

SOPRONI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Az aranysakál (*Canis aureus*) mozgáskörzetének
elemzése GPS-telemetry segítségével**

Csányi Erika



Sopron
2025

Doktori Iskola:

**Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási
Tudományok Doktori Iskola**

Vezető:

Prof. Dr. Faragó Sándor

Program:

Vadgazdálkodás (E5)

Témavezető:

Dr. habil. Sándor Gyula, egyetemi docens

1. Bevezetés



A közepes testű ragadozók állománynövekedésének legaktuálisabb példája Európában az aranybakál (*Canis aureus*). Az aranybakál XX. század közepére lecsökkent állománya újra növekedni kezdett és európai területfoglalása olyan gyors és nagyléptékű, hogy ma már a fajt inváziós fajként is emlegetik. Nemcsak korábbi területeit hódította vissza, hanem több európai régióban észak és nyugat felé terjeszkedett és ez a terjeszkedés jelenleg is zajlik. Ez az állomány- és elterjedésiterület-növekedés Magyarországon – ahol a faj őshonos ragadozó volt – különösen figyelemre méltó, mivel korábban az aranybakál ritka és csak lokálisan jelenlévő faj volt az országban. Kivételes alkalmazkodóképessége,

opportunista és generalista életmódja lehetővé tette, hogy különböző élőhelyeken megtelepedjen. Az exponenciális állománynövekedés mellett, elterjedési területét 1995-től napjainkig hazánk területének 0,32%-áról 85%-ára növelte.

A doktori értekezésemben szereplő vizsgálatokkal, tudományos alapon álló ismerethővitést tűztem ki célul. Vizsgálataim középpontjában nagy elemszámú kutatás keretében az aranysakál mozgásökológiájának, ezen belül is mozgáskörzetének vizsgálata állt. A mozgáskörzet méretére, annak összefüggése az ivarral és a korrall, valamint annak térbeli váltásaira irányuló vizsgálatok eredményeiből következtetéseket tudunk levonni a faj mozgásökológiájának egészéről. Az ivar szerinti mozgáskörzetvizsgálat rávilágíthat arra, hogy az ivari dimorfizmus – különösen a testméret és a koponyaméret eltérései – milyen szerepet játszanak a faj ökológiájának megértésében.

A folyamat jobb megértése érdekében a telemetriás vizsgálatokkal párhuzamosan az aranysakál test- és koponyaméretének ivari dimorfizmusát is vizsgálni kezdtem. Az ivari dimorfizmus vizsgálata mind a mozgáskörzetben, mind pedig a morfológiai jellemzőkben különösen fontos lehet a faj ökológiai szerepének és adaptációs képességeinek megértésében, mivel ezek a tényezők jelentős hatással lehetnek a mozgáskörzetre, a szaporodási sikerre és a faj populációdinamikájára egyaránt. Az aranysakál ökoszisztémában betöltött szerepének feltárása kiemelt jelentőséggel bír, különösen a faj kevésbé ismert volta miatt. Ez a kutatás nemcsak a vadgazdálkodás, természetvédelem, mezőgazdaság számára nyújthat alapvető információkat, hanem segítheti az olyan folyamatok megértését is, mint a faj európai terjeszkedése, társas és trofikus kapcsolatai. Eredményei hozzájárulhatnak továbbá a kezelési és gazdálkodási irányelvek kidolgozásához, valamint a faj ökológiai szerepének alaposabb megértéséhez.

2. Célkitűzések

Kutatásom elsődleges célja az aranysakál mozgásökológiájának, ezen belül mozgáskörzetének GPS telemetria segítségével történő elemzése volt. A kutatás kezdetén az alábbi célokat határoztam meg:

1. Megvizsgáljam, hogy az aranysakál mozgáskörzetmérete mennyiben különbözik a) ivartól, b) korcsoporttól és c) testtömegtől függően.
2. Megvizsgáljam, hogy különbözik-e az aranysakál mozgáskörzetmérete a faj biológiaiailag fontos időszakai (párazás, kölyöknevelés és szaporodáson kívüli időszak) között: a) ivartól és b) korcsoporttól függően.
3. Megvizsgáljam, hogy milyen mértékben jellemző a fajra a mozgáskörzetváltás, és van-e ebben különbség a) ivartól és b) korcsoporttól függően.
4. Megvizsgáljam, hogy van-e különbség a mozgáskörzetet váltó és nem váltó sakálok területhasználata között élőhelytípusok (felszínborítási kategóriák) széleitől való távolságok tekintetében.
5. Viselkedésökológiai szempontból elemezzek egyedek közötti interakciókat a párpotlódás jelensége kapcsán.
6. Megvizsgáljam az aranysakál test- és koponyaméreteiben megmutató a) ivartól és b) korcsoporttól függő különbségeket, különös tekintettel a testtömegrre, mint a mozgáskörzet méretét feltehetően befolyásoló tényező.

3. Hipotézisek, predikciók

H1: Az aranysakál mozgáskörzetméretét nagymértékű variabilitás jellemzi, de a terjeszkedési hajlam miatt sok esetben kiterjedt, vagy több tagból álló mozgáskörzetek várhatók. A forráseloszlás-hipotézis alapján azt feltételeztem, hogy egy erdő–mezőgazdasági, vagyis féltermészetes ökoszisztémában a sakál mozgáskörzetének mérete kiterjedtebb lesz, különösen a sűrűn lakott, ember által jelentősen átalakított területeken tapasztaltakhoz képest. A szétszórt, de egész évben rendelkezésre álló erőforrások – beleértve a táplálékot, a vizet és a menedéket – indokolják ezt a feltételezést.

H2: Az aranysakál mozgáskörzetméretét biológiai és ökológiai tényezők befolyásolják. Feltételeztem, hogy az aranysakál mozgáskörzetmérete rugalmasan változik a szezonális szaporodás, az alloparentális utódgondozás és a magas ökológiai plaszticitás alapján.

Predikcióm (P), hogy a szukákhoz képest a kanok nagyobb mozgáskörzetméretekkel rendelkeznek (P1).

A fiatal (1 és 2 év közötti) egyedek mozgáskörzetmérete eltér a felnőttétől (P2) a mozgáskörzetméretek időbeli eltérései jelentősek lesznek, a sakálok biológiai fontos életciklusait alapul véve (P3).

A fiatalok nagyobb valószínűséggel váltanak mozgáskörzetet, mint az idősebb sakálok (P4).

A mozgáskörzetet váltó sakálok mozgáskörzetmérete nagyobb lesz, mint a rezidenseké (P5).

A mozgáskörzetváltás eltérő élőhelyhasználattal jár együtt, vagyis eltérést várok a rezidens és a mozgáskörzetváltó csoportok között (P6).

H3: Időszaktól független mozgáskörzetváltás. A nagy elemszámú ($n = 45$) mintából olyan egyedi – aranysakál esetén nem feltárt – mozgásmintázatok előfordulását vártam, amelyeket más rokon fajok esetében is megfigyeltek (pl. szürke farkas, prérifarkas). A sakál intenzív vadászata miatt várható, hogy alfa pozícióban levő egyedek évközben is kiesnek. Ez be is következett, és bár nem volt tervezett, de lehetőség nyílt GPS-nyakörvvel jelölt egyedek közötti interakció, konkrétan a párpótlódás jelenségének tanulmányozására mozgásmintázataik alapján. Ennek a viselkedésökológiai szempontból is érdekes jelenségnek a feltárása fontos adalékul szolgálhat az aranysakál terjeszkedési rugalmasságának megértéséhez.

H4: Az ivari (test)méret-dimorfizmus (SSD) és a koponya alaki dimorfizmus (SShD) jelentkezik a test- és koponyaméretekben.

Predikcióm (P7) szerint a fiatal és felnőtt korcsoportban is a kanok test- és koponyaméretei nagyobbak lesznek a szukákénál.

H5: Az arany sakál mozgáskörzetmérete összefügg a testtömeggel.

Abból az összefüggésből indultam ki, hogy a mozgáskörzetméret különböző ragadozóemlős-fajok között nő a testtömeggel. Predikcióm (P8), hogy ez az összefüggés fajon belül is érvényesül, különösen egy olyan variábilis mozgáskörzetméretű faj esetén, mint az arany sakál, vagyis a testtömeg növekedésével nő a mozgáskörzetméret.

4. Anyag és módszer

4.1. Kutatási terület, mintavétel

A kutatást, egyrészt az arany sakálók GPS-nyakörvvel való jelölését, másrészt a morfológiai vizsgálat adatgyűjtését Somogy vármegyében, két vadászatra jogosult területén (SEFAG Zrt., Dél-Dunántúli Fauna Vt.) végeztük 2020–2023 között. A terület alapvetően síkvidéki, túlnyomóan erdősült (62%) terület. Az arany sakál a térség legnagyobb testméretű emlős ragadozója, állománya az elmúlt két évtizedben jelentősen megnőtt. A Somogy vármegyei arany sakál terítékadatok az országos terítékadatok 20–24%-át teszik ki.

Az arany sakálokat ($n = 45$, 22 szuka, 23 kan) csalival ellátott csapdákkal fogtuk. Az egyedekre a német Vectronic cég Vertex Lite 1C típusú, Iridium GPS-nyakörvét helyeztük fel, amelyeket óránkénti (24/nap) jeladásra állítottunk be. Az egyedeket átlagosan ($\pm$ SE) 244 (± 15) napon keresztül követtük nyomon. 236 675 helykoordinátát rögzítettünk (lokalizációs pontok száma, kanok: $n = 122\ 638$; szukák: $n = 114\ 037$).

4.2. Adatfeldolgozás

Mozgáskörzetelemzés módszertana: A GPS lokalizációs adatok elemzésekor a vizsgált időszakot a sakál biológiailag fontos életszakaszai alapján,

illetve saját kameracsapdás megfigyeléseink alapján a következő időszakokra bontottuk:

- 1) szaporodási időszak (párazás és vemhesség): január–március
- 2) kölyöknevelés (amikor a kölykök szülői gondoskodásra szorulnak): április–június
- 3) szaporodási és kölyöknevelési időszakon kívüli időszak: július–december.

Négy különböző mozgáskörzetméret-elemzési módszert vontunk be a kutatásba, ezeken belül a lokalizációs pontok bizonyos részének (100%, 95%, 90%, 60% és 50%) alapszintű elemzését végeztük el először.

- 1) minimum konvex poligon – MCP100, 95, 50,
- 2) kernel sűrűségbecslés – KHR95, 90, 60, 50,
- 3) alfa konkáv körvonal – ACH,
- 4) autokorrelált kernel sűrűségbecslés – AKDE95, 90, 60.

Az összehasonlító statisztikai elemzések és a vizuális ellenőrzés eredményei alapján a KHR95 bizonyult a legmegfelelőbb módszernek, ezért ennek alkalmazásával számítottuk ki a mozgáskörzetméreteket.

Trajektória-szegmentációs (trajectory segmentation) elemzéssel (Lavielle-féle szegmentációs módszer; nettó négyzetes elmozdulás – Net Squared Displacement és általános lineáris kevert modell (GLMM), illetve vizuális elemzés) az egyedeket a mozgásmintázataik alapján két csoportba soroltuk: rezidens és nomád. A sakál egyedeket akkor tekintettük rezidensnek, ha az egész vizsgálati időszak alatt egyetlen, jól meghatározható területen maradtak. Azokat a sakálokat soroltuk irrumpív nomád kategóriába (a továbbiakban: nomád), amelyek elcsúsztották korábbi mozgáskörzetüket, illetve több különböző mozgáskörzetet foglaltak el.

Grafikus módszert alkalmaztunk annak meghatározására, hogy hány szegmensre (*fragmentumra*) érdemes osztani a lokalizációs pontokkal lefedett területeket. A kontrasztfüggvény csökkenő trendjének grafikus vizsgálatával azonosítottuk a görbén található töréspontokat, amelyek alapján meghatároztuk a szegmenssek számát. Ha nem találtunk töréspontot, a sakálokat mozgáskörzetük nagyságától függetlenül rezidensként soroltuk be. Ha több töréspont is volt, akkor az optimális szegmensszámot vizuálisan hasonlítottuk össze a lehetséges szegmenssek számával, és azt a változatot választottuk, ahol a legkevesebb térbeli átfedés volt a szegmenssek között.

A különböző szegmensek (mozgáskörzetek) középpontjainak távolságát tekintettük szóródási távolságnak.

Megvizsgáltuk azt is, hogy az egyedek (rezidens és nomád) mely földhasználati kategóriák széleitől és milyen mértékben mozdultak el (PERMANOVA).

Az arany sakál pár pótlásának vizsgálati módszertana: Az adatfeldolgozás során 3 arany sakál (két szuka, egy kan) különleges mozgásmintázatát vizsgáltuk. Szőr- és vérminta genetikai vizsgálatával igazoltuk, hogy a három egyed nem állt rokonsági kapcsolatban egymással. A mozgáskörzetek lehatárolásához a 95%-os kernel sűrűségbecslési (KHR95) módszert alkalmaztuk a simítási paraméter (h érték) ad-hoc meghatározásával, továbbá 50%-os kernel sűrűségbecslést (KHR50) a magterület (azaz a legintenzívebben használt terület) méretének meghatározásához. Az arany sakálók (F10 szuka, F07 szuka és M08 kan) mozgáskörzeteinek átfedését százalékos átfedési módszerrel (*i egyed mozgáskörzetének százalékos átfedése j egyedével*) és a használati terület átfedési index (Utilization Distribution Overlap Index, UDOI) segítségével számítottuk ki, hogy feltárjuk a mozgásmintázatban mutatkozó különbségeket a két időszak között (az F10 szuka elpusztulása előtt és után). Az M08 és F07 egyedek óránkénti lokalizációs pontjai közötti távolságokat QGIS-ben mértük, és összehasonlítottuk az F10 elpusztulása előtti és utáni időszakok között.

Az arany sakál ivari dimorfizmus vizsgálatának módszertana: Az arany sakál test- és koponyaméret vizsgálatához összesen 719 elejtett arany sakál ($n = 362$ szuka; $n = 357$ kan) adatait használtuk fel, a már korábban ismertetett kutatási területről. Az elejtett egyedeket a koponya és a fogak kopásának vizsgálata alapján két korcsoportba soroltuk: fiatal és felnőtt. A testtömeget, hat testméretet, illetve a koponyáról 22 méretet mértünk le. Az adatok normális eloszlását Shapiro–Wilk teszttel ellenőriztük, a variancia homogenitását pedig Levene-teszttel értékeltük, és szükség esetén Welch-tesztet alkalmaztunk. A főkomponens-analízis (PCA) segítségével az eredeti változókat független főkomponensekre bontottuk. A PCA első főkomponensét általában általános mérettengelynek tekintik, míg a többi főkomponens az alakteret képviseli. A PCA-t az eredeti mérések standardizált (az egyes méreteket a geometriai átlaggal osztva) és log-transzformált

arányaira alkalmaztuk, mindkét korcsoportban. MANOVA és t -próba segítségével megvizsgáltuk, hogy mely főkomponensek mutattak szignifikáns különbségeket az ivarok között a két korcsoportban. Ezután megvizsgáltuk azokat a változókombinációkat, amelyek a legnagyobb pontosságot eredményezték. A nyers PCA esetében a $PC1 \times PC3$ változókombináció biztosította a legnagyobb előrejelző erőt az ivarok közötti különbségtételben. A PCA alkalmazása után lineáris diszkriminancia-analízissel (LDA) teszteltük a főkomponensek prediktív erejét, hogy megvizsgáljuk, mennyire sikerült elkülöníteni a kanok és a szukák koponyaméreteit.

A mozgáskörzetméret (KHR95) és a testtömeg összefüggésének vizsgálatát kétváltozós regresszióanalízissel végeztük. A regresszióanalízist az összes egyedre egyben, valamint a következő négy csoportra bontva is elvégeztük: rezidens szuka, rezidens kan, nomád szuka és nomád kan. A rezidens és nomád egyedek testtömegeinek átlagát kétmintás t -próbával hasonlítottuk össze; minden statisztikai teszt esetében 5%-os szignifikanciaszinten.

5. Eredmények

5.1. Mozgáskörzet

Trajektória-szegmentációs analízis segítségével a mozgásmintázatokat alapján 28 rezidens és 17 nomád sakált azonosítottunk.

A 28 rezidens sakál átlagos ($\pm$ SE) mozgáskörzetmérete a KHR95 számítási módszer alapján $14,38 \pm 2,27$ km² volt. A kanok átlagos mozgáskörzetmérete két és félszer nagyobb volt a szukák mozgáskörzeténél ($19,29$ km² vs $7,4$ km², $p = 0,015$). A fiatal sakálok átlagos mozgáskörzete a GLMM-elemzés alapján statisztikailag szignifikánsan nagyobb volt, mint a felnőtt sakáloké ($14,76$ km² vs $14,27$ km², $p = 0,003$); ez a különbség azonban biológiailag nem számottevő. A sakálok a kölyöknevelési időszakban kiterjesztették a mozgáskörzetüket ($17,18$ km²), a párzási időszakhoz ($11,24$ km²) és a szaporodáson kívüli időszakhoz ($13,07$ km²) képest ($p = 0,005$). A korcsoport $\times$ időszak interakció ($p = 0,002$) figyelemre méltó, ugyanis a fiatal sakálok mozgáskörzete a szaporodási időszakban volt a legnagyobb ($37,78$ km²), azt követően jelentősen csökkent

a mozgáskörzetmérete, ugyanakkor a felnőtt sakálok mozgáskörzete a kölyöknevelési időszakban volt a legnagyobb (17,25 km²).

Nomád egyedek mozgáskörzete: A 45 GPS-jelölt sakál közül a fiatal egyedek felét (14/7), a felnőttek közel egyharmadát (31/10), a szukák felét (22/11), és a kanok majdnem egynegyedét (23/6) nomádként azonosítottuk. A 17 nomád besorolású sakál útvonal-szegmentációs elemzése alapján 13 egyed (76,5%) egyszer váltott mozgáskörzetet, 4 egyed pedig kétszer (23,5%).

A nomád sakálok átlagos ($\pm$ SE) mozgáskörzetmérete $92,44 \pm 20,59$ km² volt. A mozgáskörzetméretét nem befolyásolta az ivar és a korcsoport, de függött a mozgáskörzetváltás sorrendjétől. Legnagyobb méret a harmadik mozgáskörzetben volt (első mozgáskörzet = 83,41 km², második mozgáskörzet = 79,64 km², harmadik mozgáskörzet = 185,26 km² ($p < 0,001$)).

Az ivar $\times$ mozgáskörzet sorrend és a korcsoport $\times$ mozgáskörzet sorrend interakciók jelentősek voltak. A kanok mozgáskörzetének mérete nem változott jelentősen a mozgáskörzetváltások során (átlag 37,16–59,43 km²). A szukák mozgáskörzetének mérete azonban nagyobb volt a második mozgáskörzetváltás után (átlag, első mozgáskörzet = 96,4 km², második mozgáskörzet = 100,40 km², harmadik mozgáskörzet = 333,37 km², ($p = 0,003$)). A fiatal sakálok mozgáskörzetének mérete csökkent, míg a felnőtt egyedeké nőtt a mozgáskörzet váltások során ($p = 0,001$).

A sakálok átlagos ($\pm$ SE) elvándorlási (diszperziós) távolsága a mozgáskörzet-centroidok közötti távolságok alapján $14,37 \pm 2,72$ km volt, ami 1,46 km és 56,43 km között változott, és az elmozdulások több irányba történtek.

Elemzésünk alapján a lokalizációs pontok távolsága a különböző felszínborítási kategóriák (élőhely típusok) széleitől különbözött a rezidens és a nomád sakálok között (kétutas PERMANOVA, $F_4 = 800,55$, $df = 4$, $p < 0,001$), mivel a nomád sakál csoport $\times$ felszínborítási kategória interakció szignifikáns volt. A távolságok nem különböztek az egyes csoportok között (rezidens vs nomád; $F_2 = -3015,10$, $p = 1,00$), de különböztek a felszínborítási kategóriáktól függően ($F_4 = 2063,20$, $p < 0,001$).

A nomád sakálok lokalizációs pontjainak távolsága a különböző felszínborítási kategóriák szélétől jelentősen különbözött a mozgáskörzetváltás előtt és után, mivel a mozgáskörzetváltás $\times$ felszínborítási kategória interakció jelentős volt. Mozgáskörzetváltást követően a sakálok távolabb

mozogtak a mesterséges felületektől és vizes élőhelyektől, és közelebb a víztestekhez, mint azt megelőzően.

5.2. Az aranysakál párzási időszakon kívüli párpótlódása

A vizsgálatba vont három sakál nem állt egymással rokonsági kapcsolatban a molekuláris genetikai vizsgálat alapján. Az F10 és M08 felnőtt sakálokat párként azonosítottuk. Ezt a genetikai vizsgálat (nem rokonok), a két sakál (F10 és M08) mozgáskörzetének nagymértékű átfedése és fotódokumentációk igazolták. Az F07 felnőtt szuka az F10 szuka elpusztulásáig az alfa pár közvetlen szomszédságában egy szintén 6 km²-es területet (MCP95) használt. Az F10 szukát 2021. augusztus 21-én este 21.00 órakor a szomszéd vadásztársaság területén elejtették. F07 szuka F10 szuka elpusztulását követően (szinte azonnal) megváltoztatta mozgás mintázatát, belépett a korábbi M08 – F10 pár territóriumába. Hat óra múlva körbejárta azt a helyet, ahol az F10 szukát elejtették és egy napon belül elfoglalta az F10 területét. Az F07 szuka óránkénti lokalizációi az F10 halála előtt 107–5 789 méterre estek az M08 azonos időpontban rögzített lokalizációitól (átlag $\pm$ SD = 1 554 $\pm$ 953 m, medián = 1 432 m); F10 elpusztulása után ezek a távolságok 1 méter –3 050 méterre csökkentek (943 $\pm$ 920 m, medián = 622 m), amelyek nagyon hasonlóak voltak a „korábbi” M08 és F10 egymás közötti távolságaihoz (tartomány = 0 – 3 820 m, 677 $\pm$ 637 m, medián = 613 m). Az F07 szuka területhasználatában markáns változás következett be. Az F07 szuka az M08 kan mellett, az F10 szuka által korábban használt területet használta tovább. Vagyis az F07 szuka nem tért vissza korábbi mozgáskörzetébe, hanem szoros kapcsolatba került az M08 kannel, és ugyanazt a mozgáskörzetet használta, amit korábban az F10–M08 pár, egészen az M08 elpusztulásáig (elejtés dátuma: 2021. október 20.). Ezt követően is ott maradt. Az, hogy az F07 szuka az új területen maradt, arra utal, hogy esetleg átvette, vagy törekedett átvenni az elpusztult alfa szuka helyét.

5.3. Az aranysakál ivari dimorfizmusa

Kutatásunk eredményei alátámasztják azt a hipotézisünket, hogy az aranysakálok telítődött magyarországi élőhelyén mind a fiatal, mind a felnőtt korcsoportban jelen van az ivari méret- (SSD) és a koponya alaki dimorfizmusa (SShD). Eredményeik alapján a kanok általában nagyobbak voltak, mint a szukák, különösen a testtömeg tekintetében (eltérés: 11,72% a fiatal egyedeknél és 13,37% a felnőtteknél). A legtöbb koponyaméret szignifikáns eltérést mutatott az ivarok és korcsoportok között, kivéve a foramen magnum magasságát, a foramen magnum szélességét és a posztorbitális szélességet a fiatal egyedeknél, valamint a foramen magnum magasságát és a posztorbitális szélességet a felnőtteknél. A főkomponens analízis alapján igazoltuk az ivari dimorfizmust populációs szinten (MANOVA és *t*-próba), valamint a méret és alak közötti különbségeket mindkét korcsoportban. Egyedi szinten az LDA elemzés az ivarokat több, mint 71,2%-os pontossággal (legmagasabb: 75,4%) jósolta meg mind a fiatal, mind a felnőtt korcsoportban.

Az aranysakál ivari dimorfizmusa kimutatható volt a GPS-jelölt 45 aranysakál mindkét korcsoportjában. Mind a fiatal, mind a felnőtt korosztályban a kanok testtömege szignifikánsan nagyobb volt, mint a szukák testtömege (Student *t*-próba: fiatal egyedek: $df = -2,310$ (12), $p = 0,020$; felnőtt egyedek: $df = -2,085$ (29), $p = 0,023$).

A 45 GPS-jelölt aranysakál két mozgásmintázati csoportjának (rezidens vs nomád sakálok) testtömeg adatainak elemzésekor azt találtam, hogy a nomád egyedek testtömege szignifikánsan kisebb, mint a rezidens egyedeké (kétmintás *t*-próba, átlag $\pm$ SD 9,58 kg $\pm$ 1,34 kg vs 10,756 kg $\pm$ 1,15 kg, $t = 3,01$, $p = 0,0043$).

A lineáris regressziós modellben ($y = -34,99x + 465,51$, $n = 45$) a testtömeg és a mozgáskörzet (KHR95) közötti kapcsolat nem bizonyult szorosnak és nem volt szignifikáns ($F = 2,5528$, $p = 0,1174$). Összességében, a sakál testtömege és mozgáskörzetmérete közötti gyenge kapcsolat azt mutatja, hogy a testtömeg önmagában nem jelentős előrejelzője a mozgáskörzetméretének.

6. Új tudományos eredmények, tézisek

1. Aranysakálpopuláción belül jelentős a nomádok (szétszóródó, mozgáskörzetet váltó egyedek) részaránya. A 45 GPS-jelölt sakál közül a fiatal egyedek felét (14/7) a felnőttek közel egyharmadát (31/10) a szukák felét (22/11) és a kanok egynegyedét (23/6) nomádként azonosítottuk. A 17 nomád besorolású sakál útvonal szegmentációs elemzése alapján a többség (13 egyed – 76,5%) egyszer, a többi kétszer váltott mozgáskörzetet a nyomon követés időszakában.
2. A nyomon követett aranysakálok mozgáskörzetmérete jelentős, akár 100–200-szoros egyedi változatosságot mutatott. A rezidens (mozgáskörzetet nem váltó) sakálok ($n = 28$) mozgáskörzetének mérete kernel sűrűségbecslés (KHR95) alapján átlagosan ($\pm$ SE) $14,38 \pm 2,27$ km² (tartomány: 1,06–106,83 km²), míg a nomád egyedeké ($n = 17$) átlagosan $92,44 \pm 20,59$ km² (tartomány: 3,18–637,86 km²) volt. A kimutatott mozgásekológiai rugalmasság a faj európai sikerességének és terjeszkedésének egyik mozgatórugója lehet.
3. A rezidens aranysakál csoportban a kanok mozgáskörzete nagyobb volt, mint a szukáké; a fiatal (1–2 év között) sakálok mozgáskörzete a szaporodási időszakban, a felnőtt (2 éves vagy idősebb) sakáloké a kölyöknevelési időszakban volt a legnagyobb. Az ivar és a korcsoport nem befolyásolta jelentősen a nomád sakálok mozgáskörzetméretét.
4. Az aranysakál mozgáskörzetváltása az év bármely hónapjában, illetve mindhárom biológiailag fontos időszakban (párási, kölyöknevelési és szaporodáson kívüli) igazolható volt. Ez arra utal, hogy a sakálok diszperziója nem korlátozódik kizárólag a párási időszakra, hanem folyamatosan jelen van az év során.
5. Az erdő-mezőgazdasági művelés alatt álló területen a rezidens és nomád sakálok főként az erdő-mezőgazdasági élőhelytípus-szegélyeket használták. Ezen túl, a rezidensek közelebb éltek a vízfelületekhez, míg a nomádok, különösen a mozgáskörzetváltásuk után, közelebb kerültek a mesterséges felületekhez (pl. településekhez).
6. Elsőként írtam le a monogám aranysakál partner elvesztésére adott adaptív válaszát. A párját elvesztett alfa hím párjának helyére rövid időn (1 napon) belül új nőtény lépett be a „marad és vár a megüresedésre”

stratégiát követve. A sérült családi szerkezet gyors regenerálódási képessége hozzájárulhat a populáció gyors növekedéséhez és a faj erőteljes terjeszkedéséhez.

7. Elsőként mutattam be nagy elemszámú ($n = 719$) mintán a magyarországi aransakál populáció morfometriai adatait. Igazoltam mind a fiatal, mind a felnőtt korcsoportban az aransakál test- és koponyaméreteinek ivari dimorfizmusát a kanok javára. Emellett a koponya alakbeli ivari különbségei is kimutathatók voltak.
8. Elsőként bizonyítottam, hogy a rezidens aransakálok testtömege szignifikánsan nagyobb, mint a nomád egyedeké.
9. Bizonyítottam, hogy a magyarországi populációban a testtömeg önmagában nem jelzi előre az aransakál mozgáskörzetméretét, vagyis, hogy a testtömeg és a mozgáskörzetméret nincs szoros összefüggésben.

7. Összefoglalás

Kutatásunk az első olyan elemzés Magyarországon és Európában, amely az aransakál mozgásökológiáját tanulmányozta jól meghatározható időintervallumon és régió belül, GPS-telemetria használatával, gyakori (óránkénti) adatgyűjtéssel, nagy elemszámú ($n = 45$) vizsgálatban. Ezek az eredmények a közép-európai aransakálpopuláció térbeli ökológiájának jellegzetességeit tükrözhetik. Eredményeink fontos ismeretekkel járulhatnak hozzá a faj nyugati és északi irányú európai terjeszkedési okainak megértéséhez.

Értekezésem új tudományos eredményei kiindulási alapot nyújthatnak az élőhelyhasználat, a fajon belüli, valamint a fajok közötti (pl. sakál-róka, sakál-nagyvad) interakciók további, részletesebb elemzéséhez. Az aransakál elterjedésének változását vezérlő mechanizmusok jobb megértése nélkülözhetetlen a hatékony állománykezelési és természetvédelmi stratégiák kidolgozásához, valamint a kezelési és védelmi prioritások meghatározásához. Saját vizsgálati eredményekkel kiegészített irodalmi adatok azt mutatják, hogy az aransakálok társas viselkedése, térbeli rugalmassága és ivari dimorfizmusa szoros kapcsolatban állnak egymással, és együttes ismeretük vezet a faj ökológiájának és alkalmazkodási stratégiáinak megértéséhez.

Összességében, kutatásunk egyedisége és újszerűsége abban rejlik, hogy az

arany sakál ökológiájának több spektrumát vizsgáltuk, beleértve a mozgáskörzetet, a morfológiai jellemzőket, az egyedi mozgásmintázatokat, valamint ezek összefüggéseit. A nagy mintaszámnak köszönhetően lehetőségünk nyílt a leggyakrabban használt mozgáskörzetméret becslési módszerek kipróbálására, majd ezek összehasonlítása után egy torzításmentes módszer alkalmazására, amely megbízhatóbb eredményeket biztosított. Az így nyert adatok nemcsak a faj térbeli viselkedésének és populációdinamikájának alaposabb megértéséhez járulnak hozzá, hanem alapot nyújtanak hatékony természetvédelmi és állománykezelési stratégiák kidolgozásához.



8. Publikációk, konferenciák

8.1. Lektorált folyóiratcikkek

1. Gaál, D., Heltai, M., Sándor, Gy., Schally, G. & Csányi, E. (2025): Eco-tones in the Spotlight – habitat selection of the golden jackal (*Canis aureus* Linnaeus 1758) in the agricultural landscapes of Southern Transdanubia. **Animals** 15(5): 760. <https://doi.org/10.3390/ani15050760/>
2. Csányi, E., Gaál, D., Heltai, M., Pölös, M., Sándor, Gy., Schally, G. & Lanszki, J. (2024): Home ranges of roaming golden jackals in a European forest-agricultural landscape. **Journal of Wildlife Management** 89:e22688 <https://doi.org/10.1002/jwmg.22688>
3. Csányi, E. & Sándor, Gy. (2024): Az arany sakál (*Canis aureus*) párzási időszakon kívüli párpótlása. **Magyar Ápróvad Közlemények** 16. pp. 277-288. ISSN 1418-284X
4. Csányi, E. & Sándor, Gy. (2024): Sexual dimorphism in the Hungarian golden jackal population: analysing body and skull size and shape. **Mammalian Biology** 104: 647–660. <https://doi.org/10.1007/s42991-024-00436-0>
5. Csányi, E., Heltai, M., Lanszki, J., Pölös, M., Schally, G. & Sándor Gy. (2023): The first evidence of the monogamous golden jackal's adaptive response to partner loss. **Applied Animal Behaviour Science** 269: 106095. doi.org/10.1016/j.applanim.2023.106095
6. Ninausz, N., Fehér, P., Csányi, E., Heltai, M., Szabó, L., Barta, E., Kemenszky, P., Sándor, Gy., Jánoska, F., Horváth, M., Kusza, Sz., Frank, K., Varga, L. & Stéger, V. (2023): White and other fur colourations and hybridization in golden jackals (*Canis aureus*) in the Carpathian basin. **Scientific Reports** 13(1): 21969. doi: 10.1038/s41598-023-49265-0.
7. Csányi, E., Sándor, B. & Sándor, Gy. (2023): Morphometric Measurements of Red Foxes (*Vulpes vulpes*) in Somogy County, Hungary. **Magyar Ápróvad Közlemények** 15. pp. 11-21. ISSN 1418-284X
8. Csányi, E., Németh, S., Tari, T. & Sándor Gy. (2022): „Move or not to Move” – Red Deer Stags Movement Activity during the Rut. **Animals** 12(5): 591. <https://doi.org/10.3390/ani12050591>
9. Balog, T., Nagy, G., Halász, T., Csányi, E., Zomborszky, Z. & Csi-

vincsik, Á. (2021): The occurrence of *Echinococcus* spp. in golden jackal (*Canis aureus*) in southwestern Hungary: Should we need to rethink its expansion? **Parasitology International** 80:102214.

8.2. Egyéb folyóiratcikkek, könyvrészletek

1. Csányi, E. & Sándor, Gy. (2023). A vadbiológia tudatos használata a vadgazdálkodásban. **Nimród** 4: 12-17.
2. Csányi, E. & Sándor, Gy. (2023): Az állatok magánélete: A GPS-telemetria használata a vadbiológiában, vadgazdálkodásban. **Nimród** 7: 20-25.
3. Csányi, E. & Horváth, M. (2021): Auf leisen Sohlen: Wissenschaft im Dienst der Jagdpraxis. **Wild und Hund** 23(2): 14-19.
4. Csányi, E. (2020): A hazai nagyvadállomány becslésének lehetőségei, valamint a XXI. század technikájának alkalmazhatósága a vadgazdálkodásban. In: Jámbor, László (szerk.) **Vadászévkönyv**. Hatvan, Magyarország : Dénes Natur Műhely Kiadó (2020) 184 p. pp. 40-48., 1 p.

8.3. Konferencia, absztrakt kötet

1. Csányi, E., Lanszki, J., Heltai, M., Pölös, M., Schally, G. & Sándor, Gy. (2024): Első bizonyíték a monogám aranysakál partner elvesztésre adott válaszára. In: Emri, Zsuzsa; Cserkész, Tamás; Kiss, Csaba; Csorba, Gábor (szerk.) III. Emlőskutatók Szakmai Napja: konferencia és workshop. Biológus Szakmai Nap (Workshop) : absztrakt füzet. Eger, Magyarország: Líceum Kiadó. 143 p. pp. 19-19. 1 p.
2. Gaál, D. & Csányi, E. (2023): Home range of the golden jackal in a predominantly agricultural habitat In: 36th Congress of International Union of Game Biologists: Quo vadis wildlife management? The future of wildlife management in the evolving social and environmental realities. Warsaw, Lengyelország 126 p. pp. 106-107., 2 p.
3. Csányi, E. & Sándor, Gy. (2023): Quick pair replacement of the monogamous golden jackal (*Canis aureus*). In: 36th Congress of International Union of Game Biologists: Quo vadis wildlife management? The future of wildlife management in the evolving social and environmental realities. Warsaw, Lengyelország. 126 p. pp. 37-38., 2 p.

4. Csányi, E., Heltai, M., Horváth, M., Lanszki, J., Németh, S., Pölös, M., Trefán, G., Varga, Gy. & Sándor, Gy: (2022): Home range and movement activity of golden jackal (*Canis aureus*) in Central Europe. In: Heltai, Miklós (szerk). 3rd International Jackal Symposium. Abstract Book Gödöllő, Magyarország: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute for Wildlife Management and Nature Conservation p. 18., 1 p.
5. Ninausz, N., Fehért, P., Csányi, E., Heltai, M., Szabó, L., Barta, E., Kemenszky, P., Sándor, Gy., Horváth, M., Kusza, Sz., Frank, K., Varga, L. & Stéger, V. (2022): Coat colour variations and possible hybridisation of Golden jackals (*Canis aureus*) in Hungary. In: Heltai, Miklós (szerk.). 3rd International Jackal Symposium. Abstract Book. Gödöllő, Magyarország: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute for Wildlife Management and Nature Conservation. p. 60., 1 p.
6. Nagy, T., Csányi, E., Alnajjar, M., Fehér, P., Ninausz, N., Feró, O., Skage, M., Kollias, S., Fekete, Zs., Kontra, L., Sándor, Gy., Heltai, M., Székvölgyi, L., Stéger, V. & Barta, E. (2022): The golden jackal (*Canis aureus*) reference genome assembly and annotation. In: Heltai, Miklós (szerk.) 3rd International Jackal Symposium. Abstract Book. Gödöllő, Magyarország: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute for Wildlife Management and Nature Conservation p. 61., 1 p.

Fotók: Gschwindt Márk

