

**Szent István Egyetem  
Állatorvos-tudományi Doktori Iskola**

**Kék vércsék tájleptékű  
költőhelyválasztása és költési időszakon  
kívüli egyedi mozgásmintázatai**

PhD értekezés tézisei

**Fehérvári Péter**

**2016**

Témavezető és témabizottsági tagok:

Dr. Harnos Andrea

Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar,  
Biomatematikai és Számítástechnikai Tanszék  
témavezető

Dr. Reiczigel Jenő

Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar,  
Biomatematikai és Számítástechnikai Tanszék  
témabizottsági tag

Dr. Kis János

Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar,  
Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék  
témabizottsági tag

Készült 8 példányban. Ez a . . . sz. példány.

.....  
Fehérvári Péter

# Tartalomjegyzék

## Általános bevezetés

A madarak talán a legelterjedtebb és legmobilisabb gerincesek a földön. Az egyes fajok elterjedési mintázatainak feltárása és mintázatokat kialakító tényezők megértése központi kérdése az ökológiai és biogeográfiai vizsgálatoknak. A madarak kiváló modellrendszerek a nagy léptékű elterjedési mintázatok tanulmányozására, hiszen jellemzően sokkal mobilisabbak más taxonoknál és azon képességük, hogy nagy távolságokat tegyenek meg jobb terjedési képességet is eredményez. A térbeli adatok kezelésére és elemzésére szolgáló eszközök rohamos fejlődése lehetővé teszi azt, hogy sikeresen modellezzük a környezet és a fajok elterjedése közötti kapcsolatot. Számos faj esetében lehetőségünk van egyedi szinten is nyomon követni mozgásmintázatokat, akár olyan nagy térbeli skálán is, mint a hosszútávú vonulás. Ezek az útvonalak gyakran meglepő és hihetetlen egyéni teljesítményeket mutatnak, főleg, ha a környezeti tényezőket is figyelembe vesszük. Disszertációmban olyan vizsgálatokat mutatok be, amelyek ezeken a módszertani fejlesztéseken alapulnak. Minden alábbi esettanulmány vizsgált faja a kék vércse (*Falco vespertinus*). Az első fejezetben a kárpát-medencei kék vércse költőállomány elterjedésének múltját, jelenét és potenciális jövőjét elemzem. A második fejezetben egyedileg nyomon követett kék vércsék vonulás előtti és a vonulás során bejárt útvonalait vizsgálom, különböző környezeti tényezők függvényében.

## A kék vércsék költőállományának kárpát-medencei elterjedése

A kék vércse mind hazánkban (fokozottan védett, eszmei értéke 500 000 Ft), mind nemzetközi viszonylatban ("közel veszélyezte-

tett” IUCN vörös listáján, ANNEX I.-ben szerepel az Európai Bizottság Madárvédelmi Direktívájában 79/409/EEC) kiemelt természetvédelmi jelentőségű, aminek oka elsősorban az elmúlt évtizedekben tapasztalt drasztikus állománycsökkenés. Költőterülete Közép-Európától Közép-Ázsiáig tart. Az Európai Unión belüli állomány döntő hányada a Kárpát-medencében fészkel. Ez a kistestű ragadozómadár nem épít fészket, főleg más fajok, elsősorban varjúfélék (Corvidae) fészkeit foglalja el. Fakultatíván koloniális faj, fészkei nagyrészt vetési varjú (*Corvus frugilegus*) kolóniákban, illetve sűrűn elhelyezkedő szarkafészek (*Pica pica*) aggregációkban találhatóak meg. Széles körben elfogadott, hogy a madárdiverzitás csökkenésének egyik fő oka a természetes élő- és költőhelyek megfogyatkozása, ami a kék vércsék esetében is feltehetően igaz. A számukra fontos élőhelyek jó részét mezőgazdasági művelés alá vonták, illetve az utóbbi évtizedekben a vetési varjak hazai állománya is megtizedelődött. A vetési varjak országos elterjedési területe nem változott meg drasztikusan, ezzel szemben a kék vércsék költő areája jelentősen összeszűkült hazánkban, ami önmagában a varjak állományváltozásával nem magyarázható.

### **A kék vércsék fészkelőhely választásának térbeli elemzése: egy potenciális magyarázat a jelenlegi költőterület szűkülésére Magyarországon**

Ebben a fejezetben tájleptékű élőhelyi változók függvényében modelleztem a kék vércsék jelenlétének valószínűségét egy adott kolóniában, a magyarországi historikus és a jelenlegi költőterületen belül. Az egyedek mért mozgáskörzeteit alapul véve határoztam meg, annak a potenciális körnek a méretét, amelyben az élőhelyváltozók feltehetően hatással lehetnek a kék vércsék jelenlétének valószínűségére. Eredményeim szerint a jelenlegi elterjedési te-

rületen kívül található vetési varjú kolóniák urbanizált környezetbe helyeződtek át, ami potenciálisab magyarázhatja a megfigyelt kék vércse elterjedés változását. A jelenlegi elterjedési területen belül, az erdők és a nyílt vízfelületek aránya csökkentette, míg a gyepek aránya növelte a kék vércsék jelenlétének valószínűségét egy adott kolóniában. A modellek egyetlen olyan kolóniába sem predikálták a kék vércsék jelenlétét, amely a vércsék jelenlegi elterjedési területén kívül esne.

## **Aktív természetvédelmi beavatkozások térbeli allokálása elterjedési modellek predikciói alapján**

Az előbbieken vázolt költőhely hiány jól kezelhető mesterséges fészkek telepes kihelyezésével, azonban ennek sikere nagyban függ a megfelelő élőhely választástól. Magyarországon a mesterséges kolóniák létrehozásával kiemelkedő természetvédelmi eredményeket értünk el az utóbbi évtizedben, ma már a hazai kék vércse állomány döntő hányada, ilyen – ember által készített – fészkelőhelyeken költ, ami nagyban segíti a hazai állomány stabilizálódását. Egy szerb-magyar természetvédelmi program a magyar mintához hasonló beavatkozásokat tervezett az Szerbia északi részén. Problémát jelentett azonban, hogy ebben a régióban egyrészt hiányzott egy teljes körű kék vércse és vetési varjú állományfelmérés, másrészt a területek adottságai sem voltak olyan jól ismertek a helyi szakemberek számára, mint Magyarországon.

Ebben a vizsgálatomban öt különböző gépi tanulási (machine learning) algoritmust és tájleptékű élőhelyváltozókat használva modelleztem a kék vércsék elterjedését, és ezek alapján prediktáltam a faj számára alkalmas költő területeket a Vajdaságban. A modellek elkészítéséhez a magyarországi és a nyugat-romániai kék vércse állomány elterjedési adatait használtam fel. A legjobban

teljesítő modellek súlyozott becsléseit használtam a szerbiai területek kék vércse elterjedésének prediktálására. Eredményeim szerint három tájleptékű változónak van kiemelkedő hatása a kék vércsék elterjedésére (lombhullató erdők, gyepek és legelők relatív kiterjedése). A modellek az összes eddig ismert kék vércse kolóniát helyesen osztályozták Észak-Szerbiában. Sikerült továbbá a modellpredikciók segítségével kijelölni azokat a célterületeket, ahol első lépésben ajánlott állományfelmérést végezni és – amennyiben érdemes – mesterséges kolóniákat létrehozni. Az így kijelölt célterületek a teljes vizsgált régióinak mindössze 11,5%-át teszik ki. Eredményeim hosszútávon a kék vércsét célzó aktív természetvédelmi beavatkozások helyszínei mellett a szerbiai Natura 2000-es területek kijelöléséhez is segítséget nyújthatnak.

## **Költési időszakon kívüli egyedi mozgásmintázatok**

A madarak repülési képességei, atletikus teljesítményei lényűgözőek, mind a laikusok, mind a kutatók számára. Néhány fajnak a közelmúltban leírt vonulási útvonala egészen megdöbbentő, akár több ezer kilométeres megállás nélküli repülést igényelhetnek olyan zord területek átrepülése esetén, mint az óceánok vagy sivatagok. Ezen útvonalak leírását elsősorban az egyedi nyomon követések jelentős technológiai fejlesztései tették lehetővé. Számos eszköz áll rendelkezésre, amely ezt lehetővé teszi, és ma már képesek vagyunk olyan fajok mozgását is követni nagy térbeli skálán, amelyek testtömege mindössze 10–12 gramm. Az egyedi nyomon követéses vizsgálatok gyakori hátulütője, hogy meglehetősen kevés egyedet lehet felszerelni a jeladók magas költségei miatt, főleg, ha olyan nyomkövetőket alkalmazunk, amelyek képesek az adatokat továbbítani. Ennek ellenére az ilyen vizsgálatok értékesek, mert betekintést engednek a madarak viselkedésére a költőhelyektől tá-

vol, olyan területeken, ahol megfigyeléseket végezni más módszerekkel lehetetlen lenne. A következőkben két olyan esettanulmányt mutatok be, amelyben 8, műholdas jeladóval felszerelt, kék vércse költés utáni mozgásmintázatait elemzem két különböző időszakban.

## **Kék vércsék őszi gyülekezőhely használata és a vonulás időzítése műholdas nyomkövetések alapján**

A kék vércsék hosszútávú, transz-ekvatoriális vonulók. A költési időszak végével, de még a vonulás megkezdése előtt, úgynevezett őszi gyülekezőhelyeket használnak, ahol akár több ezer egyed is éjszakázhat egyszerre. Ez az időszak feltehetően nagyon fontos a hosszútávú vonuló madárfajok esetében, hiszen ekkor képes a vonuláshoz szükséges energiatartalékaikat. Ebben a vizsgálatban nyolc, a Kárpát-medencében műholdas jeladóval felszerelt, kék vércse egyedi mozgásmintázatait elemzem az őszi időszakban. Eredményeim szerint a jelölt egyedek több éjszakai gyülekezőhelyet is felkereshetnek egy szezonban, amelyek között jelentős távolságok lehetnek. Egy egyed, amely a teljes vizsgált időszakban egy gyülekezőhelyet használt, mintegy 88 km<sup>2</sup> területű körben mozgott a gyülekezőhely körül. Két egyed a Kárpát-medencéből Dél-Ukrajnába, a Fekete-tenger partvidékére repült át. A madarak éjszakai lokalizációs pontjait elemezve összesen hét (2 magyarországi és 5 ukrainai), olyan potenciális gyülekező helyet találtunk, amelyek korábban ismertetlenek voltak. A Kárpát-medencében végzett heti szinkronszámlálások (2006–2011) eredményeivel összevetve, a jelölt madarak a populáció első 25%-ával egy időben kezdték meg vonulásukat. Eredményeim rávilágítanak arra, hogy az egyedek plasztikus viselkedést mutatnak az őszi gyü-



lekezőhelyválasztáskor.

## **Sólyom fajok vonulása az afrikai esőerdőn keresztül: csapadékfolyosók használata a kockázatcsökkentés érdekében**

A trópusi esőerdők vonulási barriert képeznek a vonuló madárfajok előtt, melynek pontos okai nem ismertek. Ebben a vizsgálatban bemutatom, hogy a nagy mennyiségű és részben sztochasztikus mintázatot mutató csapadék hogyan magyarázza az egyedileg nyomon követett, több különböző fajhoz tartozó sólymok útvonalait. Az amerikai "National Oceanic and Atmospheric Administration" 11 éves napi csapadék becsléseit felhasználva készítettem egy csapadék kockázati térképet a régióról. Eredményeim megmutatták, hogy az afrikai trópusi zónában létezik egy olyan észak-déli folyosó, ahol a csapadék kockázata alacsonyabb, és ennek területén a vonuló madarak kisebb valószínűséggel találkoznak csapadékkal. Az egyedileg nyomon követett kék vércsék vonulási útvonalai éppen ebbe az alacsonyabb csapadékkockázatú folyosóba konvergáltak. Ezen felül, a folyosón belül is úgy optimalizálták viselkedésüket, hogy a nagy mennyiségű csapadékot elkerüljék. Megvizsgáltam továbbá más rokon fajok publikált vonulási útvonalait is, mely szerint egy másik faj, a kabasólyom (*Falco subbuteo*) is használta ezt az észak-déli, alacsonyabb kockázatú folyosót. Kimutattuk, hogy egy harmadik faj, az eleonora sólyom (*Falco eleonora*), egyes egyedei, viszont egy másik, ettől 1500 km-re nyugatra lévő, kelet-nyugat irányú alacsony kockázatú folyosón keresztül vonultak. Ezek az eredmények rávilágítanak arra, hogy a trópusi csapadékmintázatoknak jelentős szerepük lehet a madárfajok vonulási útvonalainak alakításában.

## Főbb tudományos eredmények

1. Bemutatom, hogy a kék vércsék költőhely (kolónia) választását jól lehet modellezni a kolóniák potenciális mozgáskörzetét jellemző tájleptékű élőhelyváltozókkal. A változók közül a gyepek arányának pozitív, míg a lakott területek, az erdők és a nyílt vízfelületek arányának negatív hatása van a kék vércsék jelenlétének valószínűségére.
2. Egy lehetséges magyarázatot adtam a kék vércsék hazai elterjedési területének csökkenésére. A vetési varjak, – melyek fészkeiben költenek a kék vércsék –, feltehetően megváltoztatták a költőhelyeiket, és urbanizált környezetben alakították ki kolóniáikat azokban a régiókban, ahonnan a kék vércsék eltűntek.
3. Megmutattam, hogy tájleptékű élőhelyi változókat, gépi tanulási (machine learning) algoritmusokat és ezek együttes predikcióit használva, azonosítani lehet olyan területeket, amelyekbe a kék vércsék védelmét célzó aktív természetvédelmi beavatkozásokat érdemes lehet allokálni.
4. Egyedileg nyomon követett kék vércsék adatait elemezve megmutattam, hogy ez a madárfaj feltehetően plasztikus őszi gyülekezőhely választást mutat a pre-migrációs időszakban.
5. Azonosítottam két magyarországi és öt ukrain új, eddig ismeretlen potenciális gyülekezőhelyet.
6. Elsőként bemutatom, hogy az afrikai esőerdő zónában átrepülő nyomon követett kék vércsék, csapadék elkerülésre optimalizálják vonulási útvonalait.
7. Megmutatom, hogy az esőerdő zónában léteznek olyan folyosók, ahol a vonuló madarak számára alacsonyabb a csa-

padékkal való találkozás kockázata, és ezekbe a folyosókba három sólyomfaj egyedeinek útvonala is konvergált.

8. Elsőként adok korrelatív bizonyítékot arra, hogy az afrikai esőerdő időjárási barriert jelent a vonuló madarak számára.

## A doktori kutatás eredményeinek közlései

### Lektorált tudományos folyóiratban megjelent elfogadott publikációk

Fehérvári P., Harnos A., Solt S., Palatitz P., **Modeling habitat selection of the Red-footed falcon (*Falco vespertinus*): A possible explanation of recent changes in breeding range within Hungary**, Applied Ecology and Environment, 7(1), 59–69, 2009.

Fehérvári P., Lázár B., Palatitz P., Solt S., Kotymán L., Harnos A., **Az időjárás hatásai a kék vércse (*Falco vespertinus*) fészekalj-méretére. (The effect of weather on Red-footed Falcon clutch size, in Hungarian)**, "Klima 21" Brochures, (65), 53–64, 2011.

Fehérvári P., Lázár B., Palatitz P., Solt S., Nagy A., Nagy K., Harnos A., **Pre-migration roost site use and timing of post-nuptial migration of Red-footed Falcons (*Falco vespertinus*) revealed by satellite tracking.**, Ornis Hungarica, 22(1), 36–47, 2014.

Fehérvári P., Solt S., Palatitz P., Barna K., Ágoston A., Gergely J., Nagy A., Nagy K., Harnos A., **Allocating active conservation measures using species distribution models: a case study of redfooted falcon breeding site management in the Carpathian Basin**, Animal Conservation, 15(6), 648–657, 2012. (IF: 2.692)

Palatitz P., Fehérvári P., Solt S., Kotymán L., Neidert D., Harnos A., **Exploratory analyses of foraging habitat selection of the Red-footed Falcon(*Falco vespertinus*)**, Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 57(3), 255–268, 2011. (IF: 0.564)

## **Egyéb lektorált tudományos folyóiratban megjelent elfogadott publikációk**

Fehérvári P., Piross I.S., Kotymán L., Solt S., Horváth É., Palatitz P., **Species specific effect of nest-box cleaning on settlement selection decisions in an artificial colony system**, *Ornis Hungarica*, 23(1), 66–76, 2015.

Fehérvári P., Solt S., Erdélyi K., Yosef R., **Hatching rank influences nutritional condition in the common buzzard: Evidence from ptilochronology**, *Journal of Raptor Research*, 48(3), 280–284, 2014. (IF: 0.591)

Fehérvári P., Horváth É., **Breeding population trends and pre-migration roost site survey of the Red-footed Falcon in Hungary**, *Ornis Hungarica*, 23(1), 77–93, 2015.

Harnos A., Fehérvári P., Csörgő T., **Hitchhikers' guide to analysing bird ringing data**, *Ornis Hungarica*, 23(2), 163–188, 2015.

Horváth É., Solt S., Kotymán L., Palatitz P., Piross S.I., Fehérvári P., **Provisioning nest material for Rooks, a potential tool for conservation management**, *Ornis Hungarica*, 23(1), 22–31, 2015.

Kotymán L., Solt S., Horváth É., Palatitz P., Fehérvári P., **Demography, breeding success and effects of nest type in artificial colonies of Red-footed Falcons and allies**, *Ornis Hungarica*, 23(1), 1–21, 2015.

Kovács S., Fehérvári P., Nagy K., Harnos A., Csörgő T., **Changes in migration phenology and biometrical traits of reed, marsh**

**and sedge warblers**, Central European Journal of Biology, 7(1), 115–125, 2012. (IF: 0.818)

Kovács S., Csörgő T., Harnos A., Fehérvári P., Nagy K., **Change in migration phenology and biometrics of two conspecific Sylvia species in Hungary**, Journal of Ornithology, 152, 365–373, 2011. (IF:1.636)

Palatitz P., Fehérvári P., Solt S., Horváth É., **Breeding population trends and pre-migration roost site survey of the Red-footed Falcon in Hungary**, Ornis Hungarica, 23(1), 77–93, 2015a.

Piross I.S., Fehérvári P., Vas Z., Solt S., Horváth É., Palatitz P., Gíosele C., Gustin M., Pedrelli M., Kumar R.S., Williams N.P., Prentorious R., Bernitz Z., Bernitz H., Harnos A., **Louse (insecta: Phthiraptera) infestations of the amur falcon (falco amurensis) and the red-footed falcon**, Ornis Hungarica, 23(1), 58–65, 2015.

Vas Z., Fuisz T.I., Fehérvári P., Reiczigel J., Rózsa L., **Avian brood parasitism and the ectoparasite richness-scale dependent diversity interactions in a three level host-parasite system**, Evolution, 67(4), 959–968, 2013. (IF: 4.659)

Yosef R., Fehervari P., Yosef-Sukenik N., **Sex dependent risk management in face of perceived danger of socially foraging bee-eaters (merops apiaster) during migration**, Behavioural Processes, 100, 169 – 173, 2013. (IF: 1.457)