

# A kerti poszáta (*Sylvia borin*) vonulási mintázatának és biometriai tulajdonságainak változása Ócsán 1984-2007 között

KOVÁCS SZILVIA<sup>1\*</sup>, CSÖRGŐ TIBOR<sup>2</sup>, HARNOS ANDREA<sup>1,3</sup>,  
NAGY KRISZTINA<sup>3</sup>, REICZIGEL JENŐ<sup>1,3</sup>



Kovács Szilvia, Csörgő Tibor, Harnos Andrea, Nagy Krisztina, Reiczigel Jenő 2011. Change in migration phenology and biometrics of Garden Warblers (*Sylvia borin*) at the Ócsa Bird Ringing Station between 1984-2007. – Ornis Hungarica 19: 64–74.

**Summary** The distribution area and the migration phenology of many bird species – e.g. Garden Warblers (*Sylvia borin*) – have changed recently, presumably due to climatic factors. In our study we have used the data of 6760 Garden Warblers caught and ringed at the Ócsa Bird Ringing Station between 1984-2007 in Hungary. We handled the age groups separately. In our study we used more, frequently applied statistical methods (FAD: First Arrival Date, LAD: Last Arrival Date, mean, median, linear regression) and some novel methods (quantile regression, kernel smoothing) to estimate the arrival date of birds. The estimated changes depended on the applied methods, because the different indices were influenced by the outliers and the non-systematic missing of data differently and there could be differences in the interpretation of different methods. We found significant shifts in spring arrival date of garden warblers analysing first arrival date, peak of migration calculated by kernel smoothing and by quantile regression. According to the results the timing of spring migration shifted earlier.

In autumn adult Garden Warblers gain weight faster and hence migrate earlier than juveniles. The timing of autumn migration of adults has not shown any change during the past 24 years measuring by most methods, we found significant shift only in case of 10% quantile regression therefore we can establish that the timing of autumn migration of adults has not changed. All methods showed that juveniles shifted their timing of autumn migration later. During the period of survey the average body mass decreased and the average wing length increased in the migrating population. This phenomenon can be explained by the changing population structure, by the increasing rate of northern breeding birds in the migrating population. Therefore a northward shift in the distribution of this species, as the effect of climate change, is probable. A further effect could be the extending area of the Sahara, because birds have to fly through greater and greater distance without food and this is a selection force toward longer winged birds.

keywords: Garden Warbler, long-distance migrant, biometrics, climate change

**Összefoglalás** Az utóbbi időben sok madárfaj – például a kerti poszáta – elterjedése és vonulásának fenológiája megváltozott, feltehetően a klimatikus tényezők változásának hatására. Ennek vizsgálatához az Ócsai Madár-vártán, függönyhálóval, standard módszerekkel befogott 6760 kerti poszáta egyed 24 év során gyűjtött adatait használtuk. A korcsoportokat külön kezeltük. Vizsgálatunkban több, a szakirodalomban is gyakran alkalmazott (elsőnek, illetve utolsóknak fogott madár érkezési ideje (FAD: First Arrival Date, LAD: Last Arrival Date), átlag, medián, lineáris regresszió) és néhány újabb módszert (kvantilis regresszió, kernel-simítás) is alkalmaztunk a madarak érkezési idejének becslésére. A változás kimutatott mértéke erősen függött az alkalmazott módszertől, mivel az egyes mutatókat a kiugró értékek és a nem véletlenszerű adathiányok különbözőképpen torzíthatják, és jelentésükben is különbségek vannak.

A kerti poszáta tavaszi érkezési idejét vizsgálva az első érkezésnél, a kernel-simítással meghatározott vonulási csúcsonál és kvantilis regresszióval találtunk szignifikáns eltolódást a vizsgálati időszak alatt, a tavaszi vonulás időzítése korábbra tolódott. Az őszi vonuláskor az öreg madarak gyorsabban összegyűjtik a megfelelő mennyiségű zsírt a vonuláshoz, és korábban elvonulnak, mint a fiatalok. Az őszi vonulás esetén az öreg madaraknál csak a 10%-os kvantilis regresszióval találtunk szignifikáns változást, az öreg madarak őszi vonulásának időzítése a 24

év során nem változott. A fiatal madarak őszi vonulása az összes módszerrel nézve szignifikánsan későbbre tolódt. Elemzéseinkből kiderült, hogy megváltozott az átvonuló állomány összetétele a vizsgálati időszak alatt: az átlagos raktározott zsír és a testtömeg csökkent, az átlagos szárnyhossz viszont nőtt. Ennek oka valószínűleg az, hogy az elmúlt évtizedekben a faj elterjedési területe a klímaváltozás hatására észak felé nőtt, így az utóbbi években egyre több az északi eredetű, hosszabb szárnyú átvonuló madár. A hatást tovább erősítheti, hogy a Szahara kiterjedése egyre nagyobb, így a madaraknak egyre nagyobb utat kell átrepülniük táplálkozás nélkül, és mivel a hosszabb szárnyú madarak energiatakarékosabban repülnek, ezért a túlélési esélyük nagyobb.

kulcsszavak: kerti poszáta, hosszú távú vonulók, biometria, klímaváltozás

<sup>1</sup>SZIE ÁOTK Biomatematikai és Számítástechnikai Tanszék, 1078 Budapest, István utca 2., <sup>2</sup>ELTE Anatómiai, Sejt- és Fejlődésbiológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C., <sup>3</sup>MTA-BCE „Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz” kutatócsoport, 1118 Budapest, Villányi út 29-43., e-mail: kovacs.szilvia@aotk.szie.hu

## Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben számos, a Föld ökoszisztémáira hatást gyakorló változást figyeltek meg az éghajlati tényezőkben (Walther et al. 2002, Root et al. 2003, Visser & Both 2005, Parmesan 2006). Sok madárfaj vonulásának időzítése is eltolódott (Sanz 2002, Root et al. 2003, Lehikoinen et al. 2004, Crick & Sparks 2006, Rubolini et al. 2007), aminek hátterében feltehetően klimatikus változások állhatnak (Visser & Both 2005). A klímaváltozás hatására számos madárfaj európai elterjedésének határa észak felé tolódt (Newton 2003).

A kerti poszáta (*Sylvia borin*) nyugat-palearktikus elterjedésű, a rokon fajok (*Sylvia* spp.) közül a legészakabbi előfordulású. Az utóbbi évtizedekben elterjedési területe észak felé nőtt (BirdLife International 2004). Szimulációk predikciói alapján a klímaváltozás hatására az európai állomány elterjedése még tovább fog észak felé tolódni a következő 90 évben (Huntley et al. 2007).

A faj minden populációja hosszútávú vonuló, a Szaharától délre, változatos élőhelyeken telet (Cramp 1992), különböző populációinak vonulási iránya genetikailag meghatározott (Gwinner & Wiltschko

1980). Ősszel az északnyugat-európai állomány délnyugati, a Kárpát-medencén átvonuló észak-európai költőállomány déli irányba kezdi meg a vonulást (Csörgő & Gyurác 2009). A vonulás legintenzívebb szakasza a Kelet-Baltikumban és Lengyelország területén is augusztus utolsó dekádja (Nowakowski 1999, Payevski 1999). Ezek az északi madarak az Appennini-félszigeten keresztül vonulva (Zink 1973, 1985) október második dekádjában jelennek meg a mediterrán térségben (Fransson 1995, Grattarola et al. 1999), majd a Szaharát átrepülve decemberre érik el Nigéria területét (Ottosson et al. 2005). A vonulás időzítése az északi és a nyugati állományokban tavasszal korábban tolódt (Hüppop & Hüppop 2003, Jonzén et al. 2006, Sparks et al. 2007), az őszi vonulásé nem változott, de ekkor a madarak utolsó 10%-a egyre korábban érkezik (Tøttrup et al. 2006).

Az ócsai adatok alapján az elmúlt 24 évben az első madarak általában április végén érkeztek Magyarországra, a vonulás csúcsa május közepén volt. Az őszi vonulás augusztus első dekádjában kezdődött. A legintenzívebb vonulás szeptember első felében zajlott (Csörgő & Karcza 1998).

A madaraknak vonulásuk során egy széles földrajzi barriert (Földközi-tenger,

Szahara, Száhel-övezet nagy része) kell megállás nélkül átrepülniük, ehhez nagy mennyiségű zsírt kell raktározniuk, illetve jól kell időzíteniük a repülési – vonulási időszakot (Biebach 1990). A zsírraktár elégtelensége, vagy a túl késői vonulás a madár pusztulását jelentheti. Ősszel a kerti poszáta a rovarok eltűnése után növényi táplálékra, őszi termésekre tér át (Jordano 1981, Barlein 2002), így a nagy cukortartalmú táplálékok fogyasztásával és ennek zsírrá alakításával tudja növelni a raktározott zsír mennyiségét.

Az őszi vonulás során a skandináviai madarak egy része képes további táplálékfelvétel nélkül átrepülni az európai kontinens nagy részét, ezért a délebbi területeken átlagosan egyre kisebb a testtömegük (Ellegren & Fransson 1992). A skandináviai madarak a kontinens nagy részét átrepülve, az első pihenőhelyre érkezve kisebb testtömegűek, mint a helyi, vagy a közelebbi területekről érkezők. A megállóhelyeken – a visszafogott madarak testtömeg változásai szerint – feltöltik zsírraktáraikat. A vonulás során a táplálkozó helyre érkező, madarak kisebb testtömegűek az első befogáskor, mint visszafogáskor (Fransson et al. 2008).

Egy korábbi ócsai vizsgálat szerint Észak-Afrika eléréséhez a madarak kb. egyharmadának volt elégséges a meglévő zsírmennyisége, a többség dél felé haladva tovább kellett, hogy gyarapítsa testtömegét (Csörgő & Karcza 1998).

A vonuló madarak szárnyhosszának és alakjának kialakulására erős szelekciós nyomás hat, mivel hosszabb és hegyesebb szárnyal gyorsabban, illetve energiatakarékosabban lehet repülni. Ezért az északabbi, hosszabb vonulási utat megtevő madarak szárnya átlagosan hosszabb, mint a délebbi populációk tagjaié (Gaston 1974, Berthold 1993, Lokwood et al. 1998).

Az irodalomban számos módszert használnak a vonulás időzítésének becslésére, például az első madár érkezésének időpontját (Cotton 2003, Zalakevicius et al. 2006, Sparks et al. 2007), az érkezési idők átlagát (Hüppop & Hüppop 2003, Stervander et al. 2005) és mediánját (Marra et al. 2005, Coppack et al. 2006). Ezek a mérőszámok a mintavétel sajátosságai miatt sokszor nem adnak megbízható eredményt. Az első madár érkezésének időpontja egyedfüggő, a populációt nem jellemzi jól. Az érkezések átlaga érzékeny a hiányzó és a kiugró, a mediánja pedig a hiányzó értékekre, amik a gyűrűzési adatsorokban jellemzően előfordulnak (Knudsen et al. 2007).

Vizsgálatunk célja a kerti poszáta 1984-2007 közötti ócsai gyűrűzési adatainak elemzésével a faj vonulási mintázatában, és a befogott állomány biometriai tulajdonságaiban bekövetkezett változások kimutatása és értelmezése volt.

## Anyag és módszer

Vizsgálatunkban a faj 1984-2007 között, a Duna-Ipoly Nemzeti Park Ócsai Tájvédelmi Körzetének Öregturján elnevezésű részén, az Ócsai Madárvártán (É. sz. 47° 15' – K. h. 19° 15') standard módszerekkel függönyhálóval fogott 6760 példányának adatait használtuk fel. Ezek közül 1092 egyedtet fogtunk vissza, összesen 1608 esetben.

Az adatfelvétel az Actio Hungarica standard módszerei alapján történt. A két korcsoportot (fiatal: első éves, öreg: második naptári évében levő vagy annál öregebb) a tollak kopottsága alapján határoztuk meg (Svensson 1992), és az elemzések során külön kezeltük.

Ennek a fajnak a vonulási vizsgálatában problémát jelentett, hogy a kerti poszátának

Módszer/Method	Tavaszi/Spring		Ősz öregek/ Autumn adults		Ősz fiatalok/ Autumn juveniles	
	d	P	d	p	d	p
<b>FAD</b>	-9	0,04	-	-	-	-
<b>LAD</b>	-	-	3,5	ns	21	<0,001
<b>Átlag/Mean</b>	-7	ns	4	ns	7	0,006
<b>Medián/Median</b>	-9	ns	4	ns	16	0,005
<b>Kernel max</b>	-9	0,05	11	ns	14	0,05
<b>10% quant</b>	-8	0,003	8	<0,001	16	<0,001
<b>25% quant</b>	-8	<0,001	3	ns	9	<0,001
<b>50% quant</b>	-6,5	0,02	1	ns	13	<0,001
<b>75% quant</b>	-7,5	ns	0	ns	16	<0,001
<b>90% quant</b>	1,5	ns	2	ns	7	<0,001

1. táblázat A tavaszi és az őszi fiatal és öreg madarak érkezési idejének 24 év alatti változása: az első érkezésnek (tavasz: FAD), az utolsó madár indulásának (ősz: LAD) az érkezések átlagának (átlag) és mediánjának (medián), illetve a kernel-simítás maximum pontjának (kernel max.) lineáris regressziója, valamint a 10, 25, 50, 75 és 90 százalékos kvantilis regressziójának (quant) eredményei (d: változás a 24 év alatt, p: p-érték, ns: nem szignifikáns)

Table 1 Changes in arrival dates of adult and juvenile birds in spring and in autumn during 24 years: results of linear regression for the first arrival date (spring: FAD), last arrival date (autumn: LAD), for the mean and the median of arrival dates and for the maximum value of the kernel smoothing and the results of the 10, 25, 50, 75 és 90% quantile regression (d: change in days during the 24 years, p: p-value, ns: not significant)

van a vizsgálati területen is költőpopulációja. Bár ennek egyedszáma kicsi, a folyamatos fogási események miatt a tavaszi vonulás végének és az őszi vonulás kezdetének meghatározása nehéz. Ezen problémák kiküszöbölésére a vonulás időzítésében bekövetkezett változások becslésére vizsgálatunkban a kernel-simítást (Bowman & Azzalini 1997) és a kvantilis regressziót (Cade & Noon 2003) használtuk.

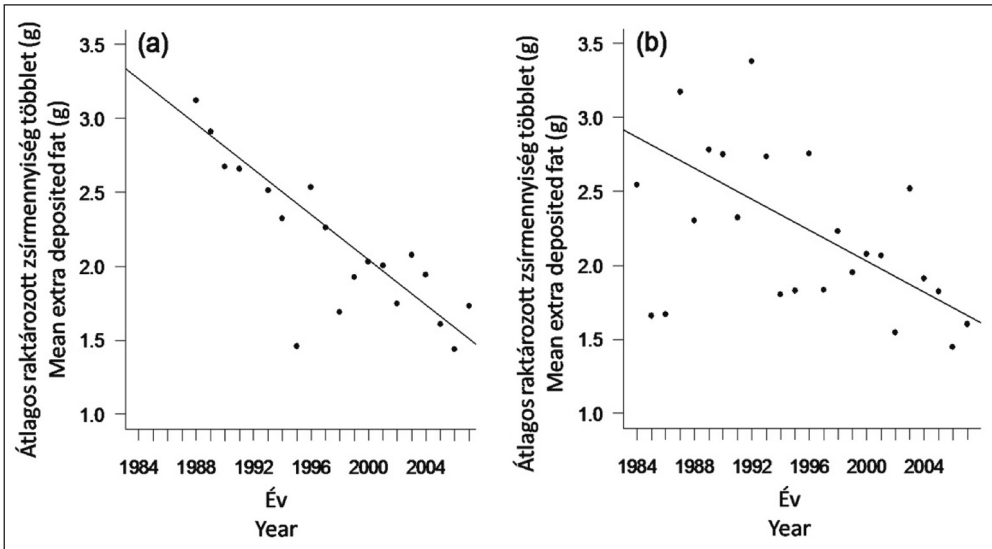
Kernel-simítással (Bowman & Azzalini 1997) egy görbét illesztettünk az egyes évek napi fogási gyakoriságaira, és a simítás által becsült minimumpontot tekintettük a tavaszi vonulás végének, illetve az őszi vonulás kezdetének. A vonulás időzítését a vonulás csúcspontjával jellemeztük, amit úgy kaptunk, hogy kernel-simítással egy újabb görbét illesztettünk az elkülönített fo-

gási hullámokra, és meghatároztuk a görbe csúcspontjához – a fogási csúcshoz – tartozó időpontot. A populáció adott hányadának (10, 25, 50, 75, 90%) vonulás időzítésében bekövetkezett változásait kvantilis regresszióval jellemeztük (Cade & Noon 2003).

Többváltozós lineáris modell illesztésével definiáltuk, hogy a nullás testtömeghez tartozó zsíron felül mennyi többlet zsírt (reziduum) raktároznak a madarak, és lineáris regresszióval meghatároztuk a többlet raktározott zsírmennyiség 24 év alatti változási trendjét.

A szárnyhossz-eloszlások változását kvantilis regresszióval vizsgáltuk. Az ivarok szárnyhosszát *t*-próbával hasonlítottuk össze.

Az elemzéseket az R 2.8 programmal végeztük el (R Development Core Team 2007),



1. ábra Az átlagos raktározott többlet zsírmennyiség a 24 év alatt változása az őszi öreg (a) és fiatal (b) madarak esetében, és a lineáris regresszióval illesztett egyenesek

Figure 1 Average extra deposited fat vs. years in autumn in case of adult (a) and juvenile (b) birds. Lines were fitted by linear regression.

a kernel-simításhoz az „sm” (Bowman & Azzalini 2007), a kvantilis regresszióhoz a „quantreg” programcsomag (Koenker 2008) függvényeit használtuk.

## Eredmények

### A vonulás időzítésének változása

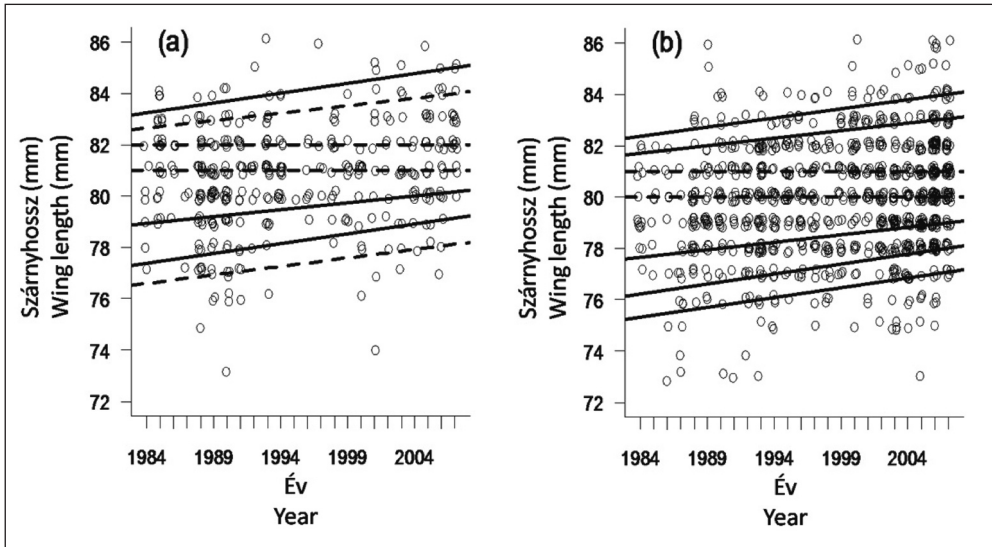
A 24 év során tavasszal az első madár érkezése és az érkezések mediánja 9 nappal korábbra tolódott, az érkezések átlaga viszont nem változott szignifikánsan (1. táblázat). A vonulási csúcs is 9 napos eltolódást mutatott (1. táblázat).

A madarak első 10, illetve 25%-nak érkezése jelentősen, 8 nappal tolódott korábbra. Ez a változás a madarak 50%-ánál átlagosan 6,5 napos volt (1. táblázat). A tavaszi vonulás második felében – a 75, 90, 95%-os kvantiliselnél – nincs szignifikáns változás,

de a korábbra tolódás trendszerűen itt is jelentkezik (1. táblázat).

Az őszi vonulás időzítése különbözik a két korcsoport esetén. Az öreg madarak vonulási intervalluma átlagosan korábban van, mint a fiataloké. Az öreg madaraknál az utolsó madarak indulása nem változott trendszerűen a 24 év alatt: sem az érkezések átlaga, sem a mediánja, sem a vonulás csúcsa nem mutatott eltolódást (1. táblázat). A kvantilis regresszió is azt mutatta ki, hogy a vonulás időzítése a vizsgált periódusban lényegesen nem változott, csak az első 10% érkezése tolódott későbbre. Az 50%-os kvantilis becslült értéke a vizsgált időszakban változatlanul szeptember 1. (1. táblázat).

A fiatal madarak őszi vonulása minden vizsgált mutató szerint egyre későbbre tolódott. Az érkezések átlaga 24 év alatt 7 nappal, az érkezések mediánja 15 nappal, az utolsó madarak indulása 21 nappal tehető későbbre (1. táblázat). A vonulási csúcs



2. ábra A szárnyhossz-eloszlások a 24 év során 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 százalékos kvantilis regresszióval az öreg tavaszi (a) és őszi (b) madaragnál. Az 50 és a 75%-os kvantiliséknél nincs változás, a többi kvantiliséknél a tavaszi madaragnál 1,3-1,9 mm és az őszi madaragnál 1,4-1,9 mm változás figyelhető meg (szignifikáns: —, nem szignifikáns: --- változás).

Figure 2 Change in distribution of wing length during 24 years calculated by 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95% quantile regression in case of adults (a) and juveniles (b). There was no significant change at the 50 and 75% quantiles, in case of the other quantiles the changes were between 1.3 and 1.9 mm in spring and 1.4-1.9 mm in autumn (significant: —, non-significant: --- change).

trendszerűen 14 nappal változott. A vonulás időzítése az összes kvantilis esetén (10, 25, 50, 75, 90%-os kvantilisek) nagymértékben későbbre tolódott, ami az 50%-os kvantiliséknél 13 napot jelent. A becült érték 1984-ben augusztus 29., míg 2007-ben szeptember 10. (1. táblázat).

### A madarak biometriai tulajdonságaiban történt változások

Az őszi madarak raktározott többlet zsírmennyisége mindkét korcsoportban csökkent (lineáris regresszió, öreg:  $R^2=0,7$ ;  $m$  (meredekség)=-0,08;  $p<0,001$ ; fiatal:  $R^2=0,4$ ;  $m=-0,05$ ;  $p=0,0006$ ) (1. ábra). Bár a szárnyhossz az 50%-os lineáris kvantilis regresszió szerint nem változott sem ősszel, sem tavasszal az öreg madaragnál,

a szárnyhossz-eloszlás tavasszal és ősszel is a hosszabb szárny felé tolódott el (2. ábra). A fiatal madarak esetén nem volt kimutatható változás. Az eltérést nem okozhatja az ivararány változása, mivel sem a tavaszi ( $t$ -próba:  $t=4$ ,  $df=162$ ,  $p=0,16$ ), sem az őszi ( $t$ -próba:  $t=-0,3$ ,  $df=49$ ,  $p=0,77$ ) vonulás során az öreg madaragnál nem találtunk az átlagos szárnyhosszban eltérést a tojók és a hímek között (átlag±szórás, tavasz: tojók:  $80,4\pm 2,1$ , hímek:  $80,8\pm 2,0$ ; ősz: tojók:  $80,1\pm 2,3$ , hímek:  $80,4\pm 2,1$ ).

### Értékelés

Az utóbbi évtizedekben Európa szerte számos hosszú távú vonuló fajhoz hasonlóan (például: Both et al. 2004, Gordo & Sanz

2005) a kerti poszáta tavaszi vonulása is korábbra tolódott (Hüppop & Hüppop 2003, Jonzén et al. 2006, Sparks et al. 2007a). Azonban a változások nyomon követésénél nem mindegy, hogy a vonulás időzítését milyen mutatóval jellemezzük, mivel ezek jelentése eltérő, és ezért az eredmények is különbözőek lehetnek.

A kerti posztánál Angliában a legegyeszerűbb mutatót, az első madár tavaszi érkezését vizsgálva 42 (Sussex), illetve 31 év (Sheffield) alatt jelentős, átlagosan 19, illetve 10,5 nappal korábbi érkezést detektáltak (Sparks et al. 2007a). Németországban (Helgoland) az érkezések átlagát vizsgálták, ez 40 év alatt 7,4 nappal tolódott korábbra (Hüppop & Hüppop 2003). Skandináviában (Falsterbo, Ottenby, Jomfruland, Hanko) az 50%-os kvantilist vizsgálva a vonulás átlagosan 5 nappal korábbi érkezést mutatott 25 év alatt (Jonzén et al. 2006). Olaszországban (Capri) Gauss-görbe illesztésével becsülték a vonulási hullám közepét, és ezzel a módszerrel 6,5 nappal korábbi tavaszi vonulást detektáltak 24 év alatt (Jonzén et al. 2006). Ócsán a legnagyobb mértékű, 9 nappal változást az első érkezés adta. Az érkezések átlaga és mediánja nem változott szignifikánsan, de ez az eredmény nem megbízható, mivel tavasszal az időjárás miatt a fogási adatsorban sok az adatfelvétel nélküli nap. A kernel-simítás nem érzékeny annyira ezekre a hiányokra. Az ezzel a módszerrel megállapított fogási csúcsokban 9 nappal korábbra tolódást mutattunk ki. Kvantilis regressziót használva nem egy mérőszámmal jellemezzük a vonulás időzítését, hanem a madarak különböző hánycsúcsainak vonulásáról kaptunk információt. Ezzel a módszerrel a 25%-os kvantilist tekintve 8 nappal, az 50%-os kvantilist nézve átlagosan 6,5 nappal érkeznek korábban a madarak a vizsgált területre.

Eredményeink alapján tavasszal a kerti poszták egyre korábban vonulnak át az ócsai területen. Ekkor a madarak a szaporodásra optimalizálnak, így – legalábbis a hímeknek – érdemes a lehető legkorábban érkezniük az északi költőterületeikre, mivel a korábban érkezők foglalhatnak a legjobb minőségű területeken territóriumot, így növelve szaporodási sikerüket. Ha az egymás utáni években tendenciózusan kedvező a kora tavaszi időjárás, a tulajdonság adaptív lehet (Solonen 1979, Kokko 1999, Forstmeier 2002, Dunn 2004, Newton 2006).

Az őszi vonuláskor az egyedek a túlélésre optimalizálnak. Ekkor a hosszú távú vonuló fajok különbözőképpen reagálhatnak az időjárási változásokra a vedlési stratégiától és a költségek számától függően. A távozás előrehozatalára és a késleltetésére is található példa (Gilyazov & Sparks 2002, Miholcsa & Csörgő 2006). A kerti poszáta évente csak egyszer költ. Nincs postnuptialis és posztjuvenilis teljes vedlése, mindkét korcsoport a telelőterületen vedlik (Svensson 1992). Így a költés, illetve a kirepülés után hamar elegendő zsírt szedhet magára, és elkezdheti a vonulást. A tapasztalt öreg madarak gyorsabban összegyűjtik a megfelelő mennyiségű zsírt, területünkön főképpen bodza bogyó fogyasztására való áttéréssel (Csörgő & Karcza 1998). A fiatal madaraknak ez tovább tarthat, ezért kedvezőbb időjárási feltételek esetén tovább maradnak a területen. Görögországban megfigyelték az öreg madarak korábbi indulását (Fransson 1995), de a mi vizsgálataink szerint nem tapasztalható trendszerű változás ennél a korcsoportnál egyik mutatót használva sem a vizsgált 24 éves periódus alatt. A fiatalok viszont a vonulás teljes időszakát az összes mutató szerint későbbre időzítik, így a fiatal és az öreg madarak közötti különbség évről évre nő. Az első fiatal madár érkezése több, mint húsz

nappal, az érkezések mediánja két héttel korábbi, az érkezések átlaga a többi mutatóhoz képest sokkal kisebb, egy hetes eltolódást becsült. A kevésbé érzékeny módszerek eltérő eredményeket adnak. A vonulási csúcs és a kvantilis regresszió szerint kb. két hét az eltolódás a fiatal madaraknál. Egy korábbi vizsgálatban – 1984–1994 között gyűjtött adatok alapján – a korcsoportok közötti különbség még nem volt kimutatható (Csörgő & Karcza 1998), ezek szerint ez a folyamat az utóbbi évtizedben jelentősen felgyorsult. A fajra vonatkozóan más területekről nincsenek egyértelmű eredmények az őszi vonulás időzítésének változását illetően. Dániában (Christiansø) az őszi vonulás korábbra tolódott, de csak a populáció utolsó 5%-át tekintve (Tøttrup et al. 2006). Az utolsó madár befogásának időpontja Angliában (Oxfordshire) is egyre korábbi (Cotton 2003). Ezeknek a vizsgálatoknak az eredményeit nehéz összehasonlítani a mieinkkel, mivel a korcsoportokat nem kezelték külön, és a költséssiker évenkénti eltérése miatt a korcsoportok aránya különbözhet, ezért az értelmezés is bizonytalan.

A barrierék előtt a kerti poszáta nagy mennyiségű zsírt halmoz fel (Fransson 2006). A zsírfelhalmozás megkezdését kiváltó fő tényező a madaraknak a fotoperiódustól függő belső szabályozása (Gwinner 1996). A Skandináviában költő kerti poszáták vonulási sebességüket úgy optimalizálják, hogy az északi költőterületen a lehető legkövérebbre híznak (Ellegren & Fransson 1992). Ebből a zsírraktárból veszítenek a vonulás során, amit a következő megállóhelyen (stopover site) „újratöltenek”, így érik el az optimális testtömeget a barrierék átrepülése előtt (Schaub & Jenni 2000). A legkövérebb 25% képes elérni a Mediterráneum északi részét újabb táplálkozó hely beiktatása nélkül (Ellegren & Fransson

1992). A legnagyobb barrier előtt kiemelt fontosságú táplálkozó helyei vannak a fajnak (Fransson et al. 2008). Ezek alapján valószínűsíthető, hogy a Kárpát-medence területére érkező északi madarak kisebb testtömegűek, mert már kevesebb raktározott zsírral rendelkeznek, mint a közelebbi területekről származók. Ezért összességében – a távolabbról érkező madarak arányának növekedése miatt – egyre kisebb lesz a vizsgálati területen mért átlagos testtömeg, ill. az átlagos raktározott zsír mennyisége.

Számos olyan széles elterjedésű, hosszútávú vonuló fajnál, mint a kerti poszáta, megfigyelhető az a jelenség, hogy az északon fészkelő populációk átlagosan hosszabb szárnyúak, mint a délebbiek (Lockwood et al. 1998). A vizsgálati periódus 24 éve során – miközben az átvonuló kerti poszáták átlagos raktározott zsírmennyisége egyre csökkent – a szárnyhossz-eloszlás a nagyobb értékek irányába tolódott el. Ez szintén azt a feltételezést erősíti, hogy egyre több a területen átvonulók között a hosszabb szárnyú északi madár. A kerti poszáta elterjedési területe az elmúlt évtizedben észak felé nőtt, feltehetően klimatikus tényezők hatására (BirdLife International 2004). Szimulációk szerint a következő években az észak felé tolódás egyre drasztikusabb lesz (Huntley et al. 2007). Eredményeink arra engednek következtetni, hogy ez a változás már most is kimutatható. Az északi költőterületeken egyre több a madár, részben az elterjedési terület észak felé tolódása, részben az ottani egyre nagyobb költséssiker miatt. A hatást tovább erősítheti, hogy a Szahara kiterjedése nő, így a madaraknak egyre nagyobb távolságot kell átrepülniük táplálkozás nélkül. Mivel a hosszabb szárnyú madarak energiatakarékosabban repülnek, ezért az ő túlélési esélyük nagyobb, ami szintén a hosszabb szárnyú egyedek arányát növeli.



A klímaváltozás – korunk egyik fő problémája – a kerti poszáta vonulásának időzítésére és az elterjedésére is valószínűleg hatással van. Természetvédelmi szempontból a hosszútávú vonuló fajok a legveszélyeztetettebbek (Both & Visser 2001), ezért fontos a vonulási fenológiák fajonkénti, korcsoportonkénti és területenkénti leírása, és minél több módszerrel való vizsgálata, hogy

a változások pontosabban detektálhatók és értelmezhetőek legyenek.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönjük az Ócsai Madárvárta Egyesület tagjainak munkáját!

## Irodalomjegyzék

- Bairlein, F. 2002. How to get fat: nutritional mechanisms of seasonal fat accumulation in migratory songbirds. – *Naturwissenschaften* 89: 1–10.
- Berthold, P. 1993. *Bird Migration – A General Survey*. – Oxford University Press, Oxford, New York, Tokyo pp. 62–68.
- Biebach, H. 1990. Strategies of trans-Saharan migrants. – in Gwinner, E. (ed.). *Bird migration*. – Springer, Berlin Heidelberg pp. 352–367.
- BirdLife International 2004. *Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status*. – Cambridge UK: BirdLife International, BirdLife Conservation Series, No. 12.
- 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, P., 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. – *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 271: 1657–1662.
- Both, C. & Visser, M. E. 2001. Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. – *Nature* 411: 296–298.
- Bowman, A. W. & Azzalini, A. 1997. *Applied Smoothing Techniques for Data Analysis, The Kernel Approach with S-Plus Illustrations*. – Oxford University Press, New York, p. 206.
- Bowman, A. W. & Azzalini, A. 2007. R package 'sm': nonparametric smoothing methods (version 2.2) URL <http://www.stats.gla.ac.uk/~adrian/sm>, [http://azzalini.stat.unipd.it/Book\\_sm](http://azzalini.stat.unipd.it/Book_sm)
- Cade, B. S. & Noon, B. R. 2003. A gentle introduction to to quantile regression for ecologists. – *Frontiers in Ecology and the Environment* 1: 412–420.
- Coppack, T., Tøttrup, A. P. & Spottiswoode, C. 2006. Degree of protandry reflects level of extrapair paternity in migratory songbirds. – *Journal of Ornithology* 147: 260–265.
- Cotton, P. A. 2003. Avian migratory phenology and global climate change. – *PNAS*: 100: 12219–12222.
- Csörgő T. & Gyurácz J. 2009. Kerti poszáta (*Sylvia borin*) – in Csörgő T., Karcza Zs., Halmos G. Gyurácz J., Magyar G., Szép T., Schmidt A., Bankovics A. & Schmidt E. (szerk.) (2009): *Magyar madárvonulási atlasz*. – Kossuth Természettár. Kossuth Kiadó Zrt. p. 672
- Csörgő T. & Karcza Zs. 1998. A kerti poszáta (*Sylvia borin*) vonulása. – *Ornis Hungarica* 8. Suppl.: 137–145.
- Cramp, P. & Brook, D. J. 1992. *The birds of western Palearctic*. – Oxford University Press, Oxford. vol. 6.
- Crick, H. Q. P. & Sparks, T. H. 2006. Changes in the phenology of breeding and migration in relation to global climate change. – *Acta Zoologica Sinica* 52: 154–157.
- Dunn, P. O. 2004. Breeding dates and reproductive performance. – *Advances in Ecological Research* 35: 69–87.
- Ellegren, H. & Fransson, T. 1992. Fat loads and estimated flight-ranges in four *Sylvia* species analysed during autumn migration at Gotland, SE Sweden. – *Ringling & Migration* 13: 1–12.
- Forstmeier, W. 2002. Benefits of early arrival at breeding grounds vary between males. – *Journal of Animal Ecology* 71: 1–9.
- Fransson, T. 1995. Timing and speed of migration in North and West European populations of *Sylvia* warblers. – *Journal of Avian Biology* 26: 39–48.
- Fransson, T., Barboutis, C., Mellroth, R. & Akriotis, T. 2008. When and where to fuel before crossing the Sahara desert – extended stopover and migratory fuelling in first-year Garden Warblers *Sylvia borin*. – *Journal of Avian Biology* 39: 133–138.

- Gaston, A. J. 1974. Adaptation in the genus *Phylloscopus*. – *Ibis* 116: 432–450.
- Gienapp, R., Leimu, R. & Merilä, J. 2007. Responses to climate change in avian migration time – microevolution versus phenotypic plasticity. – *Climate Research* 35: 25–35.
- Gilyazov, A. & Sparks, T. 2002. Change in the timing of migration of common birds at the Lapland Nature Reserve Kola Pennindula, Russia during 1931–1999. – *Avian Ecology and Behaviour* 8: 35–47.
- Gordo, O. & Sanz, J. J. 2005. Phenology and climate change: a long-term study in a Mediterranean locality. – *Oecologia* 146: 484–495.
- Grattarola, A., Spina, F. & Pilastrro, A. 1999. Spring migration of the Garden Warbler (*Sylvia borin*) across the Mediterranean Sea. – *Journal of Ornithology* 140: 419–430.
- Gwinner, E. 1996. Circadian and circannual programmes in avian migration. – *Journal of Experimental Biology* 199: 39–48.
- Gwinner, E. & Wiltschko, W. 1980. Circannual changes in migratory orientation of the Garden Warbler, *Sylvia borin*. – *Behaviour Ecology and Sociobiology* 7: 73–78.
- Hüppop, O. & Hüppop, K. 2003. North Atlantic Oscillation and timing of spring migration in birds. – *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 270: 233–240.
- Huntley, B., Green, R. E., Collingham, Y. C. & Willis, S. G. 2007. A climatic atlas of European breeding birds. – Durham University, The RSPB & Lynx Edicions, Barcelona. p. 369.
- Jonzén, N., Lindén, A., Ergon, T., Knudsen, E., Vik, J. O., Rubolini, D., Piacentini, D., Brinch, C., Spinan, F., Karlsson, L., Stervander, M., Andersson, A., Waldenström, J., Lehikoinen, A., Edvardsen, E., Solvang, R. & Stenseth, N. R. 2006. Rapid advance of spring arrival dates in long-distance migratory birds. – *Science* 312: 1959–1961.
- Kokko, H. 1999. Competition for early arrival in migratory birds. – *Journal of Animal Ecology* 68: 940–950.
- Knudsen, E., Lindén, A., Ergon, T., Jonzén, N., Vik, J. O., Knape, J., Røer, J. E. & Stenseth, N. C. 2007. Characterizing bird migration phenology using data from standardized monitoring at bird observatories. – *Climate Research* 35: 59–77.
- Koenker, R. 2008. quantreg: Quantile Regression. R package version 4.26. <http://www.r-project.org>
- Lehikoinen, E., Sparks, T. H. & Zalakevicius, M. 2004. Arrival and departure dates. – *Advance Ecological Research* 35: 1–31.
- Lockwood, R., Swaddle, J. P. & Rayner J. M. V. 1998. Avian wing shape reconsidered: wingtip shape indices and morphological adaptation to migration. – *Journal of Avian Biology* 29: 273–292.
- Marra, P. P., Francis, C. M., Mulvihill, R. S. & Moore, F. R. 2005. The influence of climate on the timing and rate of spring bird migration. – *Oecologia* 142: 307–315.
- Miholcsa T., Tóth, A. & Csörgő, T. 2009. Change of the timing of autumn migration in *Acrocephalus* and *Locustella* genus. – *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 55(2): 175–185.
- Newton, I. 2003. Speciation and biogeography of birds. – London, Academic Press
- Newton, I. 2007. Weather-related mass-mortality events in migrants. – *Ibis* 149: 453–467.
- Nowakowski, J. K. 1999. Terms of autumn migration of the genus *Sylvia* in Central Poland. – *The Ring* 21(2): 3–13.
- Ottosson, U., Waldenström, J., Hjort, C. & McGregor, R. 2005. Garden Warbler *Sylvia borin* migration in sub-Saharan West Africa: phenology and body mass changes. – *Ibis* 147: 750–757.
- Parnesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. – *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 37: 637–669.
- Payevsky, V. A. 1999. “Adaptive Essence of Seasonal Migrations: Are Annual Migrations Dangerous for Birds?” – *Zoological Zhurnal* 78(3): 303–310.
- 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, URL <http://www.R-project.org>.
- Root, T. L., Price, J. T., Hall, K. R., Schneider, S. H., Rosenzweig, C. & Pounds, J. A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. – *Nature* 421: 57–60.
- 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. – *Climate Research* 35: 135–146.
- Sanz, J. J. 2002. Climate change and birds: have their ecological consequences already been detected in the Mediterranean region? – *Ardeola* 49: 109–120.
- Schaub, M. & Jenni, L. 2000. Body mass of six long-distance migrant passerine species along the autumn migration route. – *Journal of Ornithology* 141: 441–460.
- Solonen, T. 1979. Population dynamics of the Garden Warbler *Sylvia borin* in southern Finland. – *Ornis Fennica* 56: 1–12.
- Sparks, T. H., Huber, K., Bland, R. L., Crick, Q. P., Croxton, P. J., Flood, J., Loxton, R. G., Mason,

- C. F., Newnham, J. A. & Tryjanowski, P. 2007. How consistent are trends in arrival and departure dates of migrant birds in the UK? – *Journal of Ornithology* 148: 503–511.
- Stervander, M., Lindström, Å., Jonzén, N. & Andersson, A. 2005. Timing of spring migration in birds: long-term trends, North Atlantic Oscillation and the significance of different migration routes. – *Journal of Avian Biology* 36: 210–221.
- Svensson, L. 1992. Identification guide to European Passerines – 4<sup>th</sup> edn. Stockholm, Uggå, 212 p.
- Tøttrup, A. P., Thorup, K. & Rahbek, C. 2006. Changes in timing of autumn migration in North European songbird populations. – *Ardea* 94: 527–536.
- Visser, M. E. & Both, C. 2005. Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. – *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 272: 2561–2569.
- Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. C., Fromentin, J-M., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F. 2002. Ecological response to recent climate change. – *Nature* 416: 389–395.
- Zalakevicius, M., Bartkeviciene, G., Raudonikis, L. & Januaitis, J. 2006. Spring arrival response to climate change in birds: a case study from eastern Europe. – *Journal of Ornithology* 147: 326–343.
- Zink, G. 1973-1985. *Der Zug europäischer Singvögel*. Vols. 1–4. – Vogelzug-Verlag, Möggingen

