



**XXXVII. Országos Tudományos
Diákköri Konferencia**

Biológia Szekció



**Az északi pocok (*Alexandromys oeconomus mehelyi*) élőhelyhasználata
nádas-sásos élőhely mozaikban: mozgáskörzet, territórium, habitat
preferencia**

Szerző:

Gosztonyi Bence

Biológia Bsc ötödéves hallgató

Témavezetők:

Dr. Horváth Győző

és

Szünstein Máté

Pécsi Tudományegyetem

Természettudományi Kar, Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék

Pécs

2025

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	2
2. Kérdések és célkitűzések.....	5
3. Anyag és módszer.....	6
3.1. Vizsgálati terület	6
3.2. Vizsgálati protokoll.....	8
3.3. Statisztikai adatfeldolgozás	10
4. Eredmények.....	13
4.1 Elmozdulások távolsága közötti különbségek.....	13
4.2 Mozgáskörzetek.....	15
4.2.1 Mozgáskörzetek vizsgálata nemek szerint (MCP).....	15
4.2.2 Mozgáskörzetek vizsgálata napszak függvényében.....	17
4.2.3 Mozgáskörzetek és magterület vizsgálata (wAKDE)	18
4.2.4 Mozgáskörzetek átfedése	19
4.3 Élőhelyfolt preferencia	23
5. Diskusszió.....	25
Köszönetnyilvánítás	26
Irodalomjegyzék.....	27

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Napjaink egyik kiemelkedően fontos természetvédelmi problémája az élőhelyek elvesztése és feldarabolódása, melyek jelentősen veszélyeztetik a lokális és akár globális biológiai diverzitást is (Brooks *et al.* 2002, Hanski 2005, Groom *et al.* 2006). A természetes élőhelyek degradációjának felgyorsulása elsősorban az olyan emberi tevékenységből ered, mint a mezőgazdaság, az urbanizáció és az ipari fejlődés (Hanski 2011). Ezek a folyamatok több faj populációját és az ezek fenntartásához szükséges ökológiai egyensúlyt veszélyeztetik, vagyis az ökoszisztémák gyérüléséhez, elszigetelődéséhez vagy akár pusztulásához vezetnek. Az antropogén tényezőkön kívül az éghajlatváltozás is súlyosbítja az élőhelyek csökkenését azáltal, hogy megváltoztatja a feltételeket különböző fajok számára. A hőmérséklet emelkedésével és az időjárás változékonyságával számos fajnak egyre nagyobb kihívást jelent az új környezethez való alkalmazkodás, különösen a mozgásukat korlátozó, fragmentált élőhelyeken (Travis *et al.* 2003).

Fontos kiemelnünk az élőhelyek közül a wetland területeket, melyek nélkülözhetetlen szerepet töltenek be a klímaváltozás, valamint az ökoszisztémák szabályozásában és a globális vízkörforgás fenntartásában (Hu *et al.* 2017, Ramsar convention 2001). A wetland ökoszisztéma szolgáltatások teszik ki a világ összes ökoszisztéma szolgáltatásának 47%-át (Costanza 1997), ami az ökoszisztéma szolgáltatások tekintetében jelentős arány (Smardon 2009, Mitsch 2015). Jelentőségüket kiemeli, hogy Ramsari egyezmény 1971-óta védelmükre törekszik. Ez is azt sugallja, hogy számos lépés történt ezen területek védelmének irányába, ugyanakkor a nagymértékű emberi tevékenységek hatása miatt a fennmaradt területek jövője továbbra is kérdéses lehet (Hu *et al.* 2017).

Magyarországon kiemelt Ramsari terület a Kis-Balaton, melyen belül Keleti berek magassásos-nádas élőhely foltokkal jellemzett található terület is, ahol a vizsgálatainkat végeztük. A területületen jellemző a magassásos, zsombéksásos és náddal borított vizenyős élőhelyek, valamint ezek mozaikos összetétele, amely fontos refúgiális területe a Közép-Európában reliktum alfajként fennmaradt pannon északi pocok számára (*Alexandromys oeconomus mehelyi*) (Szunyoghy 1954, Horváth és Gubányi 2006, Gubányi *et al.* 2007, Lanszki és Rozner 2007, Horváth & Herczeg 2013, Lanszki és Magyarai 2014, Riezing és Kalmár 2014, Lanszki *et al.* 2015, Thissen *et al.* 2015a, Ambros *et al.* 2016, Kalmár és Riezing 2017). A vizsgált Keleti berek a BFNP igazgatósági határán belüli Natura 2000 besorolású

természetvédelmi terület, ahol a korábban említett tényezők hatására a vizsgált alfaj számára előnyös magassásos területek elérhetősége, mint kedvező élőhely szűkül és fragmentálódik az ember általi tájhasználat negatív hatásai miatt, mint például a területek átalakítása mezőgazdasági célra, vagy hidrológiai viszonyokat megváltoztató vízügyi beavatkozások, illetve spontán égetések (Horváth & Herczeg 2013).

Számos veszélyeztető tényező játszhat szerepet a vizsgálati terület csökkenésében és fragmentációjában. Ez lehet például a nem megfelelő vízellátottság. Tartós szárazság esetén túl alacsony, vagy túl magas vízállás mellett csökken a magassásos nyújtotta élőhely, és egyúttal a táplálékforrás. Nem megfelelő hidrológiai beavatkozások szintén okozhatják a vízellátottság kedvezőtlenését. Az élőhelyek fragmentációja korlátozza számos itt élő faj fennmaradását, köztük az általunk vizsgált fajt kiemelten, illetve az ökológiai folyosók hiánya izolációhoz vezet és a diszperzió csökken, amik genetikai leromláshoz vezetnek. Szintén negatív tényező a gyomnövények térnyerése, mivel a faj természetes élőhelyének növényzetétől foglal helyet (Lanszki *et al.* 2015). Veszélyt jelent ezeken kívül még a mezőgazdaság térnyerése és a vizes élőhelyek lecsapolása. Előfordulhatnak természetvédelmi kezelés során elkövetett hibák, mint például a nem megfelelő égetés, kaszálás. Ezen felül problémát jelenthet az emberi mellett a természetes zavarások, illetve a természetes ellenségek fenyegetése.

Az említett és a környező területeken 1999-óta folyamatos kisemlős monitorozás zajlik, melynek keretében számos védett nem védett faj, valamint a fokozottan védett északi pocok előfordulásának nyomon követés a legfontosabb cél. Ezen fajok közül kiemelendő az általunk kiválasztott célfaj. Az északi pocok (*Alexandromys oeconomicus*) egy holarktikus elterjedésű jégkorszaki reliktumfaj. Jelen dolgozatban a faj magyarországi alfaját vizsgáltuk, a pannon északi pockot (*Alexandromys oeconomicus mehelyi*). A faj országunkban fokozottan védett, természetvédelmi értéke 500.000 Ft. Természetvédelmi státuszát a faj külső környezeti tényezők negatív hatására való érzékenysége indokolja. Ezen tényezők közül kiemelendő az antropogén hatások által létrejött élőhelyváltozások (Horváth & Herczeg 2013), melyek például nem megfelelő kezelésből, vagy kezelés hiányából keletkeznek. Ezenfelül a szűk, szigetszerű elterjedése is komoly befolyásoló tényező a faj fennmaradásában (Temple & Terry 2009, Linzey *et al.* 2016), melyhez szorosan kapcsolódik a genetikai sodródás, mivel az alacsony effektív populációméret esetén ez fokozódik (Sládkovičová *et al.* 2017).

Táplálkozásukban a növényi eredetű táplálék dominál, különösen a sások (*Carex spp.*) és más egyszikűek, míg télen sások rizómáit, magvakat és bogyókat fogyasztanak (Tast 1974). Magas anyagcsere-sebességük segít alkalmazkodni mocsaras ártéri élőhelyekhez, ahol fokozott

energiafelvétel szükséges az életben maradáshoz (Wang & Wang 1996, Zub *et al.* 2014). A Magyarországon élő populációk fő tápláléka a mocsári sás (*Carex acutiformis*) rizómája.

A párzási rendszere jellemzően promiszkuis (Tast 1966, Borkowska *et al.* 2009), de poligín (Lambin *et al.* 1992, Tast 1966) és monogám párokat is megfigyeltek korábbi kutatások során (Viitala 1994). Utóbbi oka a foltokra darabolódott élőhely, és az ezekben található bizonyos foltokhoz való ragaszkodás. A térbeli szerveződési alapmodell alapján egy populáción belül az északi pocok nőstény egyedei territóriumot tartanak fenn, melyek átfednek a hímek mozgáskörzetével (Gliwicz 1997). Ez alapján egy nőstény egyed utódai több hím egyedtől is származhatnak, ami a promiszkuis párzási rendszerre utal.

A szociális interakciók és a párzási rendszer határozzák meg a populáció térbeli szerveződését. A nőstények kisebb területeket territóriumként használnak, míg a hímek nagyobb területeken mozognak, melyek a testtömegükkel pozitívan korrelál, valamint átfedhetnek egymással a mozgáskörzeteik (Gliwicz 1997). Ezáltal a nagyobb hímek nagyobb mozgástere több nőstényével fed át, mint a kisebb tömegű fajtársaik. Az egyedek körzetei változhatnak a szezonalitással, valamint a nőstények szaporodásra kész állapota határozza meg (Hoset *et al.* 2008). Az északi pocok esetében kimutatták a „kedves ellenség” (‘dear enemy effect’) hipotézist, ami alapján a szomszédos hím egyedek inkább a szomszédaitól eltérő idegen behatolót tekintették ellenségnek (Rosell *et al.* 2008).

A faj napi aktivitása jellemzően nappali, ultradián ritmusú (Halle 1995), napnyugta és napkelte körül jellemző. Szinkronizáció figyelhető meg az egyedek között az interakcióik során, amennyiben az interakciók csökkennek, a szinkronizáció is degradálódik, alátámasztva, miszerint az aktivitási mintázatot befolyásolja (Korslund 2006).

Az északi pocok mozgási és élőhelyhasználati mintázatainak ismerete a populációk fennmaradásának szempontjából kritikus. A hosszabb mozgási távolságok csökkentik az egyedek túlélési esélyét (Steen 1994), míg az élőhelyek vegetációborításának csökkenése negatívan befolyásolja az egyedek fitnessét és demográfiai mintázatát (Andreassen & Ims 1998, Ims & Andreassen 1999). A Kis-Balaton területén végzett kutatások kimutatták, hogy a részleges kaszálás enyhe hatással volt az élőhelyekre, míg a teljes vegetáció eltávolítása (például égetés) drasztikus károkat okozott a populációban (Horváth & Herczeg 2013), ezzel megerősítve a megmenekülési hatás (‘rescue effect’) jelentőségét (Brown & Kodric-Brown 1977), amely csökkentő hatást gyakorol a helyi kihalás esélyére (Hanski 1985, 1991; Gotelli 1991). Az előbb említett vizsgálatok során az északi pocok egyedek egy műúton és egy 4-5 m széles csatornán is átkeltek, amely mozgások korábban, az extrém zavarás előtt nem voltak

jellemzők. A populációk széttöredezettsége miatt kiemelt jelentőségű az ökológiai folyosók és menekülőterek fenntartása (Horváth & Herczeg 2013).

Az élőhelyek elérhetősége és minősége kritikus az északi pocok állományok természetvédelmi kezelésében, fenntartásában, ezért fontos, hogy pontosabb információt kapjunk a célfaj területhasználatáról, mozgásmintázatáról, habitatszelekciójáról, amely új információk szükségesek a faj megőrzéséhez szükséges élőhelykezelések megtervezéséhez. A fenti életmenet jellegek részletesebb ismeretéhez nem elég a klasszikus elevenfogó csapdázásból származó adat, ennél sokkal részletesebb adatsorral szolgálhat az egyedek automata nyomon követéses módszere. Az idetartozó technológiák, mint például a GPS, PIT, TDOA, ARGOS vagy a RSS, a kisemlősök esetében sok limitációval járnak az állatok mérete, mozgásaik távolsága, valamint életmódjuk okán (Kays *et al.* 2015). Az utóbbi időben ezek a technológiák is sokat fejlődtek, ami lehetőséget nyújtott a vizsgálati célnak megfelelő rendszerek kiépítésére. Az automatizált rádiótelemetriás rendszerek (ARTS) teret nyertek, így a kézi méréseket leváltva lényegesen több és pontosabb adatot képesek produkálni. ARTS rendszerekkel korábban is végeztek már kutatásokat (Celis-Murillo *et al.* 2017, DeGregorio *et al.* 2016, DeGregorio *et al.* 2018, Hoffmann *et al.* 2018, Kays *et al.* 2011, Sperry *et al.* 2013, Steiger *et al.* 2013, Ward *et al.* 2013). Azonban néhány fontos limitációs tényező kiemelhető ezeknél a vizsgálatoknál is, például a nem kívánt visszaverődés vagy szűk csatornák használata (Wallace *et al.* 2021).

Jelen tanulmány során egy egyedülálló magyar fejlesztésű automatizált rádiótelemetriás rendszert alkalmaztunk. A pályamunka célja egy új és több adatot szolgáltató mintavételi protokoll bevezetése a Magyarországon működő monitoring rendszerbe, és ennek kiértékelése korszerű, pontos statisztikai eljárásokkal, ami ezáltal növelheti a természet- és élőhelyvédelmi programok, kezelések és szükségszerű beavatkozások hatékonyságát.

2. Kérdések és célkitűzések

Jelen dolgozatban Kis-Balatonon a Keleti-Berek területén 2023-ban magassásos-nádas élőhelymozaikban végzett rádiótelemetriás módszerrel a vizsgált területen az északi pocok egyedek mozgásvektorait, territóriumát és mozgáskörzetét vizsgáltuk. Az célkitűzéseink az alábbiak voltak:

- Az északi pocok egyedek mozgáskörzetének és mozgástávolságának becslése.
- Az egyedek mozgáskörzetei közötti eltérés vizsgálata nemek és napszak függvényében.
- Az északi pocok élőhely-használatának és habitat preferenciájának meghatározása.

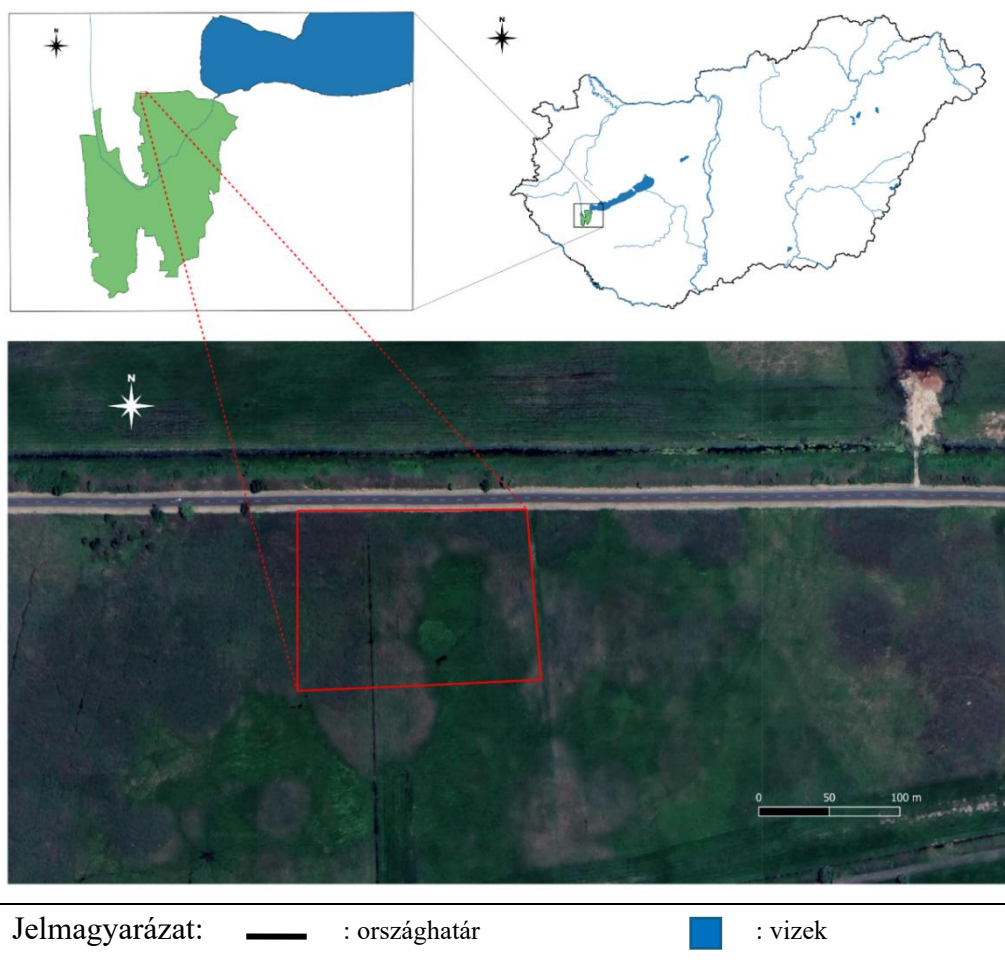
Erre vonatkozó kérdésfeltevésünk a következő volt:

- Van-e különbség a hím és nőstény északi pocok egyedek mozgásvektorainak nagysága között?
- Mekkora a mozgáskörzetek és milyen problémát vet fel a mozgáskörzetek és a magterületek átfedése?
- Milyen eltérés figyelhető meg a mozgáskörzetekben hím és nőstény egyedek, valamint a éjszakai és nappali mozgáskörzetek között?
- Az összes egyed együttes vizsgálata alapján kimutatható-e preferencia vagy averzió az egyes habitattípusok tekintetében?

3. Anyag és módszer

3.1. Vizsgálati terület

Vizsgálatainkat Zala megyében, Sármellék és Balatonszentgyörgy között lévő 76-os műúttól délre található Keleti berek területen végeztük 2023. 11. 20. és 11. 28. között (**1. ábra**).





: Kis-Balaton Natura 2000
terület



: vizsgálati terület

1. ábra A vizsgálati terület elhelyezkedése Magyarországon, és a Kis-Balatonon

Az említett élőhelyen egybefüggő sásos-nádas növényzeti borítás volt jellemző, viszont az említett habitattól délre 2023 októberében kaszálást végeztek, ami feltehetően jelentős bolygatásként hatott az itt található északi pocok kolóniára (**2. ábra**).

A korábbi években már sor került botanikai felmérésre a területen, jelen vizsgálati időszak növényzeti állapotának és borításának meghatározása a terepbejárások és tapasztalatok, valamint az utómunkálatok és műholdképek alapján történt. A habitattípusok osztályozása külső morfológia és borítás alapján történt, így megkülönböztettünk sásos, nádas, ezek között elhelyezkedő átmeneti területet, valamint vízborítást (csatorna), illetve egy nagyobb kiterjedésű, borítás nélküli vaddisznótúrást (**3. ábra**).



2. ábra A lekaszált terület (világoskék) a vizsgálat helyszínén, valamint a vizsgálati terület (citromsárga) és a korábbi vizsgálatok helyszíne (narancssárga)



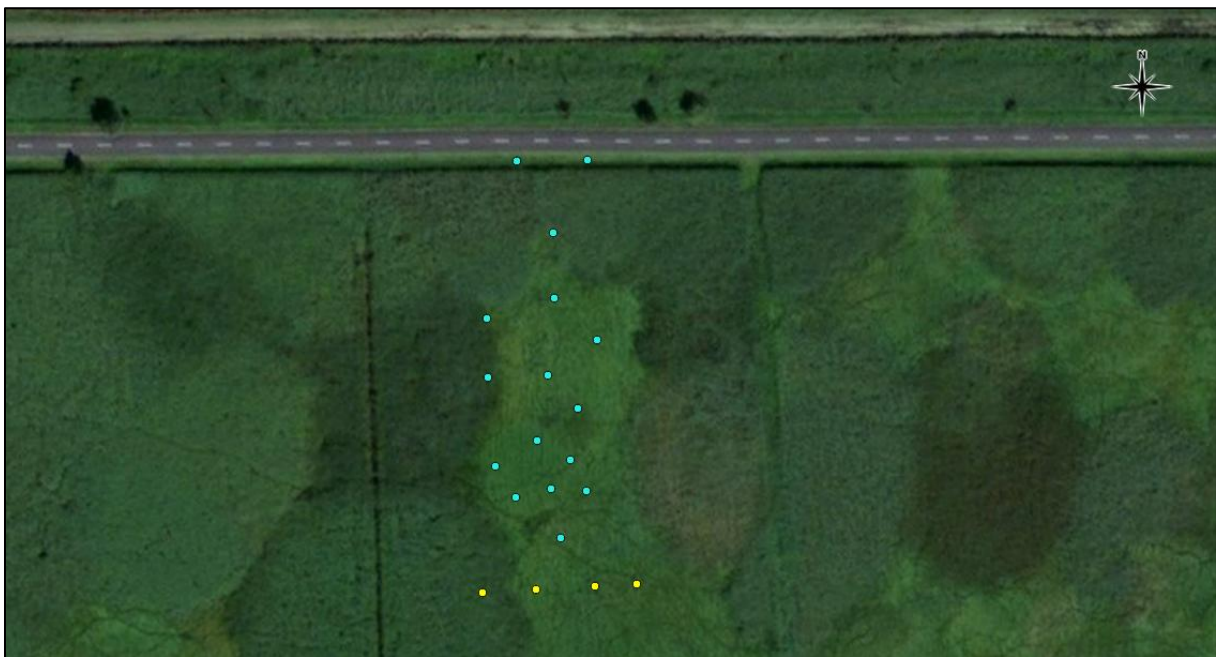
3. ábra Elkülönített habitat típusok (sárga: nádas, világos zöld: átmeneti terület, sötét zöld: sásos, kék: csatorna, szürke: vaddisznótúrás)

Az itt osztályozott élőhelytípusok, valamint a kiterjedésük további felhasználása a statisztikai módszerek alfejezetben kerül kifejtésre.

3.2. Vizsgálati protokoll

Vizsgálatunk során az északi pocok egyedekre 868 MHz-es ISM (Industrial, Science, Medical) sávban jelet sugárzó frekvencián rádióadókat erősítettünk, amelyek kibocsátott jeleit irányérzékeny antennák használatával detektáltuk. A mérések során használt magyar fejlesztésű rendszer alapját az ismert földrajzi pozícióban elhelyezett, központi számítógépes rendszerrel vezeték nélkül működtetett jellevő antennatornyok jelentették, amik alapján későbbiekben a mért irányszögek felhasználásával a háromszögelés módszert alkalmazva meghatározható a vizsgált egyed pozíciója. Bár a különböző állatfajok nyomon követési lehetőségei a technológia fejlődésével folyamatosan bővültek, a rendszer mégis egyedülálló és hiánypótló, hiszen az antennatornyok képesek egyszerre több jeladó akár 1-2 km távolságról érkező jelének feldolgozására, illetve a pozíciók fél méter alatti pontosságú meghatározására. Továbbá a felhasznált jeladók mérete és súlya, valamint élettartama tovább bővíti a felhasználási lehetőségeit.

A vizsgálati terület felmérése során RTK előfizetéses GPS alkalmazásával meghatároztuk az antennatornyok potenciális pozícióit, valamint több véletlenszerű pontot rögzítettünk az élőhelyen referenciapontként, melyeknek az adatok utófeldolgozásában van kiemelt szerepet (**4. ábra, kék pontok**).

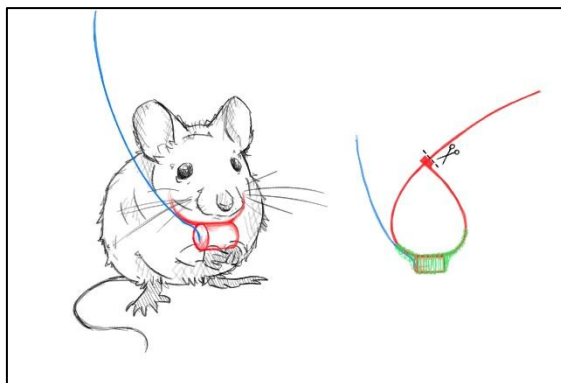


4. ábra Referenciapontok (kék) és potenciális toronypontok (sárga) elhelyezkedése

A tornyok elhelyezésében döntő szerepet játszott az elevenfogó csapdázásos előzetes felmérés, amivel meghatároztuk a célfaj egyedeinek hozzávetőleges megjelenését. A tornyok az élőhely, és a lekaszált terület rész határán kerültek telepítésre (**4. ábra, sárga pontok**). A mérések elindítása után a már említett referenciapontokon kalibráló jeladókat elhelyezve is végeztünk méréseket, ezek eredményét felhasználva az állatokkal kapcsolatos mérési eredményeket a referenciapontokra vonatkozó iránymérések szerint lehet korrigálni. A mintavétel során a két torony azonos mérési rutin alapján dolgozott, ami a tornyok automatikus, időzített bekapcsolását, az antennák motor általi forgatását (180 fokban pásztázva a vizsgálati területet), az iránymérések végrehajtását, az adatok megjelenését és tárolását jelenti. A rutin minden 10 percben 3 alkalommal futott végig, az adott óra 0., 3., és 6. percében, a mérési folyamat 25 másodpercig tartott. Az időrésekhez szinkronizálva lettek elindítva az állatokra felhelyezett jeladók, melyek az élesítésüktől számított minden 10. percben adtak ismételt jelet 1 percig. A fent említett beállításokkal képesek voltunk meghosszabbítani a jeladók működési idejét, hiszen így az alkalmazott elemek tovább tudtak energiaforrásként szolgálni. A vizsgált északi pocok egyedek pozícióit, így mozgásukat valós időben a központi számítógépen tudtuk nyomon követni a rendszer működtetésére egyedileg elkészített szoftver felhasználói felületén.

Az északi pocok egyedek vizsgálatra való kiválasztásának fontos paramétere az egyedek mérete, amit többek között a transzmitter limitál (J. Theuerkauf *et al.* 2007.), a szakirodalomban elfogadott határ kisemlősök esetében az adott egyed testtömegéhez viszonyítva a jeladó tömege

maximum 4-5% lehet, mivel ebbe a mérettartományba tartozó nyomkövető egységek nem akadályozzák az egyedeket természetes mozgásaikban. Így vizsgálatunk során azon állatokra helyeztünk jeladót, melyek testtömege elérte a 25 grammot. A nyomkövetésre használt rádiotranszmittereket önvulkanizálódó gumiszalaggal kábelkötegelőhöz rögzítettük, majd ezeket a pontos méret beállítása után felhelyeztük az egyedekre az **5. ábra** alapján.



5. ábra A jeladó felhelyezésének sematikus ábrája

Ahogy az ábra is mutatja, a transzmitter az állatok nyakának hasi oldalán helyezkedik el, az antenna pedig a nyakörvön felvezetve a tarkónál kerül kivezetésre. A kritériumoknak megfelelő egyedek esetében feljegyeztük a nemet, kort, ivari állapotot, a csapda számát, az állat befogásának, jeladó rögzítésének, a szabadon engedésnek, és a visszafogásának idejét. A jeladó rögzítésétől az elengedésig számítva minden esetben 1 óra intervallumot hagytunk az állatoknak, hogy figyelemmel kísérjük a nyakörv megszokását. A vizsgálat minden fázisában a fent említett protokoll lépései, a jeladó felszerelését és levételét az egyedek jólétét előtérbe helyezve a legnagyobb körültekintéssel, és a legkisebb stresszt okozva végeztük.

3.3. Statisztikai adatfeldolgozás

A rádiotelemetriás vizsgálat által gyűjtött lokációk a statisztikai és vizualizációs feldolgozás előtt egy előkészítésen esnek át, ami során időpontonként és egyedi szinten is ellenőrzik és pontosítják a pozíciókat a beérkező jelszintek és a felvett referenciapontok felhasználásával. Ezt az előfeldolgozást az automatizált rádiotelemetriás nyomkövető rendszert kidolgozó Wohlfart Richárd egyetemi mérnök, és kollégái végezték. A továbbiakban az ebből származó, letisztított és pontosított lokációkkal dolgoztunk.

Statisztikai vizsgálatainkat R programkörnyezetben végeztük különféle, mozgásmintázatok és a területhasználat elemzésére készült csomagokkal. Az északi pocok egyedek mozgáskörzetének, valamint mozgásvektorainak becsléséhez első megközelítésben az 'adehabitat' csomagot alkalmaztuk, amelyet állatok területhasználatára és mozgásmintázatok

elemzésére tervezték. A csomag 4 alcsomagra épül, ezek a (I) raszter térképek létrehozása és kezelése, (II) habitatszelekció és ökológiai niche becselő analízisek lefuttatása, (III) mozgáskörzet becslése, valamint (IV) nyomon követett állatok trajektóriáinak vizsgálata. A felsoroltak közül a IV., 'adehabitatLT' elnevezésű alcsomagot használtuk, ami képes kezelni mind az I-es típusú útvonalakat (ahol nem került rögzítésre időpont, így nincs az adatok között folytonosság, pl. lábnyomok a hóban), illetve lehetőséget biztosít időponttal ellátott (II-es típusú) lokáció adatok feldolgozására. Az alapadatok az adott északi pocok egyedhez tartozó azonosító (ID), a lokáció rögzítésének pillanata (DataTime), illetve a koordináták (Longitude, Latitude) voltak. Az egyedek összes mozgásának összehasonlítására Kruskal-Wallis medián tesztet végeztünk (Zar 2010), melynek eredményét box-plot diagramon ábrázoltuk.

A z egyedek mozgáskörzetének vizsgálatához első megközelítésben Minimum Konvex Poligon (MCP) módszert alkalmaztunk. Ez a funkció az 'adehabitatHR' alcsomag (III-as) része, a módszer az adott egyed lokációi alapján a lehetséges legkisebb sokszöggel határolja le az összes térbeli lokációt, majd ez alapján számolja ki az állat mozgáskörzetét. A módszer könnyen interpretálható és kevés adat alapján is elvégezhető, ugyanakkor könnyen túlbecsülheti a mozgáskörzetet, valamint érzékeny a kiugró értékekre. Az egyedek éjszakai és nappali mozgáskörzetének becslését szintén e módszerrel végeztük, ezek egyedenkénti, és egyedek közötti összehasonlítását Mann-Whitney U-tesztel értékeltük (Zar 2010).

Tekintettel a Minimum Konvex Poligon módszer limitált alkalmazási lehetőségeire, a vizsgált egyedek élőhelyhasználatát, és mozgáskörzetét továbbá Kernel sűrűségbecsléssel vizsgáltuk, ami sokkal részletesebb információt ad a valós területhasználatról, ugyanis a függvény figyelembe veszi a lokációk sűrűségét. Ugyanakkor több tudományos értekezés vitatja a módszer alkalmasságát, ugyanis a Kernel sűrűségbecslés előfeltétele az adatok függetlensége, ami térbeli lokációk esetében mindenképp sérül, az egyes egyedek mozgási útvonalainak pontjai autokorrelálnak („Minden mindennel összefügg, de a közelebbi dolgok erősebben hatnak egymásra” – Waldo R. Tobler). Fleming és munkatársainak 2015-ben megjelent értekezésében kibővítik a normál Kernel sűrűségbecslést és rámutatnak a fent említett problémákra, így bevezették az Autokorrelált Kernel Sűrűségbecslést (röviden AKDE), aminek a használatát a 2016-ban elérhetővé tett és publikált, a már említett kutatócsoport által készült 'ctmm' csomag teszi lehetővé (J. M. Calabrese *et al.* 2016). A mozgáskörzeteket 95%-os konfidencia intervallummal az 'akde()' funkcióval becsültük, ahol a 'weights = TRUE' parancs alkalmazása súlyozott sűrűségbecslést eredményez (Fleming és Calabrese 2015, Calabrese *et al.* 2016). Vizsgálatunk során feltüntettük azt a területegységét, ahol az adott állat relokációinak alapján 50%-ban megtalálható, és a becslések alapján az egyed territóriumaként jelöltük (Lee

et al. 2022). Az egyedek mozgáskörzeteinek páronként vizsgált átfedését a 'ctmm' csomag `overlap()` függvényével végeztük, ami alapértelmezett beállításként a „Bhattacharyya” koefficienszt számolja ki, ami egy 0 és 1 közé eső szám, ahol 0 a teljes elkülönülést, 1 pedig a mozgáskörzetek teljes átfedését jelöli.

A mozgástávolságok és mozgáskörzetek egyed szintű vizsgálatai mellett Jacobs-féle preferencia index-szel vizsgáltuk, hogy az északi pocok esetében kimutatható-e olyan habitattípus, amelyet az állatok előnyben részesítenek. Az index kiszámítása:

$$D = \frac{r - p}{r + p - 2 * r * p}$$

ahol r az egyed felmért pozíciója az adott élőhelyen, p a habitattípus elérhetősége (mérete) a vizsgált területen. D értéke 1 (preferencia) és -1 (teljes averzió) közötti szám lehet, 0 érték esetében az élőhelyválasztás random. A vizsgálati terület meghatározását Kauhala és Auttila 2010-ben megjelent tanulmányuk alapján végeztük, így az összes vizsgált egyed lokációja alapján meghatározott Minimum Konvex Poligon jelentette az általunk figyelembe vett területrészt (**6. ábra**).



6. ábra A vizsgált 6 egyed lokációinak összesített MCP-je

Az így becsült poligont a 3.1. fejezetben taglalt empirikus és műholdas felvételek alapján felosztottuk a már említett 5 élőhelytípusra (**3. ábra**), és meghatároztuk ezek méretét, a továbbiakban ez jelentette az élőhely elérhetőségét (p). A területek lehatárolását, digitalizálását a QGIS szoftver használatával végeztük el. A habitat tényleges használatának meghatározásához az egyedek felmért térbeli pontjainak idősorát 4 órás szekvenciákra osztottuk fel, hogy elegendő

adat álljon rendelkezésünkre a 0-tól való eltérés tesztelésére. Emiatt az adatsoron Shapiro-Wilk féle normalitás tesztet végeztünk, majd az adatok normál eloszlástól való eltérése miatt a 0-tól való eltérést egymintás előjelteszttel vizsgáltuk R környezetben. Az így kapott eredményeket doboz diagramon ábrázoltuk, feltüntetve a szignifikancia szinteket az egyes élőhelytípusok esetében.

4. Eredmények

Vizsgálatunk során összesen 9 északi pocok egyedet láttunk el jeladóval, amelyek közül az előfeldolgozás során 6 egyed térbeli pozíciói és mozgásai bizonyultak alkalmasnak a további statisztikai vizsgálatokra. Az egyedek nem és tömeg paramétereit, valamint az egyedi azonosítójukat az **1. táblázat** tartalmazza. Mind a 6 nyomon követett egyed felnőtt állatnak volt, továbbá a hímek nem mutatták az ivarzás jeleit, valamint a nőstények szemrevételezés alapján nem voltak vemhesek, vagy szoptattak kicsinyeket.

1. táblázat A vizsgált egyedek alapadatai

Azonosító	Faj	Nem	Kor	Tömeg
ID3	északi pocok	hím	felnőtt egyed	27g
ID4	északi pocok	nőstény	felnőtt egyed	25g
ID6	északi pocok	nőstény	felnőtt egyed	26g
ID7	északi pocok	nőstény	felnőtt egyed	32g
ID8	északi pocok	nőstény	felnőtt egyed	26g
ID9	északi pocok	hím	felnőtt egyed	25g

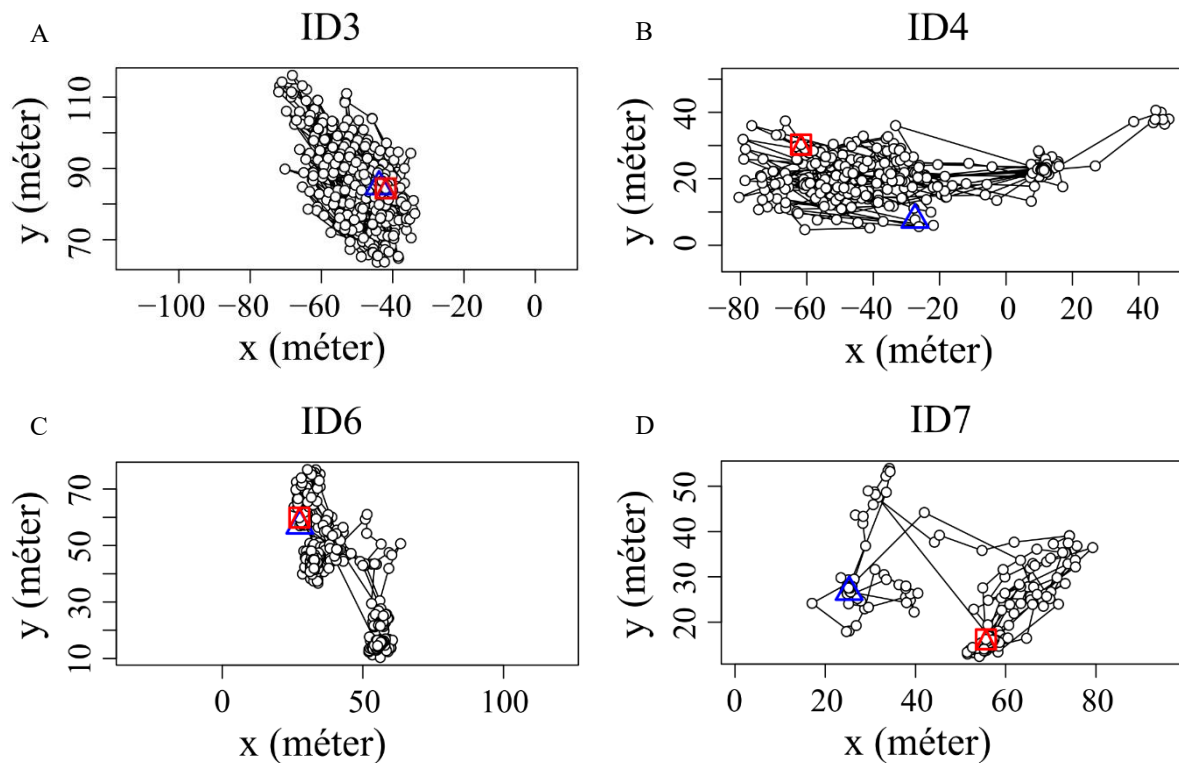
4.1 Elmozdulások távolsága közötti különbségek

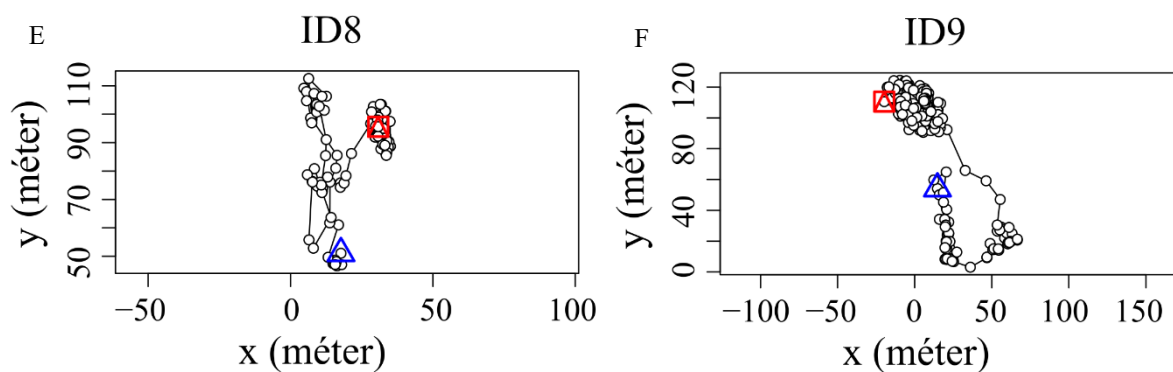
A dolgozatom első kérdése a vizsgált faj egyedei mozgásvektorainak vizsgálatára irányult. A nemek megoszlása, és a vizsgálatba bevont állatok száma következtében eredményünkből óvatos következtetéseket lehet levonni, megállapításaim a fent említett 6 északi pocok egyedre vonatkoznak. A vizsgált egyedek lokációiból becsült mozgásvektorokat a **7. ábrán** mutatjuk be. A fiatal különálló, ID3 azonosítójú hím egyed vektorai és térbeli elhelyezkedései szemmel láthatóan koncentrálnak, jelennek meg hasonlóan, mint az ID4 jelű nőstény esetében. Feltételezhetjük, hogy a két egyed magterületét szorosan tartja, kevés magterülettől eltávolodó hosszabb távú mozgást végeznek (**7/A-B. ábra**). Ezzel ellentétben a

további vizsgált 4 egyed mozgásvektoraiban már megfigyelhetők nagyobb területeken áthaladó, hosszabb mozgások (7/C-F. ábra).

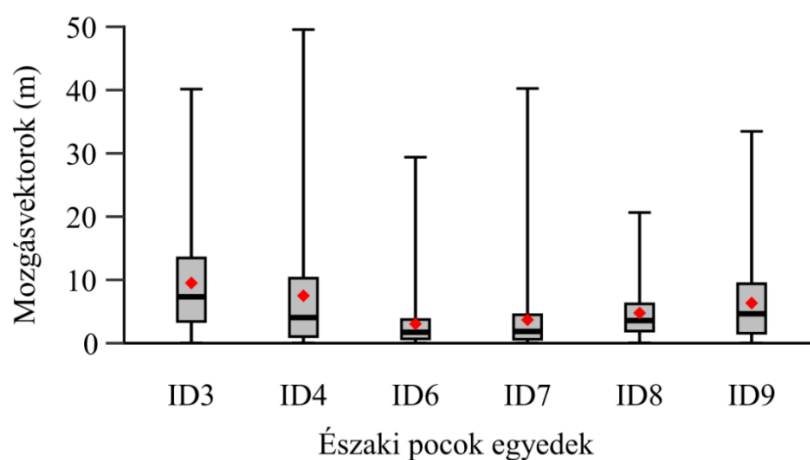
A vizsgált északi pocok egyedek mozgásvektorainak összehasonlítására Kruskal-Wallis tesztet végeztünk, aminek eredményeit a **2. táblázatban**, illetve **8. ábrán** szemléltettünk. A teszt szignifikáns különbséget mutatott az egyedek mozgásvektorainak nagysága között ($H = 352,099$; $P < 0,001$).

A Dunn-féle post-hoc teszt ezen belül kimutatta, több egyed összehasonlításában jelenik meg statisztikailag bizonyítható eltérés a mozgásvektorok nagyságában. Az ID3 hím északi pocok egyed minden másik állat összehasonlításában szignifikáns nagyobb mozgásokat végzett (2. táblázat), ahogy ezt előzetesen vártuk, hiszen a hímek az idő nagy részében aktívan keresik a párosodásra alkalmas nőstényeket, így nagyobb területet járnak be, vagy legalábbis aktívabb mozgást mutatnak. Az ID9-es hím állat az előbb tárgyalt ID3 hím mellett az ID6 és ID7 azonosítóval rendelkező nőstény egyedeknél is többet mozgott. Habár a nőstények között is találunk statisztikailag bizonyítható eltéréseket, a box-plot diagram alapján az előbb említett különbségek sem detektálhatók (**8. ábra**).





7. ábra A vizsgált északi pocok egyedek mozgásvektorainak ábrázolása



8. ábra Az egyedek elmozdulási távolságainak alakulása

2. táblázat A Kruskal-Wallis ANOVA Dunn-féle páronkénti post-hoc tesztjeinek z értékei

	ID3	ID4	ID6	ID7	ID8	ID9
ID3	-					
ID4	7,818***	-				
ID6	17,205***	9,206***	-			
ID7	12,846***	6,467***	0,945	-		
ID8	5,344***	0,641	4,888***	3,827**	-	
ID9	6,247***	0,937	9,414***	6,899***	1,217	-

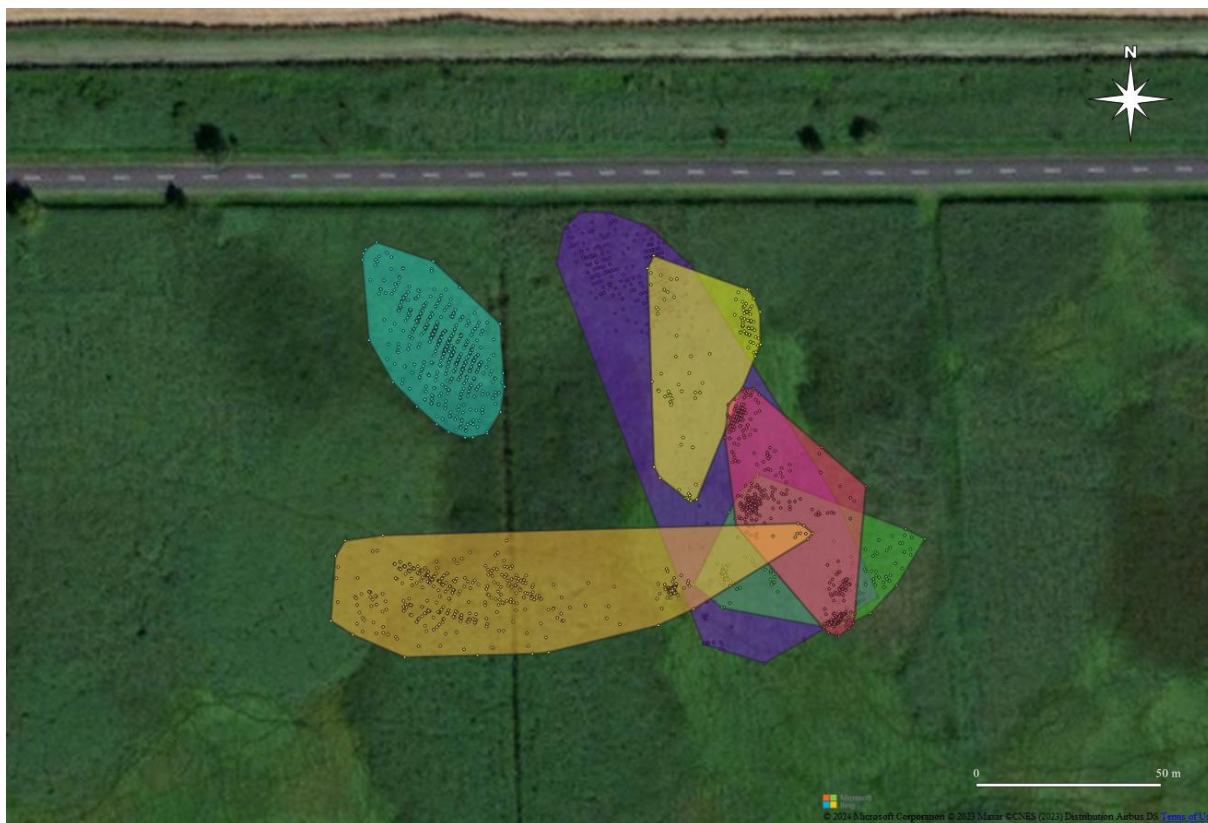
*: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$

4.2 Mozgáskörzetek

4.2.1 Mozgáskörzetek vizsgálata nemek szerint (MCP)

A 9. ábrán láthatók az egyedek mozgáskörzetei minimum konvex poligon módszerrel meghatározva. Az egyedek legkülső pozíciója mentén rajzolt 95%-os mozgáskörzete valószínűleg egy túlbecslés a módszer sajátosságaiból adódóan. Az összes egyed együttes

ábrázolásával látható átfedés a körzetek között, ugyanakkor fontos kiemelni, hogy metodika időbeli elkülönülést nem vesz figyelembe.



9. ábra Az egyedek mozgáskörzete minimum konvex poligon módszer alapján (ID3: kék, ID4: narancssárga, ID6: piros, ID7: zöld, ID8: citromsárga, ID9: lila)

Az ID9-es kódú hím egyed mozgáskörzete jól láthatóan átfed az összes általunk vizsgált nőstény egyedével, ami a faj promiszkusi párzási rendszeréből eredő térbeli elrendeződését igazolja, valamint a nőstények mozgáskörzetei csak kisebb mértékben fednek át. A **3. táblázatban** szereplő területadatok is alátámasztják a korábbi állítást, ugyanis a ID9-es kódú hím állat rendelkezik a legnagyobb mozgáskörzettel. Kivételnek tűnhet ezen megállapítások alapján az ID3-as hím északi pocok, amely a legkisebb területű mozgáskörzettel rendelkezik, valamint nem fed át egyik nőstény egyedével sem.

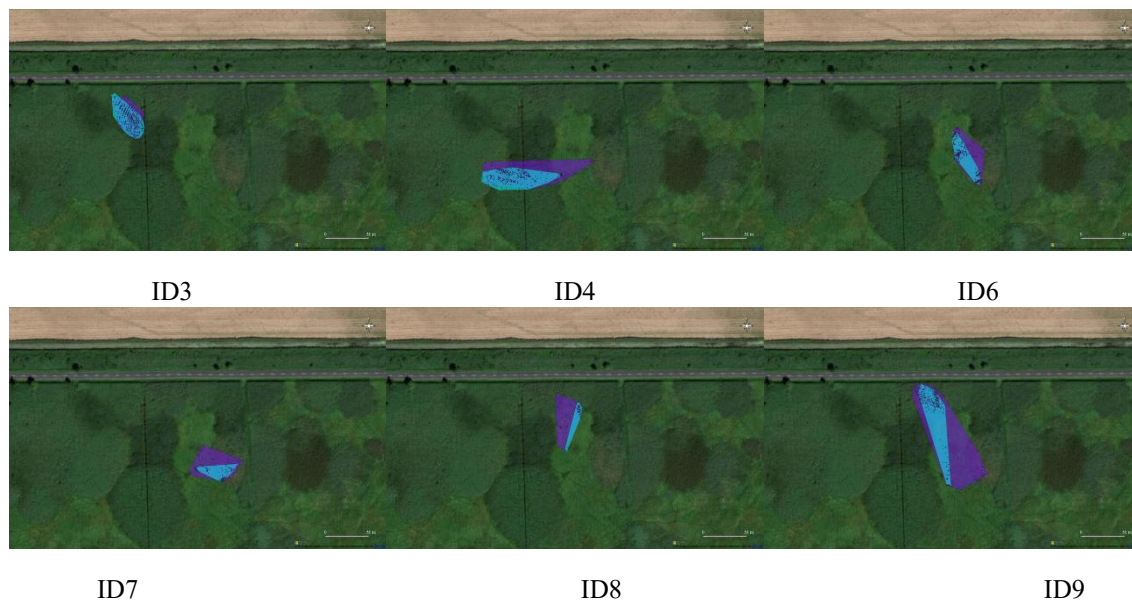
3. táblázat Az egyedek mozgáskörzeteinek méretei

	ID3	ID4	ID6	ID7	ID8	ID9
Nem	hím	nőstény	nőstény	nőstény	nőstény	hím
Terület (m ²)	1344,56	3320,98	1538,34	1628,40	1384,98	5011,49

Ezen tapasztalatok alapján, továbbá miszerint a két hím egyed közül ez rendelkezik nagyobb tömeggel (**1. táblázat**), feltételezhető, hogy ez a hím északi pocok nem az általunk vizsgált többi egyed által alkotott csoport tagja. A 'dear enemy' hipotézist is alátámasztja a jelenség, hogy a behatoló nem interaktált a vizsgálatban szereplő többi egyeddel.

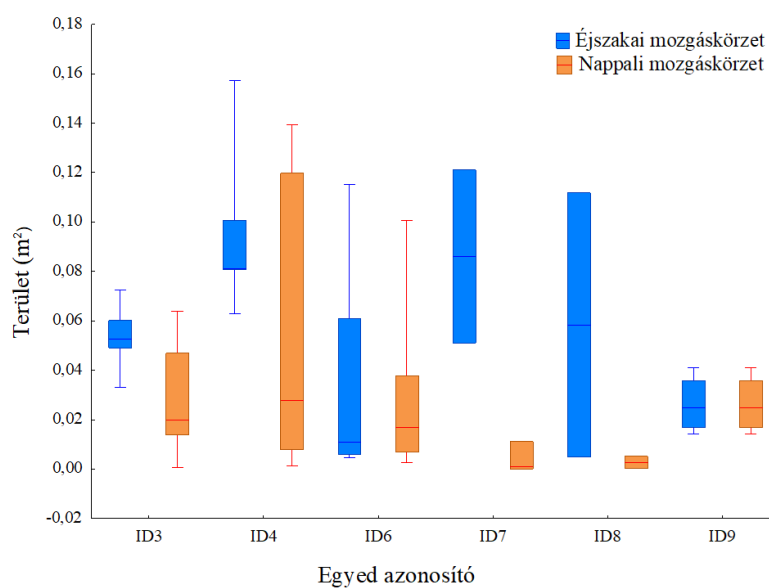
4.2.2 Mozgáskörzetek vizsgálata napszak függvényében

A lokációkat elkülönítettük minden egyed esetén nappali és éjszakai egységre, amelyek alapján meghatároztuk az az adott napszakra vonatkozó mozgáskörzeteiket (**10. ábra**). Az időszakok meghatározásának alapja az adott naptári napon a napkelte és napnyugta időpontja volt.



10. ábra Az egyedek nappali (világoskék) és éjszakai (lila) mozgáskörzete

Az egyedek napszak szerinti mozgáskörzetek méretbeli eltérését Mann-Whitney féle U-teszttel hasonlítottuk össze (**11. ábra**), mely alapján észrevehetőek kisebb-nagyobb eltérések, ugyanakkor egyik párosításban sem állapítottunk meg szignifikáns különbséget.

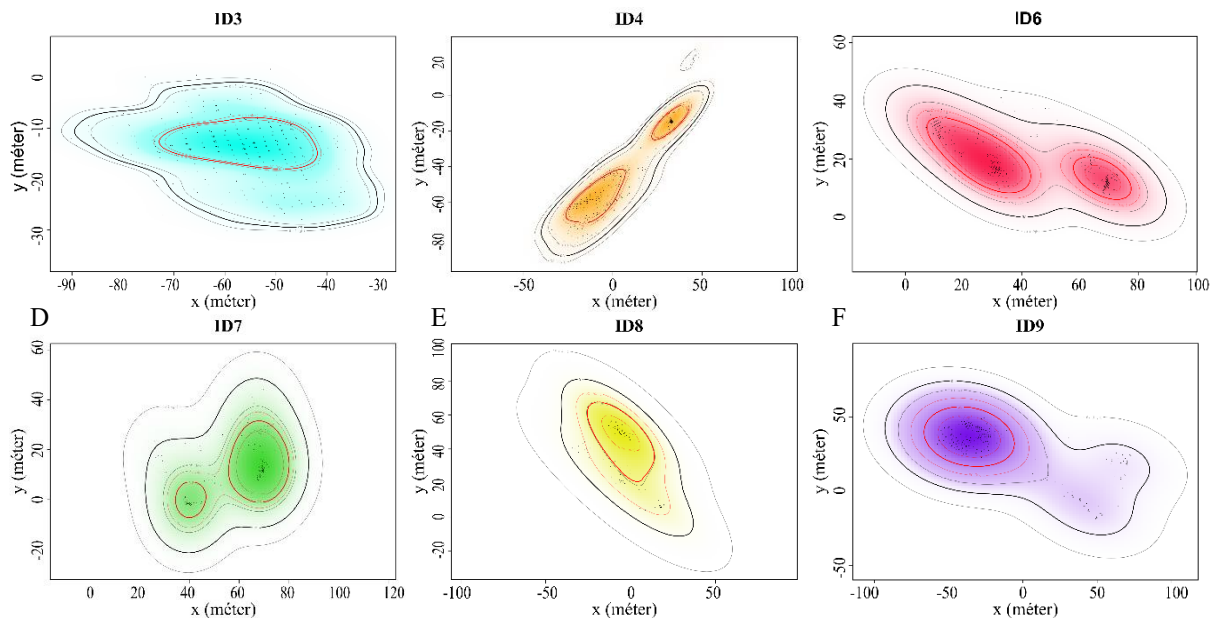


11. ábra Mann-Whitney féle U-teszt doboz diagramja

Az eredmények magyarázhatók, hogy a minimum konvex poligon módszer robusztus, szemben például az autokorrelált kernel denzitás becsléssel. A napszak szerinti mozgáskörzetek méretbeli eltéréseinek vizsgálata további kutatás tárgyát képezi, mind alkalmazott módszerek, mind statisztikai feldolgozás terén.

4.2.3 Mozgáskörzetek és magterület vizsgálata (wAKDE)

Az egyedi mozgáskörzetek és territóriumok meghatározását a már említett, továbbfejlesztett Kernel sűrűségbecsléssel végeztük, amely módszer kiküszöböli a térbeli pontok adatsorának autokorrelációját, illetve a pontosabb függvénybecslés céljából súlyozott értékekkel határozza azt meg. A vizsgált 6 északi pocok egyed mozgáskörzeteit az **12. ábrán** szemléltettük, ahol a fekete körvonal a home-range 95%-os konfidencia intervallumát, míg a belső piros körvonal a territórium (vagy későbbiekben magterület) becsült határvonalát jelöli, ami a felhasznált eloszlás (utilization distribution, UD) 50%-a. A Minimum Konvex Poligon módszer alkalmazásával bár az ID4 nőstény, valamint az ID9 hím egyed mozgáskörzete a másik 4 egyedhez képest nagyobbak, a wAKDE ábrák jól mutatják a területek teljesen egyenlőtlen használatát, ezáltal bizonyosságot nyert az a megállapítás, miszerint az MCP módszer használatával önmagában nem meghatározható az állatok tényleges territórium.



12. ábra Az egyedek mozgáskörzete autokorrelált kernel denzitás alapján

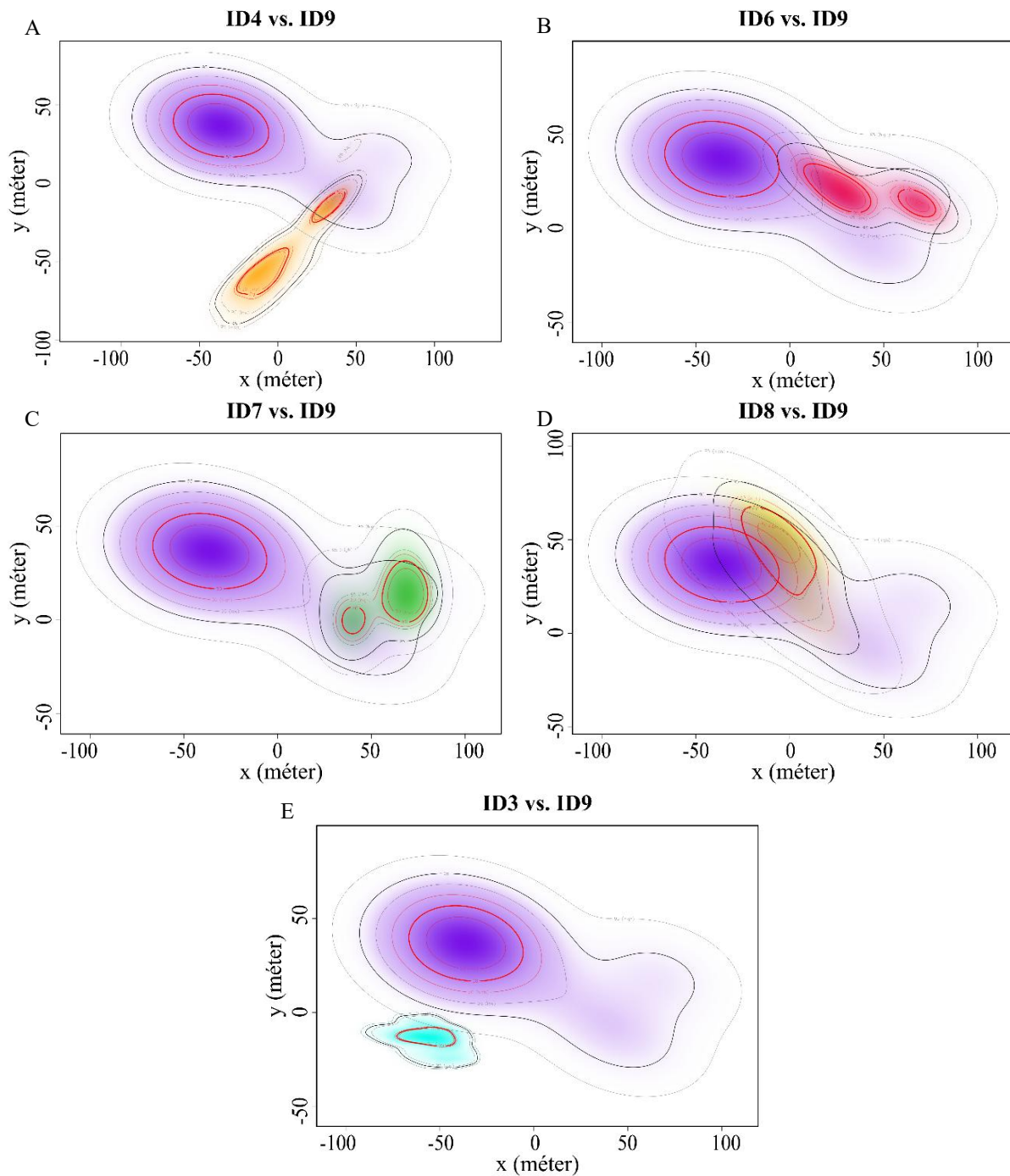
A két hím (ID3 és ID9), valamint az ID8 nőstény északi pocok egyed a vártnak megfelelően egy jól körülhatárolható, a teljes mozgáskörzetben megjelenő territóriumot mutatnak (**12. ábra /A, E, F**). Ugyanakkor a 3 nőstény egyed (ID4, ID6, ID7), melyek feltételezhetően

interakcióban álltak egymással, 2 db 50%-os felhasználású magterülettel rendelkeznek, de a két megjelenő magterület szerepének meghatározása nem képezi jelen tanulmány részét, mindazonáltal feltételezhető, hogy a két jól körülhatárolható terület nagy szerepet játszik a források (elsődlegesen táplálékkínálat, búvóhely) megfelelő felosztásában (**12. ábra /B, C, D**).

4.2.4 Mozgáskörzetek átfedése

Az előző alfejezetben bemutatott északi pocok egyedek mozgáskörzetének, valamint magterületük átfedését a „Bahttacharyya” - koefficiens alkalmazásával vizsgáltuk, melyek eredményeit az **4. táblázat** tartalmazza. A koefficiens 0 és 1 közötti értéket vehet fel, ahol 0 a teljes elkülönülést, 1 pedig a mozgáskörzetek teljes átfedést jelent.

Első megközelítésben az ID3 és ID9 hím egyedek, valamint a többi nőstény egyed mozgásterületének átfedését vizsgáltuk meg. A kisebb testtömegű, ID9-es hím északi pocok egyed mozgáskörzete mindegyik nőstény egyed mozgáskörzetével átfedett (**13. ábra**), ugyanakkor a másik (ID3) hím állattal elszigetelődést mutatott (átfedési koefficiens: 0,041) (**13/E. ábra**). A 2 magterülettel rendelkező nőstények és az ID9 egyed összehasonlításában azt tapasztaltuk, hogy a nőstények magterülete, valamint a hím állat mozgáskörzete egyértelműen átfednek (**13/A-B-C. ábra**).



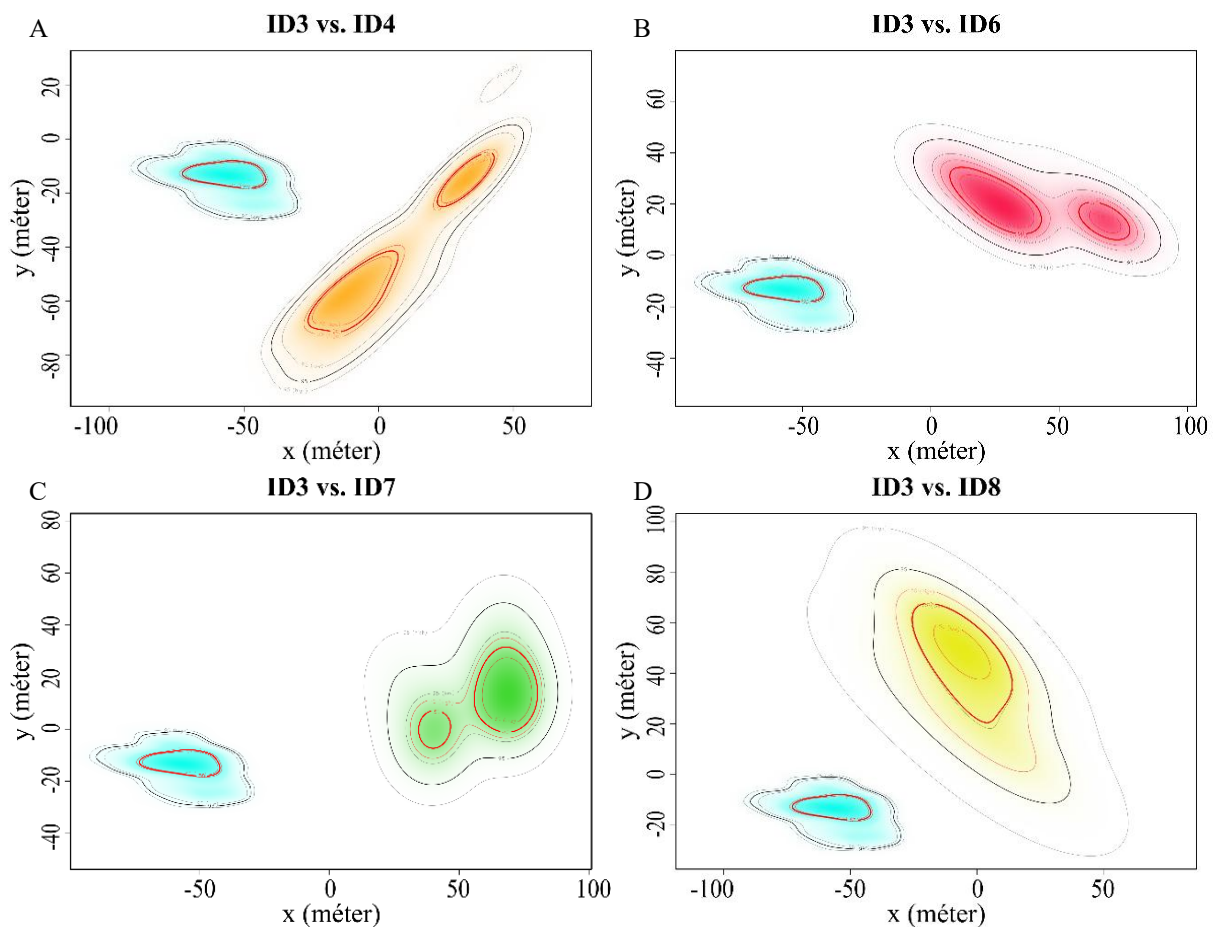
13. ábra Az ID9 hím északi pocok, és a többi vizsgált egyed mozgáskörzetének átfedése

Ezek közül a legkisebb átfedési koefficiens az ID4 és ID9 egyed párosításában kaptuk (0,148), ugyanakkor az **13./A** ábra alapján jól látszik, hogy a nőstény egyed egyik magterülete ebben az esetben is átfedésben van a hím állat mozgáskörzetével. Az 1 magterülettel rendelkező ID8 nőstény esetében kaptuk a legnagyobb átfedési koefficiens (0,805) az ID9 állat mozgáskörzetével összevetve. A **13./D. ábra** jól szemlélteti, hogy a két egyed esetében még a territóriumok is átfednek, ami alapján valószínűsíthető a két egyed interakciója.

4. táblázat Az egyedek mozgáskörzetének átfedésének mértékét kifejező Bhattacharyya koefficiensek

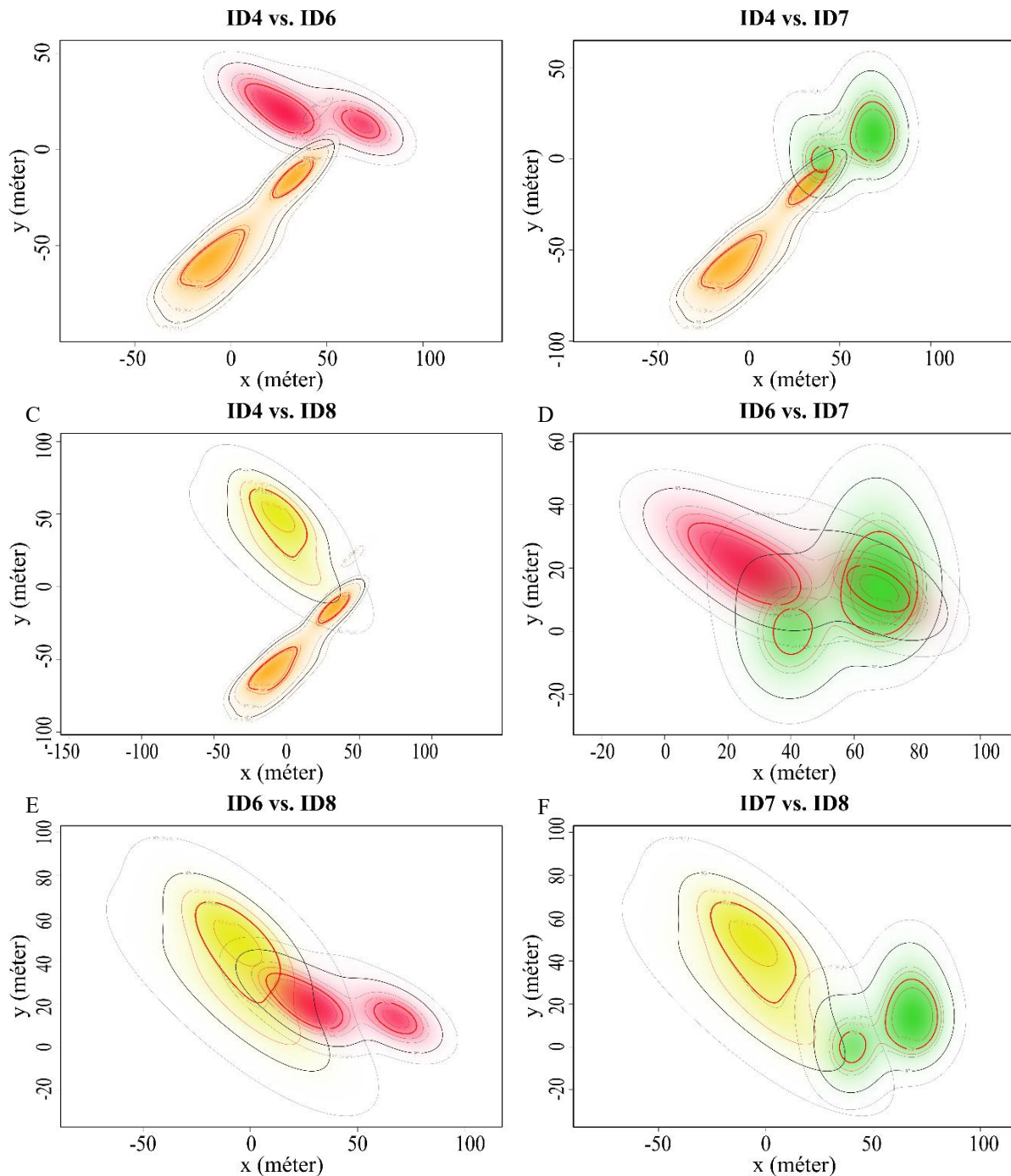
	ID3	ID4	ID6	ID7	ID8	ID9
ID3	1	0	0	0	0	0,041
ID4	0	1	0,089	0,245	0,108	0,148
ID6	0	0,089	1	0,769	0,583	0,446
ID7	0	0,245	0,769	1	0,263	0,408
ID8	0	0,108	0,583	0,263	1	0,805
ID9	0,041	0,148	0,446	0,408	0,805	1

A másik, ID3 jelzésű hím északi pocok egyed a másik hímrel mutatott elhanyagolhatóan alacsony átfedési értéken kívül (0,041) nem mutatott átfedést a vizsgálatba bevont többi nőténnyel, amit a **14. ábra** is alátámaszt.



14. ábra Az ID3 hím északi pocok és a vizsgálatba bevont nőtény egyedek mozgáskörzetek átfedése

A vizsgált 4 nőtény északi pocok esetében a mozgásmintázatok átfedése változatos, ezeket a **15. ábra** szemlélteti. Az ID4 azonosítójú egyed mind az ID6, mind az ID8 nőtény párosításában alacsony átfedési koefficiens értéket mutat (ID4 vs. ID6: 0,089; ID4 vs. ID8: 0,108), amit a **15. ábra/ A és C** része is alátámaszt. E mellett az ID7 jelű egyeddel bár szintén alacsony Bahtacharyya koefficienst mutat az átfedés becslése (0,245), ugyanakkor a **15/B. ábrán** szembevető a két egyed 1-1 magterületének közeli elhelyezkedése, aminek oka lehet az egyedek közötti közeli rokonsági fok vagy az említett területek kevésbé priorizálása.



15. ábra A vizsgálatba bevont nőstény északi pocok egyedek mozgáskörzetének átfedései

A 2 50%-os magterülettel rendelkező ID6-os és ID7-es egyedek összehasonlításában magas átfedési koefficiens értéket tapasztalunk (**4. táblázat**, Bahttacharyya index: 0,769), a **15/D. ábra** jól szemlélteti, hogy a két egyed egyik magterülete szinte teljesen átfed, míg a másik kettő territórium is közel helyezkedik egymáshoz, míg az ID6 és ID8 esetében 50% körüli átfedést mutattunk ki (**4. táblázat**). Ebben az esetben a két egyed magterületei minimálisan átfedéssel szintén közel helyezkedtek el egymáshoz (**15/E. ábra**). Ennél alacsonyabb átfedési értéket (Bahttacharyya koefficiens: 0,263) kaptunk az ID7 és ID8 azonosítójú nőstény egyedeknél (**4.**

táblázat). A **15/F. ábra** alapján elmondhatjuk, hogy az ID7-es állat mozgáskörzete a másik, nagyobb területen mozgó ID8-as egyed körzetének szélén helyezkedik el, ami a becslés hibatarományába esik, így ebben az esetben az egyedek közötti valós interakció nem bizonyítható.

4.3 Élőhelyfolt preferencia

A továbbiakban az északi pocok élőhelyhasználatát vizsgáltuk 5 elkülönített habitattípus tekintetében. Ezen vizsgálat során faj szinten értékeltük az összes egyed teljes vizsgálati idő alatt begyűjtött térbeli elhelyezkedési pontjait, hogy a fajra vonatkozó preferenciaértékeket kaphassuk meg (16. ábra).



16. ábra A rendelkezésre álló élőhelyfoltok és az összes egyed összes lokalizációja, sárga: nád, sötét zöld: sás, világos zöld: sás-nád terület közötti szegély, kék: csatorna, szürke: talajfelszín vegetáció nélkül, körök: állatok lokalizációi

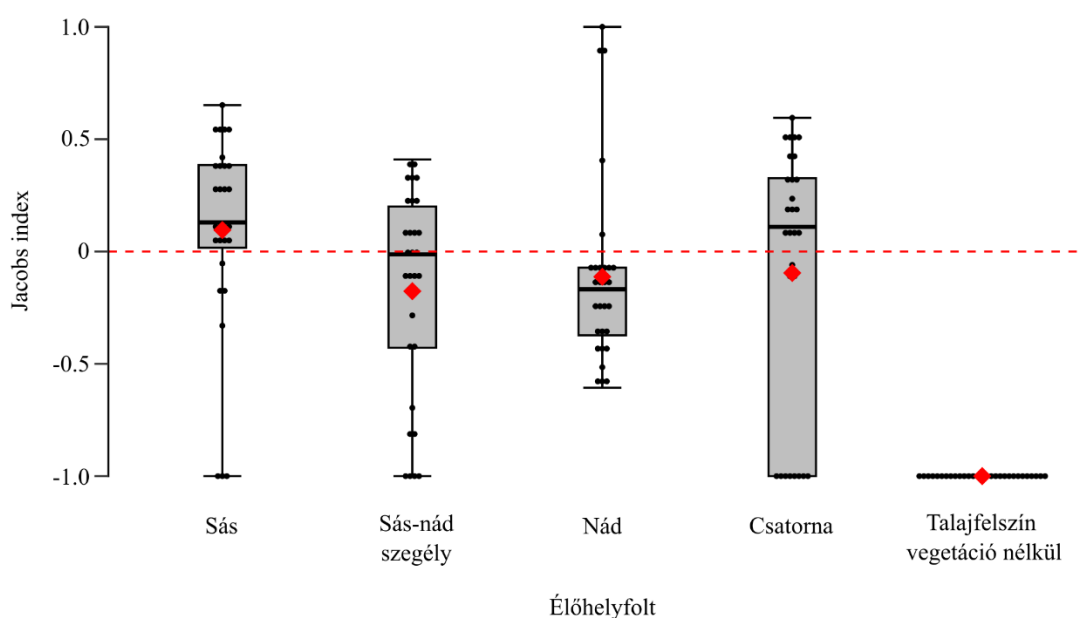
Az összes lokáció köré illesztett minimum konvex poligonon belül a foltok területét, valamint a lokációk számát és mindkét érték arányát az **5. táblázat** tartalmazza.

5. táblázat A habitat típusok és az összes lokalizáció száma, és aránya

Habitat típus	Terület (m ²)	Terület (%)	Lokalizációk (db)	Lokalizációk (%)
Sás	3834,70	25,51	867	36,47
Sás-nád szegély	1708,31	11,37	273	11,49
Nád	9320,13	62,01	1203	50,61

Csatorna	151,07	1,01	34	1,43
Talajfelszín vegetáció nélkül	16,07	0,11	0	0
Összesen	15030,28	100,00	2377	100,00

Ahhoz, hogy megtudhassuk a faj az egyes habitat típusokat milyen mértékben preferálja vagy kerüli el, Jacobs-féle preferencia index-szel vizsgáltuk. Hogy az eredmények reprezentatívabbak legyenek ehhez a módszerhez az adatsorunkat, 4 órás időintervallumonként szétválasztva, ezzel 29 szekvenciára bontva azt. Minden szekvenciában megállapítottuk QGIS program segítségével, hány lokalizáció található az egyes folt típusokban, majd meghatároztuk ezeknek az arányát. Ezek az arányok képezték a Jacobs index képletében a 'használat' adatait, az élőhely 'kínálatot' a területek aránya adja (**5. táblázat**).



17. ábra Az egyedek preferenciaértékei egyes élőhely típusokban

A szignifikancia szint meghatározásához előjel tesztet végeztünk R környezetben, mivel a normalitás teszt alapján az adatsor nem volt normális eloszlású. Az előjel teszt szignifikáns preferenciát mutatott a sásos élőhelyfolt esetében ($P < 0,01$), ami azt jelenti, hogy a faj jellemzően előnyben részesíti a magassásos foltokat. Averzóra szignifikáns eredményt a nádas esetében ($P < 0,01$) kaptunk, a vizsgált egyedek ezt a típusú élőhelyet inkább elkerülték. Emellett a vegetáció nélküli talajfelszínt teljes mértékben elkerülték. Nem kaptunk szignifikáns preferenciát vagy averziót sem a sás-nád szegély esetén, sem a csatorna esetén ($P = 0,711$; $P = 0,265$), ezeket a területeket random használta a faj.

5. Diszkusszió

Jelen tanulmány a 2023 november 20 és 28 között a Sármellék és Balatonszentgyörgy között lévő Keleti-berek területén, egyedülálló automatizált rádiotelemetriás nyomkövetési rendszerrel végzett északi pocok (*Alexandromys oeconomus mehelyi*) mozgásvektor, mozgáskörzet és territórium felmérés eredményeit mutatjuk be. Az említett rádiotelemetriás rendszer alkalmazása kisemlősök vonatkozásában Magyarországon egyedülálló, ugyanakkor hasonló rendszert már alkalmaztak több kutatásban (Kays *et al.* 2011, Griffin *et al.* 2020). Az adatfeldolgozást R környezetben végeztük az 'adehabitat', valamint a paradigmaváltó bővítésnek tekinthető 'ctmm' csomagokkal, amely a térbeli pontok autokorrelálását hivatott kiküszöbölni a súlyozott Autokorrelált Kernel Sűrűségbecslés (wAKDE) függvénnyel (Fleming & Calabrese 2015, Calabrese *et al.* 2016).

A mozgásvektorok elemzése során azt az eredményt kaptuk, hogy a vizsgált két hím egyed esetében a mozgásvektorok nagysága szignifikánsan nagyobb volt, mint a nőstény egyedeké. A vizsgálatba bevont alacsony egyedszám ellenére ez arra enged következtetni, hogy a hímek nagyobb mozgásokat hajtanak végre a nőstényeknél, tekintve, hogy a nőstényeknél figyelhető meg territorialitás (Gliwicz 1997).

Az északi pocok egyedek mozgáskörzetének meghatározásához Minimum Konvex Poligon Módszert alkalmaztunk, amely alapján a e területek 1000 és 5000 m² közötti nagyságúak voltak, amik jóval túlmutattak Gliwitz 1997-ben kapott terület nagyságain (144-2756 m²). Ugyanakkor fontos megjegyeznünk, hogy az MCP módszer egyszerűen elvégezhető, és könnyen interpretálható jellege mellett hátránya az adott területek túlbecslése, így ezen eredményeket fenntartással kell kezelni. Ellenben az így meghatározott élőhelyfoltok megfelelő kiindulásként szolgálhatnak a természetvédelemben dolgozók számára a megfelelő méretű refúgium területek meghagyásának kivitelezésében és ütemezésében. Ugyanezen módszer alkalmazásával vizsgáltuk az egyedek éjszakai és nappali mozgáskörzetének változását, ami egyértelműen nem mutatott ki szignifikáns eltérést a jelzett napszakokban, aminek oka lehet az északi pocokra jellemző ultradián ritmus (Halle 1995) megléte, ami alapján az általunk végzett napszaki felosztás nem megfelelő a kérdéskör vizsgálatára, így téma további vizsgálatokat igényel.

A wAKDE mozgáskörzet becslések esetében megállapíthatjuk, hogy helytállóak Fleming és munkatársainak 2015-ös publikációjában foglalt nézetei, mi szerint az általuk kiegészített, súlyozott és autokorrelált Kernel sűrűségbecslés módszere helytállóbb az

eddigiekben használ Kernel sűrűségbecslésnél. A 'ctmm' csomag 'overlap()' függvény által végzett átfedésvizsgálat kimutatta a hím egyedek szegregációját, illetve az ID9 állat esetében az átfedések alátámasztották Lambin és munkatársainak (1992) és Tast (1966) eredményeit, melyek alapján az északi pocok egyedek alapján megfigyelhető poligím szaporodási stratégia. Ugyanakkor nem elhanyagolható tény, hogy szuboptimális körülmények között megfigyeltek fakultatív monogámiát északi pocok populáción belül (Lambin *et al.* 1992, Viitala 1994), ami megvalósulhat az ID8 nőtény és ID9 hím egyed esetében, hiszen magterületük egyértelműen átfednek, illetve a terület előzetes vizsgálati évei alapján elmondható, hogy a folytonos zavarás hatására joggal nevezhető az élőhely szuboptimálisnak. Fontos megemlíteni az ID3 hím mezei pocok többi egyedtől való teljes elkülönülését, aminek oka lehet a többi egyedhez viszonyított gyengébb felépítése, vagy a távoli rokonsági kapcsolat a többi egyeddel, ami esetében a jelenség alátámaszthatja Rosell és munkatársainak 2008-ban publikált eredményeit, mi szerint a hím északi pocok egyedek alátámasztják a „kedves ellenség” (dear enemy) hipotézist.

A Jacobs-féle preferencia index eredményei egyértelműen alátámasztották az eddig ismert szakirodalmi tényeket az északi pocok élőhelyválasztásával kapcsolatban. A faj majdnem kizárólag növényevő, őszi-téli étrendjének döntő hányadát a sásrizómák teszik ki (Tast 1974). Ugyanakkor szembetűnő, hogy eredményeink averziót mutattak ki a nádas élőhellyel szemben az északi pocok esetében, habár a nád részek szintén a tápláléka részét képezik. Az északi pocok magas anyagcsere sebességű faj, hiszen a túlélés nagyobb energiaszükséglettel jár az árvízveszélyeztetette területeken (Wang & Wang 1996, Zub *et al.* 2014), így ezek hiányában az egyedek (ha rendelkezésükre áll) előnyben részesítik a feltehetően nagyobb tápanyagtartalommal rendelkező sás hajtásokat és rizómát. Az állatok teljesen elkerülték a borítás nélküli vaddisznótúrás területét, ami várható eredmény volt, ugyanakkor kiemelő, hogy a faj akár gyenge hóborítás mellett is képes tartani egész napos mozgásait.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet nyilvánítani témavezetőmnek Dr. Horváth Győzőnek és társtémavezetőmnek Szünstein Máténak a szakmai segítségnyújtásukért. Köszönet illeti Wohlfart Richárdot, a rádiotelemetriás rendszer, valamint az azt irányító szoftver fejlesztőjét (www.telemetry.hu). Szeretném megköszönni Balatonfelvidéki Nemzeti Park Igazgatóságának a kutatásra biztosított lehetőséget. Végül szeretném köszönetemet nyilvánítani a Kisemlőskutató munkacsoportnak a terepi munkában nyújtott segítségükért.

Irodalomjegyzék

- Ambros, M., Baláz, I., Klimant, P., Tulis, F., Dudich, A., Stollmann, A. & Horváth, G. 2016. The occurrence of Pannonian root vole (*Microtus oeconomus mehelyi*) in small mammals' communities in Danubian Plain. *Folia Oecologica* 43(1): 83–88.
- Andreassen, H.P. & Ims, R.A. 1998: The effects of experimental habitat destruction and patch isolation on space use and fitness parameters in female root vole *Microtus oeconomus*. *Journal of Animal Ecology* 67: 941-952.
- Borkowska, A., Borowski, Z. & Krysiuk, K. 2009. Multiple paternity in free-living root voles (*Microtus oeconomus*). *Behavioural Processes* 82: 211–213.
- Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., Rylands, A. B., Konstant, W. R., ... & Hilton-Taylor, C. (2002). Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Conservation biology*, 16(4), 909-923.
- Brown, J.H. & Kodric-Brown, A. 1977: Turnover rates in insular biogeography – Effect of immigration on extinction. *Ecology* 58: 445–449.
- Bureau, R. C. (2001). Wetlands values and functions. In *Ramsar Convention Bureau: Gland, Switzerland*.
- Calabrese, J. M., Fleming, C. H., & Gurarie, E. (2016). ctmm: an R package for analyzing animal relocation data as a continuous-time stochastic process. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(9), 1124-1132.
- Carroll, C. (1994). *Principles of conservation biology*.
- Celis-Murillo, A., Schelsky, W., Benson, T. J., Louder, M. I., & Ward, M. P. (2017). Patterns, correlates, and paternity consequences of extraterritorial foray behavior in the field sparrow (*Spizella pusilla*): an automated telemetry approach. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 71, 1-14.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & Van Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253-260.
- DeGregorio, B. A., Weatherhead, P. J., Ward, M. P., & Sperry, J. H. (2016). Do seasonal patterns of rat snake (*Pantherophis obsoletus*) and black racer (*Coluber constrictor*) activity predict avian nest predation?. *Ecology and Evolution*, 6(7), 2034-2043.
- DeGregorio, B. A., Ravesi, M., Sperry, J. H., Tetzlaff, S. J., Josimovich, J., Matthews, M., & Kingsbury, B. A. (2018). Daily and seasonal activity patterns of the massasauga (*Sistrurus catenatus*): an automated radio-telemetry study. *Herpetol Conserv Biol*, 13, 10-16.

Fleming, C. H., & Calabrese, J. M. (2015). ctmm: Continuous-time movement modeling. *R package version 0.2*, 8.

Fleming, C. H., Fagan, W. F., Mueller, T., Olson, K. A., Leimgruber, P., & Calabrese, J. M. (2015). Rigorous home range estimation with movement data: a new autocorrelated kernel density estimator. *Ecology*, 96(5), 1182-1188.

Gliwicz, J. 1997. Space use in the root vole: basic patterns and variability. *Ecography* 20: 383–389

Gotelli, N.J. 1991: Metapopulation models – the rescue effect, the propagule rain, and the core-satellite hypothesis. *American Naturalist* 138: 768-776.

Griffin, A. S., Brown, C., Woodworth, B. K., Ballard, G. A., Blanch, S., Campbell, H. A., ... & Taylor, P. D. (2020). A large-scale automated radio telemetry network for monitoring movements of terrestrial wildlife in Australia. *Australian Zoologist*, 40(3), 379-391.

Groom, G., Múcher, C. A., Ihse, M., & Wrba, T. (2006). Remote sensing in landscape ecology: experiences and perspectives in a European context. *Landscape Ecology*, 21, 391-408.

Gubányi, A., Gubányi, Cs., Horváth, Gy. 2007. Az északi pocok foltpreferenciája magasságos társulásokban. – In: Forró, L. (szerk.): A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 311–318.

Halle, S. 1995. Diel pattern of locomotor activity in populations of root voles, *Microtus oeconomus*. *Journal of Biological Rhythms* 10: 211–224.

Hanski, I. 1985: Single-species spatial dynamics may contribute to long-term rarity and commonness. *Ecology* 66: 335-343.

Hanski, I. (2005). The shrinking world: ecological consequences of habitat loss.

Hanski, I. (2011). Habitat loss, the dynamics of biodiversity, and a perspective on conservation. *Ambio*, 40(3), 248-255.

Hoffmann, J., Palme, R., & Eccard, J. A. (2018). Long-term dim light during nighttime changes activity patterns and space use in experimental small mammal populations. *Environmental Pollution*, 238, 844-851.

Horváth, Gy. & Gubányi, A. 2006. Északi pocok (*Microtus oeconomus mehelyi*). Fajmegőrzési tervek. KvVM Természetvédelmi Hivatal. Budapest, 20 pp

Horváth, Gy. & Herczeg, R. 2013. Site occupancy response to natural and anthropogenic disturbances of root vole: conservation problem of a vulnerable relict subspecies. *Journal for Nature Conservation* 21(5): 350–358.

- Hoset, K.S., Galliard, J.F.L., Gundersen, G. & Steen, H. 2007. Home range size and overlap in female root voles: effects of season and density. *Behavioral Ecology* 19(1): 139–145.
- Hu, S., Niu, Z., Chen, Y., Li, L., & Zhang, H. (2017). Global wetlands: Potential distribution, wetland loss, and status. *Science of the total environment*, 586, 319-327.
- Ims, R.A. & Andreassen, H.P. 1999. Effects of experimental habitat fragmentation and connectivity on root vole demography. *Journal of Animal Ecology* 68: 839-852.
- Kalmár, S. & Riezing, N. 2017. Az északi pocok (*Microtus oeconomus mehelyi*) élőhelyválasztása és állományainak vizsgálata Győr–Moson–Sopron megyében. In: Takács, G., Pellingner, A. (eds.) *Kutatások a Fertő–Hanság Nemzeti Parkban I. Tanulmánygyűjtemény*. RENCE (A Fertő–Hanság Nemzeti Park Igazgatóság tanulmánykötetei) Fertő-Hanság Nemzeti Park Igazgatóság, Sarród, pp. 139–199.
- Kauhala, K., & Auttila, M. (2010). Estimating habitat selection of badgers-a test between different methods. *Folia Zoologica*, 59(1), 16-25.
- Kays, R., Crofoot, M. C., Jetz, W., & Wikelski, M. (2015). Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet. *Science*, 348(6240), aaa2478.
- Korslund, L. 2006. Activity of root voles (*Microtus oeconomus*) under snow: social encounters synchronize individual activity rhythms. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 61(2): 255.
- Lambin, X., Krebs, C.J. & Scott, B. 1992. Spacing system of the tundra vole (*Microtus oeconomus*) during the breeding season in Canada's western Arctic. *Canadian Journal of Zoology* 70(10): 2068–2072.
- Lanszki, J. & Rozner, G. 2007. Kisemlősök vizsgálata, különös tekintettel az északi pocok (*Microtus oeconomus ssp. mehelyi* (Éhik, 1928) elterjedésére a Balatoni Nagyberekben. *Natura Somogyiensis*, 10, 365–372.
- Lanszki J., Magyar M. 2014: Az északi pocok (*Microtus oeconomus*) új adata a KisBalaton II. ütemén. *Natura Somogyiensis* 24: 287–292.
- Lanszki J., Rozner GY., Széles L.G. 2015: A Pogány-völgyi rétek Natura 2000 terület kisemlős közösségeinek vizsgálata, különös tekintettel az északi pocok (*Microtus oeconomus*) előfordulására. *Natura Somogyiensis* 27: 107–114.
- Lee, J. K., Eom, T. K., Lee, D. H., Ko, H., & Rhim, S. J. (2022). Variations in home range and core area of red-backed voles (*Myodes regulus*) in response to various ecological factors. *Scientific Reports*, 12(1), 22226.

Linzey, A.V., Shar, S., Lkhagvasuren, D., Juškaitis, R., Sheftel, B., Meinig, H., Amori, G. & Henttonen, H. 2016. *Microtus oeconomus* (errata version published in 2017). The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T13451A115113894.

Mitsch, W. J., Bernal, B., & Hernandez, M. E. (2015). Ecosystem services of wetlands. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 11(1), 1-4.

Riezing N. & Kalmár S. 2014. Északi pocok (*Microtus oeconomus mehelyi*) a Kisalföld keleti felében. *Természetvédelmi Közlemények* 20: 50–58.

Rosell, F., Gundersen, G. & Le Galliard, J.F. 2008. Territory ownership and familiarity status affect how much male root voles (*Microtus oeconomus*) invest in territory defence. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 62(10): 1559–1568.

Sládkovičová, V. H., Dąbrowski, M. J., Žiak, D., Miklós, P., Gubányi, A., La Haye, M. J., ... & Gliwicz, J. 2018. Genetic variability of the cold-tolerant *Microtus oeconomus* subspecies left behind retreating glaciers. *Mammalian Biology* 88: 85–93.

Smardon, R. C. (2009). Sustaining the worlds wetlands. *Springer, US*.

Sperry, J. H., Ward, M. P., & Weatherhead, P. J. (2013). Effects of temperature, moon phase, and prey on nocturnal activity in ratsnakes: an automated telemetry study. *Journal of Herpetology*, 47(1), 105-111.

Steen, H. 1994. Low survival of long distance dispersers of the root vole (*Microtus oeconomus*). *Annales Zoologici Fennici* 31: 271–274.

Steiger, S. S., Valcu, M., Spoelstra, K., Helm, B., Wikelski, M., & Kempenaers, B. (2013). When the sun never sets: diverse activity rhythms under continuous daylight in free-living arctic-breeding birds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1764), 20131016.

Szunyoghy, J. 1954. Adatok a *Microtus oeconomus mehelyi* Éhik elterjedésének, halló- és peniszsontjának ismeretéhez. *Állattani Közlemények* 64: 225–230.

Tast, J. 1966. The root vole, *Microtus oeconomus* (Pallas), as an inhabitant of seasonally flooded land. *Annales Zoologici Fennici* 3: 127–171.

Tast, J. 1974. The food and feeding habits of the root vole, *Microtus oeconomus*, in Finnish Lapland. *Aquilo (Ser. Zool.)* 15: 25–32.

Temple, H.J., & Terry, A. 2009. European mammals: Red List status, trends, and conservation priorities. *Folia Zoologica* 58(3): 248-269.

Theuerkauf, J., Rouys, S., & Chatreau, C. (2007). Mortality of radio-tracked wild rats in relation to transmitter weight and resilience of transmitters in relation to their design. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 37(3), 85-90.

Thissen, J.B., Bekker, D.L., Spreitzer, K. & Herzig-straschil, B. 2015a. The distribution of the Pannonic root vole (*Microtus oeconomus mehelyi* Éhik, 1928) in Austria. *Lutra* 58(1): 3–22.

Travis, J. M. J. (2003). Climate change and habitat destruction: a deadly anthropogenic cocktail. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1514), 467-473.

Viitala, J. 1994. Monogamy in free living *Microtus oeconomus*. *Annales Zoologici Fennici* 31: 343–345.

Wallace, G., Elden, M., Boucher, R., & Phelps, S. (2022). An automated radiotelemetry system (ARTS) for monitoring small mammals. *Methods in Ecology and Evolution*, 13(5), 976-986.

Wang, D. & Wang, Z. 1996. Seasonal variations in thermogenesis and energy requirements of plateau pikas *Ochotona curzoniae* and root voles *Microtus oeconomus*. *Acta Theriologica* 41: 225–236

Ward, M. P., Sperry, J. H., & Weatherhead, P. J. (2013). Evaluation of automated radio telemetry for quantifying movements and home ranges of snakes. *Journal of Herpetology*, 47(2), 337-345.

Zar, J. H. (2010). *Biostatistical analysis*. Pearson Education India.

Zub, K., Borowski, Z., Szafrńska, P.A., Wieczorek, M. & Konarzewski, M. 2014. Lower body mass and higher metabolic rate enhance winter survival in root voles, *Microtus oeconomus*. *Biological Journal of the Linnean Society* 113(1): 297-309.