

A klímaváltozás hatásainak vizsgálata hosszútávú madárgyűrűzési adatsorok elemzésével

Csörgő Tibor¹, Harnos Andrea^{2,3}, Kovács Szilvia²
és Nagy Krisztina³

¹ELTE; *Anatómiai, Sejt- és Fejlődésbiológiai Tanszék*
1117, Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C., E-mail:csorgo@elte.hu

²SZIE ÁOTK; *Biomatematikai és Számítástechnikai Tanszék*
1078, Budapest, István utca 2.

³MTA-BCE; „*Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz*” kutatócsoport
1118, Budapest, Villányi út 29-43.

Összefoglaló: Az éghajlatváltozás hatására változhat a fajok földrajzi eloszlása, viselkedése, a demográfiai és biometriai jellemzők, módosulhatnak a költési area határai. Mivel még testvér fajoknak is teljesen eltérő lehet a vonulása, ezért a hatások mértéke, sőt iránya is eltérhet, a változások többnyire csak fajonként, sőt populációnként, esetleg kor- és ivarcsoportonként értelmezhetők.

Vizsgálatunkhoz 3 fajpárt (cserregő nádiposzáta – énekes nádiposzáta, csilpcsalpfüzike – sisegő füzike, barátposzáta – kerti poszáta) választottunk ki. Négy faj észak-európai költő állománya átvonul Kárpát-medencén, a csilpcsalpfüzike és a cserregő nádiposzáta hazai fészkelő állománya izoláltnak tekinthető.

Eredményeink szerint vonulás időzítésének módosulása mindkét irányban megfigyelhető. Ősszel ugyanazon faj korcsoportjainak vonulásában bekövetkező változás is különbözhet. Vannak olyan átvonuló állománnyal is rendelkező fajok, amelyeknél a 24 év alatt az őszi vonulás során csökkent az átlagos testtömeg, és nőtt az átlagos szárnyhossz. Mivel ugyanazon faj északabbi populációi madarainak szárnya átlagosan hosszabb, mint a délebbieké, és a hosszabb útvonalon több zsírt használnak el a repülésük során, eredményeink szerint nőtt a vizsgálati területen az északabbról származók aránya, ami közvetve az éghajlatváltozás area határ módosítására utal.

Kulcsszavak: klímaváltozás, énekes madarak, hosszútávú vonulók

Bevezetés

A globális klímaváltozás madarak életére gyakorolt hatására már több év-

tizede felfigyeltek (pl. Lundberg & Edholm 1982, Williamson 1975), és predikciók sorát állították fel (pl.: Berthold 1990), amelyek sorra igazolást nyernek. Változik a fajok földrajzi eloszlása, módosulnak az elterjedési area határok, új telelő területek alakulnak ki (pl. Crick 2004, Thomas & Lennon 1999). Változik a vonulás időzítése és fenológiája (pl. Cotton 2003, Crick & Sparks 2006, Lehtikoinen *et al.* 2004, Tøttrup *et al.* 2006, Zalakevicius *et al.* 2006), a vedlés (pl. Péron *et al.* 2007) és a költés időzítése (pl. Both *et al.* 2004, Crick *et al.* 1997, Forchhammer *et al.* 1998), a demográfiai faktorok (pl. Berthold 2002, Crick 2004, Saether *et al.* 2004), a biometriai jellemzők (pl. Yom-Tov *et al.* 2006) stb. Az eredmények sok esetben ellentmondanak, alig lehet általános következtetéseket levonni. Ennek oka az, hogy pl. a vonulás időzítésének változása ugyanazon faj esetén földrajzi területenként is különbözhet, mivel ott más-más alfajok vagy populációk vonulhatnak, esetleg különböző mértékben hatnak a lokális vagy olyan globális időjárás tényezők, mint az észak-atlanti oszcilláció (NAO), vagy egyszerűen csak a vonulási út különböző szakaszán folytak a vizsgálatok (pl. Cotton 2003, Hubalek 2004, Hüppop & Hüppop 2003, Rainio *et al.* 2006, Rubolini *et al.* 2007, Tøttrup *et al.* 2006). Problémákat vet fel az is, hogy a különböző tanulmányok eltérő mérőszámokat, illetve módszereket használnak (pl. a vonulás időzítésénél az első érkező madár megfigyelési ideje, a vonulás csúcspontja, mediánja vagy különböző kvantilisek, a kövér madarak megjelenésének ideje stb.) (pl. Nowakowski 1999, Tøttrup *et al.* 2006, Tryjanowski *et al.* 2002).

Tovább bonyolítja a képet, hogy az időjárás hatására bekövetkező különböző változások egymással is kapcsolatban vannak, mint pl. a tavaszi érkezés és költés kezdése, a költések száma, a pre- vagy postnuptiális vedlés időzítése (pl. Hedeström *et al.* 2007).

Jelen dolgozatban arra kerestük a választ, hogy milyen különbségek vannak a többé-kevésbé eltérő vonulási stratégiájú közel rokon fajok között a tavaszi és őszi vonulás során, milyen mértékű a korcsoportok közötti különbség, és mutatkozik-e valamilyen értelmezhető hatás a vizsgált fajok biometriai jellemzőiben?

Módszerek

Az adatokat a Duna-Ipoly Nemzeti Parkhoz tartozó, Ócsai Tájvédelmi Körzet Öregturján nevű részen található Ócsai Madárvártnán (É. sz. 47° 15'– K. h. 19° 15') gyűjtöttük 1984. és 2007. között. A madarakat függőháló-

val fogtuk be, és egyedileg számozott jelölőgyűrűvel láttuk el. Az Actio Hungarica szabályai szerinti standard módszerekkel számos biometriai adatot is felvettünk (Szentendrey *et al.* 1979).

A vizsgálatba különböző vonulási stratégiájú rokon fajpárok (cserregő nádiposzáta (*Acrocephalus scirpaceus*) – énekes nádiposzáta (*A. palustris*), barátposzáta (*Sylvia atricapilla*) – kerti poszáta (*S. borin*), csilpcsalpfüzike (*Phylloscopus collybita*) – sisegő füzike (*Ph. sibilatrix*)) adatait használtuk. A hat vizsgált faj közül csak kettőnek (barátposzáta és csilpcsalpfüzike) vannak a Mediterráneumban is telelő területei, a többi Afrika Szahara alatti részén telelő, tipikus hosszútávú vonuló. A cserregő nádiposzáta és a csilpcsalpfüzike hazai populációja – bár mindkét faj egész Európában elterjedt – izolátumnak tekinthető, mivel az északabbra költő állományok elkerülik a Kárpát-medencét (Cramp & Brooks 1992, Csörgő & Lövei 1986, Csörgő & Ujhelyi 1991, Harnos & Csörgő *in press*, Nagy *et al.* 2009). Az énekes nádiposzáta, a barátposzáta, a kerti poszáta és a sisegő füzike észak-európai állományai átvonulnak a Kárpát-medencén (Csörgő & Karcza 1998, Kiss *et al.* *in press*, Miklay & Csörgő 1986, Szórádi *et al.* *in press*).

A vizsgált fajok mindegyikénél elkülönítettük a korcsoportokat: első naptári éves és annál idősebb madarak (Svenson 1992). A populáció adott hányadának vonulás időzítésében bekövetkezett változásait lineáris kvantilis regresszióval vizsgáltuk (Cade & Noon 2003, Nagy *et al.* 2009). Tavasszal a 10, 25, 50, 75 %-os, ősszel a 25, 50, 75, 90 %-os kvantiliseket használtuk, kihagyva tavasszal a 90, illetve ősszel a 10 %-os kvantiliseket, hogy a fészkelés ill. diszperziós mozgás zavaró hatását csökkentjük. A statisztikai elemzésekhez az R 2.8 programot használtuk (R Development Core Team 2007, Reiczigel *et al.* 2007), a kvantilis regresszióhoz pedig a „quantreg” csomagot (Koenker 2004).

A szárnyhossz adatokat 1 mm, a testtömeg adatokat 0,1 g pontossággal mértük. Az évi átlagos testtömeg és szárnyhossz adatok trendjeinek statisztikai elemzését lineáris regresszióval végeztük (Reiczigel *et al.* 2007).

Eredmények

A tavaszi vonulás időzítése a vizsgált fajoknál eltérően alakult. Nem csak a vonulás időzítése, hanem a vonulási hullám alakja is változott. Pl. a vonulás kezdete – szinte minden fajnál és minden kvantilis esetén – 3–14 nappal korábbra tolódott, kivéve az énekes nádiposzátáét és a csilpcsalpfüzikéét,

1. táblázat. Az tavaszi vonulás időzítés kvantilis regressziójának eredményei (N – mintaszám, d – változás a 24 év alatt napokban, p – p-érték)

Faj	N	10%		25%		50%		75%	
		d	p	d	p	d	p	d	p
Énekes nádiposzáta	322	-5	0,25	2	0,54	5	<0,01	5	<0,01
Cserregő nádiposzáta	1566	-11	<0,01	-13	<0,01	-10	<0,01	-9	<0,01
Kerti poszáta	416	-9	<0,01	-6	<0,01	-7	0,01	-9	<0,01
Barátposzáta	6515	-1,5	<0,01	0	1	3	<0,01	-12	<0,01
Sisegőfűzike	370	0	1	-10	<0,01	-14	<0,01	-11	<0,01
Csilpcsalpfűzike	2129	-3	0,16	-4	<0,01	0	1	3	<0,01

amelyek vonulásának második fele mintegy 3–5 nappal később zajlik. A barátposzáta és sisegő fűzike vonulási intervalluma szűkült, az énekes nádiposzátaé tágult, a többieké nem változott jelentősen (1. táblázat).

Az őszi vonulás időzítése a legtöbb esetben a tavaszival ellentétes irányban változott, a madarak egyre később mennek el. Legkevésbé sisegő fűzikéé és a csilpcsalpfűzikéé változott, legerősebben a barátposzátaé. A vonulási időszak a csilpcsalpfűzike mindkét korcsoportjánál és az öreg barátposzátaánál szűkült,

2. táblázat. Az őszi vonulás időzítés kvantilis regressziójának eredményei (N – mintaszám, d – változás a 24 év alatt napokban, p – p-érték)

Faj	Kor	N	25%		50%		75%		90%	
			d	p	d	p	d	p	d	p
Énekes nádiposzáta	öreg	1392	0	1	2	0,05	5	<0,01	0	1
	fiatal	3506	6	<0,01	9	<0,01	8	<0,01	12	<0,01
Cserregő nádiposzáta	öreg	2845	3	<0,01	10	<0,01	10	<0,01	12	<0,01
	fiatal	9440	0	1	8	<0,01	12	<0,01	17	<0,01
Kerti poszáta	öreg	1513	7	<0,01	1	0,41	3	0,13	2	0,16
	fiatal	4531	19	<0,01	14	<0,01	16	<0,01	12	<0,01
Barátposzáta	öreg	5766	34	<0,01	16	<0,01	16	<0,01	14	<0,01
	fiatal	33331	17	<0,01	17	<0,01	16	<0,01	16	<0,01
Sisegő fűzike	öreg	614	3	0,14	0	1	0	1	0	1
	fiatal	2242	0	1	2	0,10	7	<0,01	9	<0,01
Csilpcsalpfűzike	öreg	1929	12	<0,01	6	<0,01	3	0,10	-2	0,51
	fiatal	3211	9	<0,01	4	<0,01	-2	0,16	-2	0,08

3. táblázat. Az átlagos szárnyhossz változás lineáris regressziójának eredményei (d – változás a 24 év alatt, d% – százalékos változás, p – p-érték)

Faj	Ősz öreg			Ősz fiatal		
	d	d%	p	d	d%	p
Énekes nádiposzáta	2,48	3,37	<0,01	0,85	1,27	0,02
Cserregő nádiposzáta	0,12	0,18	0,69	0,22	0,34	0,33
Kerti poszáta	0,51	0,6	0,36	0,28	0,37	0,22
Barátposzáta	0,92	1,3	<0,01	0,29	0,4	0,21
Sisegő füzike	2,49	3,4	<0,01	-0,18	-0,3	0,58
Csilpcsalpfüzike	0,68	1,1	0,32	0,32	0,5	0,18

az öreg énekes nádiposztánál, a kerti posztánál, a fiatal barátposztánál nem változott, a fiatal énekes nádiposztánál, a cserregő nádiposzáta mindkét korcsoportjánál és fiatal sisegő füzikénél lényegesen szélesebb lett (2. táblázat).

Az átlagos szárnyhossz a jelentős átvonuló állománnyal is rendelkező fajok esetén trendszerűen – mindkét énekes nádiposzáta korcsoportnál, az öreg barátposztánál és az öreg sisegő füzikénél szignifikánsan – nőtt (3. táblázat).

A testtömeg átlagos értékek a jelentős átvonuló állománnyal rendelkező fajok esetén trendszerűen – az énekes nádiposzáta két korcsoportja kivételével – csökkentek. A változás a barátposzáta mindkét korcsoportjánál és a fiatal sisegő füzikénél szignifikáns (4. táblázat).

Értékelés

Az utóbbi évtizedekben nagyon sok madárfaj változtatta meg vonulását

4. táblázat Az átlagos testtömeg változás lineáris regressziójának eredményei (m – meredekség, d – változás a 24 év alatt, d% – százalékos változás, p – p-érték)

Faj	Ősz öreg				Ősz fiatal			
	m	d	d%	p	m	d	d%	p
Énekes nádiposzáta	0,01	0,17	1,32	0,49	0,00	0,04	0,3	0,89
Cserregő nádiposzáta	-0,01	-0,15	-1,3	0,44	0,00	-0,10	-0,8	0,36
Kerti poszáta	-0,02	-0,60	-3,1	0,07	-0,01	-0,37	-1,8	0,23
Barátposzáta	-0,02	-0,53	-2,8	0,01	-0,03	-0,87	-4,6	<0,01
Sisegő füzike	-0,01	-0,17	-1,7	0,51	-0,03	-0,70	-7,1	<0,01
Csilpcsalpfüzike	-0,03	-0,70	-8,9	0,09	-0,004	-0,09	-1,2	0,51

időzítését. A változások mértéke nagyban függ a vonulási stratégiától. A plasztikusabb viselkedésű rövid- és középtávú vonulók gyorsabban adaptálódnak a megváltozott feltételekhez, mint az erősebb genetikai kontroll alatt álló hosszútávú vonulók (pl. Berthold 2002, Butler 2003, Pulido *et al.* 2001). Az előbbieket tavaszi érkezése szoros összefüggést mutat az Európa időjárását alapvetően meghatározó észak-atlanti oszcillációval (NAO), míg a hosszútávúaké nem (Hubalek 2004). Nem tisztázott, hogy a változások hátterében már evolúciós változások állnak, vagy csak a fenotípusok plaszticitása (Coppack & Both 2002, Gienapp 2007).

A tágabb értelemben hasonló vonulási stratégiájú fajok (pl. hosszútávú vonulók) időzítésbeli változásai sem egységesek. Nem csak a mértékük, de irányuk is különbözhet. Pl. az olyan testvér fajok, mint a cserregő és énekes nádiposzáta közül az előbbi egyre korábban érkezik, az utóbbi később. Mindkét faj Európa nagy részén fészkel. A cserregő nádiposzáta Észak-, és Nyugat-Európában fészkelő populációi délnyugati irányba vonulnak őszszel, és Nyugat-Afrikában telelnek, a keleti területekről pedig Kelet-Afrikába vonulnak (Csörgő & Ujhelyi 1991). A hazai izolált populáció mindkét útvonalat használja. Tavaszi érkezésük Európa minden részén korábbra tolódott a telelőterület és útvonal különbözősége ellenére. A tavaszi vonulás időzítésének mediánja Dél-Németországban átlagosan 7 nappal (Bergmann 1999), Dániában és Németország északi részén 3 nappal (Spottiswoode *et al.* 2006, Tøttrup *et al.* 2006), az első madár érkezése Angliában átlagosan 9,5 nappal tolódott korábbra (Cotton 2003). Nálunk ez az érték kb. 10 nap. Az énekes nádiposzáta ugyanakkor egyre később érkezik. A mi vizsgálatunk szerint ennek medián értéke 5 nap, Dániában és Németországban 1, ill. 4 nap (Spottiswoode *et al.* 2006, Tøttrup *et al.* 2006). Az eltérés a két faj vonulási stratégiájában kereshető. A cserregő nádiposzáta a rokon fajnál lassabban, kisebb lépésekben vonul. Az énekes nádiposzáta gyors vonulását az teszi lehetővé, hogy nagy mennyiségű zsírt halmoz fel indulás előtt. Az afrikai területek szárazabbá válásával egyre nehezebb a megfelelő mennyiségű „üzemanyag” felhalmozása, ami lassíthatja a vonulást (Gordo *et al.* 2005).

Hasonló „finom” különbségek okozzák a többi sibling faj között tapasztalt különbséget is. A csilpcsalpfüzike tavaszi kismértékű időzítés változásának az lehet az oka, hogy egyike a legkorábban érkező fajoknak, így nem nagyon van már lehetősége előrébb hozni a vonulását. Bár a hímek jól reagálnak a márciusi hőmérsékletre – minél melegebb van, annál korábban érkeznek – a tojók vonulási ideje nem változott az utóbbi negyed században (Harnos & Csörgő *in press*). A sisegő füzike egyike a legkésőbb vonuló

énekeseknek, így ennél a fajnál nagyobb időbeli változások lehetségesek (Kiss *et al.* 2009). A két poszáta fajnál hasonló a helyzet, mint a füzikéknél. A barátposzáta nagyon korai vonuló, a kerti poszáta pedig késői (Kovács *et al.* 2009, Szórádi *et al.* in press).

Tavasszal a szaporodásra irányuló optimalizáció miatt a vonulás korábbra tolódása a jellemzőbb. Ősszel nincs ilyen direkt késztetés, fontosabb a túlélés, amire jobb esélye van a jobb kondícióban levő madaraknak, megéri tehát valamivel tovább maradni, ha van táplálék, és érdemes korábban elmenni, ha pl. a szárazság miatt kevesebb az ennivaló. Mindkét irányú változásnak megvannak az előnyei és hátrányai: nem éri meg korábban elmenni, ha van táplálék és az időjárás is kedvező (Coppack *et al.* 2002), viszont veszélyes lehet túl későn távozni, mert az időjárás egyre kiszámíthatatlanabb, az anomáliák egyre erősebbek és gyakoribbak lehetnek (Bezzel & Jetz 1995).

Vizsgálatunkban azt tapasztaltuk, hogy a jelentősebb átvonuló állománnyal rendelkező fajoknak a szárnyhossz átlaga nőtt, de testtömeg-átlaga csökkent. A változások trendje néhány esetben már ilyen, viszonylag rövid időintervallumon belül is szignifikáns. Ennek valószínű oka az, hogy változott az átvonuló állományok összetétele, vagyis egyre több északi madár vonul át a területen.

A klímaváltozás egyik legkorábban felismert következménye az areahatárok északabbra tolódása volt (Thomas & Lennon 1999). Az utóbbi évtizedekben az általunk vizsgált fajok is kiterjesztették költő területüket észak felé (Burfield & Van Bommel 2004). Emellett – szintén az éghajlatváltozás hatására – az északabbi területeken a költési siker is növekedhetett. Mindezek miatt egyre több madár érkezhetsz ősszel egyre északabbi területekről.

Egy-egy fajon belül a szárnyhossz ill. a szárny alakja összefüggést mutat a vonulási út hosszával. Minél nagyobb a távolság, annál hosszabb, ill. hegyesebb a szárny. Ez kedvezőbb mind a repülés sebessége, mind a felhasznált energia mennyisége szempontjából. Az északabbi, hosszabb vonulási utat megtevő populációkra erősebb szelekciós nyomás hat, mint a délebbiekre, ezért ezek szárnya átlagosan hosszabb, mint a délebbi populációké (pl. Csörgő & Lövei 1986, Berthold 1993). A vonuló madarak egy meghatározott mennyiségű felhalmozott zsírral kezdik meg vonulásukat, és igyekeznek a lehető leghatékonyabban, leggyorsabban, legbiztonságosabban megtenni a vonulási utat (Alerstam & Lindström 1990). Nagyobb zsír felhalmozásra, hosszabb megállásra többnyire csak a földrajzi barrierek előtt kerül sor. A vizsgált fajoknál ez többnyire a Mediterráneum északi része.

A hozzánk északról érkező példányok zsírtartalékai már kisebbek, mint az induláskor voltak, a fogyás arányos a megtett út hosszával. Ebből következik, hogy minél nagyobb az északabbi eredetű madarak részesedése a befogottak között, várhatóan annál kisebb lesz az átlagos testtömeg.

Eredményeink szerint az éghajlatváltozás könnyebben kimutatható hatásai (pl. időzítés változások) mellett egy területenkénti jelentős állomány átrendeződés is zajlik, amely biometria jellemzők elemzésével vizsgálható és értelmezhető.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük az Ócsai Madárvárta Egyesület tagjainak és mindazoknak a munkáját, akik az elmúlt 24 év során az adatgyűjtésben bármilyen formában részt vettek.

Irodalomjegyzék

- Alerstam, T. & Lindström A. (1990): Optimal bird migration: the relative importance of time, energy, and safety. – In: Gwinner, E. (szerk): *Bird Migration: the Physiology and Ecophysiology*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 331–351
- Bergmann, F. (1999): Long-term increase in numbers of early-fledged Reed Warblers (*Acrocephalus scirpaceus*) at Lake Constance (Southern Germany). – *J. Ornithol.* **140**: 81–86.
- Berthold, P. (1990): Patterns of avian migration in light of current global 'greenhouse' effects: a central European perspective. – *Acta Congr. Int. Ornithol.* **20**: 780–786.
- Berthold, P. (1993): *Bird migration, A general survey*. – Oxford University Press, Oxford pp. 86–87.
- Berthold, P. (2002): Bird migration: the present view of evolution, control, and further development as global warming progresses. – *Acta Zool. Sin.* **48**: 291–301.
- Both, C., Artemyev, A. V., Blaauw, B., Cowie, R. J., Dekhuijzen, A. J., Eeva, T., Enemar, A., Gustafsson, L., Ivankina, E. V., Järvinen, A., Metcalfe, N. B., Nyholm, N. E. I., Potti, J., Ravussin, P. A., Sanz, J. J., Silverin, B., Slater, F. M., Sokolov, L. V., Török, J., Winkel, W., Wright, J., Zang, H. & Visser, M. E. (2004): Large-scale geographical variation confirms that climate change

- causes birds to lay earlier. – *Proc. R. Soc. Lond. B* **271**: 1657–1662.
- Burfield, I., Van Bommel, F. (2004): *Birds in Europe: population estimated, trends and conservation status*. – BirdLife International, Cambridge, UK
- Butler, C. J. (2003): The disproportionated effect of global warming on the arrival dates of short-distance migratory birds in North America. – *Ibis* **145**: 485–495.
- Cade, B. S. & Noon, B. R. (2003): A gentle introduction to quantile regression for ecologists. – *Front Ecol. Env.* **1**: 412–420.
- Coppack, T. & Both, C. (2002): Predicting life-cycle adaptation of migratory birds to global climate change. – *Ardea* **90(3)**: 369–377.
- Cotton, P. A. (2003): Avian migratory phenology and global climate change. – *PNAS* **100**: 12219–12222.
- Cramp, S. & Brooks, D. J. (Eds) (1992): *The Birds of the Western Palearctic. Vol. 6*. – Oxford University Press, Oxford. pp. 196–198.
- Crick, H. Q. P. (2004): The impact of climate change on birds. – *Ibis* **146**: 48–56.
- Crick, H. Q. P. & Sparks, T. H. (2006): Changes in the phenology of breeding and migration in relation to global climate change. – *Acta Zool. Sin.* **52**: 154–157.
- Crick, H. Q. P., Dudley, C. & Glue, D. E. (1997): UK birds are laying eggs earlier. – *Nature* **399**: 423–424.
- Csörgő, T. & Lövei, G. (1986): Egy fészkelő csilpcsalp-füzike (*Phylloscopus collybita*) populáció szárnyalakjának jellemzése. – *MME II. Tudományos Ülése*, Szeged: 155–159.
- Csörgő, T. & Ujhelyi, P. (1991): A nádiposzáta fajok (*Acrocephalus spp.*) eltérő vonulási stratégiája a külföldi visszafogások tükrében. – *MME III. Tudományos Ülése*, Szombathely: 111–122.
- Forchhammer, M. C., Post, E. & Stenseth, N. C. (1998): Breeding phenology and climate. – *Nature* **391**: 29–30.
- Gienapp, R., Leimu, R. & Merilä, J. (2007): Responses to climate change in avian migration time – microevolution versus phenotypic plasticity. – *Clim. Res.* **35**: 25–35.
- Gordo, O., Brotons, L., Ferrer, X. & Comas, P. (2005): Do changes in climate patterns in wintering areas affect the timing of the spring arrival of trans-Saharan migrant birds? – *Glob. Change Biol.* **11**: 12–21.
- Harnos A. & Csörgő T. (in press) Ivarmeghatározás biometriai adatok alapján – esettanulmány a csilpcsalpfüzikére. – *Orn. Hung.*
- Harnos A. & Csörgő T. (in press): A csilpcsalpfüzike (*Phylloscopus collybita*) vonulásának változása az elmúlt 25 év során. – *Orn. Hung.*
- Hedenström, A., Barta, Z., Helm, B., Houston A. I., McNemara J. M. &

- Jonzen N. (2007): Migration speed and scheduling of annual events by migrating birds in relation to climate change. – *Clim. Res.* **35**: 79–91.
- Hubalek, Z. (2004): Global weather variability affects avian phenology: a long-term analysis. – *Fol. Zool.* **53**: 227–236.
- Hüppopp, O. & Hüppopp, K. (2003): North Atlantic Oscillation and timing of spring migration in birds. – *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* **270**: 233–240.
- Kiss A., Csörgő T., Harnos A., Kovács, Sz. & Nagy K. (2009): A sisegő füzi-ke (*Phylloscopus sibilatrix*) vonulásának változása a klímaváltozás szempontjából. – *Klíma 21 Füzetek* **56**: 91-99.
- Koenker R. (2008). quantreg: Quantile Regression. R package version 4.24. www.r-project.org
- Kovács Sz., Csörgő, T., Harnos, A. & Nagy, K. (2009): A kerti poszáta (*Sylvia borin*) vonulási fenológiájának változása Ócsán 1984–2007. között. – *Természetvédelmi Közlemények* **15**: 422-433.
- Lehikoinen, E., Sparks, T. H. & Zalakevicius, M. (2004): Arrival and departure dates. – *Adv. Ecol. Res.* **35**: 1–31.
- Lundberg, A & Edholm, M. (1982): Earlier and later arrivals of migrants in central Sweden. – *British Birds* **75**: 583–585.
- Nagy, K., Csörgő, T., Harnos A. & Kovács Sz. (2009): A cserregő és az énekes nádiposzáta (*Acrocephalus scirpaceus*, *A. palustris*) vonulásának fenológiai változásai. – *Természetvédelmi Közlemények* **15**: 434-445.
- Péron, G., Henry, P-Y., Provost, P., Dehorter, O. & Julliard, R. (2007): Climate changes and post-nuptial migration strategy by two reedbed passerines. – *Clim Res.* **35**: 147–157.
- Pulido, F., Berthold, P., Moh, G. & Querner, U. (2001): Heritability of the timing of autumn migration in a natural bird population. – *Proc. Soc. R. London B.* **268**: 885–993.
- Rainio, K., Laaksonen, T., Ahola, M., Vahatalo, V. A. & Lehikoinen, E. (2006): Climatic responses in spring migration of boreal and arctic birds in relation to wintering area and taxonomy. – *J. Avian Biology.* **37**: 507–515.
- R Development Core Team (2007): R: *A language and environment for statistical computing*. – R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, www.r-project.org.
- Reiczigel, J., Harnos, A. & Solymosi, N. (2007): *Biostatisztika nem statisztikusoknak*. – Pars Kft., Nagykovácsi, 253 pp.
- Rubolini, D., Møller, A. P., Rainio, K. & Lehikoinen, E. (2007): Intraspecific consistency and geographic variability in temporal trends of spring migration phenology among European bird species. – *Clim. Res.* **35**: 135–

- 146.
- Saether, B-E., Sutherland, W. J. & Engen S. (2004): Climate influences on avian population dynamics. In: Møller, A., Fiedler, W. & Berthold, P. (szerk). (2004): *Birds and climate change*. Elsevier Ltd., Amsterdam, pp 185 – 210.
- Spottiswoode, C. N., Tøttrup, A. P. & Coppack, T. (2006): Sexual selection predicts advancement of avian spring migration in response to climate change. – *Proc. R. Soc. Lond. B.* **273**: 3023–3029.
- Szentendrey, G., Lövei, G., & Kállay, Gy. (1979): Az Actio Hungarica madár-gyűrűző tábor mérési módszerei. – *Állattani Közlemények* **66**: 161–166.
- Szórádi, T., Csörgő, T., Nagy, K. & Harnos A. (in press): A barátposzáta (*Sylvia atricapilla*) vonulásának változása az utóbbi 24 évben. – *Orn. Hung.*
- Svensson L. (1992): Identification guide to European Passerines. – 4th edn. Stockholm, Uggå
- Thomas, C. D. & Lennon, J. J. (1999): Birds extend their range northwards. – *Nature* **399**: 213.
- Tøttrup, A. P., Thorup, K. & Rahbek, C. (2006): Patterns of change in timing of spring migration in North European songbird populations. – *J. Avian Biology* **37**: 84–92.
- Tryjanovski, P., Kuzniak, S. & Sparks T. (2002): Earlier arrival of some farmland migrants in western Poland – *Ibis* **144**: 62–68.
- Zalakevicius, M., Bartkeviciene, G., Raudonikis, L. & Janulaitis, J. (2006): Spring arrival response to climate change in birds: a case study from eastern Europe. – *J. Ornithol.* **147**: 326–343.
- Williamson, K. (1975): Birds and climate change. – *Bird Study* **22**: 143–164.
- Yom-Tov, Y., Yom-Tov S., Wright J., Du Feu, T. & Du Feu, R. (2006): Recent changes in body weight and wing length among some British passerine birds. – *Oikos* **112**: 91–101.

Study of the impacts of climate change using long-term bird ringing data

Tibor Csörgő¹, Andrea Harnos^{2,3}, Szilvia Kovács² and Krisztina Nagy³

¹*ELTE; Department of Anatomy Cell- and Developmental Biology
H-1117, Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.*

²*SZIE ÁOTK; Department of Biomathematics and Informatics
H-1078, Budapest, István u. 2.*

³*HAS-CUB; Adaptation to Climate Change Research Group
H-1118, Budapest, Villányi út 29-43.*

Abstract: Climate change may effect the large-scale spatial distribution, the breeding area, the timing and phenology of migration, the timing of breeding and moult, and certain demographic and biometric parameters of migrating birds. The influence of climate change may only be interpreted on species level, or in some cases on age and sex group level, since even closely related species may differ markedly in their migration strategies and therefore in the size and direction of changes. The consequences of climate change can also have distinct effects on different of the same species.

We used ringing data of 3 closely related species-pairs (Marsh and Reed Warbler, Garden Warbler and Blackcap, Willow Warbler and Chiffchaff). The northern breeding populations of four species migrate through the Carpathian-basin, while the local breeding populations of the Chiffchaff and the Reed Warbler can be considered as isolated populations.

Our results show that changes in the timing of spring migration can be observed in both directions. The changes in the timing of age groups of the same species can be different during the autumn migration.

We found that average body mass has decreased, while average wing length has increased during the studied 24 years in the case of certain species with trans-migrant populations. Within-species average wing length of northern populations is longer than that of southern populations, and birds migrating from further north use more fat during their migration. The shift in both average wing length and average body mass indicate that the ratio of ringed birds from northern populations has increased meaning that climate change alters the breeding areas of certain birds.

Keywords: climate change, passerines, long-distance migrants