

Válasz Dr. Bakonyi Gábor egyetemi tanár bírálatára

Mindenekelőtt szeretném megköszönni Dr. Bakonyi Gábornak, hogy elvállalta értekezésem szakmai bírálatát, időt és fáradságot nem kímélve. Kritikai észrevételeit messzemenően elfogadom. Külön köszönöm a gondolatébresztő kérdéseket, és egyetértek Professzor Úrral abban, hogy fontos a tudományos kérdések tágabb kontextusban való megvitatása. Nagy örömmre szolgál, hogy a doktori művet tudományos szempontból értékesnek és nyilvános vitára alkalmasnak tartja.

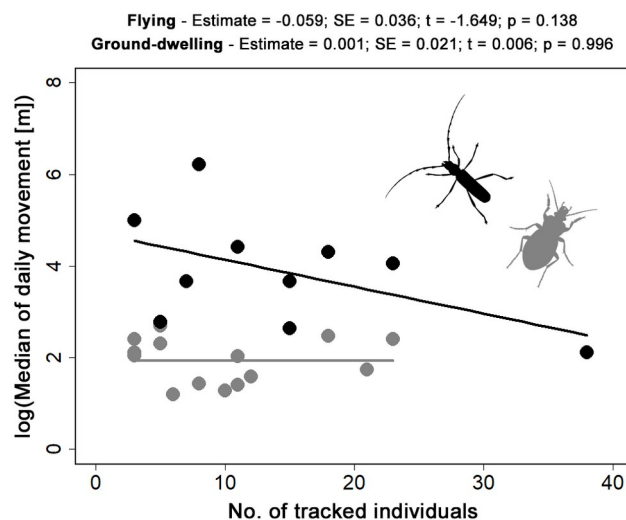
A bírálatban feltett megjegyzésekre és a kérdésekre adott válaszaiban idézem az eredeti megjegyzést/kérdést és azt követően, a „válasz” bekezdésben adom meg válaszaikat:

1. „Az értekezés áttekinthető (bár a harmadik decimális alkalmazása még barátságosabbá tette volna a bíráló számára a fejezetek közötti tájékozódást). Szerkesztési, vagy elütési hiba legfeljebb elvértve fedezhető fel benne. Idézési, vagy fogalmazási pontatlanságot is keveset találtam. Az angol nyelvű szöveg számomra jól érthető és követhető.”
Válasz: Nagyon köszönöm a formai észrevételeket, valóban a harmadik decimális alkalmazása a fejezetszámozásban segítette volna az olvasót, ezt igyekszem a jövőben szem előtt tartani a hasonló jellegű művek írásakor. Külön köszönöm bírálómnak, hogy felhívta a figyelmemet az idézési vagy fogalmazási pontatlanságokra is. A fajszám és diverzitás fogalmak csereszabatos használatát azzal indokolnám, hogy a fajszám az egyik legegyszerűbb alfa diverzitási mutató, amit jól igazol, hogy az egyparaméteres diverzitási függvénycsaládba tartozó Rényi diverzitás nulla skálaparaméter értéke a fajszám logaritmusának felel meg (Tóthmérész 1997¹). A két fogalom használatakor arra törekedtem, hogy az írott szöveg kellően választékos legyen a leendő olvasó számára.
2. „Az urbanizációs hatásokkal kapcsolatos hat hipotézist tesztel. Eredményei, a köztes zavarás kivételével, a hipotéziseket alátámasztották. Ugyanakkor kérdéses, hogy egy év adatai alapján például a csökkenő átlagos testméret hipotézis korrekt módon tesztelhető-e? Feltételezhető-e továbbá, hogy az abiotikus (pl. hőmérséklet) és biotikus (pl. táplálék) tényezők hasonlóan hatnak a különböző fajokra és így a fajok közötti testméret arányokat az évek említett különbségei érdemben nem befolyásolják? Ez kevésbé valószínű feltételezés.”
Válasz: A szezonális hatások valóban erősek a rovarok, így a futóbogarak esetén is, azonban sokszor nem adódik lehetőség arra, hogy minden biotikus és abiotikus tényezőre legyen közvetlen kísérleti kontroll. A vizsgálat során arra törekedtünk, hogy a megfelelő térbeli mintavételi elrendezéssel legyen kezelhető és vizsgálható, hogy az egyes mintázatok az eltérő urbanizáltságú élőhelyek közötti valós különbségekre reflektáljanak. Azaz komparatív módon az eredeti féltermészetes erdei futóbogár együttesek szerkezetét hasonlítottuk össze a városiasodó élőhelyeken lévőkkel, így az erdei közösségszerkezet, mint referencia szolgált a városiasodás hatásának megítélésére. Valamint az egyes fajok szezonális dinamikája (2.2 fejezet) is megerősíti az egyes fajok hasonló aktivitási mintázatait az egyes évek között, annak ellenére, hogy a második vizsgálati évben (2005) alacsonyabb mintavételi intenzitás valósult meg. Ezen két eredmény megítélésem szerint jól mutatja, hogy egy szezonon alapuló terepi megfigyelések alapján is levonhatunk szakmailag releváns következtetéseket.

1 Tóthmérész B. 1997: Diverzitási rendezések, Scientia kiadó, Budapest

3. „Általában egyet értek az erdőművelési módok hatásait célzó vizsgálatok módszertanával, kivéve a 3.2. fejezetet, ahol a *Carabus coriaceus* egyes mozgásparaméterei és két erdőgazdálkodási mód közötti kapcsolatokat kereste. A vizsgálatban rádióadóval felszerelt hat egyed szerepet, de mindegyik más kezelésben vett részt. Itt nem világos számomra, hogyan lehet ismétlés nélküli mérésekből az erdőgazdálkodási eljárások hatásaira következtetni?”

Válasz: Egyetérték bírálómmal, hogy valóban elsőre furcsa lehet egy ilyen egyedi viselkedésen alapuló vizsgálat. A rádiótelemetriás vizsgálat alapvetően egy elővizsgálat volt, hogy vajon alkalmas-e a módszer az eltérő élőhelyhasználat vizsgálatára bogarak esetén. A vizsgálat legfontosabb üzenete, hogy a kezelt állományokból (azaz a tarvágásból és a bontásból), ahol a lombkoronazáródás mértéke csökkent, onnan a vizsgált egyedek 3 napon belül elvándoroltak. Az alacsony jeladószámot a műszer drágasága is indokolja. Jelenleg az általunk használt jeladómodell (LOTEK Inc. Picopip Ag 937) darab ára 260 Euró, 8 hónapos szállítási idővel. Bennünket is foglalkoztatott a kérdés, és egy ún. „rapid literature review” -t készítettünk a témában, ahol azt vizsgáltuk, hogy az alkalmazott jeladók száma hogyan hat a vizsgálati eredmények pontosságára (napi távolságok mediánja röpképes és röpképtelen bogarak esetén, 1. ábra). Jelentős eltérést nem találtunk. Ezen adatokat és eredményeket egy benyújtás előtt lévő kézirat tartalmazza.² Jelenleg azon dolgozunk, hogy ezt a vizsgálatot megismételjük nagyobb jeladószámmal, amihez a szükséges kutatási forrás már rendelkezésre áll.



1. ábra: A napi megtett távolság mediánja és a jeladók száma közötti összefüggés, lineáris regresszió alapján. Jelmagyarázat: fekete szín - röpképes bogarak, szürke - röpképtelen bogarak

² Elek Z, Ruzicková J. 2023: The price of the accuracy: no effects of number of radio tags on the accuracy of telemetry studies for beetles – The tagcoin dilemma (kézirat. benyújtás előtt)

Válaszok a kérdésekre

4. „1. A dániai vizsgálatban a kis és közepestestű, valamint a nagytestű futóbogarak fajszáma ellentétesen változott az urbanizációs gradiens mentén. Milyen változók, illetve mechanizmusok állhatnak a háttérben, különös tekintettel arra, hogy a nagy testű *Carabus nemoralis* és *Pterostichus melanarius* fajok nagy és stabil populációkat voltak képesek fenntartani városi környezetben, ahogy ez a szezonális dinamikájukat bemutató vizsgálatból kiderült és a kondíciójuk is jobb volt ezen az élőhelyen. Mennyire speciális, helyfüggő ez az eredmény?”

Válasz: A futóbogarak esetén a testméret a terjedésre/diszperzióra is utaló jelleg. Azaz minél kisebb méretű egy adott faj, annál nagyobb a röpképes terjedés képessége. Ez a jelleg jóval könnyebben, szinte külön labormunka nélkül használható, hiszen a határozókönyvek (Hurka 1996³, Freude 2004⁴) tartalmazzák a testméret adatok terjedelmét (range) illetve azok geometriai átlagait (Hurka 1996³). A hátsó, második pár szárnyak vizsgálata már labormunka-igényes folyamat a szárnydimorfizmust mutató fajok miatt, amikor mind röpképes (macropter) mind röpképtelen egyedek (brachypter) is előfordulhatnak egy adott faj populációján belül. A detektált mintázat háttérben is ez állhat. A városi élőhelyeken kockázatosabb a túlélés, hiszen az élőhelyek és a táplálékforrások eloszlása és elérhetősége korlátozott, részben az emberi zavarás miatt. Ezért azok a fajok sikerebbek, amelyek jobban tudnak terjedni, és ehhez a repülés előnyt jelent, hiszen gyorsabb kolonizációt tesz lehetővé (Marini 2008⁵). Ez állhat a *Pterostichus melanarius* mintázata háttérben. A *Carabus nemoralis* előfordulási mintázata azzal magyarázható, hogy a korábban egységes élőhely (a vizsgált erdő, amit körülött a város) fragmentálódott. A fragmentáció egyik következménye pedig, hogy az életközösségek szerkezete megváltozik, általában egyszerűsödik, de még megtalálhatóak azok a vázfajok, amik az eredeti természetes erdei élőhelyen jellemzőek voltak (Werner et Almeida-Neto 2012⁶). Ezt a közösség szerkezet egymásba ágyazottságával lehet vizsgálni. Így alakult ki az a helyzet, hogy egy városi élőhelyen egy generalista ragadozó (*Pterostichus melanarius*) és egy alapvetően fás/erdős élőhelyeket kedvelő, erdei faj (*Carabus nemoralis*) is megtalálható. A fenti két példa jól mutatja, hogy a közösségi szintű mintázatok mellett fontos a fajspecifikus válaszok vizsgálata is. Az eredmény helyfüggősége talán abban adható meg, hogy Soroe városa ún. zöld élőhelyhasználatot folytat, ami azt jelenti, hogy a levágott fűvet és a fák metszéséből származó gallyakat és holtfát nem viszik el a területről, hanem azt helyben hagyják, amik értékes élőhely foltok (táplálkozó helyek és búvóhelyek) lehetnek (Elek et Lövei 2007). Ez a gyakorlat is hozzájárulhat ahhoz, hogy erdei futóbogárfajok fenn tudnak maradni városi környezetben. Ez a gyakorlat a vizsgálatok időszakában (azaz 2004-2005-ben) nem volt gyakori európai városokban, ami azóta azonban sokat változott (Ignatieva et al. 2011⁷), ahogy a téma kutatottsága is (Do et al. 2013⁸, Magura et Lövei 2021⁹).

3 Hurka K. 1996: Carabidae of the Czech and Slovak Republics, Kabourek, Zlín.

4 Freude H. 2004: Die Käfer Mitteleuropas. Band2, Auflage 2, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg.

5 Marini L, Öckinger E, Battisti A, Bommarco R. 2012: High mobility reduces beta-diversity among orthopteran communities - implications for conservation. Insect Conservation and Diversity. 5, 37–45. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2011.00152.x>

6 Ulrich W, Almeida-Neto M, 2012: On the meanings of nestedness: back to the basics. Ecography 35, 865–871. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07671.x>

7 Ignatieva M, Stewart GH, Meurk C. 2011: Planning and design of ecological networks in urban areas. Landscape Ecology 7, 17–25. <https://doi.org/10.1007/s11355-010-0143-y>

8 Do Y, Kim JY, Kim GY, Joo GJ. 2013: Importance of closed landfills as green space in urbanized areas: ecological assessment using carabid beetles. Landscape Ecology 10, 277–284. <https://doi.org/10.1007/s11355-013-0223-x>

9 Magura T, Lövei GL. 2021: Consequences of Urban Living: Urbanization and Ground Beetles. Current Landscape Ecology Reports 6, 9–21. <https://doi.org/10.1007/s40823-020-00060-x>

5. „2. Az urbanizáció futóbogarakra gyakorolt hatásait hazánkban és számos más országban is széleskörűen kutatták. Az eredmények alapján lát-e lehetőséget arra, hogy a futóbogarak vizsgálatával generált metrikákat az urbanizáció mértékének indikációjára a gyakorlatban felhasználják?”

Válasz: A kérdés megválaszolásához két szintre bontanám az urbanizációs eredményeket: 1) *közösségi szint* – Ezen a ponton az eredmények meglehetősen helyspecifikusak, sok függ az adott ország, régió tájhasználati történetétől, illetve az adatokat szolgáló kutatások is eléggé sokrétűek, ami nehezíti az egységes kép kialakítását (Magura et Lövei 2021¹⁰). Leginkább az egyes funkcionális jellegek célzott vizsgálatában lehet egységes szemléletmódra szert tenni, de ezt is egy taxonon, esetünkben futóbogarakon, belül (érzékeny csoport azonosítása: erdei nagy testméretű röpképtelen fajok); 2) *egyedi/populációs szint* – A közösségi szintű vizsgálatokkal jól azonosíthatóak olyan fajok, fajpopulációk, amelyek jó indikátorai lehetnek bizonyos urbanizációs jelenségeknek. Például a *Nebria brevicollis* és a *Pterostichus melanarius* jó indikátorai a városi zöld felületeknek, ahol stabil populációkat tartanak fent, de a féltermészetes erdőfoltokban is előfordulnak, így összehasonlítható a városi és a természetes élőhelyek populációinak egyedi jellegei. Metrikák közül az egyedi kondíciós vizsgálatokat tartom kellően gyorsan használható módszernek. Továbbá ezeket kiegészíteném relatíve új, non-invazív módszerekkel, mint például az etetési kísérletekkel, ahol az „ad libitum” szintig történő etetéssel és a testtömegváltozás mérésével becsülhető az éhezés mértéke az egyes élőhelyeken. Az alkalmazás területként, leginkább a zöldfelületek állapotfelmérését látom relevánsnak, illetve az utóbbi évtizedben fejlődésnek indult városi zöld infrastruktúra elemek, zöldtetők, -falak refúgium potenciáljának tesztelésére is szolgálhat¹¹.

6. „3. Megállapítja, hogy a *C. coriaceus* 3D-nyomtatott makettjei megfelelő célpontok a predációs nyomás vizsgálatára. Mivel tudja ezt az állítását alátámasztani? Az esetek mindössze 6%-ában találtak valamilyen változást a kihelyezésekhez képest. Ezeknek is nagy részét a makettek elmozdulása jelentette. Biztos, hogy az elmozdulás predációs jel és nem mechanikai behatás következménye? Véleménye szerint mennyiben befolyásolhatja az eredményeit, hogy a műanyag formák nem mozogtak és nem közöltek kémiai jeleket sem, ellentétben az élő állatokkal. Mozgásaktivitási vizsgálatainak ismertetésekor említi, hogy a nyugalmi periódus a predáció elkerülésének eszköze lehet. Vannak-e vonatkozó módszertani kísérleti adatok? Továbbá, tapasztalatai alapján milyen fejlesztéseket lát szükségesnek?”

Válasz: Az ún. sentinel módszerrel végzett legtöbb predációt vizsgáló kutatás általában egy jól ismert prédaállat ún. minimál makettjére épül. Ez általában hernyót, gyűrűsférget, vagy meztelen csigát formáz. Ezek a makettek leginkább a forma és színvilág imitációja segítségével keltik fel a ragadozók figyelmét, míg a mozgás, illetve olfaktoriális ingereket eddig nem vizsgálták. A vizsgálatunkban ezen alapelvek mentén egy gyakori erdei gerinctelen ragadozót mintáztunk, a *Carabus coricaeus*-t. Arra voltunk kíváncsiak, hogy mekkora a kockázata egy ragadozónak arra, hogy maga is prédává váljon egy számára nem optimális élőhelyen, mint az egyes erdészeti kezelések területein. Az alkalmazott 3D nyomtatási technika megkövetelte, hogy magasabb denzitású PLA anyag felhasználásával készüljenek a makettek, és így a lábak és csápok is reprodukálhatóak lettek. Kísérleteztünk lágyabb anyagokkal is, ám azok nagyon törekenynek bizonyultak, ami így a terepi használatra nem voltak alkalmasak. A keményebb anyagból készült makettekben az állatok

10 Magura T, Lövei, G.L. 2021: Consequences of Urban Living: Urbanization and Ground Beetles. Current Landscape Ecology Reports 6, 9–21. <https://doi.org/10.1007/s40823-020-00060-x>

11 Pereira C, Flores-Colen I, Mendes MP. 2023: Guidelines to reduce the effects of urban heat in a changing climate: Green infrastructures and design measures. Sustainable Development, 1–27. <https://doi.org/10.1002/sd.2646>

nem tudnak könnyen kárt tenni, de a próbálkozások jól becsülhetőek, ha a maketteket egy referenciaplatformra rögzítjük, amin bármilyen elmozdulás jól detektálható. Mivel a kartonlapok koordinátarendszerrel voltak ellátva és rögzítettük őket a talajon, így minimális esélyét láttuk annak, hogy bármilyen nem kívánt mechanikai hatás érhetne volna. Ezt segítette a gyurmaragasztós rögzítés is a sík felületen. Mivel a legtöbb ragadozó többször is próbálkozik a préda felismerésével¹² fizikai érintkezéssel keresztül ezen kísérlet eredménye lehet az elmozdulás a referenciafelületen. A kísérletek továbbfejlesztése érdekében a jövőben tervezzük infravörös kameracsapdák használatát is, amivel igazolni tudjuk az egyes predációs eseményeket. A mozgásadatokban lévő nyugalmi állapotokra vonatkozóan célzott kísérletek a futóbogarak esetén nem történtek, de mezőgazdasági kártevők-természetes ellenség viszonylatban (katicabogarak) ismert a jelenség. Egyedül Riecken and Raths (1996¹³) említik a *Carabus coriaceus* élőhely használatát célzó vizsgálatukban, hogy az egyedek hosszabb-rövidebb időt töltenek „nem mozgással”. Ahhoz, hogy ez igazolható legyen, szükségesnek tartom a jeladós vizsgálatok megismétlését egy nagyobb jeladószámmal, ahogy bírálóm 3. számú megjegyzésénél is jeleztem, jelenleg azon dolgozunk társszerzőimmel, hogy ezt a vizsgálatot megismételjük.

Végezetül ismételtelen szeretném megköszönni Dr. Bakonyi Gábornak a részletes bírálatot és a sok érdekes, releváns meglátást a doktori művel kapcsolatban, remélem sikerült adekvát válaszokat adnom. Kérem tisztelettel válaszaim elfogadását, és az MTA doktori cím odaítélésének tekintetében támogató véleményének fenntartását.

Budapest, 2023. augusztus 30.

Tisztelettel,



Dr. Elek Zoltán

12 Bertleff D, Diekmann J, Brand S, Gülunlkü A, Bucher R. 2021: Predation and Avoidance Behaviour in Aphid-Ladybird Interactions of Native and Invasive Ladybirds in Europe. *Ecological Entomology* 46, 41–47. <https://doi.org/10.1111/een.12938>.

13 Riecken U, Raths U. 1996: Use of radio telemetry for studying dispersal and habitat use of *Carabus coriaceus* L. *Annales Zoologici Fennici* 33, 109–116.