

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Szárazföldi ászkarák (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) együttesek vizsgálata Magyarországi gyorsforgalmi utak szegélyeiben

Investigation of terrestrial isopod assemblages (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) in Hungarian roadside verges

Vona-Túri Diána

Témavezető: Dr. Horváth Roland



DEBRECENI EGYETEM
Juhász Nagy Pál Doktori Iskola

Debrecen, 2019

Bevezetés

Napjainkban a gyorsforgalmi utak kiterjedése és szerepe az emberi igények kielégítésében egyre nagyobb jelentőségű. Az utak létesítése, fenntartása, karbantartó kezelése és a gépkocsiforgalom számos hatást gyakorol a környező területek élővilágára. Az utak legfontosabb hatása az élőlényekre a barrier hatás és a szegélyhatás, melyek negatív, semleges vagy pozitív befolyással lehetnek az élővilágra (Da Rosa és Bager 2013). A biodiverzitás csökkenésének egyik legfőbb oka az élőhelyek feldarabolódása, izolációja (Forman és Alexander 1998), valamint az útszegélyekben megtelepedő inváziós fajok térhódítása (Charles és Dukes 2007). Azonban az út menti gyepek sok esetben növelik a helyi állat- és növényvilág fajgazdagságát, új és hosszú távú stabil élőhelyet szolgáltatva számos élőlény számára (Jodoín és mtsai 2008; Knapp és mtsai 2013). Az utak szegély élőhelyei számos esetben átmenet nélkül érintkeznek természetvédelmi területekkel, kiterjesztve azok méretét (Vermeulen 1993), illetve, mint ökológiai folyosók összekötik a különböző élőhelyeket lehetővé téve az ott élő fajok szétterjedését (Hawbaker és mtsai 2006). A szárazföldi ászkarákok, mint indikátor szervezetek meglehetősen érzékenyen reagálnak a környezeti faktorok megváltozására, mint az élőhelyek nedvességtartalma és hőmérséklete, természetességi-zavartsági állapota vagy a talaj szerves anyag tartalma (Jones és Hopkin 1998). Ennek okán az ászkarákok autópályák mentén történő vizsgálata számos információval szolgálhat számunkra. Mivel az ászkarákok különböző ökológiai igényekkel bírnak, az utak által kiváltott mechanizmusok fajonként eltérő reakciókat válthatnak ki.

Célkitűzések

Vizsgálataim során, az autópályák és főútvonalak mentén élő ászkarák együttesek összetételét, valamint az utakon uralkodó tényezők ászkarákokra gyakorolt hatásait tanulmányoztam, mely során megvizsgáltam:

- 1) az autópálya szegélyekre és a főút szegélyekre jellemző ászkarák együttesek összetételét és a fajok elterjedését,
- 2) az ászkarák együttesek összetételének és diverzitásának éves dinamikáját,

- 3) a szegélyeket kísérő szomszédos élőhelyek (szegélyhatás) hatását az autópálya szegélyek ászkarák együtteseire,
- 4) az úttesttől való távolság (barrier hatás) hatását az autópálya szegélyek ászkarák együtteseire,
- 5) az autópályák korának hatását az ászkarák együttesek diverzitására és összetételére,
- 6) a főútszegélyekben tömegesen megjelenő *Armadillidium vulgare* (Latreille, 1804) és *Porcellium collicola* (Verhoeff, 1907) abundanciaváltozását a kaszálás intenzitása, a szomszédos területek és az évszakok változása alapján.

Anyag és módszer

Mintavételi helyek és módszerek

1) Négy hazai autópályán (M1, M3, M5, M7) és az autópályaként kezelt M0-ás gyorsforgalmi úton végeztem vizsgálatokat 2011 és 2013 között az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Növényvédelmi Intézet koordinálásával, az OTKA K83829 projekt keretein belül. Minden gyorsforgalmi út mentén 6-6 mintavételi pontot jelöltem ki, hogy a közel egységes távolságban lévő és autópályaként egységes számú élőhely lefedje Magyarország területét. Gyűjtési helyenként 6-6, összesen 198 db, 65 %-os etilén-glikollal félig töltött, 3 dl űrtartalmú dupla edényes Barber-féle talajcsapdát telepítettem egymástól 5 m távolságban, lineáris vonalban az autópálya kerítés mentén. A csapdák tavasszal, nyáron és ősszel 3–3 hétig üzemeltek a területeken. Az autópályát kísérő gyepsávok ászkarák együtteseinek vizsgálata során figyelembe vettem az országos középhőmérséklet és csapadékösszeg éves változását, a mintavételi helyek fekvését tájegységek szerint és az abból adódó országos évi középhőmérséklet és csapadékmennyiség változását, a szomszédos élőhelyek természetességi-zavartsági állapotát és vegetációját, a mintavételi helyek távolságát az úttesttől, és az autópálya szakaszok korát.

2) Négy főút melletti élőhelyen (1) Agárd-7. sz. főút, 2) Mátyás-1. sz. főút, 3) Herceghalom-1. sz. főút, 4) Pilisjászfalu-10. sz. főút) folytatott felmérések az MTA Ökológiai Kutatóközpont Duna-Kutató Intézet CEDR-Harmony projekt támogatásával történtek 2014 és 2016 között. A

mintavételi helyek különböző élőhelyek mellett helyezkedtek el: 1) nedves élőhely, 2) szántóföld, 3) erdős társulás, 4) száraz gyepl. Minden mintavételi helyen (I) nem kezelt (nincs kaszálás), (II) normál-periodikus fenntartó kezelés alatt álló (kaszálás átlagosan 2 alkalommal) és (III) fokozottan kezelt (kaszálás száraz évben 3, csapadékos évben 4 alkalommal) szekciókat különítettem el, melyek 100 m távolságban helyezkedtek el egymástól. Minden szekcióban 5-5 Barber-féle talajcsapdát helyeztem el egymástól 5 m távolságban, melyek egy évben négy alkalommal (április, május, augusztus, szeptember) három héten keresztül működtek. Az *A. vulgare* és a *P. collicola* abundanciájára nézve megállapítottam a két faj abundanciája közötti különbségeket figyelembe véve a 1) kaszálás intenzitását, 2) a mintavételi évszakot, 3) a kaszálás intenzitását a mintavételi évszakon belül, és 4) a kaszálás intenzitását a szomszédos élőhelyen belül.

Az adatok kiértékelése

Az eredmények kiértékeléséhez a PAST Paleontological Statistic programcsomagját használtam (Hammer és mtsai 2001). A szárazföldi ászkarák együttesek jellemzésére és összehasonlítására megállapítottam a fajok relatív abundancia és frekvencia értékeit, továbbá a csapdánkenti átlagos fajszámot, a csapdánkenti átlagos egyedszámot, valamint a Shannon-diverzitást. A diverzitás értékek összehasonlításához kettőnél több minta esetén az egyutas ANOVA-t használtam, míg több tényező hatásának vizsgálatához és a hatások közötti kölcsönhatások feltárásához kétutas ANOVA-t alkalmaztam. A mintavételi helyek ászkarák együttesei közötti hasonlóságot klaszter-analízissel szemléltettem Jaccard-féle hasonlósági indexet alkalmazva. Az ászkarák együttesek elkülönülését trendelenített korrespondencia-analízis segítségével elemeztem. A Wilson és Shmida féle β -diverzitási index által a mintavételi helyek közötti fajcserélődés mértékét adtam meg, a Whittaker-féle β -diverzitási index segítségével a területen belüli élőhely-komplementaritás szintjét jellemeztem. A fajok megoszlását élőhely-preferencia, életmenet-jellemzők és magyarországi státuszuk alapján vizsgáltam. Élőhely preferencia szerint megkülönböztettem generalista és specialista fajokat. A specialista fajokat további 3 természetességi kategóriába (zavart élőhelyen ritka, természetes

élőhelyen gyakori és természetes élőhelyen ritka) soroltam Hornung és mtsai (2007, 2009), valamint Vilisics és Hornung (2010) munkái nyomán. Életmenet-jellemzőik szerint felszín-aktív és talaj-aktív ászkarákat különítettem el Hornung és mtsai (2007) alapján. Farkas és Vilisics (2006), valamint Vilisics és Hornung (2008) munkái nyomán a fajokat magyarországi státuszuk szerinti őshonos, kozmopolita és behurcolt csoportokba soroltam.

Eredmények

1. Az autópályák ászkarák együttlésai az vizsgált megállóhelyeken

A 2011 és 2013 közötti kutatásaim során a négy vizsgált autópálya (M1, M3, M5, M7) és az M0-ás gyorsforgalmi út szegélyeiben 18 szárazföldi ászkarák faj 50144 egyedét gyűjtöttem. Az ászkarákok csapdánkénti átlagos fajszáma Bábolna mintavételi helyen, csapdánkénti egyedszáma Polgár mintavételi helyen, Shannon-diverzitása pedig Turul mintavételi helyen volt a legnagyobb. Az ászkarákok legkisebb csapdánkénti fajszáma Inárcs, Nyíregyháza és Petőfiszállás megállóknál, legkisebb csapdánkénti egyedszáma a Nyírség, a Duna-Tisza közti síkvidék és az Alsó-Tiszavidék megállóhelyein, legkisebb Shannon-diverzitása Alacska, Inárcs és Petőfiszállás pihenőhelyeken volt megfigyelhető. Az autópályák szegélyeiben figyelemre méltó volt a tág toleranciával bíró generalista fajok 50 %-os reprezentáltsága és kimagasló abundanciája. A megjelent fajok 33 %-a természetes élőhelyek gyakori faj volt, míg a természetes és zavart élőhelyek ritka fajainak csupán 3 képviselőjét sikerült kimutatnom a hazai autópályákon. A generalista fajok egy megálló kivételével minden mintavételi helyen jelentős abundanciával fordultak elő. A természetes élőhelyen gyakori fajok hat megállóknál, a természetes élőhelyek ritka fajai kettő megállóknál, a zavart élőhelyek ritka fajai három megállóknál fordultak elő. Szegerdő volt az egyedüli megállóhely, ahol mind a négy természetességi kategória fajai jelen voltak. Az autópálya szegélyekben 13 őshonos faj mellett 3 kozmopolita és 2 behurcolt faj került elő. Az őshonos fajok 2 mintavételi hely kivételével, a kozmopolita fajok 1 mintavételi hely kivételével minden területen előfordultak. A behurcolt fajokat csak 3 megálló mellett sikerült kimutatnom. 14 talajfelszín-aktív faj

mellett 4 talaj-aktív faj jelent meg az autópályák menti gyepekben. Míg a talajfelszín-aktív fajok minden mintavételi helyen előfordultak, a talaj-aktív fajok mindössze hét megállónál voltak megfigyelhetők. A leggyakoribb fajok közül az *A. vulgare* érte el a legnagyobb relatív abundanciát 89 %-os értékkel és a legnagyobb frekvenciát 96 %-os éves átlaggal. A vizsgálati évek során az autópálya szegélyek jellegtelen, vetett, száraz és félszáraz gyepein a közép-európai erdők öt fajtát, míg az atlanti erdők egy fajtát sikerült kimutatnom. A hazánkban ritka változékony gömbászka (*Armadillidium versicolor* Stein, 1859) két egyede is megjelent a nyíregyházi mintavételi helyen. A városok üvegházaiból ismert mediterrán eredetű üvegházi gömbászka (*Armadillidium nasatum* Budde-Lund, 1885) egyre növekvő egyedszámát figyeltem meg az M0-ás autót csepeli mintavételi helyén. Az fajok akadálytalan terjedése az egyes autópályák mintahelyei között, az egymáshoz közeli és távoli élőhelyek fajkészletének 100 %-os hasonlóságával magyarázható. A fajok elterjedési mintázatának nagy hasonlósága rámutat arra, hogy a különböző igényű fajok is megfelelő körülményeket találnak az autópálya szegélyekben.

2. Ászkarák együttesek éves változása az autópályákon

A három év közül a legmelegebb 2012-es évben volt a legnagyobb az ászkarákok csapdánkénti fajszáma, azonban az eltérések nem voltak szignifikánsak. Az ászkarákok csapdánkénti egyedszáma szignifikáns növekedést mutatott az évek során, míg az ászkarák együttesek Shannon-diverzitását csökkenő tendencia jellemezte és a diverzitás értéke szignifikánsan kisebb volt az utolsó évben, mint az első évben. Figyelembe véve az autópályák fekvését, eltéréseket tapasztaltam az ászkarák együttesek ökológiai paramétereinek éves változásában. A kétfaktoros varianciaanalízis eredménye szerint szignifikáns eltérés van az ászkarákok Shannon-diverzitása között mind a mintavételi évek, mind az autópályák fekvése alapján. A generalista fajok az első évben (2011) nagyobb fajszámmal képviseltették magukat, mint a későbbi években (2012, 2013), ami a specialista fajok kisebb számát vonta maga után, azonban az eltérések nem voltak szignifikánsak. Míg a generalista fajok egyedszáma szignifikáns növekedést mutatott az évekkel, a specialista fajok egyedszáma az utolsó évben volt szignifikánsan nagyobb, mint az

előző években. Az *A. vulgare* és *A. nasatum* fajok relatív abundanciája egyaránt nőtt az évekkel. Ezeket a fajokat kolonizáló fajoknak neveztem, mert egyre nagyobb populációikat figyeltem meg az autópályák szegélyeiben. Ezzel ellentétben a második csoport képviselőinek (*P.*, *Trachelipus nodulosus* (C. Koch, 1838) és *Trachelipus rathkii* (Brandt, 1833)), a visszaszoruló fajoknak a relatív abundancia értékei csökkentek a három év folyamán.

3. Az ászkarák együttesek változása az autópálya szegélyekkel szomszédos élőhelytípusok szerint

A szegélyhatás vizsgálata során öt különböző szomszédos terület mellett elhelyezkedő tizenöt autópálya szegélyben talált eredményeket vettem figyelembe. Az ászkarákok csapdánkenti átlagos fajszáma, egyedszáma és Shannon-diverzitása szignifikáns eltéréseket mutatott a szomszédos élőhelyek alapján. Az ászkarákok fajszáma és Shannon-diverzitása a városi szegélyekben érte el a legnagyobb értéket, míg az ászkarákok egyedszáma a szántóföldek szomszédságában volt a legnagyobb. Míg a generalista fajok száma a városi szegélyekben szignifikánsan nagyobb volt, mint a legelő, az erdő és a szántóföld melletti szegélyben, addig a specialista fajok számában nem találtam szignifikáns különbséget. A generalista és a specialista fajok egyedszáma azonban szignifikáns eltérést mutatott a szomszédos élőhelyek alapján. Míg a generalista fajok egyedszáma a szántóföldek melletti szegélyekben, addig a specialista fajok egyedszáma a városi szegélyekben volt szignifikánsan nagyobb, mint a többi szegélyben. A zavart élőhelyek melletti szegélyek (szántóföld, gyümölcsös, város) fajösszetétel szempontjából kevésbé, míg a természet-közeli élőhelyek melletti szegélyek (rét, erdő) jól elkülönültek egymástól. A szántóföldek melletti szegélyekben mind a négy természetességi kategória képviselői jelen voltak. A természetközeli legelőket és az erdőket kísérő szegélyeket kizárólag a generalista és a természetes élőhelyek gyakori fajai uralták, ritka fajok csak a zavart élőhelyek melletti szegélyekben voltak jelen. A kolonizáló fajok a nyílt, száraz élőhelyeket preferálták. Az *A. nasatum* kizárólag város és szántóföld mellett, az *A. vulgare* a kultúr területek közelében érte el legnagyobb abundanciáját. A *T. nodulosus* városi területeken, a *T. rathkii*

legelők mellett, míg a *P. collicola* fás területek mellett volt domináns. A Jaccard-féle hasonlósági index alapján a legelők és szántóföldek melletti szegélyek ászkarák együtteseai hasonlítanak a legjobban egymásra. A Wilson és Shmida-féle β -diverzitás értékéből adódó fajkicserélődési ráta az erdei és a városi területek között volt a legnagyobb. A fajok Whittaker-féle β -diverzitása szerint a különböző szomszédos élőhelytípussal rendelkező szegélyek között a fajok 50 %-a volt komplementere egymásnak.

4. Az ászkarák együttesek változása az úttesttől való távolság függvényében

A barrierhatás vizsgálata során az úttesttől három különböző távolságra fekvő tizenöt autópálya szegélyben talált eredményeket vettem figyelembe. A legkisebb átlagos csapdánkénti fajszámot a távoli (90 m) élőhelyeken figyeltem meg, azonban az eltérések nem voltak szignifikánsak. Az ászkarákok csapdánkénti egyedszáma és Shannon-diverzitása azonban szignifikáns eltéréseket mutatott az úttesttől való távolság alapján. Míg az ászkarákok egyedszáma az átmeneti (40 m) távolságban, addig a Shannon-diverzitás értéke az úttesthez közeli (20 m) élőhelyeken volt a legnagyobb. A kétfaktoros varianciaanalízis alapján nem találtam szignifikáns eltérést 95 %-os konfidencia intervallum mellett az ászkarákok Shannon-diverzitása között sem a szegélyek szomszédos élőhelytípusai, sem az úttesttől való távolság alapján. A szántóföldek és a legelők mellett az ászkarákok Shannon-diverzitása az átmeneti (40 m) távolságban volt a legkisebb, az erdei, a városi és a gyümölcsös területek szomszédos szegélyeiben a diverzitás a legnagyobb értékeket mutatta. A specialista ászkák fajszámának megoszlása nem mutatott szignifikáns eltérést, ezzel szemben a generalista ászkák fajszáma az átmeneti (40 m) távolságban lévő szegélyekben szignifikánsan nagyobb volt, mint a többi távolság esetén. Mind a specialista, mind a generalista fajok egyedszáma szignifikánsan változott az úttesttől való távolság alapján. A specialista fajok egyedszáma a 90 m-es távolságban, míg a generalista fajok egyedszáma a 40 m-es távolságban volt a legnagyobb. A visszaszoruló fajok egyedszáma az úttesthez közeli 20 m-es távolságban, míg a kolonizáló fajok egyedszáma az átmeneti 40 m-es távolságban érte el a

maximumot. A Jaccard-féle hasonlósági index szerint a legnagyobb hasonlóság az úttesttől 20 m-re és 90 m-re levő élőhelyek között figyelhető meg. A Whittaker-féle β -diverzitás 61%-os komplementaritásra utal. A Wilson és Shmida-féle β -diverzitási index értéke szerint az átmeneti (40 m) és távoli (90 m) élőhelyek között volt a legnagyobb a fajkicserélődés.

5. Az ászkarák együttesek változása a pályaszakaszok korának függvényében

Az ászkarákok csapdánkénti átlagos fajszáma, csapdánkénti átlagos egyedszáma és Shannon-diverzitás értékei között szignifikáns eltéréseket találtam a pályaszakaszok kora alapján. Az ászkarákok fajszáma az 1977-ben épített autópályákon a legnagyobb, a 2005-ös építésű autópályákon a legkisebb értéket érte el. Az ászkarákok egyedszáma is az 1977-ben átadott autópályák mentén volt a legnagyobb, míg az 1982-es és a 2005-ös építésű autópályák mentén a legkisebb. Az ászkák Shannon-diverzitás értéke az 1982-ben és 1990-ben épült szakaszon volt a legnagyobb, míg a 2008-as építésű autópályákon a legkisebb. A kétfaktoros varianciaanalízis alapján nem találtam szignifikáns eltérést 95 %-os konfidencia intervallum mellett az ászkarákok Shannon-diverzitása között sem az autópálya szakaszok kora, sem a szegélyek természetességi-zavartsági állapota alapján. Az ászkák fajszáma és egyedszáma az 1985-ös és idősebb pályaszakaszokon a zavart szegélyekben, míg a fiatal pályákon, a természet-közeli élőhelyeken ért el nagyobb értéket. Az ászkarákok Shannon-diverzitás értéke mind a négy, hatásvizsgálatba bevont pályaszakasz esetében a zavart szegélyekben volt a legnagyobb. Amíg a legidősebb, 1977-ben létesített autópályák szegélyeit kizárólag generalista fajok uralták, addig az 1982-es építésű sztrádákon a generalista fajokból álló együtteseket a természetes élőhelyek gyakori erdei fajai egészítették ki. A ritka fajok csak a később, 1999-ben és 2008-ban épült autópályák gyepsávjában voltak kimutathatók. A specialista fajok megoszlása szignifikáns eltérést nem mutatott, míg a generalista fajok száma a 2005-ben átadott pályaszakaszokon szignifikánsan kisebb volt, mint a többi, más időben épült pályaszakaszokon. A fajok egyedszámának megoszlásában szintén szignifikáns különbségek

figyelhető meg élőhely-preferencia alapján. A generalista fajok egyedszáma az 1977-ben átadott pályaszakaszokon, a specialista fajok egyedszáma az 1990-es építésű autópályákon volt a legnagyobb. Mind a kolonizáló, mind a visszaszoruló fajok abundanciájának növekvő, majd csökkenő tendenciája váltja egymást a fiatalabb autópálya szakaszok irányába. A Jaccard-féle hasonlósági index értékei az 1977-ben és az 1985-ben épített autópálya szakaszok ászkarák együtteseinek egyöntetűségére utalnak. A legidősebb (1977-ben átadott) autópályák és az 1985-ben épült pályaszakaszok ászkafajai között nem volt tapasztalható fajkicserélődés. A fajok komplementaritása a különböző korú szegélyek között csupán 38%-os volt.

6. Az ászkarák fajok kategorizálásának lehetősége az autópályákon tapasztalt előfordulásuk alapján

Az autópályákon kimutatott ászkarák együttesek összetétele karakterisztikus különbségeket mutatott az éves dinamika, a pályák égtáji fekvése, az élőhelyi zavartság, a szomszédos vegetáció, az úttól való távolság és a sztrádák korának függvényében. A fajokat előfordulási gyakoriságuk és a felsorolt hatótényezőkre adott reakciójuk alapján négy kategóriába tudtam sorolni.

1) Az autópályák kolonizáló fajainak (*A. vulgare* és *A. nasatum*) egyre növekvő egyedszáma volt megfigyelhető. Főként az ország észak-keleti és központi részében domináltak és a zavart élőhelyeket preferálták. Az út közelsége és az autópálya szakaszok fiatal kora negatívan hatott rájuk.

2) Az autópályák visszaszoruló fajainak (*P. collicola*, *T. nodulosus* és *T. rathkii*) egyre csökkenő egyedszáma volt megfigyelhető. Az ország melegebb, nyugati részeiben domináltak és élőhely-preferenciájuk fajonként eltérő tendenciát mutatott. Az út közelsége pozitívan hatott rájuk, míg az autópálya szakaszok kora fajonként eltérő hatást mutatott.

3) Az autópályák kis egyedszámú, stabil fajait (*Hyloniscus riparius* (C. Koch, 1838), *Trichoniscus pusillus* Brandt, 1833, *Trachelipus ratzeburgii* (Brandt, 1833), *Protracheoniscus politus* (C. Koch, 1841), *Porcellionides pruinosus* (Brandt, 1833), *Armadillidium opacum* (C. Koch, 1841)) stagnáló egyedszám jellemezte. Relatív abundanciájuk nem haladta meg a 0,03 %-ot és az élőhelyi gyakoriságuk 7-35 % között volt megfigyelhető. Élőhely-

preferenciájukat a nyugati és a központi autópálya szegélyekhez való kötődés jellemezte.

4) Az autópálya szórványfajai (*Ligidium hypnorum* (Cuvier, 1792), *Lepidoniscus minutus* (C. Koch, 1838), *Platyarthrus hoffmannseggii* Brandt, 1833, *Orthometopon planum* (Budde-Lund, 1885), *Porcellio scaber* Latreille, 1804, *Armadillidium zenckeri* Brandt, 1833 és *Armadillidium versicolor* Stein, 1859) csak egy mintavételi évben és/vagy egy évszakban jelentek meg. Relatív abundanciájuk nem haladta meg a 0,003 %-ot és az élőhelyi gyakoriságuk 7 % alatt maradt. Élőhely-preferenciájukat a nyugati szegélyekhez való kötődés jellemezte, kivéve az *A. versicolor* fajt, ami az M3-as autópályán jelent meg.

7. Az ászkarák együttesek jellemzése a főutak szegélyeiben

A 2014 és a 2015 közötti kutatásaim alatt a 4 vizsgált főút szakasz szegélyeiben 4 szárazföldi ászkarák faj 4236 egyedét regisztráltam. A 3 családba sorolt 4 ászkarák faj az ismert Magyarországi fajoknak (57 faj) mindössze 7 %-át tette ki. A szárazföldi ászkarákok csapdánkénti átlagos fajszáma és egyedszáma között szignifikáns eltéréseket tapasztaltam. Az ászkarákok fajszáma és egyedszáma egyaránt Mány mintavételi helyen volt szignifikánsan nagyobb, mint Agárd és Pilisjászfalu esetében. A megjelent fajok mindegyike tág toleranciával bíró generalista ászka faj volt és közülük is az *A. vulgare* és a *P. collicola* volt domináns. Amíg az *A. vulgare* dominanciája a szántóföld közelében Mányon tetőzött, addig a *P. collicola* egyedszáma Herceghalom mellett, az erdei élőhelyeken volt jelentős. A száraz réteken (Pilisjászfalu) és a nedves élőhelyeken (Agárd) uralkodó körülmények negatívan hatottak mindkét faj abundanciájára. A *T. rathkii* kizárólag a pilisjászfalui természet-közeli rétek mellett jelent meg, míg a kozmopolita *P. pruinosis* két példánya a szántóföld és az agárdi nedves élőhely szomszédságában bukkant fel. A kozmopolita és őshonos fajok aránya változó volt a négy vizsgált főút menti gyepsávban. Mányon a kozmopolita fajok egyedszáma volt a legnagyobb, míg az őshonos fajok legnagyobb egyedszámmal Herceghalom mellett fordultak elő.

8. A kaszálás, a szomszédos élőhelyek és az évszakok hatása a *P. collicola* és az *A. vulgare* abundanciájára

A kaszálás intenzitásának változása és az évszakok változása is szignifikáns eltéréseket eredményezett a *P. collicola* csapdánkenti átlagos egyedszámában. A *P. collicola* egyedszáma a kaszálás intenzitásának növekedésével csökkent. A 2014 őszi mintavételezés eredményezte a legtöbb, a 2015 nyári gyűjtés a legkevesebb *P. collicola* egyedet. 2014 tavaszán a kezelés hiánya, 2014 őszén a normál kezelés növelte meg szignifikánsan a *P. collicola* egyedszámát. A szomszédos élőhelyek hatása során kapott eredmények csak tájékoztató jellegűek, a megfelelő számú térbeli ismétlés hiánya miatt. Míg a *P. collicola* legnagyobb abundanciáját az erdei szegélyekben a fokozott kezelés, a szántóföld mellett a kezelés hiánya, a száraz rétek mellett pedig a normál kezelés okozta. A kaszálás intenzitásának változása és az évszakok változása is szignifikáns eltéréseket okozott az *A. vulgare* abundanciájában. Az *A. vulgare* legkisebb egyedszámát a normál módú kezelés eredményezte. A 2014-es tavaszi mintavételezés a legnagyobb, míg a 2015-ös őszi gyűjtés a legkisebb egyedszámát eredményezte a fajnak. Ősszel a kaszálás fokozódó intenzitása csökkentette, tavasszal pedig növelte az *A. vulgare* egyedszámát. A két mintavételi év nyári eredményei eltérő tendenciát mutattak. A szomszédos élőhelyek hatása során kapott eredmények csak tájékoztató jellegűek, a megfelelő számú térbeli ismétlés hiánya miatt. A szántóföld és az erdő mellett a kezelés hiánya, a nedves élőhely mellett a normál kezelés eredményezte az *A. vulgare* legnagyobb abundanciáját.

Következtetések

1. Az autópályák ászkarák együttese a vizsgált megállóhelyeken

Az autópálya szegélyek ászkarák együtteseinek fő szerkezetét a tág toleranciájú generalista és kozmopolita fajok alkotják, melyet kiegészítenek specialista színező fajok. A szegélyekre nagy fajgazdagság volt jellemző, ami nem minden esetben eredményezett nagy diverzitást. Figyelemreméltó azonban a generalista és specialista fajok 50-50 %-os megoszlása a hazai autópálya szegélyekben. Ez az eredmény minden bizonnyal összefüggésbe

hozható az ember környezet-átalakító tevékenységével és a mozaikos élőhelyek létrejöttével. Elmondható, hogy a hazai autópályák szegélyei sajátos ászkarák együttesekkel rendelkeznek, mivel egyaránt életteret biztosítanak őshonos, adventív és inváziós fajok számára. A szürke gömbászka (*A. vulgare*) tekintélyes egyedszáma a faj kiváló adaptációs képességének és kiszáradással szembeni toleranciájának köszönhető, mely képességek háttérben fejlett légzőszervrendszere és vastag kutikulája áll (Paoli és mtsai 2002). Kiemelkedő jelentőségű a mediterrán üvegházi gömbászka (*A. nasatum*) szabadtéri előfordulása, hiszen korábban csupán nagyvárosok üvegházáiból volt feljegyezve, de manapság egyre több dokumentált adata származik városok parkjaiból, magánudvaraiból és városon kívüli területekről (Gregory és mtsai 2009; Vilisics és Hornung 2010). Az *A. versicolor* faunisztikai helyzete kevésbé tisztázott igen ritka hazai előfordulása miatt, azonban Erdélyben meglehetősen sok detektált adata révén gyakori fajnak tekinthető. Valószínű, hogy az M3-as autópálya szegélye, mint zöld közlekedési folyosó szerepet játszott a faj felbuklásában a nyíregyházi pihenőnél. Az *A. versicolor* megjelenése alátámasztja az autópályákat szegélyező zöld folyosó és az ember szerepét a földrajzi barrierék leküzdésében és a fajok szétterjedésében. Az ország kevésbé szélsőséges makroklimájú nyugati és dél-nyugati területei, mint Turul, Moson, Röske és Törek, valamint a Budapest környéki mintavételi helyek, mint Budaörs kiemelkedtek nagy diverzitásukkal. Eredményeim feltételezéseimnek megfelelően részben tükrözik az ország klímaviszonyait, mely szerint az északi országrészek a legalacsonyabb hőmérsékleti értékekkel rendelkeznek, miközben a délnyugati területeken és Budapest közelében magasabb hőmérsékleti értékek is jellemzőek (Bartholy és mtsai 2011). Az ászkarákok ökológiai paramétereinek változása tájegységek szerint nem mutatott egységes tendenciát annak ellenére, hogy az M3-as autópálya nagyrészt hideg-mérsékelt klímaövből található, ezáltal éghajlata és tengerszint feletti magassága is eltér a többi, meleg-mérsékelt klímaövi autópályától (Szelepcsényi és mtsai 2009). Ennek magyarázata az lehet, hogy a különböző igényű fajok eltérően reagáltak a klimatikus tényezőkre. Bozinovic és mtsai (2014) azt tapasztalták, hogy a hőmérséklet és a tengerszint feletti magasság a melegtoleráns fajokra kevésbé, míg a hidegtoleráns fajokra fokozottan hatott. Úgy hiszem, hogy a klimatikus változások biológiai diverzitásra gyakorolt hatásait illetően nem áll kellő

információ a rendelkezésünkre, hisz a klíma mellett számos helyi hatás is befolyásolja az adott élőhelyek fajösszetételét (Espinosa és mtsai 2011).

2. Ászkarák együttesek éves változása az autópályákon

Az autópályákon tapasztalt évenkénti diverzitáscsökkenés kapcsolatba hozható nem csak a csapdázás negatív hatásaival és az inváziós fajok térhódításával, hanem a klimatikus tényezők megváltozásával is. Egyes tanulmányok szerint a magas hőmérséklet az ászkarákok halálózását nagyban befolyásolja (Zimmer 2004). Ezzel szemben Hornung és mtsai (2015) megfigyelték, hogy a magas hőmérséklet serkenti az ászkák reprodukcióját és aktivitását. Az ászkarákok diverzitása és abundanciája a növekvő hőmérsékleten túl a fokozott csapadékmennyiséggel is összefüggésbe hozható. Ez nem meglepő, hiszen a talaj nedvességtartalma és hőmérséklete meghatározó tényező az ászkarákok elterjedésében (Dias és mtsai 2013), valamint a talajban végzett vertikális és horizontális mozgásukban (Warburg és mtsai 1984). Azonban a klíma mellett a mikro-élőhelyek száma (Lopes és mtsai 2005) és nedvességi állapota (Beyer 1964) is nagyban befolyásolja az ászkarákok diverzitását. Verhoeff (1931) szerint, míg egyes fajok a nedvesebb élőhelyeket preferálják, más fajok szárazabb élőhelyeket is előnyben részesíthetnek. Összességében elmondható, hogy az ászkarákok túlélése egyaránt függ a levegő hőmérsékletétől és nedvességtartalmától (Warburg 1987).

3. Az ászkarák együttesek változása az autópálya szegélyekkel szomszédos élőhelytípusok szerint

A városi szegélyek nagy diverzitása elsősorban a nagy fajszámmal és a kis egyedszámmal hozható összefüggésbe. Az urbán élőhelyeket a hőhatás mellett (Stewart 2011), a komplexitás, a mozaikosság és a kettőség is jellemezi, amely a sűrűn beépített városmag és a természet-közeli élőhelyekkel határos kertvárosi zónák váltakozására utal (Vilisics és Hornung 2008). Eredményeimhez hasonlóan Korsós és mtsai (2002) a városi élőhelyek nagy diverzitását tapasztalták, elsősorban az egzotikus fajok betelepülése miatt (Riedel és mtsai 2009). A városi élőhelyek nagy fajszámához inkább a generalista fajok nagy száma, mintsem a specialista

fajok száma járult hozzá. Magura és mtsai (2013) azt tapasztalták, hogy a sikeresen betelepülő fajok nem minden esetben eredményezik a fajszám növekedését, mivel más fajok ezzel egy időben kiszorulnak az adott élőhelyről. További urbán területeken folytatott vizsgálatokhoz (Hornung és mtsai 2007) hasonlóan sikerült kimutatnom városi övezetben az üvegházi gömbászkát (*A. nasatum*), melynek szabadtéri előfordulása csupán az elmúlt pár évben figyelhető meg. Feltételezésem szerint Budapest valamelyik botanikus kertjéből, esetleg parkjából cserjetelepítés közben földlabdával vagy megmozgatott talajjal kerülhettek a területre. A sztrádák mentén az emberi tevékenység a legnagyobb hatótényező a fajok szétterjedésére és megtelepedésére (Forman és Alexander 1998). Másrésről a faj szabadföldi megjelenésének háttere egyértelműen a klímaváltozással hozható kapcsolatba. Farkas és Vadkerti (2002) kimutatta, hogy a faj szabadföldi szétterjedése hidegebb éghajlaton lehetetlen a faj hőérzékenysége miatt. Ez is bizonyítja, hogy Magyarország ászkarák faunájának feltártsága, valamint a fajok ökológiai igénye korántsem tisztázott.

4. Az ászkarák együttesek változása az úttesttől való távolság függvényében

Az utak, mint sajátos emberi zavarás alatt álló területek esetében, az út hatásáról vagy barrier hatásról beszélhetünk. Jól ismert tény, hogy az utak negatív hatással vannak az élővilág sokféleségére (Daigle 2010). Eredményeim nem támasztották alá azt a feltételezésemet, miszerint az úthoz közeli távolságban lévő élőhelyeken várható a legkisebb diverzitás. Eredményeimhez hasonlóan Delgado és mtsai (2013a, b) több kutatásuk során is azt tapasztalták, hogy a talajlakó ízeltlábúak egyedsűrűsége, gyakorisága és diverzitása az úttesttől 10-20 m-re volt a legnagyobb. Az autópályák melletti gyepsávokban az úttesthez közeli élőhelyek nagy diverzitása elsősorban annak köszönhető, hogy a generalista fajok az átmeneti távolságban, a specialista fajok pedig a távoli élőhelyeken járultak hozzá a biodiverzitás csökkenéséhez kiemelkedő abundanciájukkal. A közeli élőhelyek alacsony egyedszámának oka az ott élő fajok kevésbé sikeres kompetíciós képességében keresendő. A kolonizáló fajokra a barrierhatás negatív volt, amely Da Rosa és Bager (2013) szerint az út jellemzői által kiváltott mechanizmusok miatt következett be, mint a zaj, a

forgalom és az autók elkerülése. A visszaszoruló fajok ezzel ellentétben pozitívan reflektáltak az út közelségére, mely jelenség az út vonzásával hozható kapcsolatba. Magura és mtsai (2006) eredményeivel megegyezően úgy vélem, hogy a fajok eltérően reagálnak az út általi zavarásra, mint urbanizációs tényezőre anatómiai felépítésüktől, ezáltal ökológiai igényüktől függően. Eredményeim alapján megállapítható, hogy az út hatásai és az ellenkező oldali szegélyhatások esetenként felerősítik, máskor gyengítik egymást.

5. Az ászkarák együttesek változása a pályaszakaszok korának függvényében

Az autópályák létesítése során megváltoznak a terület talajtani és hidrológiai viszonyai. Annak érdekében, hogy a megváltozott élőhelyek stabilizálódjanak és a vegetáció valamelyest regenerálódjon, legalább 30-40 évnek kell eltelni. Feltételezésem, mely szerint a legöregebb autópálya szakaszok mentén várható a legnagyobb diverzitás nem teljesült, azonban az ászkarákfajok egyedszámát tekintve csökkenő tendencia volt megfigyelhető az egyre fiatalabb autópályák irányába. Ezzel szemben az ászkák fajszámának és diverzitás értékeinek növekedő majd csökkenő tendenciái váltják egymást az idősebb pályaszakaszoktól a fiatalabb autópályák irányába. Az utak kora befolyással van a fajok sokféleségére és abundanciájára, valamint az inváziós fajok egyre növekvő populációira (Meunier és Lavoie 2012). Eredményeim ezzel megegyezően a kolonizáló *A. vulgare* egyre növekvő relatív abundanciáját mutatták, tükrözve a faj invázióra való képességét. Fetykó (2014) az autópályák pajzstetű vizsgálataiban során csupán kismértékű növekedést figyelt meg a pajzstetvek számában a fiatal mintavételi helyektől a régi szegélyek irányába. Ezzel szemben Lengyel és mtsai (2015) bizonyítékot szolgáltatottak a pettyes szárnyú muslica (*Drosophila suzukii*) növekvő populációjával kapcsolatban, mely összefüggésbe hozható az autópályák korával.

6. Az ászkarák fajok kategorizálásának lehetősége az autópályákon tapasztalt előfordulásuk alapján

Vizsgálataim során az autópályákat kísérő gyepsávokban megjelent ászkafajokat az éves dinamika függvényében a rájuk ható tényezők tükrében kategorizáltam. Feltételezéseimet alátámasztva a kolonizáló fajok (*A. vulgare* és *A. nasatum*) egyre növekvő populációit figyeltem meg. Mindkét faj az antropogén hatások indikátora (Vilisics és Hornung 2010), ezért jelenlétük az autópályák mentén nem meglepő. Ezeknek a mediterrán elterjedésű fajoknak a térhódítása az éghajlatváltozással és a nemzetközi kereskedelmi áruforgalom egyre fokozódó ütemű fejlődésével hozható kapcsolatba és mivel a forró klímát részesítik előnybe, nem meglepő tehát, hogy aktivitási csúcukat nyáron érték el. Thuiller és mtsai (2007) vizsgálatainak eredményei megegyeznek saját eredményeimmel, miszerint a folyamatosan növekvő hőmérséklet optimális feltételeket biztosít a déli eredetű fajok túléléséhez és szaporodásához. A kolonizáló fajok nagy abundanciája kiváló reprodukzív stratégiájukkal (Quadros és mtsai 2009), jó alkalmazkodó képességükkel és a kiszáradás elleni védekező mechanizmussukkal magyarázható, mely háttérben a légzőszervek és a testfelület párolgásának megfelelő szabályozása áll (Kuenen 1959). A visszaszoruló fajok (*P. collicola*, *T. nodulosus* és *T. rathkii*) évente egyre csökkenő populációja lehet a magyarázata Gurnell és mtsai (2004) által tapasztaltaknak, miszerint a kolonizáló fajok egyre növekvő abundanciája negatív hatást gyakorol a sajátos igényű őshonos fajok túlélésére, melynek egyik fő következménye a biodiverzitás csökkenése. Vizsgálataim alátámasztották a behurcolt fajok hipotézisét, mely feltételezi, hogy az egzotikus (*A. nasatum*) és inváziós (*A. vulgare*) fajok nagy eséllyel kolonizálják a megváltozott élőhelyeket, miközben az őshonos fajok (*P. collicola*, *T. rathkii* és *T. nodulosus*) abundanciája és elterjedési területe egyre inkább lecsökken. Az autópályák kis egyedszámú, stabil fajai minden évben jelen voltak az autópályákat kísérő gyepsávokban, míg az autópálya szórványfajai valószínűleg véletlenül kerültek be az autópályákat kísérő zöld szegélybe és túlélésük egyáltalán nem biztos.

7. Az ászkarák együttesek jellemzése a főutak szegélyeiben

A főutakon is megmutatkozott a szegélyekre jellemző tág tűrésű, homogenizáló fajok nagy aránya. Az autópályák szegélyeiben tapasztalt nagy fajgazdagsághoz képest a főutak mentén homogén és szegényes

ászkarák faunát találtam. Ennek fő oka elsősorban abban keresendő, hogy az autópálya hálózatok struktúrájukban és forgalmuk intenzitásában eltérnek az alsóbb szintű utaktól, másodsorban a mintavételi helyek számában is nagy különbségek figyelhetők meg. Az autópályákhoz hasonlóan számítottam tájidegen, egzotikus fajok megjelenésére, ami nem teljesült. Az autópályák és főutak közötti párhuzam kizárólag a generalista fajok térhódításában és az invazív *A. vulgare* dominanciájában nyilvánult meg. Az utakat kísérő gyepsávokat nagyban befolyásolja a szegélyhatás, amely az autópályákon tapasztalt eredményeim szerint elsősorban az együttesek összetételében és abundanciájában mutatkozik meg. Jól megfigyelhető, hogy a szomszédos területek nedvességtartalma és természetességi állapota jelentősen befolyásolta az ászkarákok diverzitását. Számos tanulmány számol be az ászkarákok eltérő élőhely-preferenciájáról, melyek szerint egyes fajok meglehetősen jól tűrik a meleg, száraz körülményeket, míg más fajok erősen kötődnek a nedves, párás élőhelyekhez (Verhoeff 1931). Amíg az *A. vulgare*, mint az antropogén hatások indikátora (Panlasigui 2011) a szántóföld közelében, a két útszakasz által körbezárt szegélyben érte el legnagyobb abundanciáját, addig a *P. collicola* az erdei élőhelyeken volt domináns. Ez is azt mutatja, hogy a fajok különböző anatómiai felépítése és ökológiai igénye határozza meg elterjedési területüket és túlélési esélyeiket.

8. A kaszálás, a szomszédos élőhelyek és az évszakok hatása a *P. collicola* és az *A. vulgare* abundanciájára

A mérsékelt gyepkezelési eljárások köztes zavarásnak minősülnek (Connell 1978), mégis jelentős változásokat okoznak a vegetáció szerkezetében és összetételében. A kaszálás, mint élőhely kezelés egyes izeltlábú taxonokra, mint a pókokra és a futóbogarakra pozitív (Szmatona-Túri és mtsai 2017), míg más taxonokra, mint a viráglátogató rovarok lárváira és bábjaira negatív hatással van (Johst és mtsai 2006). A főutak mentén végzett 2 éves kutatásom eredményei megegyeznek Pech és mtsai (2015) által végzett kutatások eredményeivel, amelyek nem támasztják alá a kaszálás pozitív hatását. Korábbi, természet-közeli élőhelyeken folytatott vizsgálataink (Vona-Túri és Szmatona-Túri 2017) során azt találtuk, hogy a kaszálás rövid távon pozitív, míg hosszú távon negatív hatással van az

ászkarákok diverzitására. Eredményeim azt mutatták, hogy a két ászkarák faj eltérő módon reagált a karbantartási kezelés intenzitására, függetlenül generalista mivoltuktól. Bár a szomszédos élőhelyek hatása kapcsán nem vonhatunk le valós következtetéseket a megfelelő térbeli ismétlések hiánya miatt, a kapott eredmények azonban a következőkre utalhatnak. A *P. collicola* az erdei területek melletti, fokozottan kaszált szegélyekben érte el a legnagyobb egyedszámot, ami arra mutat rá, hogy a faj elterjedési területét kibővítette a többször kaszált szekció. A nagyszámú kaszálás után a területen hagyott széna az erdei élőhelyekhez hasonlóan meleg és nedves körülményeket biztosított az ászkarákok számára. A szántóföld esetében ezzel ellenkezőleg azt tapasztaltam, hogy a nem kezelt szekciókban érte el a faj a legnagyobb abundanciát. Véleményem szerint az érintetlen, magas fűvű szegélyek menedékhelyet biztosítottak az ászkarákoknak az ember általi zavarással és a szélsőséges időjárási körülményekkel szemben. A szegélyek fontos elemei a biodiverzitás fenntartásának, mivel néhány esetben, mint refúgiumok funkcionálnak, míg más esetekben kiterjesztik az izolált foltok területét.

Új tudományos eredmények és javaslattetelek

1. Az öt autópálya nyomvonalára Magyarország jelentős részét érinti, ezáltal elsőként nyílt lehetőségem országos szinten feltérképezni az autópálya szegélyek ászkarák faunáját, valamint nyomon követni az inváziós fajok térhódítását, az újonnan betelepült fajok adaptálódását és az őshonos fajok szétterjedését.

2. Mind az autópályák, mind a főutak szegélyeiben a szürke gömbászka (*A. vulgare*) bizonyult abszolút dominánsnak. Inváziós mivolta az autópályákon be is bizonyosodott, amely a biodiverzitás csökkenéséhez nagyban hozzájárult. Eddigi kutatásaim eredményeiből ítélve a faj további térhódítása várható, melynek visszaszorítása elősegítheti a fajgazdagság növekedését az utakat kísérő szegélyekben.

3. Az üvegházi gömbászka (*A. nasatum*) szabadföldi előfordulását és egyre növekvő populációit sikerült kimutatnom az autópályák melletti gypsávokban, amely bizonyítja az eddig alig ismert déli eredetű fajok sikeres alkalmazkodását hazánkban, valamint az ember és az áruforgalom szerepének fontosságát a fajok szétterjedésben.

Számolnunk kell további egzotikus fajok megjelenésével, melyek terjedésében nagy szerephez juthatnak az autópályák szegélyei, mint ökológiai folyosók.

4. Az autópályákat kísérő gyepsávok tömegesen előforduló ászkarákfajait egy új kategorizálási rendszerbe helyeztem az utakon uralkodó hatótényezőkre adott válaszaik alapján. A kolonizáló és a visszaszoruló fajok tanulmányozása lehetőséget ad arra, hogy ne csak az élőhelyek természetességi-zavartságai állapotát, hanem ezen túlmenő tulajdonságaik hatását is megvizsgálhassuk.

5. Eredményeim nem támasztották alá az utak negatív hatását az élővilágra és annak sokszínűségére, mivel az eltérő ökológiai igényű fajok különbözőképpen reagáltak az út jelenlétére. Míg a kolonizáló fajok esetében az út elkerülés mechanizmusa, addig a visszaszoruló fajok tekintetében az út vonzása teljesült.

6. Az utak mentén elsőként vizsgáltam a kaszálás, mint karbantartó kezelés intenzitásának hatását az ászkafajok abundanciájára. A kezelések intenzitása és egyes ászkarajok abundanciája között negatív összefüggés volt megfigyelhető. Célszerű megfontolni a kaszálás intenzitásának és célcsoportjának a kiválasztását, annak érdekében, hogy a szegélyekben a legnagyobb fajgazdagságot érjük el.

7. Eredményeim azt mutatják, hogy az utak mentén uralkodó körülmények vizsgálata önmagában nem elegendő, mert bizonyos hatások kioltották, míg mások felerősítették egymást. Annak érdekében, hogy helyes következtetéseket vonjunk le, a fajokat külön-külön igényeik szerint, több hatás összefüggésében kell tanulmányoznunk.

Introduction

Nowadays, the length of the Hungarian highway network has been continuously increasing to satisfy human needs. Roads and traffic exert some effects on communities, wildlife populations and ecosystems of surrounding habitats. The main road effects are the barrier effect and the edge effect. These effects can be negative, neutral or positive (Da Rosa and Bager 2013). Transportation infrastructure is the major cause of habitat fragmentation (Forman and Alexander 1998), spreading of adventive species (Charles and Dukes 2007) and decreasing of biodiversity. However,

roadside verges in many times contribute to the high animal and plant species richness, because they provide new and long-term stable habitats for many organisms (Jodoin et al. 2008; Knapp et al. 2013). Roadside verges in many cases contact with nature conservation areas extending their size (Vermeulen 1993) and as invasion pathways connect different habitats allowing species' spreading (Hawbaker et al. 2006). Terrestrial isopods as indicator organisms (Jones and Hopkin 1998) are sensitive to changes in environmental factors such as habitat moisture and temperature, natural and disturbance level of habitats or the organic matter content of soil. Due to this, the study of isopods along roads provides some relevant information. Whereas isopods have different ecological needs, roads have different effects both between and within different taxa.

Aims

I studied isopod assemblages along highways and main roads and analysed the effects of road on isopods. In the course of this study I assessed:

- 1) the composition of isopod assemblages along highways and main roads and the spreading of species along roads
- 2) changes in ecological characteristics of isopod assemblages on highways such as diversity and species composition between sampling years
- 3) the effect of adjacent areas (edge effect) of highway verges on isopod assemblages
- 4) the effects of road edge proximity of highways (barrier effect) on isopod assemblages
- 5) differences between sampling sites based on highway age
- 6) the effect of mowing on the abundance of *Armadillidium vulgare* (Latreille, 1804) and *Porcellium collicola* (Verhoeff, 1907) on main roads considering adjacent areas of main roads and season

Materials and methods

Study areas and sampling methods

1) Data collection was conducted between 2011–2013 along four Hungarian highways (M1, M3, M5 and M7) and Highway M0, that is considered to be a mainroad but it is managed as a highway in Hungary. The project was funded by k83829 OTKA and it was coordinated by Center of Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences, Plant Protection Institute. Along each highway I selected 6 sampling points, where double-glass pitfall traps made of 0.3 l plastic cups filled with 65% aqueous solution of ethylene glycol were established and enclosed by fences. Sampling sites were selected next to the lay-bys along highway. At each site, isopods were sampled using 6 pitfall traps and the distance between traps was 5 m. The traps were deployed three times (May, July and September) over a three week period each year. During my study on highways I considered the average temperature and precipitation of Hungary during the sampling years (2011–2013), location and climatic conditions of highways, adjacent areas of highway, road edge proximity and highway age.

2) Along Hungarian mainroads four sampling sites (1) Agárd-No.7. mainroad, 2) Mátyás-No.1. mainroad, 3) Herceghalom-No.1. mainroad, 4) Pilisjászfalu-No.10. mainroad) were selected, representing the main types of verge habitats. The project was funded by CEDR-Harmony and it was coordinated by Center of Centre for Ecological Research, Hungarian Academy of Sciences, Danube Research Institute. The study was carried out between 2014–2016. The sampling sites are located next to different adjacent areas (1) wetland, 2) arable, 3) forest 4) arid grassland). All localities included three sections representing I) without maintenance (non-mowed), II) normal maintenance (mowed once or twice a year) and III) enhanced maintenance (mowed three or four times a year). The distance between two road sections was 100 m. In each section, five Barber traps were established, which were 5 m from each other. The traps were left in the field for three weeks and four times a year (April, May, August and September). I studied the effect of 1) mowing intensity, 2) seasons, 3) mowing intensity within season and 4) mowing intensity within adjacent areas on abundance of *P. collicola* and *A. vulgare*.

Statistical analysis

We used PAST Paleontological Statistic suite for data analysis (Hammer et al. 2001). The characterization of isopod communities was based on relative abundance, frequency, average number of species per trap, average number of individuals per trap and Shannon diversity. For comparison of values in case of more samples, one-way ANOVA was used. For the investigation of more factors I used the two-way ANOVA. I used the Jaccard similarity index for pairwise comparison of similarities of areas based on species composition. Community separation was represented with Detrended Correspondence Analysis. Wilson & Shmida's Beta diversity index was used in order to evaluate the value of species turnover between habitat types. The level of complementarity of habitats within the study habitats was characterized with Whittaker's β -diversity index. I analysed the distribution of species based on their habitat preference, ecomorphological types and Hungarian status. According to habitat preferences I separated generalist and specialist species. I classified the specialist species into three groups (natural-frequent species, disturbed-rare species and natural-rare species) based on their tolerance of disturbance; classification by Hornung et al. (2007 and 2009) and Vilisics and Hornung (2010). According to ecomorphological types I categorised species into surface-active and soil-active groups based on Hornung et al. (2007). According to Hungarian status I divided species into three groups (native, cosmopolitan and introduced) based on Farkas and Vilisics (2006) and Vilisics and Hornung (2008).

Results

1) Isopod assemblages of highways on the sampling sites

During the three studied years (between 2011 and 2013) along the four Hungarian highways (M1, M3, M5 and M7) and the M0 mainroad I found 50144 individuals of 18 isopod species. The highest average number of species per trap was in Bábolna sampling site, the highest average number of individuals per trap was in Polgár sampling site, while the highest Shannon-diversity was in Turul sampling site. The lowest average number of species per trap was in Nyíregyháza and Petőfiszállás sampling sites, the lowest average number of individuals per trap was in sampling

sites of Nyírség, Duna-Tisza közti síkvidék and Alsó-Tiszavidék. The lowest Shannon-diversity was in Alacska, Inárcs and Petőfiszállás sampling sites. Along highways I observed high number of generalist species (50%), while species with special demand and rare species also appeared (50%). 33 % of the species was natural frequent species, while I found only three representatives of natural rare and disturbed rare species. Generalist species appeared in each sampling site except for one. Natural frequent species were found in six sampling sites, natural rare species were in two sites and disturbed rare species were in three sites. Szegerdő was the only sampling site where all four naturalness categories were present. Isopod assemblages of highways consisted of thirteen native, three cosmopolitan and two introduced species. Native species appeared in each sampling site except for two sites and cosmopolitan species also appeared in each sampling site except for one site. Introduced species were found only in three sampling sites. I observed fourteen surface-active and four soil-active species. Surface-active species were present in each site, while soil-active species were only in seven sampling sites. *Armadillidium vulgare* (Latreille, 1804) was the most abundant (Ar=89%) and frequent (F=94%) species. During my study I found five Middle European forest species and one Atlantic forest species. Two individuals of the rare *Armadillidium versicolor* Stein, 1859 were present in Nyíregyháza site and I found growing population of the Mediterranean *Armadillidium nasatum* Budde-Lund, 1885 in Csepel site along M0 mainroad. Free spreading of isopod species between some sampling sites of highways was explained by 100 % similarity of species composition between sites near and far from each other. The high similarity of species' distribution pattern pointed out that different-needs species could find suitable conditions in highway verges.

2) Annual changes of isopod assemblages on highways

In the hottest year (2012) I found the highest average number of species per trap, however, the differences were not significant. The average number of individuals per trap increased, but the Shannon-diversity decreased with years and it was significantly lower in 2013 than in 2011. Ecological parameters in different sampling years varied strongly in relation to climatic conditions and were influenced by highway location. According

to the result of the two-way ANOVA, there were statistically significant differences in Shannon-diversity of isopods in relation to both sampling years and location of highways. Year 2011 was characterized by the highest number of generalist species that lead to a reduction in the number of specialist species, but the differences were not significant. The number of individuals of generalist species increased significantly with years, and the number of individuals of specialist species was significantly the highest in the last (2013) year compared to 2011 and 2012. The relative abundance of *A. vulgare* and *A. nasatum* increased with years. I refer to these species as coloniser species because I observed their growing populations on highways. The relative abundance of *P. collicola*, *T. nodulosus* and *T. rathki* decreased with sampling years. I referred to these species as displaced species.

3) The changes of isopod assemblages in relation to adjacent areas of highways

During the study of edge effect I consider the results of fifteen sampling sites that were located next to five different adjacent areas. I found significant differences between average number of species per trap, average number of individuals per trap and isopod diversity in relation to adjacent areas of highways. The number of species and Shannon-diversity were the highest in the urban verges, while the highest number of individuals was in verges next to arable fields. The number of generalist species was significantly the highest in verges next to urban areas compared to verges next to grassland, forest and arable fields, but I did not find statistically significant differences in the number of specialist species. However, I found statistically significant differences in the number of individuals of both specialist and generalist species in relation to adjacent areas of highways. While the number of individuals of generalist species was the highest in verges next to arable fields, the number of individuals of specialist species was the highest in verges next to urban areas compared to other adjacent areas. Isopod assemblages of verges next to disturbed areas (arable fields, orchard and urban areas) were less separated, while isopod assemblages of verges next to semi-natural areas (grassland, forest) were more separated from each other. In verges next to arable fields I found representatives of all

four naturalness categories. Natural frequent and generalist species dominated in verges next to grasslands and forest, but rare species were present only in verges next to disturbed areas. Coloniser species preferred open and dry habitats. *A. nasatum* was found in verges only next to urban areas and arable fields, and abundance of *A. vulgare* was the highest in verges next to arable fields. In verges next to urban area *T. nodulosus*, next to grasslands *T. rathkii* and next to wooded areas *P. collicola* were dominant. According to Jaccard similarity index, isopod assemblages of verges next to grasslands and arable fields were the most similar to each other. The Wilson & Shmida's Beta diversity index was the highest between forests and urban areas. I found low (50%) complementarity of species between adjacent areas.

4) The changes of isopod assemblages in relation to road edge proximity

During the study of barrier effect I consider the results of fifteen sampling sites that were located at three different distances from the road. I found the lowest average number of species per trap at 90 m from the road, but the differences were not significant. However, I found significant differences between average number of individuals per trap and isopod diversity in relation to road edge proximity. While the number of individuals was the highest at 40 m from the road, Shannon-diversity was the highest at 20 m from the road. According to the result of two-way ANOVA, there were no statistically significant differences in Shannon-diversity of isopods in relation to neither adjacent areas, nor road edge proximity. In verges next to arable fields and grasslands Shannon-diversity of isopods was the lowest at 40 m from the road, but in verges next to forests, orchards and urban areas it was the highest at 40 m. I found no significant differences in number of specialist species in relation to road edge proximity, but the number of generalist species was significantly higher at 40 m than at other distances from the road. The number of individuals of both specialist and generalist species varied significantly in relation to road edge proximity. The highest number of individuals of specialist species was found at 90 m from the road, while the number of individuals of generalist species was the highest at 40 m from the road.

Displaced species were dominant at 20 m from the road, while coloniser species dominated at 40 m from the road. There was no distinct difference among species composition in relation to road edge proximity, with the highest similarity between verges at 20 m and 90 m from the road. I found 61 % complementarity of species between years. I observed the highest species turnover between 40 m and 90 m from the road.

5) The changes of isopod assemblages in relation to highway age

Significant differences between average number of species per trap, average number of individuals per trap and isopod diversity were found in relation to highway age. The highest number of species was observed along highways that were built in 1977, and the lowest was in highways built in 2005. The number of individuals was the highest in highways built in 1977, and the lowest was in highways built in 1982 and 2005. The Shannon-diversity of isopods was the highest in highways built in 1982 and 1990 and the lowest was in highways built in 2008. According to the result of two-way ANOVA, there were no statistically significant differences in Shannon-diversity of isopods in relation to neither highway age, nor disturbance level of verges. In highways older than 1985, the number of species and the number of individuals of isopods was higher in disturbed verges than in semi-natural verges, but in young highways they were higher in semi-natural verges than in disturbed verges. The highest Shannon-diversity of isopods was observed in disturbed verges in each case. While the oldest highways (built in 1977) were dominated by generalist species, natural frequent species complemented the generalist isopod assemblages of highways built in 1982. Rare species were detected only in highways built later (1999 and 2008). I found no significant differences in the number of specialist species in relation to highway age, but the number of generalist species was significantly lower in highways built in 2005 than in highways built in different years. I found statistically significant differences in the number of individuals of both specialist and generalist species in relation to highway age. While the highest number of individuals of generalist species was in highways built in 1977, the highest number of individuals of specialist species was in highways built in 1990. Increasing

and decreasing tendencies of abundance of both specialist and generalist species alternated in relation to highway age. The values of Jaccard similarity index intimated the equality of isopod assemblages of highways built in 1977 and 1985. I observed no species turnover between isopod assemblages of highways built in 1977 and highways built in 1985. The complementarity of species between uneven-aged highways was 38%.

6) The possibility of categorisation of isopod species based on their occurrence on highways

The composition of isopod assemblages of highways varied strongly in relation to annual dynamics, highway location, disturbance level of highway verges, adjacent areas, road edge proximity and highway age. I categorized the species into four groups based on their abundance, frequency and response to environment factors along highways.

1) I observed increasing abundance of coloniser species of highways (*A. vulgare* and *A. nasatum*). These species were dominant mainly in the north-eastern and central part of Hungary and preferred the disturbed habitats of highways. Road edge proximity and the young age of highways had negative effects on these species.

2) I found decreasing abundance of displaced species of highways (*P. collicola*, *T. nodulosus* and *T. rathkii*). These species were dominant mainly in the warmer, western part of Hungary and their habitat preference showed a different trend. Road edge proximity had negative effect on these species but the age of highways had different effects on each displaced species.

3) The populations of low abundance stable species (*Hyloniscus riparius* (C. Koch, 1838), *Trichoniscus pusillus* (Brandt, 1833), *Trachelipus ratzeburgii* (Brandt, 1833), *Protracheoniscus politus* (C. Koch, 1841), *Porcellionides pruinosus* (Brandt, 1833), *Armadillidium opacum* (C. Koch, 1841)) stagnated among years. The relative abundance of these species did not exceed 0.03% and their frequency was between 7–35 %. These species were observed only in western highways.

4) Sporadic species (*Ligidium hypnorum* (Cuvier, 1792), *Lepidoniscus minutus* (C. Koch, 1838), *Platyarthrus hoffmannseggii* (Brandt, 1833), *Orthometopon planum* (Budde-Lund, 1885), *Porcellio scaber* (Latreille, 1804), *Armadillidium zenckeri* (Brandt, 1833) and *Armadillidium versicolor*

(Stein, 1859) were observed only one season or one year. Relative abundance of these species did not exceed 0.003% and their frequency was under 7%. These species were observed only in western highways except for *A. versicolor* that appeared in north-eastern highway M3.

7) Characterization of isopod assemblages in main road verges

During my study (2014–2015) along four mainroad I found 4236 individuals of four isopod species. The four species can be classified into 3 families and they are represented only 7% the known species of Hungarian (57 isopod species). I observed significant differences between average number of species per trap and average number of individuals per trap. The number of species and number of individuals of isopods were significantly the highest in Mány sampling site than Agárd and Pilisjászfalu sites where *A. vulgare* and *P. collicola* were dominant. While the abundance of *A. vulgare* was the highest in verges next to arable fields (Mány), abundance of *P. collicola* was the highest in verges next to forest (Herceghalom). Conditions of verges next to arid grassland (Pilisjászfalu) and wet habitats (Agárd) had negative effects on abundance of both species. *T. rathkii* appeared only in verges next to semi-natural grassland (Pilisjászfalu), while two individuals of the cosmopolitan *P. pruinosus* were found in verges next to arable lands and wet habitats. The proportion of cosmopolitan and native species was varied along mainroads. The highest number of individuals of cosmopolitan species was observed in Mány and the highest number of individuals of native species was present in Herceghalom.

8) The effects of mowing, adjacent areas of main roads and seasons on abundance of *Porcellium collicola* and *Armadillidium vulgare*

We found that the changes in mowing intensity and the change of seasons caused significant variation in average number of individuals per trap of *P. collicola*. The number of individuals of *P. collicola* decreased as mowing intensity increased. Sampling in autumn of 2014 resulted the highest abundance of *P. collicola*, while I found the lowest number of individuals of *P. collicola* in the summer of 2015. In the spring of 2014 non-mowing, while in the autumn of 2014 normal mowing increased the

abundance of *P. collicola* significantly. The results of the impact of adjacent areas of mainroads are only indicative because of the absence of spatial replication. Next to forest enhanced mowing, next to arable land non-mowing and next to arid grassland normal mowing caused the highest abundance of *P. collicola*. The changes in mowing intensity and the change of seasons lead to significant changes in average number of individuals per trap of *A. vulgare*. The lowest number of individuals of *A. vulgare* was caused by normal mowing. Sampling in the spring of 2014 resulted the highest, while the sampling in autumn of 2015 caused the lowest abundance of *A. vulgare*. In autumn enhanced mowing decreased, but in spring it increased the abundance of *A. vulgare*. The summer results of the two sampling years showed a different trend. The results of the impact of adjacent areas of mainroads are only indicative because of the absence of spatial replication. Next to arable land and forest the non-mowing, next to wet habitat the normal mowing lead to the highest abundance of *A. vulgare*.

Discussion

1) Isopod assemblages of highways on the sampling sites

The isopod assemblages of highways consist of generalist and cosmopolitan species with wide tolerance, which is complemented by species with special needs. Highway verges were characterized by high isopod species richness, which is not resulted in a great diversity in many cases. The 50-50% distribution of generalist and specialist species along highways is remarkable. Probably, this result can be related with the human environment-transforming activity and the mosaic habitats. Hungarian highway verges have unique isopod assemblages, because verges provide suitable habitats for native, adventive and invasive species. The high abundance of *A. vulgare* on highway verges might be explained by its reproductive potential, as well as adaptation ability and dehydration tolerance that depends on evaporation from the respiratory organs and the body surface (Paoli et al. 2002). It is important to mention the outdoor occurrence of greenhouse *A. nasatum*, because it was previously recorded only from greenhouses of large cities. However, nowadays more and more documented data are available from parks of cities, private yards and areas

outside of towns (Gregory et al. 2009; Vilisics and Hornung 2010). The faunistic position of *A. versicolor* is less clear due to its very rare occurrence in Hungary. However, in Transylvania it is a common species with widespread occurrence. Probably, the verges of highway M3 as a green corridor played a role in the appearance of this species next to Nyiregyháza. The occurrence of *A. versicolor* supports the importance of highway verges and people in the overcome of geographical barriers and species spreading. The western and south-western regions of Hungary with less extreme macro-climate such as Turul, Moson, Rösztke, Törek and sampling sites around Budapest such as Budaörs were characterized by high isopod diversity. My results partly reflect the climate of Hungary, namely in the northern regions of the country the lowest temperatures, while in the south-western areas and near Budapest higher temperatures can be measured (Bartholy et al. 2011). The change of ecological parameters of isopods did not show uniform trend in relation to landscapes. Highway M3 is located in a cold temperature belt compared to other highways which are in warm temperature belt. Thus, climate and altitude parameters of highway M3 are different from other roads located in warm temperature belt (Szelepcsényi et al. 2009). It is explained by that species with different needs respond to the climatic factors in different ways. Bozinovic et al. (2014) observed that temperature and height above sea level had less effect on the warm tolerant species, while these impacts were more pronounced on the cold tolerant species. I think we do not have enough information about the effects of climate change on biodiversity, since beside climate some local effects can also impact the species composition of habitats along highways (Espinosa et al. 2011).

2) Annual changes of isopod assemblages on highways

The annual decrease of diversity along highways may be associated not only with the trapping of negative effects and the invasion of species, but also with the changes of climatic factors. According to a study by Zimmer (2004) high temperature causes significant mortality of isopods. Opposite to this, Hornung et al. (2015) found that isopod activity and density was positively correlated with soil temperature. The diversity and abundance of isopods can be associated not only with increased temperature

but also with increased precipitation. Soil moisture is very important to the distribution of isopods (Dias et al. 2013), and their vertical and horizontal movement in the soil (Warburg et al. 1984). However, besides climate, the number of microhabitats (Lopes et al. 2005) and the moisture of habitats (Beyer 1964) also influence the isopod diversity strongly. According to Verhoeff (1931) some species prefer wet habitats, while other species are more abundant in drier areas. Conversely, both temperature and moisture are main factors for the survival of isopods (Warburg 1987).

3) The changes of isopod assemblages in relation to adjacent areas of highways

The high diversity is related with the high number of species and low number of individuals of verges next to urban areas. Highway verges with adjacent urban areas can be characterized based on their heat effect (Stewart 2011) complexity, heterogeneity and duality, that means the alternation of the city center and the suburban zones (Vilisics and Hornung 2008). Similarly to my data, Korsós et al. (2002) found high diversity in urban areas. Urban fauna can be very diverse in many microhabitats due to the presence of exotic species (Riedel et al. 2009). Generalist species contributed to the high number of species of urban areas rather than specialist species. Magura et al. (2013) showed that the successfully introduced species did not necessarily result in an increase of the number of species, because, at the same time, other species disappeared. Similarly to an other study of urban areas (Hornung et al. 2007) I also collected *A. nasatum*, that could be observed outdoors only in the last few years. I presume, the species was taken to the sampling site with soil balls during planting trees from a botanical garden, or a park from Budapest. Along highways human activity is the main factor for the spreading and naturalization of species (Forman and Alexander 1998). The outdoor occurrence of *A. nasatum* is related definitely with climate change. Farkas and Vadkerti (2002) showed that in regions with temperate climate the outdoor spreading of the species is impossible because of their low degree of cold tolerance. Based on these previous, isopod fauna of Hungary and the ecological needs of species are not well known.

4) The changes of isopod assemblages in relation to road edge proximity

Regarding roads as specific human disturbance areas, barrier effect has to be mentioned. It is a well known fact that roads have negative effects on wildlife (Daigle 2010). My results do not support the hypothesis that the lowest diversity is observed at 20 m from the road. Similarly to my result, Delgado et al. (2013a, b) showed that the highest frequency of litter invertebrate species occurred close to a road (10 and 20 m from the edge). High diversity of verges at 20 m from the road is due to the high abundance of generalist species at 40 m from the road and the high abundance of specialist species at 90 m from the road. The low isopod abundance at 20 m from the road is explained by the less successful competition ability of the species. The barrier effect was negative on coloniser species. According to Da Rosa and Bager (2013) road avoidance is realized due to road mechanisms such as noise, traffic and cars avoidance. In contrast, displaced species reflected the road edge proximity positively that is related with road attraction. Similarly to Magura et al. (2006) I presume that species respond to roads as an urbanization factor in different ways because of their ecological needs depend on their anatomical structure. Based on my results, barrier effect and edge effect, in some cases, intensify each other, while in another cases degrade each other.

5) The changes of isopod assemblages in relation to highway age

During highway establishment the soils and hydrological conditions of the area is altering. To the regeneration of natural vegetation it takes 30–40 years. I expected the highest diversity on the oldest highways, but this hypothesis was not supported by the result, but I observed a decreasing tendency in isopod abundance from old highways to young highways. In contrast to this, increasing and decreasing tendency in the number of species and diversity alternated. Highway age has an impact on the isopod diversity, abundance and increasing population of invasive species (Meunier and Lavoie 2012). Similarly, I found an increase in the relative abundance of coloniser *A. vulgare* that probably reflected the invasive patterns of the species. Along Hungarian highways, Fetykó (2014)

observed only a slight increase in the number of scale insects in the old sampling sites, but Lengyel et al. (2015) provided evidence for a growing population of spotted wing drosophila at such sites that may be correlated with the age of highways.

6) The possibility of categorisation of isopod species based on their occurrence on highways

In this study I assessed the effects of some attributes of linear infrastructure on isopod species separately in order to analyse the responses of species to various factors depending on their ecological needs and anatomical characteristics. Based on this I categorised the isopod species. My results support the hypothesis that the population of coloniser species (*A. vulgare* and *A. nasatum*) would grow. Both species are typical indicators of anthropogenic impacts (Vilisics and Hornung 2010), therefore, their presence on highways was expected. Being exotic species, it is not surprising that activity of colonisers peaked in summer that is correlated with climate change and the increasing development of international commercial trade. My findings concur with Thuiller et al. (2007) that the increasing temperature provides suitable habitats for the survival and reproduction of Mediterranean isopods. The high abundance of coloniser species on highway verges might be explained by its reproductive potential (Quadros et al. 2009), as well as adaptation ability and dehydration tolerance that depends on evaporation from the respiratory organs and the body surface (Kuenen 1959). Decreasing abundance of displaced species (*P. collicola*, *T. nodulosus* and *T. rathkii*) can be the explanation by the result of Gurnell et al. (2004) that increasing abundance of coloniser species had negative effect on the survival of native species with special needs. My results support the hypothesis that exotic (*A. nasatum*) and invasive (*A. vulgare*) species can colonise the altered habitats successfully and, at the same time, the abundance and distribution area of native species (*P. collicola*, *T. rathkii* and *T. nodulosus*) reduce. While low abundance stable species were present in roadside verges and it seems to be constant, sporadic species may accidentally have been included in the green corridor and their survival along highways is absolutely unassured.

7) Characterization of isopod assemblages in main road verges

Mainroad verges were characterized by high abundance of homogenising species with wide tolerance. Along mainroad a homogeneous and poor isopod fauna was found compared to the high species richness of highways. The main reasons for this is that the structure and traffic intensity of highway network is different from the lower-level main roads, moreover, the number of sampling sites was different in the case of the two road types. I expected the occurrence of adventive exotic species, but this hypothesis was not supported by the results. The parallelism between highways and main roads can be observed only in the high abundance of generalist species and invasive *A. vulgare*. Mainroad verges were greatly influenced by the edge effect, which is reflected in the abundance and composition of isopod assemblages. It can be observed that the moisture content of adjacent areas and disturbance level of habitats influenced the diversity of isopods significantly. According to Verhoeff (1931) some species prefer wet habitat, while other species are more abundant in drier areas. *A. vulgare* is a typical indicator of anthropogenic impacts (Panlasigui 2011) and it was abundant in verges near arable fields. On the other hand, *P. collicola* was dominant in verges next to forest. It also shows that different anatomical structure and ecological needs of species determine their distribution areas and chances of survival.

8) The effects of mowing, adjacent areas of main roads and seasons on abundance of *Porcellium collicola* and *Armadillidium vulgare*

The moderate lawn maintenance is regarded as intermediate disturbance (Connell 1978), but it causes significant changes in vegetation structure and composition. Mowing as habitat management has a positive effect on some arthropod groups such as aranea and carabidae (Szmatona-Túri et al. 2017). Mowing has negative effect on other arthropod groups such as larvae and pupae of flower-visiting insects (Johst et al. 2006). The results of my study concur with Pech et al. (2015) who did not support the positive effect of mowing as well. During a previous study conducted in semi-natural habitats (Vona-Túri and Szmatona-Túri 2017), we found that

annual change of vegetation increased species richness and isopod diversity in short-term, however, the values of both indices were reduced in long-term. My results showed that *P. collicola* and *A. vulgare* respond to the change of mowing intensity in different ways, regardless of their generalist nature. The conclusion of the impact of adjacent areas of mainroads are may not relevant because of the absence of spatial replication, but my result may indicate the following. The highest abundance of *P. collicola* was recorded in verges next to forest with enhanced mowing, which reflects that the distribution area of the species has been extended by the enhanced mowed section. Similarly to forested habitats, the hay after enhanced mowing presumably provided wet and humid conditions for the species. In contrast, non-mowing increased the abundance of *P. collicola* in agricultural verge types. Thus, verges with high grass may function as refuges for some isopods in an otherwise degraded landscape and extreme weather. Roadside verges are important habitats for biodiversity conservation, especially in agricultural areas they function as refuges and support the habitat expansion in other case.

New scientific result

1. The five studied highways are connected with several parts of Hungary that made it possible to assess the isopod fauna of highways, spread of invasive species, adaptation of adventive species and distribution of native species.

2. The *A. vulgare* was the most abundant and frequently encountered species in both road types. The invasive nature of this species has been proven, while it has a negative effect on the diversity of the isopod communities. Based on the results of my previous research, I conclude that further spread of the species is expected. A decrease in the abundance of this invasive species may lead to an increase in isopod diversity along highways.

3. Along highways I found the outdoor occurrence and growing population of greenhouse *A. nasatum* that confirm the successful adaptation of the exotic species and the importance of human activity and traffic in the spread of isopod species. We have to expect further

appearance of exotic species, which is supported by highway verges as ecological corridors.

4. I classified the abundant species of highway verges into a new categorisation system based on their responses to conditions of roads. The study of coloniser and displaced species made it possible to assess the impact of not only naturalness and disturbance level of habitats but also further attributes of habitats.

5. My result does not support the negative effects of roads on isopod diversity as species with different needs respond to the presence of roads in different ways. In case of coloniser species road avoidance is realized, while in case of displaced species road attraction prevailed.

6. Along roads I am the first researchers to examine the effects of mowing as maintenance management on isopod abundance. Negative correlation was observed between mowing intensity and the abundance of each species. Thus, the correct intensity, timing and location of mowing maintenance may contribute to an increase in biodiversity along roads in Hungary.

7. My result showed that the study of each condition along roads are not adequate because some factors intensify each other, while others degrade each other. In order to obtain the correct conclusions, we need to study the species separately based on their needs and considering more impacts.

Irodalom-References

- Bartholy, J., Bihari, Z., Horányi, A., Krüzselyi, I., Lakatos, M., Pieczka, I., Pongrácz, R., Szabó, P., Szépszó, G., Torma, Cs. (2011): Hazai éghajlati tendenciák. In: Bartholy, J., Bozó, L., Haszpra, L. (szerk): Klímaváltozás – 2011, Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. A Magyar Tudományos Akadémia és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéke, pp. 263.
- Beyer, R. (1964): Faunistisch-Ökologische Untersuchungen an Landisopoden in Mitteleutschland. *Zool. Jb. (Syst.)* 91: 341–402.
- Bozinovic, F., Orellana, M. J. M., Martel, S. I., Bogdanovich, J. M. (2014): Testing the heat-invariant and cold-variability tolerance hypotheses

- across geographic gradients. *Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr. Physiol.* 178: 46–50.
- Charles, H., Dukes, J. S. (2007): Impacts of Invasive Species on Ecosystem Services. In: Nentwig, W. (szerk.): Biological invasions (Ecological Studies Vol. 193) Springer-Verlag, Berlin, pp. 217–237.
- Connell, J. H. (1978): Diversity of tropical rainforests and coral reefs. *Science* 199: 1304–1310.
- Daigle, P. (2010): A summary of the environmental impacts of roads, management responses, and research gaps: A literature review. *BC J. Ecosyst. Manag.* 10: 65–89.
- Da Rosa, C. A., Bager, A. (2013): Review of the factors underlying the mechanisms and effects of roads on vertebrates. *Oecol. Aust.* 17: 6–19.
- Delgado, J. D., Arroyo, N. L., Arévalo, J. R., Fernández-Palacios, J. M. (2013a): The responses of leaf litter invertebrates to environmental gradients along road edges in subtropical island forests. *Pedobiology* 56: 137–146.
- Delgado, J. D., Arroyo, N. L., Arévalo, J. R., Fernández-Palacios, J. M. (2013b): Road edge effects on litter invertebrate communities of subtropical forests. *J. Nat. Hist.* 47: 203–236.
- Dias, A. T. C., Krab, E. J., Mariën, J., Zimmer, M., Cornelissen, J. H. C., Ellers, J., Wardle, D. A., Berg, M. P. (2013): Traits underpinning desiccation resistance explain distribution patterns of terrestrial isopods. *Oecologia* 172: 667–677.
- Espinosa, C. I., Cabrera, O., Luzuriaga, A. L., Escudero, A. (2011): What factors affect diversity and species composition of endangered Tumbesian dry forests in Southern Ecuador? *Biotropica* 43: 15–22.
- Farkas, S., Vadkerti, E. (2002): First record of *Armadillidium nasatum* Buddle-Lund, 1885 (Isopoda, Oniscidea: Armadillidae) from Hungary. *Acta Phytopathol. Entomol. Hung.* 37: 407–408.
- Farkas, S., Vilisics, F. (2006): A Mecsek szárazföldi ászkarák együttese (Isopoda: Oniscidea). *Fol. Coml.* 15: 25–34.
- Fetykó, K. (2014): Autópályák pajzstetű-közösségeinek (Hemiptera: Coccoidea) biocönológiai és ökológiai elemzése. Doktori értekezés. Szent István Egyetem, Gödöllő, 102 pp.

- Forman, R. T., Alexander, L. E. (1998): Roads and their major ecological effects. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29: 207–231.
- Gregory, S. J., Hornung, E., Korsós, Z., Barber, A. D., Jones, R. E., Kime R. D., Lewis, J. G. E., Read, H. J. (2009): Woodlice (Isopoda: Oniscidea) and the centipede *Scutigera coleoptrata* (Chilopoda) collected from Hungary by the British Myriapod Group in 1994: Notes and observations. *Folia ent. hung.* 70: 1–19.
- Gurnell, J., Wauters, L. A., Lurz, P. W. W., Tosi, G. (2004): Alien species and interspecific competition: effects of introduced eastern grey squirrels on red squirrel population dynamics. *J. Anim. Ecol.* 73: 26–35.
- Hammer, O., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. (2001): PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.* 4/1: 9.
- Hawbaker, T. J., Radeloff, V. C., Clayton, M. K., Hammer, R. B., Gonzales-Abraham, C. E. (2006): Road development housing growth and landscape fragmentation in northern Wisconsin: 1937–1999. *Ecol. Appl.* 16: 1222–1237.
- Hornung, E., Vilisics, F., Szlavec, K. (2007): Hazai szárazföldi ászkarák fajok (Isopoda, Oniscidea) tipizálása két nagyváros, Budapest és Baltimore (ÉK Amerika) összehasonlításának példájával. *Termvéd. Közl.* 13: 47–58.
- Hornung, E., Vilisics, F., Sólymos, P. (2009): Ászkarák együttesek (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) felhasználhatósága élőhelyek minősítésében. *Termvéd. Közl.* 15: 381–395.
- Hornung, E., Szlavec, K., Dombos, M. (2015): Demography of some non-native isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) in a Mid-Atlantic forest, USA. *ZooKeys* 515: 127–143.
- Jodoin, Y., Lavoie, C., Villeneuve, P., Theriault, M., Beaulieu, J., Belzile, F. (2008): Highways as corridors and habitats for the invasive common reed *Phragmites australis* in Quebec, Canada. *J. Appl. Ecol.* 45: 459–466.
- Johst, K., Dreschler, M., Thomas, J., Settele, J. (2006): Influence of mowing on the persistence of two endangered large blue butterfly species. *J. Appl. Ecol.* 43: 333–342.

- Jones, D. T., Hopkin, S. P. (1998): Reduced survival and body size in terrestrial isopod *Porcellio scaber* from a metal-polluted environment. *Environ. Pollut.* 99: 215–233.
- Knapp, M., Saska, P., Knappová, J., Vonička, P., Moravec, P., Kurka, A., Andel, P. (2013): The habitat-specific effects of highway proximity on ground-dwelling arthropods: implications for biodiversity conservation. *Biol. Conserv.* 164: 22–29.
- Korsós Z., Hornung, E., Szlávecz, K., Kontschán, J. (2002): Isopoda and Diplopoda of urban habitats: new data to the fauna of Budapest. *Annls. hist.-nat. Mus. natn. hung.* 94: 45–51.
- Kuenen, D. J. (1959): Excretion and water balance in some land isopods. *Entomol. Exp. Appl.* 2: 287–294.
- Lengyel, G. D., Orosz, Sz., Kiss, B., Lupták, R., Kárpáti, Zs. (2015): New records and present status of the invasive Spotted Wing Drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera) in Hungary. *Acta Zool. Acad. Sci. Hun.* 61: 73–80.
- Lopes, E. R. M., De Souza Mendonca, J. R., Bond, G., Araujo, P. B. (2005): Oniscidea diversity across three environments in an altitudinal gradient in northeastern Rio Grande do Sul, Brazil. *Eur. J. Soil. Biol.* 41: 99–107.
- Magura, T., Tóthmérész, B., Hornung, E. (2006): Az urbanizáció hatása a talajfelszíni ízeltlábúakra. *Magy. Tud.* 6: 705.
- Magura, T., Nagy, D., Tóthmérész, B. (2013): Rove beetles respond heterogeneously to urbanization. *J. Insect Conserv.* 17: 715–724.
- Meunier, G., Lavoie, C. (2012): Roads as corridors for invasive plant species: New evidence from smooth bedstraw (*Galium mollugo*). *Inv. Plant. Sci. Manag.* 5: 92–100.
- Panlasigui, S. (2011): Choosy crustaceans: Habitat preference of the terrestrial isopod, *Armadillidium vulgare* (Isopoda: Oniscidea). Terrestrial Isopod Habitat Preferencen. pag. Nature. Berkeley. edu. pp. 13.
- Paoli, P., Ferrara, F., Taiti, S. (2002): Morphology and evolution of the respiratory apparatus in the family Eubelidae (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). *J. Morphol.* 253: 272–289.
- Pech, P., Dolanský, J., Hrdlička, R., Lepš, J. (2015): Differential response of communities of plants, snails, ants and spiders to long-term

- mowing in a small-scale experiment. *Community Ecol.* 16: 115–124.
- Quadros, A. F., Caubet, Y., Araujo, P. B. (2009): Life history comparison of two terrestrial isopods in relation to habitat specialization. *Acta Oecol.* 35: 243–249.
- Riedel, P., Navrátil, M., Tuf, I. H., Tufova, J. (2009): Terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea) and millipedes (Diplopoda) of the City of Olomouc, pp. 125–132. In: Tajovský, K., Schlaghamerský, J., Pižl, V. (eds), Contributions to Soil Zoology in Central Europe III. Proceedings of the 9th Central European Workshop on Soil Zoology, České Budějovice, April 17–20, 2007, Institute of Soil Biology, Biology Centre, ASCR, v. v. i., České Budějovice, pp. 191.
- Stewart, I. D. (2011): A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. *Int. J. Climatol.* 31: 200–217.
- Szelepcsényi, Z., Breuer, H., Ács, F., Kozma, I. (2009): Biofizikai klímaklasszifikációk 2. magyarországi alkalmazások. *Légekör* 54: 18–24.
- Szmatona-Túri, T., Vona-Túri, D., Magos, G., Urbán, L. (2017): The effect of grassland management on diversity and composition of groundwelling spider assemblages in the Mátra Landscape Protection Area of Hungary. *Biologia* 72: 642–651.
- Thuiller, W., Richardson, D. M., Midgley, G. F. (2007): Will Climate Change Promote Alien Plant Invasions? In: Nentwig, W. (szerk.) *Biological invasions* (Ecological Studies Vol. 193) Springer-Verlag, Berlin, pp. 197–211.
- Verhoeff, K. W. (1931): Vergleichende geographisch-okologische Untersuchungen über die Isopoda terrestria von Deutschland, den Alpenländern und anschließenden Mittelmeergebieten. *Z. Morph. Otol. Tiere* 22: 231–268.
- Vermeulen, H. J. W. (1993): The composition of the carabid fauna on poor sandy road-side verges in relation to comparable open areas. *Biodivers. Conserv.* 2: 331–350.

- Vilisics, F., Hornung, E. (2008): A budapesti szárazföldi ászkarákfauna (Isopoda: Oniscidea) kvalitatív osztályozása. *Állattani Közl.* 93: 3–16.
- Vilisics, F., Hornung, E. (2010): Újabb adatok Magyarország szárazföldi ászkarákfaunájához (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). *Állattani Közl.* 95: 87–120.
- Vona-Túri, D., Szmátóna-Túri, T. (2017): The short-and long-term effect of changes of vegetation structure on isopod (Oniscidea) diversity and composition in Mátra Mountains. *Acta Univ. Sapientiae Agriculture and Environment* 9: 127–139.
- Warburg, M. R., Linsenmair, K. E., Bercovitz, K. (1984): The effect of climate on the distribution and abundance of isopods. In: Sutton, S. L., Holdich, D. M. (eds.), *The biology of terrestrial isopods*. The Zoological Society of London, Clarendon Press, Oxford, pp. 339–367.
- Warburg, M. R. (1987): Isopods and their terrestrial environment. *Adv. Ecol. Res.* 17: 187–242.
- Zimmer, M. (2004): Effects of temperature and precipitation on a flood plain isopod community: a field study. *Eur. J. Soil. Biol.* 40: 139–146.



Nyilvántartási szám: DEENK/143/2019.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Vona-Túri Diána
Neptun kód: IPODV2
Doktori Iskola: Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10067237

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (3)

1. **Vona-Túri, D.**, Szmátóna Túri, T., Kiss, B.: Autópályák szárazföldi ászkarák-együtteseinek (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) ökológiai és diverzitás vizsgálata.
Termvéd. Közl. 21, 395-406, 2015. ISSN: 1216-4585.
2. **Vona-Túri, D.**, Szmátóna Túri, T., Kiss, B.: Szárazföldi ászkarák együttesek (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) a magyarországi autópályák szegélyzónájában.
Termvéd. Közl. 19, 106-116, 2013. ISSN: 1216-4585.
3. **Vona-Túri, D.**, Szmátóna Túri, T.: Adatok a Mátra-hegység ászkarák (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) faunájához, különös tekintettel az út menti élőhelyekre.
Termvéd. Közl. 18, 537-548, 2012. ISSN: 1216-4585.

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (5)

4. **Vona-Túri, D.**, Szmátóna Túri, T., Weiperth, A., Kiss, B.: Isopod (Isopoda: Oniscidea) diversity and abundance on Hungarian highway verges.
Acta Zool. Bulg. "Accepted by Publisher", 1-10, 2019. ISSN: 0324-0770.
IF: 0.369 (2017)
5. Szmátóna Túri, T., **Vona-Túri, D.**, Urbán, L., Magos, G.: Effect of grazing intensity on diversity of ground-dwelling spiders of grassy and shrubby habitats.
Acta Zool. Bulg. 70 (2), 195-202, 2018. ISSN: 0324-0770.
IF: 0.369 (2017)
6. **Vona-Túri, D.**, Szmátóna Túri, T., Kiss, B.: Effects of roads and adjacent areas on diversity of terrestrial isopods of Hungarian highway verges.
Biologia. 72 (12), 1486-1493, 2017. ISSN: 0006-3088.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/biolog-2017-0160>
IF: 0.696





7. **Vona-Túri, D.**, Szmatona Túri, T.: The short- and long-term effects of changes of vegetation structure on isopod (Oniscidea) diversity and composition in Mátra Mountains.
Acta Univ. Sapientiae. Agric. Environ. 9 (1), 127-139, 2017. ISSN: 2065-748X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/ausae-2017-0012>
8. **Vona-Túri, D.**, Szmatona Túri, T., Kádár, F., Kiss, B., Weiperth, A., Gál, B.: Ground-dwelling arthropod (Araneae, Coleoptera: Carabidae, Isopoda: Oniscidea) assemblages on Hungarian main road verges.
Acta Univ. Sapientiae. Agric. Environ. 8, 98-113, 2016. ISSN: 2065-748X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/ausae-2016-0009>

További közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (3)

9. Szmatona Túri, T., **Vona-Túri, D.**, Magos, G.: A Déli-Mátrában végzett gyepezési eljárások hatása a magyar aknászpók (*Nemesia pannonica* Herman, 1879) abundanciájára.
Termvéd. Közl. 23, 118-126, 2017. ISSN: 1216-4585.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17779/tvk-jnatconserv.2017.23.118>
10. Szmatona Túri, T., **Vona-Túri, D.**: A cserjeirtás rövidtávú hatása a pókközösségek (Araneae) összetételére.
Növényvédelem. 50 (12), 556-562, 2014. ISSN: 0133-0829.
11. Szmatona Túri, T., **Vona-Túri, D.**: A magyar aknászpók (*Nemesia pannonica* Herman, 1879) újabb előfordulása Magyarországon.
Termvéd. Közl. 18, 480-486, 2012. ISSN: 1216-4585.

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (3)

12. Szmatona Túri, T., Magos, G., **Vona-Túri, D.**, Gál, B., Weiperth, A.: Review of habitats occupied by *Urocoras longispinus*: a little-known spider species, and responses to grassland management.
Biologia. 73, 1-7, 2018. ISSN: 0006-3088.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/s11756-018-0061-2>
IF: 0.696 (2017)
13. Szmatona Túri, T., **Vona-Túri, D.**, Magos, G., Urbán, L.: The effect of grassland management on diversity and composition of ground-dwelling spider assemblages in the Mátra Landscape Protection Area of Hungary.
Biologia. 72 (6), 642-651, 2017. ISSN: 0006-3088.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/biolog-2017-0075>
IF: 0.696





14. Szmátóna Túri, T., **Vona-Túri, D.**: The effect of grassland management on diversity of spider assemblages in the Mátra mountain.

Ecol. Mont. 7, 291-297, 2016. ISSN: 2337-0173.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 2,826

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
1,434**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2019.04.02.





Registry number: DEENK/143/2019.PL
Subject: PhD Publikációs Lista

Candidate: Diána Vona-Túri
Neptun ID: IPODV2
Doctoral School: Pál Juhász-Nagy Doctoral School of Biology and Environmental Sciences
MTMT ID: 10067237

List of publications related to the dissertation

Hungarian scientific articles in Hungarian journals (3)

1. **Vona-Túri, D.**, Szmátóna Túri, T., Kiss, B.: Autópályák szárazföldi ászkarák-együtteseinek (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) ökológiai és diverzitás vizsgálata.
Termvéd. Közl. 21, 395-406, 2015. ISSN: 1216-4585.
2. **Vona-Túri, D.**, Szmátóna Túri, T., Kiss, B.: Szárazföldi ászkarák együttesek (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) a magyarországi autópályák szegélyzónájában.
Termvéd. Közl. 19, 106-116, 2013. ISSN: 1216-4585.
3. **Vona-Túri, D.**, Szmátóna Túri, T.: Adatok a Mátra-hegység ászkarák (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) faunájához, különös tekintettel az út menti élőhelyekre.
Termvéd. Közl. 18, 537-548, 2012. ISSN: 1216-4585.

Foreign language scientific articles in international journals (5)

4. **Vona-Túri, D.**, Szmátóna Túri, T., Weiperth, A., Kiss, B.: Isopod (Isopoda: Oniscidea) diversity and abundance on Hungarian highway verges.
Acta Zool. Bulg. "Accepted by Publisher", 1-10, 2019. ISSN: 0324-0770.
IF: 0.369 (2017)
5. Szmátóna Túri, T., **Vona-Túri, D.**, Urbán, L., Magos, G.: Effect of grazing intensity on diversity of ground-dwelling spiders of grassy and shrubby habitats.
Acta Zool. Bulg. 70 (2), 195-202, 2018. ISSN: 0324-0770.
IF: 0.369 (2017)
6. **Vona-Túri, D.**, Szmátóna Túri, T., Kiss, B.: Effects of roads and adjacent areas on diversity of terrestrial isopods of Hungarian highway verges.
Biologia. 72 (12), 1486-1493, 2017. ISSN: 0006-3088.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/biolog-2017-0160>
IF: 0.696





7. **Vona-Túri, D.**, Szmatona Túri, T.: The short- and long-term effects of changes of vegetation structure on isopod (Oniscidea) diversity and composition in Mátra Mountains.
Acta Univ. Sapientiae. Agric. Environ. 9 (1), 127-139, 2017. ISSN: 2065-748X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/ausae-2017-0012>
8. **Vona-Túri, D.**, Szmatona Túri, T., Kádár, F., Kiss, B., Weiperth, A., Gál, B.: Ground-dwelling arthropod (Araneae, Coleoptera: Carabidae, Isopoda: Oniscidea) assemblages on Hungarian main road verges.
Acta Univ. Sapientiae. Agric. Environ. 8, 98-113, 2016. ISSN: 2065-748X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/ausae-2016-0009>

List of other publications

Hungarian scientific articles in Hungarian journals (3)

9. Szmatona Túri, T., **Vona-Túri, D.**, Magos, G.: A Déli-Mátrában végzett gyepezési eljárások hatása a magyar aknászpók (*Nemesia pannonica* Herman, 1879) abundanciájára.
Termvéd. Közl. 23, 118-126, 2017. ISSN: 1216-4585.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17779/tvk-jnatconserv.2017.23.118>
10. Szmatona Túri, T., **Vona-Túri, D.**: A cserjeirtás rövidtávú hatása a pókközösségek (Araneae) összetételére.
Növényvédelem. 50 (12), 556-562, 2014. ISSN: 0133-0829.
11. Szmatona Túri, T., **Vona-Túri, D.**: A magyar aknászpók (*Nemesia pannonica* Herman, 1879) újabb előfordulása Magyarországon.
Termvéd. Közl. 18, 480-486, 2012. ISSN: 1216-4585.

Foreign language scientific articles in international journals (3)

12. Szmatona Túri, T., Magos, G., **Vona-Túri, D.**, Gál, B., Weiperth, A.: Review of habitats occupied by *Urocoras longispinus*: a little-known spider species, and responses to grassland management.
Biologia. 73, 1-7, 2018. ISSN: 0006-3088.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/s11756-018-0061-2>
IF: 0.696 (2017)
13. Szmatona Túri, T., **Vona-Túri, D.**, Magos, G., Urbán, L.: The effect of grassland management on diversity and composition of ground-dwelling spider assemblages in the Mátra Landscape Protection Area of Hungary.
Biologia. 72 (6), 642-651, 2017. ISSN: 0006-3088.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/biolog-2017-0075>
IF: 0.696





**UNIVERSITY of
DEBRECEN**

**UNIVERSITY AND NATIONAL LIBRARY
UNIVERSITY OF DEBRECEN**

H-4002 Egyetem tér 1, Debrecen

Phone: +3652/410-443, email: publikaciok@lib.unideb.hu

14. Szmátóna Túri, T., **Vona-Túri, D.**: The effect of grassland management on diversity of spider assemblages in the Mátra mountain.
Ecol. Mont. 7, 291-297, 2016. ISSN: 2337-0173.

Total IF of journals (all publications): 2,826

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 1,434

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.

02 April, 2019



