgő 2009).

A vonulási stratégiát számos tényező befolyásolja, mint az idő-optimalizáció, a földrajzi akadályok (barrierék) - hegyvonulatok, tengerek, óceánok, jégmezők, sivatagok -, illetve az időjárás és annak hatása az élőhelyek minőségére. Ezek a faktorok feltehetően együttesen járultak hozzá a madárvonulás egyébként is diverz rendszerében helyet foglaló hurokvonulás kialakulásához.

A hurokvonulás fogalmát kezdetben csak az óceánok partvonalát hatalmas távolságokon át követő madarak útvonalának leírására alkalmazták (Hedenström et al. 2011). Mára ez a fogalomkör kibővült, magában foglalva a szárazföldi, legkülönbözőbb méretű, élőhelyű és életmódú, rövid, közép és hosszú távú vonuló madárfajokat is. Gyakran előfordul az is, hogy egy adott faj északabbi populációja ezt a stratégiát választja, míg a délebbi nem (Newton 2008).

A klasszikus hurokvonulás stratégiáját követő fajok tavaszi és őszi vonulási sávja nem esik egybe, vagyis a költőterületről a telelőterületre egy másik útvonalon jutnak el, mint a visszafelé vezető út (pl. Berthold 2001, Meyburg et al. 2003, Szép 2009b, Calenge et al. 2010, García-Ripollés et al. 2010, Agostini et al. 2011, Catry et al. 2011, Schmaljohann et al. 2012). Ez történhet az óramutató járásának irányával megegyezően (clockwise), mint pl. a szalakóta (*Coracias garrulus*), a kerti poszáta (*Sylvia borin*) vagy a sárgarigó (*Oriolus oriolus*) esetében, de azzal ellentétes is lehet (anticlockwise), mint az ugartyúk (*Burhinus oedicnemus*), a fűrj (*Coturnix coturnix*) vagy a kis poszáta (*Sylvia curruca*) vonulása (Flegg 2004). A hurok hossza a pár száz kilométeres nagyságrendtől akár több tízezer kilométerig terjedhet, és egyes - főként az év nagy részét a nyílt vizek felett töltő - madárfajok vonulásuk során több hurkot is leírhatnak (pl. Alerstam 1990, Guilford et al. 2009, Brooke 2010, Klaassen et al. 2010, Passavy 2011).

Európában a hegyvonulatok lefutása kelet-nyugati irányú. Azon fajok egyedeinek, melyek ezen a barrier-rendszeren nem tudnak átrepülni, az eléjük kerülő akadályokat meg kell kerülniük, hogy elérjék telelő- vagy fészkelőterületüket. A kontinens középső régiójában fekvő Kárpát-medence a vonulás szempontjából egy rendkívül fontos és különleges földrajzi

egység: néhány madárfaj pihenőhelyként (stopover site) használja, mások mindkét migrációs szezonban elkerülik.

Az őszi vonulás általában lassabb, tovább tart, míg a tavaszi gyorsabb és rövidebb útvonalon történik. Ez főként a hím madarakra igaz, melyek igyekeznek minél előbb visszaérkezni előző évi költőterületükre, hogy a számukra legmegfelelőbb élőhelyen tudjanak territóriumot foglalni. Ebből a késztetésből adódóan tavasszal nagyobb valószínűséggel kelnek át a földrajzi akadályokon, rövidítve a vonulási utat. Ez esetben a két vonulási út biztosan különbözik.

A hurokvonulás detektálása többféle módszerrel történhet. Legegyszerűbb a hagyományos, faunisztikai megfigyelés. Ennek során az egyes madárfajok megfigyelt példányainak számát, előfordulási helyét és idejét állapítják meg. Amennyiben egy adott területen átvonuló populáció egyedszáma az őszi és a tavaszi vonulási szezonban jelentősen különbözik egymástól, felvetődik a hurokvonulás lehetősége (Yosef - Tryjanowski 2002a, b, c, Bolshakov 2003, Markovets - Yosef 2005). Ez különösen akkor erős bizonyíték, ha tavasszal figyelhető meg több egyed, hiszen a madarak a telelőterületen nem szaporodnak, így tavaszra a populáció egyedszáma nem nőhet. Azonban, mivel a vonulási szezonok közötti eltérő egyedszám oka nem csak a hurokvonulás lehet, így ennek vizsgálatához más, pontosabb eredményt szolgáltatató módszerekre van szükség.

A legegyszerűbb, az utóbbi néhány évtizedben tért hódító eszköz a geolokátor, mellyel nem csak az elindulás és az érkezés helye, hanem az egész migrációs útvonal detektálható (Bächler et al. 2010, Lisovski et al. 2012). Az ezekhez a vizsgálatokhoz használt jeladók már egy kisebb testű, gébicsméretű faj egyedeire is felszerelhetők anélkül, hogy a madarat bármilyen tevékenységében zavarnák. A legkifinomultabb készülékek tömege maximum 4 %-át teszi ki az egyes egyedek 25-36,5 grammos testtömegének (Tøttrup et al. 2012). Mint minden módszernek, a geolokátoros vizsgálatnak is vannak hátrányai. Egyrészt drága, ezért csak kevés madárra szerelhető fel, másrészt a készülék - amit a madár akár el is hagyhat - meghibásodása esetén jelentős adatvesztés történhet. A legnagyobb hátrány azonban az, hogy az adatokhoz csak a jeladót hordozó egyed visszafogásával lehet hozzájutni (Szép 2009a).

Az anyagi ráfordítást tekintve kedvezőbb megoldás a madárgyűrűzés során felvett biometria adatokat felhasználni a hurokvonulás kimutatására. Ezek feldolgozása költségmentes, hiszen már meglevő adatbázist lehet használni, és a statisztikai elemzést is lehetővé teszi.

A vizsgálat arra alapoz, hogy egy fajon belül az északabbi területeken költő egyedek szárnya a vonulás alatti szelekciós nyomás hatására átlagosan hosszabb és hegyesebb, mint a

délebbieké. Előbbieknek ugyanis nagyobb távolságot kell megtenniük, míg elérik a telelőterületeiket, egy hosszabb út megtételéhez pedig ez a szárnymorfológia optimális (Holynski 1965, Tiainen - Hanski 1985, Csörgő - Lövei 1986, Marchetti et al. 1995, Lockwood et al. 1998, García-Peiró 2003, Chernetsov 2004, Delingat et al. 2011, Gyimóthy et al. 2011, Ożarowska et al. 2011, Jónás et al. 2012).

A biometriai adatok értelmezéséhez ismerni kell a vizsgált faj vedlési stratégiáját is. A vonulás megkezdése előtt a legtöbb madár újakra cseréli régi, elhasznált tollait, hogy repülése minél hatékonyabb legyen. Bizonyos fajok nyáron, a költés befejezése és az őszi vonulás között (postnuptialis vedlés), mások télen, a tavaszi vonulást megelőzően (prenuptialis vedlés), egyesek mindkét szezonban vedlenek (pre- és postnuptialis vedlés) (Ginn - Melville 1983, Jenni - Winkler 1994). A vedlés minden esetben a szárnyhossz bizonyos mértékű növekedését eredményezi. Ennek mértéke fajonként eltérő, kistestű énekesmadaraknál nem több néhány tizedmilliméternél. A szárnyhossz növekedésének mértéke az első vedléskor a legnagyobb, majd a kor előrehaladtával ez a változás egyre kisebb, de egyes fajoknál még ekkor is kimutatható (pl. Stewart 1963, Álbú 1983, Norman 1983, Alatalo et al. 1984, Hogstad 1985, Smith et al. 1986, Nielsen 1993, Merom 1999).

Vizsgálatunk célja, hogy az adott faj tavaszi és őszi átlagos szárnyhosszát összehasonlítva, a vedlési stratégiát és a két szezonban befogott madarak egyedszámát is figyelembe véve teszteljük, hogy a biometriai különbségek alkalmasak-e a hurokvonulás kimutatására.

Anyag és módszer

Vizsgálatunkhoz 14 énekesmadárfaj mintegy 21500 egyedének szárnyhossz adatait használtuk. Közülük 1 faj - a fülemüle (*Luscinia megarhynchos*) - a rigófélék családjába (*Turdidae*), 10 faj - a nádi tücsökmadár (*Locustella luscinioides*), a foltos nádiposzáta (*Acrocephalus schoenobaenus*), az énekes nádiposzáta (*Acrocephalus palustris*), a cserregő nádiposzáta (*Acrocephalus scirpaceus*), a kis poszáta, a kerti poszáta, a barátposzáta (*Sylvia atricapilla*), a sisegő füzike (*Phylloscopus sibilatrix*), a csipplcsalpfüzike (*Phylloscopus collybita*) és a fitiszfüzike (*Phylloscopus trochilus*) - a poszátafélék (*Sylviidae*) családjába, 2 faj - a szürke légykapó (*Muscicapa striata*) és a kormos légykapó (*Ficedula hypoleuca*) - a légykapófélék családjába (*Muscicapidae*), 1 faj - a tövisszúró gébics (*Lanius collurio*) - a gébicsfélék (*Lanidae*) családjába tartozik.

Az adatokat a Duna-Ipoly Nemzeti Park területén található Ócsai Madárvártán (É. sz. 47° 15' - K. h. 19° 15') gyűjtöttük 1984 és 2010 között. A madarakat az Actio Hungarica (AH) hálózat szabályainak megfelelően, standard módon, különböző élőhelyeken felállított függőnyhálójával fogtuk be, és egyedi sorszámmal rendelkező jelölőgyűrűvel láttuk el. A méréseket szintén az Actio Hungarica protokollja alapján végeztük.

A vizsgált fajok közül egy, a csilpcsalpfüzike esetében az ivarok statisztikailag elkülöníthetők a szárnyhossz alapján - a hímek hosszabb, a tojók rövidebb szárnnal rendelkeznek (Harnos - Csörgő 2011) -, a barátposzáta és a töviszúró gébics esetén pedig színbeli különbségeket találunk. Azonban, mivel a fajok többségénél ilyen dimorfizmus nincs, a nemeket nem különítettük el a vizsgálat során.

A szárnymorfológiai adatok felvétele során először meghatároztuk a szárny kopottságának mértékét. Erre egy 0-3-ig terjedő skálát használtunk, melyben a 0 jelentette az ép, a 3 pedig az extrém kopottságú, vagyis mérésre alkalmatlan tollat. A vizsgálatban csak a 0-s vagy maximum 1-es kategóriába besorolt madarak adatai szerepeltek, hogy a kopásból származó inkorrekt adatok ne befolyásolják az eredmények pontosságát. Minden, szárnymorfológiai adat felvételére alkalmas egyednél a maximális szárnyhossz mérésének módszerét alkalmaztuk (Svensson 1992).

A számoláshoz kizárólag a mindkét szezonban adult egyedek szárnyhossz adatait használtuk, mivel a fiatalok első vedlésükkor nagyon megnövelik szárnyhosszukat (Stewart 1963, Alatalo et al. 1984), és ezek kiszűrése a vedlés után a legtöbb fajnál nem lehetséges. A vizsgált fajok közül 5 - a fülemüle, a nádi tücsökmadár, a kormos légykapó, a barátposzáta és a csilpcsalpfüzike - adultjai a költőterületen cserélik le régi tollaikat, vagyis postnuptialis vedlést végeznek. A további 9 fajból 8 - a szürke légykapó, a kis poszáta, a kerti poszáta, a sisegő füzike, a foltos nádiposzáta, az énekes nádiposzáta, a cserregő nádiposzáta és a töviszúró gébics - esetében az adult egyedek prenuptialis vedlést végeznek, egyetlen egy fajnál, a fitiszfüzikénél pedig mindkét szezonban vedlenek (Svensson 1992, Jenni - Winkler 1994). Bár vizsgálatunk alapvetően a két szezon közötti szárnyhosszbeli különbségekre épít, megerősítésként a tavaszi és őszi mintaszámokban jelentkező eltéréseket is felhasználtuk.

A három különböző vedlésű csoportnál fajonként elkülönítve, Welch-teszttel összehasonlítottuk az őszi és a tavaszi szezonban mért átlagos szárnyhossz adatokat. Az eredményeket a vedlési stratégiák ismeretének függvényében, Excel programban értékeltem ki.

Eredmények

1. táblázat: A három vedlési stratégiájú fajcsoport fajainak tavaszi és őszi átlagos szárnyhossza

	Egyedszám (tavasz + őszi) n	Szárnyhossz (tavasz) $\overline{x \pm SD}$ mm	Szárnyhossz (őszi) $\overline{x \pm SD}$ mm	Különbség mm	p-érték
Postnuptialis vedlésű fajok					
Nádi tücsökmadár	181+707	69,6±0,07	68,6±0,15	1,0±0,09	<0,001
Fülemüle	200+1186	85,1±0,15	85,1±0,17	n.s.	0,85
Csilpcsalpfüzike	1174+1066	59,9±0,11	60,4±0,10	0,6±0,10	0,001
Barátposzáta	3237+3677	75,3±0,03	74,9±0,04	0,4±0,04	<0,001
Kormos légykapó	307+462	80,6±0,14	80,1±0,09	0,4±0,12	0,007

	Egyedszám (őszi + tavasz) n	Szárnyhossz (őszi) $\overline{x \pm SD}$ mm	Szárnyhossz (tavasz) $\overline{x \pm SD}$ mm	Különbség mm	p-érték
Prenuptialis vedlésű fajok					
Foltos nádiposzáta	667+580	66,9±0,09	67,8±0,08	0,9±0,08	<0,001
Cserregő nádiposzáta	1074+1183	66,6±0,05	67,4±0,06	0,8±0,06	<0,001
Énekes nádiposzáta	297+1414	68,7±0,05	69,2±0,11	0,5±0,07	<0,001
Sisegő füzike	207+254	75,7±0,18	77,1±0,19	1,5±0,17	<0,001
Kerti poszáta	570+1049	80,3±0,07	80,9±0,09	0,5±0,08	<0,001
Kis poszáta	181+327	66,0±0,10	66,6±0,15	0,6±0,12	0,001
Szürke légykapó	186+374	88,4±0,12	89,3±0,15	0,9±0,13	<0,001
Töviszúró gébics	181+330	92,8±0,32	93,4±0,19	n.s.	0,12

	Egyedszám (tavasz + őszi) n	Szárnyhossz (tavasz) $\overline{x \pm SD}$ mm	Szárnyhossz (őszi) $\overline{x \pm SD}$ mm	Különbség mm	p-érték
Mindkét szezonban vedlő fajok					
Fitiszfüzike	419+299	68,3±0,16	66,6±0,14	1,6±0,14	<0,001

Az 5 postnuptialis vedlésű faj közül 3 esetében szignifikánsan rövidebb az átlagos őszi szárnyhossz, mint a tavaszi. Ezek a fajok a nádi tücsökmadár, a barátposzáta és a kormos légykapó. A legnagyobb fogásszám mind tavasszal, mind ősszel a barátposzátaé, de a két szezon között nem különbözik jelentősen az egyedszám. Ezzel ellentétben a nádi tücsökmadár esetében az őszi egyedszám mintegy négyszerese a tavasziénak. A tavasszal és ősszel fogott kormos légykapók száma között - szintén az őszi fogásszám javára - másfélszeres a különbség. A fülemüle átlagos szárnyhosszában nincs szignifikáns eltérés, de az őszi fogásszám mintegy hatszorosa a tavasziénak. A csilpcsalpfüzike átlagos őszi szárnyhossza nagyobb a tavaszinál, azonban a két szezon fogásszáma szinte egyáltalán nem különbözik egymástól. A prenuptialis vedlésű fajok tavasszal szignifikánsan hosszabb átlagos szárnyhosszal rendelkeznek, de ezek a különbségek átfednek a vedlésből származó növekedési intervallummal (0,4 - 0,8 mm). Kivétel a sisegő füzike, mely faj esetén az eltérés számértéke kívül esik ezen az intervallumon (1,5 mm). E fajnál a két szezonban gyűrűzött egyedek száma alig tér el egymástól. Az énekes nádiposzáta, valamint a kerti poszáta egyedszáma tavasszal látványosan nagyobb, mint ősszel. Előbbi esetben majdnem ötször annyi egyedet fogtunk tavasszal, utóbbinál az őszi fogásszám körülbelül fele a tavasziénak.

A pre- és postnuptialis vedlésű fitiszfüzike két szezon közötti átlagos szárnyhosszbeli különbsége a sisegő füzikéhez hasonlóan kiugró érték (1,6 mm).

A töviszúró gébics adatai nem mutatnak szignifikáns különbséget, de a tavaszi egyedszám közel duplája az ősziének.

Diszkusszió

A hurokvonulás az elméleti érdekességén kívül a természetvédelmi gyakorlat miatt is fontos. A védendő faj vonulási útvonala, az azon elhelyezkedő megálló, pihenő, zsírfelhamozó helyek ismerete esszenciális a védelmi intézkedések meghozatalakor. Ilyen alapon szerveződött pl. a Ramsari Egyezmény által védett területek hálózata. Ha az adott faj a két szezonban különböző útvonalat használ, ezek a területek biztosan nem esnek egybe, így ezt is figyelembe kell venni a területek kijelölésekor.

Mivel a jelölés visszafogásos módszer - főleg a kistermetű énekesmadarak esetében -, nem szolgáltat megfelelő számú adatot, a modernebb jelölési módszerek viszont még nagyon drágák. A detektálás egyik lehetséges, nagy mintaszámra alapozható és statisztikailag is

elemezhető módszere lehet a biometriai adatok értelmezése. Ez esetben nincs szükség visszafogásra, és rendelkezésre állnak az elmúlt évtizedek alatt összegyűlt adatok.

Több fajnál igazolt, hogy az egy fajhoz tartozó különböző populációk szárnymorfológiája eltérő. A hosszabb vonulási utat megtevők szárnya átlagosan hosszabb és hegyesebb, mivel rájuk - a gyorsabb és/vagy energiatakarékosabb repülés előnye miatt - erősebb szelekciós nyomás hat. Ez a mintázat lehetővé teszi, hogy a különböző populációk - legalábbis statisztikai szinten - elkülöníthetők legyenek (pl. Lockwood 1998, Perez-Tris - Telleria 2001, Peiró 2003). Amennyiben a tavaszi és őszi átlagos szárnyhossz-eloszlásban szignifikáns különbség tapasztalható egy adott régióban, az átvonuló állomány összetétele valószínűsíthetően más, vagyis egy részük más területről származik, mint a másik szezonban átvonulók esetében.

A különbség értelmezéséhez a vedlési stratégia ismerete elengedhetetlen.

Abban az esetben, ha a nyáron vedlő (postnuptialis) fajok egyedeinek átlagos szárnyhossza ősszel rövidebb, mint tavasszal, az adott faj biztosan hurokvonuló. A hurokvonulás lehet a magyarázat abban az esetben is, ha a nyári vedlésű madarak átlagos szárnyhossza ősszel hosszabb ugyan, mint tavasszal, de a növekedés mértéke nagyobb, mint az a vedlésből következőnél elvárható.

A téli vedlésű fajok esetén ennek fordítottja bizonyítja a hurokvonulást: amennyiben az egyedek átlagos szárnyhossza tavasszal rövidebb, mint ősszel, az átvonulók más populáció összetételűek. Ha a téli vedlésű fajok egyedeinek átlagos szárnyhossza tavasszal hosszabb, de a növekedés meghaladja a vedlésből származó lehetséges növekedést, e madarak által használt útvonal valószínűleg különbözik a két vonulási szezonban. A viszonylag nagy mintaszámok miatt a kisebb különbségek is lehetnek statisztikailag szignifikánsak, ezért ezt óvatosan, egyéb feltételek figyelembevételével - vedlésből származó növekedés, populációk földrajzi elhelyezkedése, vonulási mintázatok stb. - kell értelmezni.

A vizsgálatban szereplő postnuptialis vedlésű fajoknál az őszi szezonban rövidebb átlagos szárnyhossz igazolja a hurokvonulást. Ezek a madarak nyáron cserélik a tollaikat, így szárnyuknak ősszel kellene átlagosan hosszabbnak lennie, nem a tavaszi szezonban. Ennek alapján a nádi tücsökmadár, a barátposzáta és a kormos légykapó Kárpát-medencei populációja biztosan hurokvonuló. Mindhárom faj esetén az őszi egyedszám nagyobb, ami valószínűleg a tavaszi vonulás nagyobb gyorsaságából, illetve az őszi vonulást megelőző diszperziós mozgásból adódhat.

A fűlemüle tavaszi és őszi egyedszámában szembetűnő a különbség, de a szárnyhosszban nincs szignifikáns különbség, így a hurokvonulás nem bizonyítható.

A csilpcsalpfüziike brit költőpopulációjának tagjai ősszel Nyugat-Európa felett, az Ibériai-félsziget keleti oldalán vonulnak, tavasszal azonban nyugatabbi útvonalat követnek, az Atlanti-óceán partvidéke mentén (Flegg 2004). Kárpát-medencei populációja azonban izolátumnak tekinthető, így ennél a fajnál fel sem merülhet a hurokvonulás, mivel innen érkeznek és ide térnek vissza (Gyurácz - Csörgő 2009).

A prenuptialis vedlésű csoportból a sisegő füziike átlagos szárnyhosszbeli különbsége kiugró érték, ami egyértelmű bizonyítéka a hurokvonulásnak. E faj költőterülete északi irányban magasabb szélességi fokokra is kiterjed, mint Nyugat-Európában. Ezeknek az egyedeknek hosszabb utat kell megtenniük, míg elérik telelőterületeiket, ezért átlagosan hosszabb szárnyal rendelkeznek délebbi társaiknál. Így náluk a hurokvonulás detektálható a szárnyhossz-eloszlásból. E faj esetén visszafogási adatok elemzéséből tudható, hogy a Brit-szigeteken fészkelők is hurokvonulók (Wernham et al. 2002). Az ugyanitt költő kerti poszáta és kis poszáta is hurokvonuló. Előbbi faj Északnyugat-Európában költő populációi ősszel délnyugati irányban vonulnak az Ibériai-félszigetre, onnan déli irányba fordulva kelnek át Gibraltárnál, és repülnek tovább Nyugat-Afrikába. Tavasszal viszont a Szaharán átkelve, északnyugati irányban, rövidebb útvonalon vonulnak (Gwinner - Wiltshko 1978). Utóbbi faj esetében az őszi út az Appennini-félszigeten át vezet Észak-Afrikába, a tavaszi pedig a Balkán-félsziget felett (Flegg 2004). Viszont ezen fajok Kárpát-medencében fogott egyedeinek átlagos szárnyhossz adatai alapján a hurokvonulás nem egyértelmű, mert esetükben a szárnyhossz különbségek átfednek a vedlésből származó potenciális növekedési intervallummal.

A többi prenuptialis vedlésű faj esetén a növekedések szintén átfednek a vedlésből származó növekedési intervallummal, így ezeknél az átlagos szárnyhossz-eloszlás alapján nem mutatható ki a hurokvonulás.

A szintén bizonyítottan hurokvonuló töviszúró gébics esetén nincs szignifikáns különbség, mert a tavaszi és őszi útvonalak ezen a szélességi fokon már közel vezetnek egymáshoz, a hurok a Mediterrán térségben és Észak-Afrikában a legszélesebb (pl. Tøttrup 2012). A tavaszi nagyobb mintaszám arra utalhat, hogy az Északnyugat-Európában költő madarak tavasszal - úthossz-rövidítés miatt - koncentráltabban használhatják a Kárpát-medencét, míg a lassabb, energiatakarékosabb őszi vonulás során déli vagy északi irányban kikerülik azt (Fuisz - Csörgő 2009).

A cserregő nádiposzáta Kárpát-medencei populációja a csilpcsalpfüzikéhez hasonlóan izolátumnak tekinthető, így ennél a fajnál sem merülhet fel a hurokvonulás (Csörgő - Gyurácz 2009). A különbség szignifikanciája itt is az adatok nagy számával magyarázható.

Az eredmények azt mutatják, hogy az átlagos szárnyhossz-eloszlásban jelentkező különbségek néhány faj esetén alkalmasak lehetnek a hurokvonulás kimutatására, amennyiben figyelembe vesszük a vedlési stratégiát, a vedlésből származó szárnyhossz növekedést, valamint az adott faj költőterületének földrajzi elhelyezkedését.

Összefoglaló

Sok madárfaj követ különböző útvonalat őszi és tavaszi vonulása során. Ez a hurokvonulásnak nevezett jelenség történhet az óramutató járásával megegyező (pl. szalakóta, kerti poszáta, sárgarigó), de azzal ellentétes irányban is (pl. ugartyúk, fűj, kis poszáta). A hurokvonulást számos tényező befolyásolja, többek között az idő-optimalizáció, a földrajzi barrierek (tengerek, magashegységek, sivatagok), az időjárás és annak hatása az élőhelyek minőségére.

Az északabbi eredetű fajok populációinak a fészkelő- és telelőterület közötti nagyobb távolság miatt átlagos szárnyhossza nagyobb, szárnya hegyesebb a délebbiekénél. Ha az adult vonuló egyedek átlagos szárnyhossz-eloszlása az összetétel megváltozásából adódóan ősszel és tavasszal szignifikánsan különbözik az adott területen, az egyedek egy része feltételezhetően hurokvonuló. Mivel a vedlés során a szárnyhossz nő, az azt követő szezonban szignifikánsan rövidebb vagy a vedlés által indokoltnál hosszabb szárny is hurokvonulásra utal.

Vizsgálatunk 14 énekesmadárfaj (*Turdidae*, *Sylvidae*, *Muscicapidae*, *Lanidae*) mintegy 21500 adult egyedének 1984-2010 között, az Ócsai Madárvártán gyűjtött szárnyhossz adatain alapul, melyeket Welch-teszttel hasonlítottunk össze. Az eredmények értékelése a választott fajok vedlési stratégiáján alapult. Öt postnuptialis, 8 prenuptialis vedlésű, 1 faj mindkét szezonban vedlik. A tollak kopásából származó hibalehetőségek elkerülésére az ezt leíró, 0-3-ig terjedő skálából csak az első két kategóriába (0 - 1) tartozó adatokkal számoltunk.

A mindkét szezonban vedlő fitiszfűzike (*Phylloscopus trochilus*), és a nyáron vedlő 5 faj közül 3 esetében az átlagos őszi szárnyhossz szignifikánsan rövidebb a tavaszinál, bizonyítva a hurokvonulást. A téli vedlésű madarak átlagos szárnyhossza tavasszal szignifikánsan hosszabb, de a különbségek (0,4 - 0,8 mm) 1 faj, a sisegő fűzike (*Phylloscopus sibilatrix*) kivételével (1,5 mm) átfednek a vedlésből származó növekedés várt mértékével. A cserregő nádiposzáta (*Acrocephalus scirpaceus*) és a csilpcsalpfűzike (*Phylloscopus collybita*) populációi a Kárpát-medence területén belül izolátumnak tekinthetők, számottevő átvonuló állományuk nincs, így esetükben a hurokvonulás fel sem merülhet. Ezeket a fajokat kontrollként használtuk. A bizonyítottan hurokvonuló töviszúró gébics (*Lanius collurio*) átlagos őszi és tavaszi szárnyhosszában nem mutathatók ki szignifikáns különbségek, mert a két szezonban használt útvonalak ezen a szélességi fokon már közel vezetnek egymáshoz.

Abstract

Detection of Passerines' loop migration using biometrical data

Many bird species follow a different route on the outward journey (autumn) to their wintering sites than the route taken on the return journey (spring). This loop migration can be clockwise (e.g. Roller, Garden Warbler, Golden Oriole) or anticlockwise (e.g. Stone Curlew, Quail, Lesser Whitethroat), influenced by many factors, such as time optimisation, geographical barriers and effects of weather on the quality of habitats.

Populations of species originating in the North have longer and more pointed wings than their southern companions because of the greater distance between the breeding and wintering sites. If the average wing length distribution of adult migratory birds differs significantly between spring and autumn in the same area due to a change in composition, then a portion of the migrant population originates from different areas, indicating a possible loop migration pattern. Since wing length increases during moulting, in the next season a significant difference of the population's average wing length also supports the hypothesis of loop migration.

The wing length data of cca. 21 500 adult only individuals of 14 passerine bird species (*Turdidae*, *Sylvidae*, *Muscicapidae*, *Lanidae*) were used, collected at the Ócsa Bird Ringing Station in Hungary between 1984 and 2010. Data were compared with Welch's t test. The evaluation of results is based on the moulting strategies of selected species. Five of these species have a complete postnuptial, 8 prenuptial moults and only one, the Willow warbler moults in both seasons. Because of the abrasion of the primaries only the 0 and 1 categories were used from 0-3 grading scale, excluding birds with heavily worn feathers.

The Willow Warbler and 3 of the 5 species moulting in summer have significantly shorter average wing lengths in autumn, thus proving the loop migration. The species moulting in winter showed significantly longer average wing length in spring, but the differences (0.4-0.8 mm) overlapped with the growth that would be caused by the moult. Only the Wood Warbler's data was outside of this interval (1 mm).

The Reed Warbler and the Common Chiffchaff have an isolated population in the Carpathian Basin without cross-migrating populations, so in their case the question of loop migration could not arise. These species were used as control groups.

The Red-backed Shrike, a known loop migrant species did not show significant differences because its spring and autumn routes lie close to each other in this latitude.

Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt köszönettel tartozom témavezetőmnek, dr. Csörgő Tibornak dolgozatom elkészítésében nyújtott segítségéért, türelméért és hasznos tanácsaiért.

Hálás vagyok a Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Kar munkatársainak: dr. Harnos Andreának, a Biomatematikai és Számítástechnikai Tanszék docensének és Ágh Nóra szakdolgozónak a számítások elvégzésében nyújtott segítségükért.

Munkájukat köszönöm az Ócsai Madárvárta Egyesület önkénteseinek, akik nélkül az alapadatbázis nem születhetett volna meg.

Szerzői hozzájárulás

A dolgozatomhoz felhasznált biometria adatok felvételében részt vettem az Ócsai Madárvárta Egyesület önkénteseként. A munkába 2009-ben kapcsolódtam be.

A számolásokat közösen végeztük dr. Harnos Andrea, a Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Kar Biomatematikai és Számítástechnikai Tanszékének docensével, valamint Ágh Nóra szakdolgozóval.

Az adatokat Welch-teszttel való összehasonlítás után, Excel programban értékeltem ki a vedlési stratégiák figyelembevételével. Mind a post-, mind a prenuptialis vedlésű fajok között találtam hurokvonulókat, így a tavaszi és téli szezonban mért átlagos szárnyhosszbeli különbségek alkalmasnak bizonyultak e vonulási stratégia kimutatására egyéb tényezők figyelembevételével.

Irodalom

- Agostini, N. - Lucia, G. - Mellone, U. - Panuccio, M. - von Hardenberg, J. - Evangelidis, A. - Kominos, T. 2011. Loop migration of adult European honey buzzards (*Pernis apivorus* Linnaeus, 1758) through the Central-Eastern Mediterranean. - Italian Journal of Zoology 1: 1-7.
- Alatalo, R. V. - Gustaffson, L. - Lundberg, A. 1984. Why do young passerine birds have shorter wings than older birds? - Ibis 126: 410-415.
- Alerstam, T. 1990. Bird migration. - Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne pp. 420
- Ålbu, T. 1983. Post-juvenile growth in passerines. - Fauna norv., Ser. C, Cinclus 6: 53-56.
- Bächler, E. - Hahn, S. - Schaub, M. - Arlettaz, R. - Jenni, L. - Fox, J. W. - Afanasyev, V. - Liechti, F. 2010. Year-round tracking of small trans-Saharan migrants using light-level geolocators. - PLoS ONE 5(3): e9566
- Berthold, P. 2001. Bird migration. A general survey. - Oxford University Press, New York pp. 293
- Bolshakov, C. 2003. Nocturnal migration of passerines in the desert-highland zone of Western Central Asia: selected aspects. pp. 225-236. in: Berthold, P. - Gwinner, E. - Sonnenschein, E. (eds.) Avian migration. - Berlin, Springer-Verlag pp. 610
- Brooke, M. 2010. The Manx Shearwater - T. & A. D. Poyser, London, UK pp. 264
- Calenge, C. - Guillemain, M. - Gauthier-Clerc, M. - Simon, G. 2010. A new exploratory approach to the study of the spatio-temporal distribution of ring recoveries - the example of Teal (*Anas crecca*) ringed in Camargue, Southern France. - Journal of Ornithology 151(4): 945-950.
- Catry, I. - Dias, M. P. - Catry, T. - Afanasyev, V. - Fox, J. - Franco, M. A. - Sutherland, W. J. 2011. Individual variation in migratory movements and winter behaviour of Iberian Lesser kestrels *Falco naumanni* revealed by geolocators. - Ibis 153: 154-164.
- Chernetsov, N. 2004. Intraspecific variation of wing pointedness index in juvenile *Acrocephalus* warblers in the southeastern Baltic. - Journal of Ornithology 145: 105-108.
- Csörgő T. 2009. Miért és hogyan vonulnak a madarak? A madárvonulás kialakulása és típusai. pp. 16-26. in: Csörgő T. - Karcza Zs. - Halmos G. - Magyar G. - Gyurácz J. - Szép T. - Bankovics A. - Schmidt A. - Schmidt E. (szerk.) Magyar madárvonulási atlasz. - Kossuth Kiadó, Budapest pp. 672

- Csörgő T. - Lövei G. 1986. Egy fészkelő csilpcsalp-füzike (*Phylloscopus collybita*) populáció szárnyalakjának jellemzése. - A Magyar Madártani Egyesület II. Tudományos Ülése, Szeged
- Csörgő T. - Gyurácz J. 2009. A magyarországi gyűrűzött madárfajok bemutatása. Cserregő nádiposzáta. pp. 489-493. in: Csörgő T. - Karcza Zs. - Halmos G. - Magyar G. - Gyurácz J. - Szép T. - Bankovics A. - Schmidt A. - Schmidt E. (szerk.) Magyar madárvonulási atlasz. - Kossuth Kiadó, Budapest pp. 672
- Delingat, J. - Hobson, K. A. - Dierschke, V. - Schmaljohann, H. - Bairlein, F. 2011. Morphometrics and stable isotopes differentiate populations of Northern wheatears (*Oenanthe oenanthe*) - Journal of Ornithology 152(2): 383-395.
- Flegg, J. 2004. Time to fly: Exploring bird migration. - BTO, Norfolk pp. 184
- Fuisz T. - Csörgő T. 2009. A magyarországi gyűrűzött madárfajok bemutatása. Tövisszúró gébics. pp. 566-568. in: Csörgő T. - Karcza Zs. - Halmos G. - Magyar G. - Gyurácz J. - Szép T. - Bankovics A. - Schmidt A. - Schmidt E. (szerk.) Magyar madárvonulási atlasz. - Kossuth Kiadó, Budapest pp. 672
- García-Peiró, I. 2003. Intraspecific variation in the wing shape of the long-distance migrant Reed Warbler *Acrocephalus scirpaceus*: effects of age and distance of migration. - Ardeola 50(1): 31-37.
- García-Ripollés, C. - López-López, P. - Urios, V. 2010. First description of migration and wintering of adult Egyptian vultures *Neophron percnopterus* tracked by GPS satellite telemetry. - Bird Study 57: 261-265.
- Ginn, H. B. - Melville, D. S. 1983. Moults in Birds. - BTO Guide 19. pp. 112
- Guilford, T. - Meade, J. - Willis, J. - Phillips, R. A. - Boyle, D. - Roberts, S. - Collett, M. - Freeman, R. - Perrins, C. M. 2009. Migration and stopover in a small pelagic seabird, the Manx shearwater *Puffinus puffinus*: Insights from machine learning. - Proceedings of the Royal Society of London, Series B 276: 1215-1223.
- Gyimóthy, Zs. - Gyurácz, J. - Bank, L. - Bánhidi, P. - Farkas, R. - Németh, Á. - Csörgő, T. 2011. Wing-length, body mass and fat load of robins (*Erithacus rubecula*) during autumn migration in Hungary. - Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 57(2): 203-218.
- Gyurácz J. - Csörgő T. 2009. A magyarországi gyűrűzött madárfajok bemutatása. Csilpcsalpfüzike. pp. 521-524. in: Csörgő T. - Karcza Zs. - Halmos G. - Magyar G. - Gyurácz J. - Szép T. - Bankovics A. - Schmidt A. - Schmidt E. (szerk.) Magyar madárvonulási atlasz. - Kossuth Kiadó, Budapest pp. 672

- Gwinner, E. - Wiltschko, W. 1978. Endogenously controlled changes in migratory direction of the garden warbler, *Sylvia borin*. - Journal of Comparative Physiology 125: 267-273.
- Harnos A. - Csörgő T. 2011. Ivarmeghatározás biometriai adatok alapján - esettanulmány a csilpcsalpfüzikére - Ornis Hungarica 19(1-2): 40-52.
- Hedenström, A. - Bowlin, M. S. - Nathan, R. - Nolet, B. A. - Wikelski, M. 2011. How to migrate. Mechanistic principles of locomotion performance in migrating animals. pp. 35-51. in: Milner-Gulland, E. J. - Fryxell, J. M. - Sinclair, A. R. E. (eds.) Animal migration. A synthesis. - Oxford University Press, Oxford pp. 269
- Hogstad, O. 1985. Age-related increase in wing length of male Willow warblers *Phylloscopus trochilus*. - Fauna norv., Series C, Cinclus 8: 116-118.
- Holynski, R. 1965. Methods for the analysis of the wing shape of birds. - Notatki Ornitologiczne 6: 21-25.
- Jenni, L. - Winkler, R. 1994. Moults and Ageing of European Passerines. - Academic Press, London
- Jónás, B. - Ágh, N. - Harnos, A. - Csörgő, T. 2012. Can the loop migration be detected by the wing length distribution of Passerines? - 4th International Eurasian Ornithology Congress, Baja, Hungary p. 48.
- Klaassen, R. H. G. - Strandberg, R. - Hake, M. - Olofsson, P. - Tøttrup, A. P. - Alerstam, T. 2010. Loop migration in adult Marsh harriers (*Circus aeruginosus*) as revealed by satellite telemetry. - Journal of Avian Biology 41: 200-207.
- Lisovski, S. - Hewson, C. M. - Klaassen, R. H. G. - Korner-Nievergelt, F. - Kristensen, M. W. - Hahn, S. 2012. Geolocation by light: accuracy and precision affected by environmental factors. - Methods in Ecology and Evolution doi: 10.1111/j.2041-210X.2012.00185.x
- Lockwood, R. - Swaddle, J. P. - Rayner, J. M. V. 1998. Avian wingtip shape reconsidered: wingtip shape indices and morphological adaptations to migration. - Journal of Avian Biology 29: 273-292.
- Marchetti, K. - Price, T. - Richman, A. 1995. Correlates of wing morphology with foraging behaviour and migration distance in the genus *Phylloscopus*. - Journal of Avian Biology 26: 177-181.
- Markovets, M. - Yosef, R. 2005. Phenology, duration and site fidelity of wintering Bluethroat (*Luscinia svecica*) at Eilat, Israel. - Journal of Arid Environments 61: 93-100.
- Meyburg, B-U. - Paillat, P. - Meyburg, C. 2003. Migration routes of Steppe eagles between Asia and Africa: a study by means of satellite telemetry. - Condor 105: 219-227.

- Merom, K. - McCleery, R. - Yom-Tov, Y. 1999. Age-related changes in wing-length and body mass in the Reed Warbler *Acrocephalus scirpaceus* and Clamorous Reed Warbler *A. stentoreus*. - Bird Study 46: 249-255.
- Newton, I. 2008. The migration ecology of birds. - Academic Press, London pp. 976
- Nielsen, B. 1993. Age dependent variation in wing length of Bearded Tits *Panurus biarmicus*. - Ornis Svecica 3: 117-124.
- Norman, S. C. 1983. Variations in wing-lengths of Willow warblers in relation to age, sex and season. - Ringing & Migration 4(5): 269-274.
- Ożarowska, A. - Stępniewska, K. - Ibrahim, W. A. L. 2011. Autumn and spring migration of the Reed warbler *Acrocephalus scirpaceus* in Egypt - some interesting aspects and questions. - Ostrich 82(1): 49-56.
- Passavy, G. 2011. Migration of the Sooty shearwater *Puffinus griseus* off Gabon. - Marine Ornithology 39: 147-150.
- Peiró, I. G. 2003. Intraspecific variation in the wing shape of the long-distance migrant Reed Warbler *Acrocephalus scirpaceus*: effects of age and distance of migration. - Ardeola 50(1): 31-37.
- Perez-Tris, J. - Telleria, L. 2001. Age-related variation in wing shape of migratory and sedentary blackcaps *Sylvia atricapilla*. - Journal of Avian Biology 32: 207-213.
- Smith, J. N. M. - Arcese, P. - Schluter, D. 1986. Song sparrows grow and shrink with age. - Auk 103(1): 210-212.
- Stewart, I. F. 1963. Variation of wing length with age. - Bird Study 10(1): 1-9.
- Svensson, L. 1992. Identification Guide to European Passerines - Stockholm pp. 368
- Szép T. 2009a. A madárvonulás kutatási módszerei. Műholdas telemetria az ornitológiában. p. 46. in Csörgő T. - Karcza Zs. - Halmos G. - Magyar G. - Gyurácz J. - Szép T. - Bankovics A. - Schmidt A. - Schmidt E. (szerk.) Magyar madárvonulási atlasz. - Kossuth Kiadó, Budapest pp. 672
- Szép T. 2009b. A magyarországi gyűrűzött madárfajok bemutatása. Füstifecske. pp. 409-414. in Csörgő T. - Karcza Zs. - Halmos G. - Magyar G. - Gyurácz J. - Szép T. - Bankovics A. - Schmidt A. - Schmidt E. (szerk.) Magyar madárvonulási atlasz. - Kossuth Kiadó, Budapest pp. 672
- Tiainen, J. - Hanski, I. K. 1985. Wing shape variation of Finnish and Central European Willow Warblers *Phylloscopus trochilus* and Chiffchaffs *P. collybita*. - Ibis 127: 365-371.

- Tøttrup, A. P. - Klaassen, R. H. G. - Strandberg, R. - Thorup, K. - Kristensen, M. W. - Jørgensen, P. S. - Fox, J. - Afanasyev, V. - Rahbek, C. - Alerstam, T. 2012. The annual cycle of a trans-equatorial Eurasian-African passerine migrant: different spatiotemporal strategies for autumn and spring migration. - *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 279: 1008-1016.
- Wernham, C. V. - Toms, M. P. - Marchant, J. H. - Clark, J. A. - Siriwardena, G. M. - Baillie, S. R. (eds.) 2002. *The migration atlas: movements of the birds of Britain and Ireland*. - Poyser, London
- Yosef, R. - Tryjanowski, P. 2002a. Migratory Masked shrikes *Lanius nubicus* staging at the desert edge: phenology, and sex and age-related differences in body mass. - *Ostrich* 73: 162-165.
- Yosef, R. - Tryjanowski, P. 2002b. Differential spring migration of Ortolan bunting (*Emberiza hortulana*) by sex and age at Eilat, Israel. - *Ornis Fennica* 79: 173-180.
- Yosef, R. - Tryjanowski, P. 2002c. Spring migration ecology of the Cretzschmar's bunting (*Emberiza caesia*) through Eilat, Israel. - *Israel Journal of Zoology* 48: 149-153.