

XXXI. OTDK Biológia Szekció

Vasutak és műutak flórahomogenizáló hatása Pécsett

DOLGOZAT

Készítette: KOVÁCS DÁNIEL

biológus MSc II. évfolyamos hallgató

Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar

Témavezető:

Csiky János PhD

PTE TTK Növényrendszertani, Geobotanikai Tanszék és Botanikus Kert

Külső konzulens:

Lengyel Attila MSc

ELTE TTK Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszék



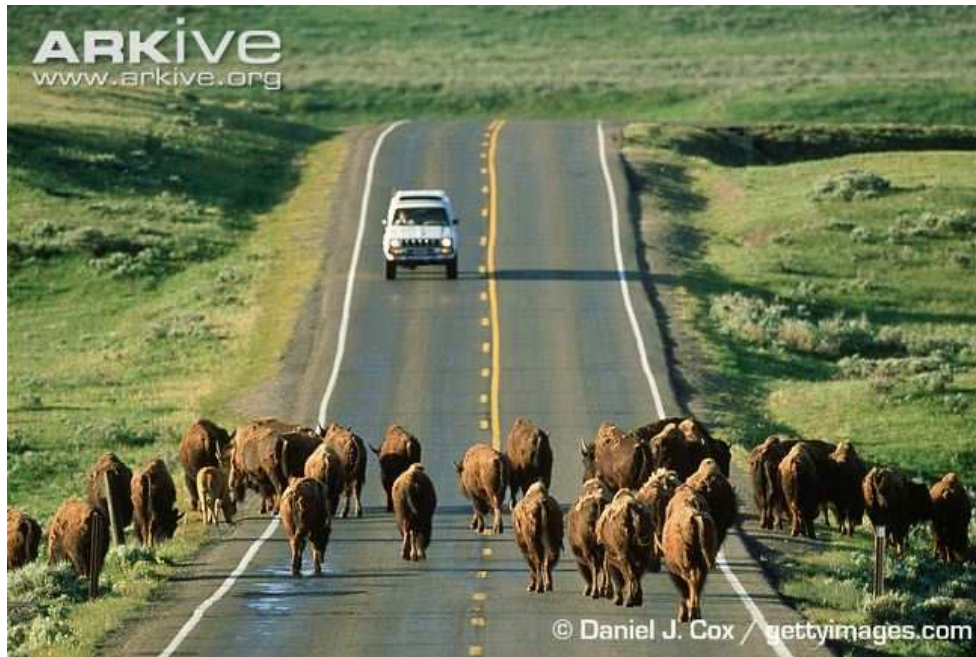
PÉCS, 2013

1. Tartalomjegyzék

1. Tartalomjegyzék.....	1
2. Bevezetés	2
3. Célkitűzés	8
4. Anyag és módszer	9
4.1. A vizsgálati terület	9
4.2. Adatok	9
4.2.1. A pécsi flóratérképezésről	9
4.2.2. Vonalas létesítmények vizsgálata.....	10
4.3. Adatelemzés	13
5. Eredmények és értékelésük	16
5.1. Relatív fajgazdagság	16
5.2. Védett, vörös listás, ritka és jellemző fajok előfordulása.....	19
5.3. Taxonómiai homogenizáció	20
5.3.1. Taxonómiai homogenizáció vizsgálata durvább léptékben.....	20
5.3.2. Taxonómiai homogenizáció vizsgálata finomabb léptékben	23
6. Összefoglalás.....	37
7. Köszönetnyilvánítás	38
8. Irodalomjegyzék.....	39
9. Nyilatkozat	44

2. Bevezetés

A vándorló és territoriális viselkedésű állatfajok jelentős részére jellemző, hogy életük során többé vagy kevésbé azonos útvonalakon közlekednek, csapákon, fajra jellemző vándorlási folyosókon közelítik meg célpontjukat (1. ábra).



1. ábra. Az ember számos esetben más állatfajok csapásait használta közlekedési útvonalaként. Az amerikai bölény (*Bison bison*) évezredek során kitaposott ösvényeire épített műutakon manapság sem árt az óvatos közlekedés: a bölények nem felejtene.

(Forrás: <http://www.arkive.org/american-bison/bison-bison/image-G58016.html>).

Ilyen élőlény az ember is. A terület megismerése után a célobjektumokat a lehető legkisebb energiaráfordítással, általában ugyanazon az útvonalon közelíti meg. Ennek érdekében az ember a célpontok közötti terület környezetét, az útvonalak mentét a biztonságos és gyors közlekedés érdekében átalakítja. Ebben az értelemben a környezet homogenizálása vitathatatlan, azonban arról, hogy mindeközben az ember az út által átszelt területek flóráját is homogenizálja-e, s ha igen, milyen mértékben, megoszlanak a vélemények.

A vasutakkal és műutakkal kapcsolatos botanikai vizsgálatok nagy múltra tekintenek vissza. A vasút esetében a 19. század közepén, tehát nagyjából az európai vasúthálózat kiépülésének kezdetén születtek az első dolgozatok (vö. WILKOMIRSKI et al. 2012). A nagyobb forgalmú utak flórájának megismerése szinte elválaszthatatlan a nagy flórafeltáró pionírok munkásságától, akik egy-egy expedíció során elsőként az út mentén előforduló

fajokat listázták, s csak az állomáshelyek környékén távolodtak el nagyobb távolságra a közutaktól (vö. GOMBOCZ 1936, KITAIBEL in HORVÁT 1942). A 19. század végéig hazánkban a forgalom döntő része a természetes aljzatú földutakon történt. Az aszfaltozott műutak kiépítésére csak a gépkocsiforgalom széleskörű elterjedésével, a kőolaj bányászat felvirágzásával párhuzamosan kerülhetett sor. Ennek időszaka Magyarországon (így Pécsen is), az urbanizáció legintenzívebb szakaszával együtt a 20. század közepére, második felére tehető (vö. FÓRIÁN 2007, G. DETKY 2010, GYENIZSE 2010, Világháló oldal 1.).

A közlekedésre használt vonalas létesítményekre gyakran, mint a biodiverzitást csökkentő, a természetes élőhelyeket szétdaraboló, ezáltal elszegényítő hatású, elszigetelő struktúrákra gondolunk (vö. MIHÁLY & BOTTA-DUKÁT 2004, PALOMINO & CARRASCAL 2007). Számos tanulmány bizonyította azonban, hogy ezen építmények szegélyét sok faj ökológiai folyosónak tekinti és használja terjedése során (CSATHÓ 2011a, b, WIŁKOMIRSKI et al. 2012). Az utak mentén



2. ábra. Az adventív *Trifolium incarnatum* út menti terjedése Pécsen

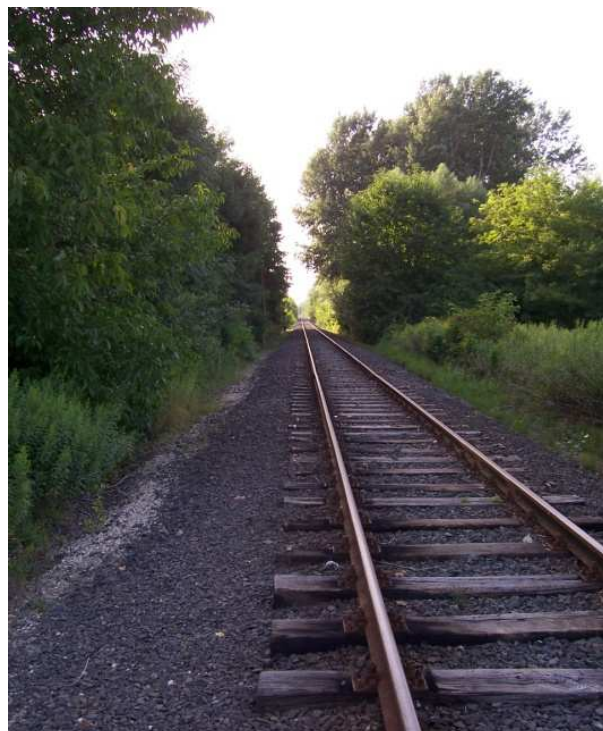
(beleértve a vasutat is) terjedő fajok jelentős része adventív, esetleg inváziós (MIHÁLY & BOTTA-DUKÁT 2004), de több tanulmány szerint számos ritka, akár védett taxon számára is menedékét jelenthetnek (EDDY 1990, TIKKA et al. 2000, 2001, CSATHÓ 2009). Napjainkban már az sem ritka jelenség, hogy kifejezetten a bióta védelmében, az utak szegélyének védelmére terveznek természetvédelmi programokat (pl. QUARLES 2003, ANONYMUS 2005, ROBSON & KINGERY 2006, Világháló oldal 2., 3.). Felmerül a kérdés, hogy gyakorlati, természetvédelmi szempontból veszélyeztető vagy a védelmet elősegítő objektumokként tekintünk-e ezekre a vonalas létesítményekre?

Az utak élőhelyek és/vagy fajok fennmaradásában, eltűnésében játszott szerepével kapcsolatos fenti kérdés kissé erőltetett, de legalábbis „élesítésre” szorul: az utak többsége ui., más emberi létesítményekhez hasonlóan (pl. kaszálók, legelők) egyszerre elszigetelő és összekötő, romboló és fenntartó hatású. Fontosabb lehet az a kérdés, hogy adott szituációban (pl. egy konkrét faj és útszakasz esetében néhány év távlatában) melyik szerep érvényesül erőteljesebben. Azon túl, hogy a főbb trendek térben és időben is változhatnak, e hatások

kimutatására, az eredmények összehasonlíthatósága érdekében is precízen körvonalazott vizsgálatokra lenne szükség.

Az utóbbi időben egyre több ilyen munkával találkozhatunk. TIKKA és mtsai (2000, 2001) Finnországban pl. azt tapasztalták, hogy a fajgazdagság a műutak és vasutak mentén nagyobb volt, mint a szomszédos féltermészetes gyepekben. Természetvédelmi szempontból kedvező, hogy az utak szegélyeiben számos, a gyepek eltűnése miatt megritkult faj(többes) képes terjedni, esetleg fennmaradni. Ugyanakkor, a vasúti és műút menti szegélyek fajkompozíciók, szerkezeti alapon jelentős mértékben eltértek a közeli féltermészetes gyepektől, azokat komolyabb kezelések hiányában nem helyettesítik. SÝKORA és mtsai (2002) holland autópálya-szegélyek 13-15 éven belüli újra mintavételezése alapján kimutatták, hogy a virágos növények fajszerkezetének változatlansága mellett a ritka és vörös listás fajok száma erősen lecsökkent. Ez arra utalhat, hogy az utak szegélyei csak alkalmilag nyújtanak menedéket e ritka fajok számára. Ezek, a vörös listás taxonok szempontjából átmeneti élőhelyek (nyelő populációk) a szomszédos természetesebb és/vagy nagyobb élőhely foltok (forrás populációk) mellett csak ugródeszkaként szolgálnak. PERRING (1969) azonban arra is felhívja a figyelmet, hogy a 100-150 éves vasutak és szegélyeik olyan időszakok flóráját is megőrizhették, amikor a pályatesteket a mainál természetesebb flórájú (pl. neofitonokban szegényebb, archeofitonokban és őshonos fajokban gazdagabb) növényzeti állományok kísérték. E tekintetben az utak aktuális fajkészletét a létesítmény és szűkebb környezetének kora, története is befolyásolhatja (vö. NOWIŃSKA & CZARNA 2008, CSATHÓ 2011c).

Az utak ill. vasutak menti flórával kapcsolatos tanulmányok döntő többsége azonban kimerül a fajok listázásában, a megszokott fajcsoport (pl. taxonómiai, életforma, flóraelem, védett és ritka fajok) részesedések bemutatásában (pl. NOWIŃSKA & CZARNA 2008, WARHOLIŃSKA & SUWARA-SZMIGIELSKA 2009, TRET'YAKOVA 2010). A térbeli kényszerek (vö. PÁSZTOR & OBORNY 2007) általános érvényesülését



3. ábra. A pályatestek és szegélyeik meglehetősen eltérő környezeti adottságúak

feltételezve, ilyen egyszerű vizsgálatok esetében sem mindegy, hogy mekkora területen, az

utak közvetlen hatása szempontjából, milyen széles sávban gyűjtünk adatokat. A publikációk többsége pl. az utakat kísérő mezsgye, illetve felmért sáv szélességét vagy nem is definiálja (pl. SÝKORA et al. 2002), vagy széles határok között kezeli (pár métertől akár 50 m-ig), ami nehezen összevethető eredményekhez vezet. Hogy ez a paraméter mennyire befolyásolja a homogenizációt, meggyőzően szemlélteti néhány jól megtervezett felmérés eredménye. Erdei ösvények mentén kimutatták (WATKINS et al. 2003), hogy az őshonos illetve adventív fajok arányai tekintetében, de az általános fajkészlet alapján is a legnagyobb változás a távolság függvényében az úthoz közeli 0-5 m-es sávban tapasztalható. Ennél finomabb felbontásban vizsgálódva (GODEFROID & KOEDAM 2004) kiderült, hogy az erdei ill. zavarástűrő fajok aránya már 1-2 m-en belül hirtelen növekedést ill. csökkenést mutatnak, 2 méteren túl pedig nagyjából ugyanazon a szinten maradnak. Az erdei utak mentén ez a drámai változás nem meglepő, hiszen az erdei környezet erős fényregulációjával szemben a nyílt utak egészen más fényviszonyokat biztosítanak a potenciális fajkészlet számára.

Annak ellenére, hogy meglehetősen elszigetelt (általában aszfalt sáv és szántó közé ékelt) élőhelyekről van szó, a műutakat kísérő szegélyek, vagy a hasonló alakú és azokkal rokon mezsgyék fajgazdagsága kiterjedésükhöz képest sokszor igen meglepő. Magyarországi, síkvidéki körülmények között CSATHÓ (2011c) két egymás közvetlen szomszédságában, párhuzamosan húzódó, azonos hosszúságú és nagyjából azonos szélességű, de eltérő korú mezsgye fajgazdagságát vizsgálva megállapította, hogy az idősebb, ősi határmezsgye nagyobb (143) fajszámmal és differenciális fajkészlettel (50) rendelkezett, mint a fiatalabb, egykori földút (121 és 28). Hollandiában, országos léptékben, az autópálya szegélyek 545 db 25 m²-es mintájában összesen 410 virágos növényfajt találtak (SÝKORA et al. 2002). Persze, Hollandiáról tudnunk kell, hogy Európa egyik legbolygatottabb területe, ahol az ország edényes flórája a hazai kistájak fajszámával azonos nagyságrendű (vö. KIRÁLY 1996, 2004, VOJTKÓ 2001, ODÉ et al. 2003, CSIKY 2004, BARINA 2006, NAGY 2007), azaz a magyarországi kistájak fajgazdagsági maximumát a térszála jóval magasabb értékénél éri csak el. Egy ennyire zavart területen az utak szegélyei a természetesebb, fajgazdagabb élőhely-típusokhoz tartoznak, védelmük és természetvédelmi szempontból megfelelő kezelésük (a hazai viszonyokhoz képest) könnyebben tolmácsolható probléma.

A biotikus homogenizációt korábban igen széles körben és tág értelemben használták. OLDEN & ROONEY (2006) azonban fontosnak tartja megkülönböztetni a taxonómiai, a genetikai és a funkcionális homogenizáció fogalmát. Ezek ui. a homogenizáció eltérő aspektusait érintik, ezért eltérő módszerekkel kutatandók. Taxonómiai homogenizációról akkor beszélhetünk, ha két vagy több bióta közt a taxonómiai hasonlóság időegység alatt

növekszik. A taxonómiai homogenizáció esetében tehát nem elegendő a fajgazdagság növekedésével és csökkenésével számolni, de a fajok szintjén kell ismernünk a vizsgált objektumokat, s számoljunk a kompozíciós változásokkal.

A taxonómiai homogenizáció (vagy másképp taxon-kiegyenlítődé, vö. OLDEN & ROONEY 2006) jelenségének bizonyítása tehát referencia-függő. Ideális esetben egy kiindulási állapothoz képest, melyben a tér egyik és minimum egy másik tartományának fajkészlete ismert, az idő multával megadható a két fajkészlet hasonlóságának változása (pl. SCHWARTZ et al. 2006). Amennyiben a különbségek kiegyenlítődnének, homogenizációról beszélhetünk. A jelenséget a fajkombinációk hasonlóságának kiszámításával is detektálhatjuk. A térbeli kényszerek következtében (PÁSZTOR & OBORNY 2007), több mintavételi hely vizsgálatakor, a mintakvadrátok hasonlósága általában/rendesen a köztük lévő távolsággal arányosan csökken ($\rightarrow$ distance decay jelensége, vö. NEKOLA & WHITE 1999). Minél jelentősebb a homogenizáció, annál kisebb a távolság függvényében észlelt β -diverzitás (vö. LEPRIEUR et al. 2008). Időbeli referenciák hiányában egy objektum homogenizáló hatása más objektumok azonos tulajdonságainak viszonylatában is vizsgálható (pl. KÜHN & KLOTZ 2006, MAGURA et al. 2010, LOSOSOVÁ et al. 2011). Fontos kiemelni, hogy a homogenizáció léptékfüggő jelenség is, valamint azt, hogy nem feltétlenül és kizárólag az adventív, de az őshonos fajok is hozzájárulhatnak a taxonómiai homogenizációhoz (vö. CASTRO & JAKSIC 2008, ARÉVALO et al. 2010). KISS és mtsai (2012) a hazai autópálya szegélyek vizsgálata során országos léptékben azt tapasztalták, hogy a gyepek flórája fajkompozíciós szempontból egysíkú, s bennük a telepített, generalista fajok jellemzőek.

Nem csak a homogenizáció mértéke, de annak iránya is detektálható. Legegyszerűbb módja ennek (ha a megfelelő adatsor és/vagy a kivitelezéshez szükséges idő a rendelkezésre áll) a fajok, populációk terjedésének vizsgálata az idő függvényében. Speciális esetekben azonban az időbeliség vizsgálata nélkül, pusztán a térbeliség figyelembe vétele mellett is kikövetkeztethető a homogenizáció iránya. Amennyiben egy referenciapontot kiválasztva egy barrierrel elválasztott, az elhatároló közeg mentén húzódó objektum párt (pl. élőhely foltokat) vizsgálunk, ahol a barrier két oldala mentén a propagulumok terjedésének iránya a foltokon belül determinált (pl. ellentétes irányú), a terjedés iránya a referenciapontban vett kétoldali mintavétel alapján, a propagulumok mennyiségi és minőségi megoszlása alapján kimutatható.

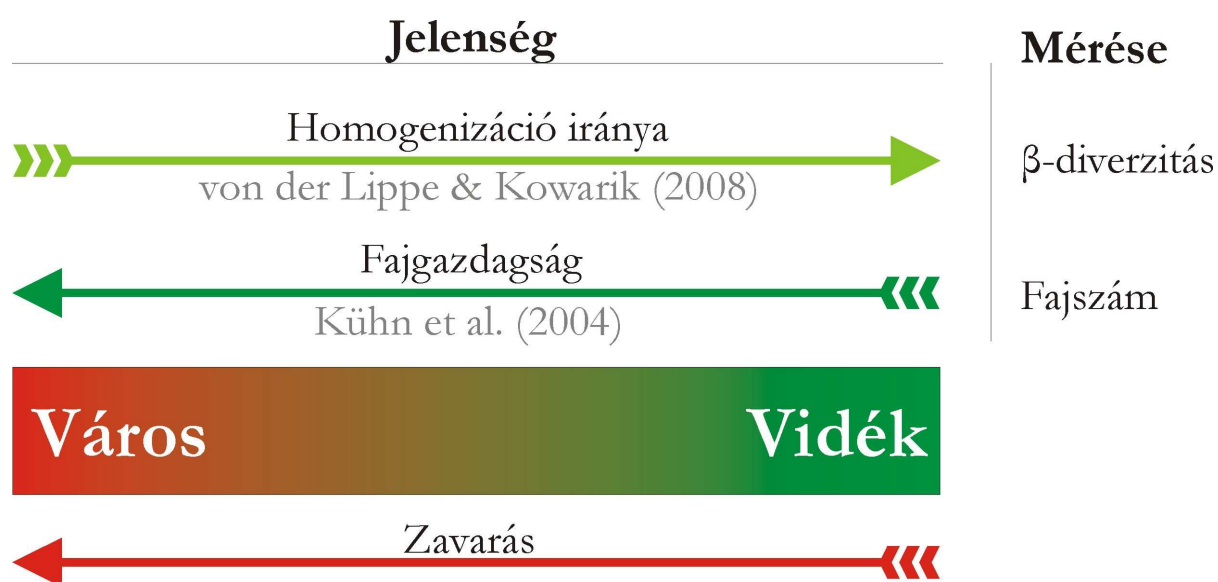
Aszfaltutak városi-vidéki grádiens mentén érvényesülő propagulum terjedési tendenciáit vizsgálva Berlinben pl. kimutatták (VON DER LIPPE & KOWARIK 2008), hogy az autópályák alagútjainak nagy, de ellentétes irányú forgalmat lebonyolító két, szeparált oldala között mind mennyiségi, mind minőségi értelemben jelentős különbségek figyelhetők meg. A városokból

kifelé tartó sávok magcsapdáiban tapasztalt nagyobb fajgazdagság és magmennyiség alapján a környezetüknél általában gazdagabb flórájú városok (vö. KÜHN et al. 2004, WANIA et al. 2006) fajainak egyfajta műút menti, járművek, mint vektorok által megvalósuló exportja zajlik. Azáltal, hogy a fajgazdagabb urbán területek irányából a zavarástűrő és adventív fajok exportja jellemző, míg a vidéki területek felől kevés a városokban nem élő faj érkezik, vidéken a műút forgalomnak is köszönhető homogenizáció (szuburbanizáció) folyik.

Nem ismerünk olyan tanulmányokat, amelyekben ennek a jelenségnek a gyakorlati megvalósulását, azaz az utak két oldalának fajkészletbeli, eltérő tendenciájú változását vizsgálták, kimutatták volna.

3. Célkitűzések

A nemzetközi tapasztalatok tükrében a városi környezetből a vidék irányába tartva a mérséklődő zavartsággal párhuzamosan durvább (10-100 km²-es) léptékben a fajgazdagság is csökkenő tendenciát mutat. Mindemellett a fajgazdagabb városokból a vidék felé a propagulum nyomásnak köszönhetően fajkompozíciós kiegyenlítődés, taxonómiai homogenizáció zajlik (4. ábra). Ezekkel a problémákkal egyszerre foglalkozó hazai, botanikai témájú közlemények tudomásom szerint eddig még nem jelentek meg, ezért a fenti, léptékfüggő problémákat szem előtt tartva a Pécs és szűkebb környezetében található vasút illetve műút hálózat meghatározott szakaszainak florisztikai felmérése mellett a következő kérdésekre kerestem válaszokat.



4. ábra. A dolgozat témájával kapcsolatos léptékfüggő jelenségek és mérések

1. Mennyire gazdagok edényes növényfajokban a felmért vasút és műút szakaszok?
2. A megtalált fajok között előfordulnak-e ritka, vörös listás és/vagy védett növények is, s ha igen, akkor milyen mennyiségben?
3. Kimutatható-e florisztikai homogenizáció a vizsgált vonalas létesítmények mentén, s ha igen, akkor ez a műutak esetében összefüggésbe hozható-e az urbán-rurális grádienssel, a ki- és befelé tartó forgalommal vagy a magterjesztési tulajdonságokkal?

4. Anyag és módszer

4.1. A vizsgálati terület

Pécs a Dunántúli-dombságon belül található Mecsek és Tolna-Baranyai-dombvidék középtájban, ezen belül is a Mecsek-hegység, Dél-Baranyai-dombság és a Pécsi-síkság nevű kistájban helyezkedik el (KIRÁLY et al. 2008). Növényföldrajzi szempontból a *Pannonicum* flóratartomány részeként egyrészt a *Praeillyricum* flóravidéken belül a *Sopianicum* flórajáráshoz, másrészt az *Eupannonicum* flóravidék *Titelicum* flórajáráshoz tartozik (BORHIDI 2003). A város hazánk legmelegebb területén fekszik, de a Mecsek magasabb régiói már hidegebb éghajlati vidékhez tartoznak. A tél enyhe, a nyár viszont forró (SIMOR 1938). A csapadék éves eloszlását tekintve jellemző a tavaszvégi-nyáreleji fő-, és az őszi másodmaximum, a téli fő- és nyárvégi-őszeleji másodminimum (Világháló oldal 4.). Pécs városa a Róna szerinti beosztás alapján az átmeneti éghajlati övbe tartozik, tehát mind a tengeri mind a kontinentális hatás mérsékelt mértékben érvényesül. Az időjárásra a földrajzi elhelyezkedés mellett a domborzat is nagy hatással van. A város felett K-Ny-i irányban elnyúló Mecsek jelentős védelmet nyújt az északi szelekkel szemben. Továbbá a déli lejtő jelentősen megnöveli az egységnyi felületre eső napsugárzás mennyiségét, így e területek jóval melegebbek a város síkon lévő részeihez képest. Az egyes városrészek időjárása azonban jelentősen eltérhet egymástól a különböző tengerszint feletti magasság, a kitettség, a szél iránya és sok más változó miatt (SIMOR 1938). A terület növényteni kutatottsága nagy múltra tekint vissza, melyet részletesen bemutat KEVEY & CSIKY (2012).

4.2. Adatok

4.2.1. A pécsi flóratérképezésről

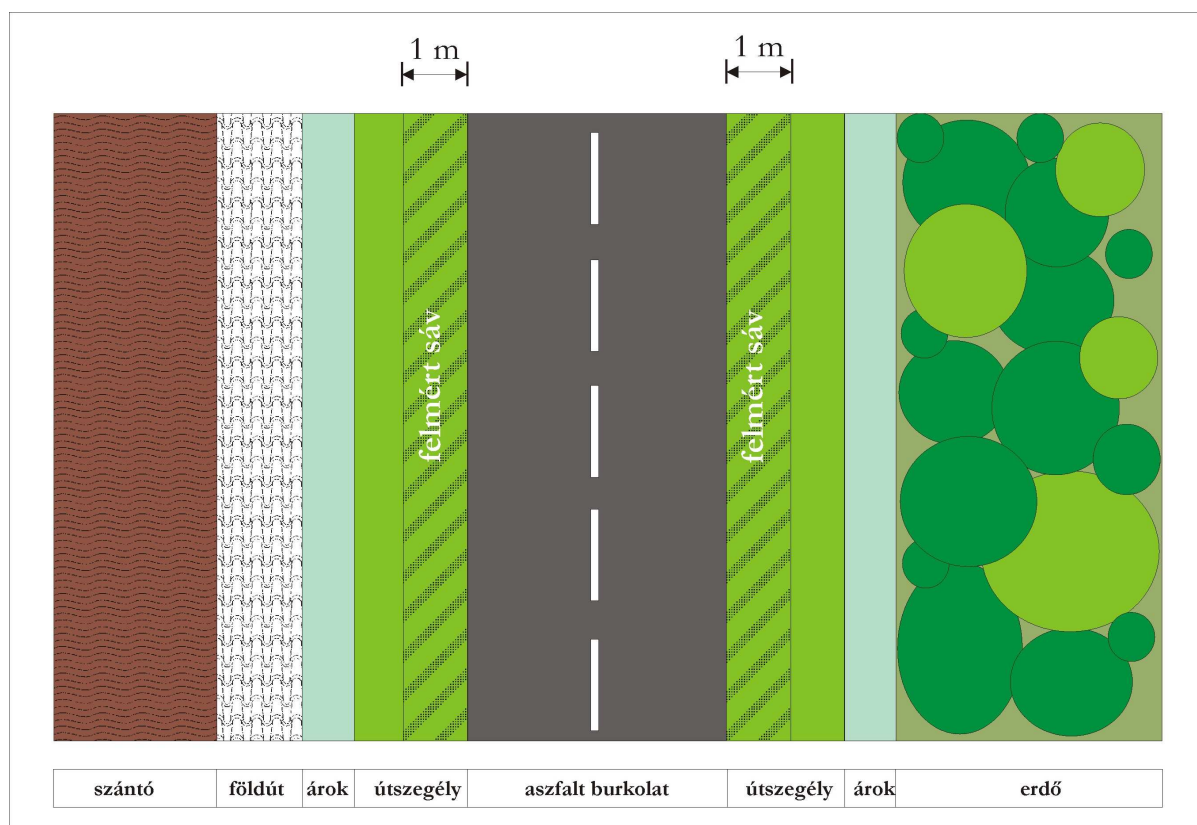
Pécs városának raszterhálós flóratérképezését 2009-ben kezdtük meg. A felmérés alapjául a Magyarországi Flóratérképezési Program rendszere (KIRÁLY 2003) szolgált, de annál 16x finomabb felbontást alkalmaztunk. Ennek megfelelően Pécs város közigazgatási területét (beleértve a külterületet is) 104 db 2,2 km²-es ún. Pécsi Flóratérképezési Kvadráttal (a továbbiakban PFK) fedtük le (7. ábra). Minden egyes kvadrát edényes flóráját az év különböző időszakában (tavasz, kora és késő nyár) felvételeztük. A terepi vizsgálatok során az 1:25.000 méretarányú, raszterhálós honvédségi térképet használtuk. Az adatgyűjtés döntő

részét három térképező, Csiky János, Kovács Dániel és Wirth Tamás végezte. Az adatbázist a Turboveg for Windows programcsomag alkalmazásával hoztuk létre (HENNEKENS & SCHAMINÉE 2001).

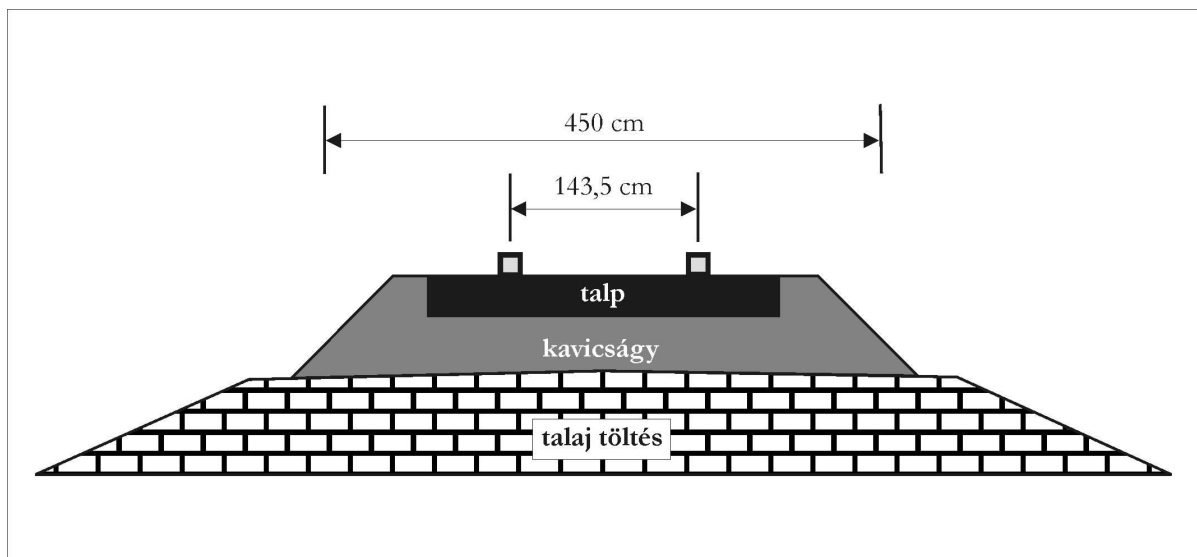
A korábban felmért 2.2 km²-es hálószemek floruláit az út- és vasúthálózat felmérése során 2012-ben előkerült újabb adatokkal folyamatosan kiegészítettük.

4.2.2. Vonalas létesítmények vizsgálata

Vizsgálataink során a műutak esetében az aszfaltszegélytől mért 1m-es (5. **ábra**), míg a vasúti pálya esetén a sínparttól mért 1,5 m-es távolságon belül eső sáv flóráját mértük fel a létesítmények mindkét oldalán (6. **ábra**), amely körülbelül azt a területet fedi le, ahol a kaszálások ill. a herbicides kezelések rendszeresen zajlanak.



5. ábra. A pécsi aszfaltozott utak felülnézeti sémája és a felmérés során az út mindkét oldalán vizsgált ~1 m széles sávok.

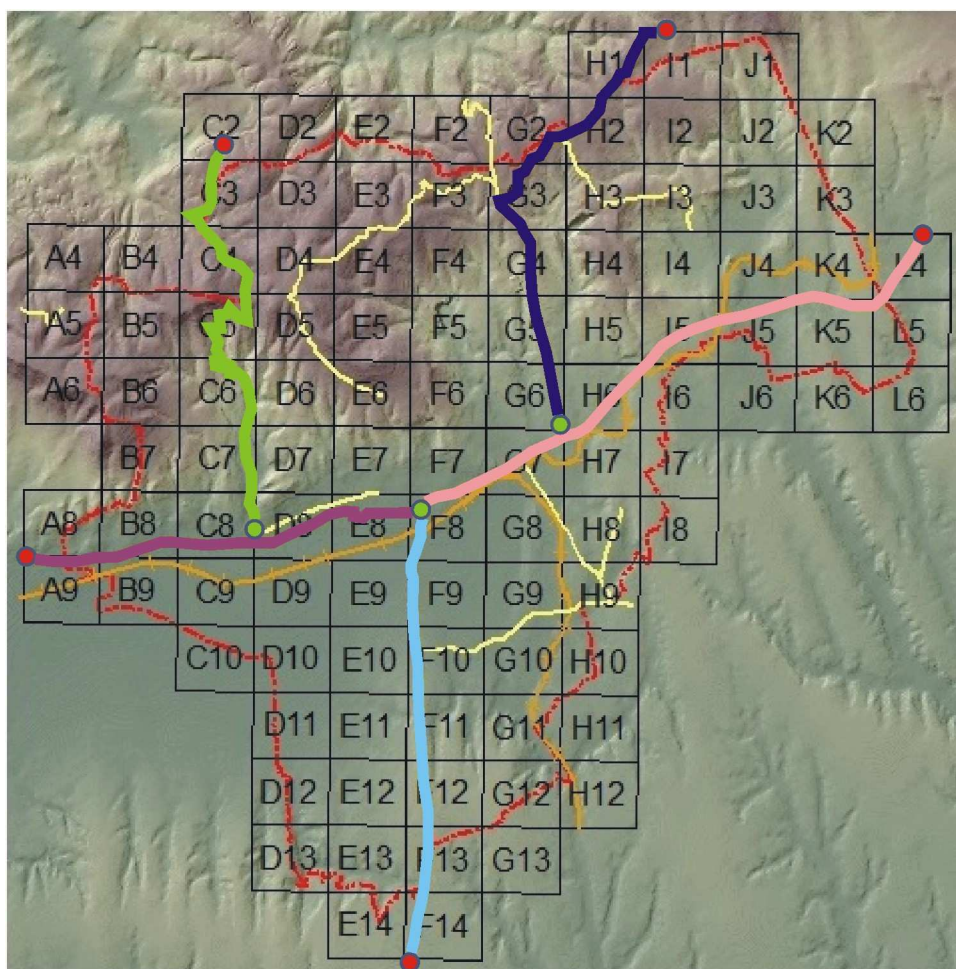


6. ábra. A hazai, nyíltvonalai vasúti pályatestek keresztmetszete és a felmérés során vizsgált ~4,5 m széles sáv.

Az adatgyűjtést 2012-ben három felmérő végezte (Csiky János, Kovács Dániel és Wirth Tamás). Vasút esetében tavaszi és nyári, míg a műutak esetében csak a nyári időszakban zajlott az adatgyűjtés. A vonalas létesítmények flóráját két léptékben vizsgáltuk. A vasút esetén 1 km-es (10 hm) szakaszokon (22 db) ill. ezeken belül véletlenszerűen elhelyezett, 4 m x 1m-es cönológiai mintakvadrátokban (60 db) készítettünk fajlistákat. A műutak flórájának felmérését több útvonal mentén (**7. ábra**) a Pécsi Flóratérképezési Egységek által kimetszett szakaszok teljes hosszában (52 db), illetve a szakaszokon belül az út két oldalán véletlenszerűen elhelyezett 4 m x 1 m-es cönológiai minta párok (135 db) szintjén végeztük el (**1. táblázat**). Munkánk során nomenklátúra tekintetében mindvégig KIRÁLY (2009)-hez igazodtunk.

1. táblázat. A pécsi vonalas létesítmények felmérése során alkalmazott léptékek nagyságrendje.

	LÉPTÉK [m ²]	
	Durvább	Finomabb
Vasút	10 ³	10 ⁰
Műút	10 ² -10 ³	10 ⁰



7. ábra. A kutatások során bejárt útvonalak Pécs raszterhálós domborzati térképén. Színkulcs: **piros** – város közigazgatási határa, **narancs** – vasútvonal, **lila** – a 6-os út Árkádtól Ny-ra eső szakasza, **rózsaszín** – a 6-os út Árkádtól K-re eső szakasza, **zöld** – Uránvárosi buszpályaudvartól Orfűig tartó műútszakasz (Magyarürögi út), **világos kék** – Árkádtól a Pogányig tartó műútszakasz (II. János Pál út), **sötét kék** – Zsolnay úti buszpályaudvartól a Komlóig tartó műútszakasz (Komlói út), **világos sárga** – egyéb, felmért műútszakaszok. Zöld pontok jelölik a későbbiekben kiemelten vizsgált műút szakaszok kezdőpontját, míg a pirosak a végpontokat.

Cönológiai felvételek készítésekor LÁJER és mtsai (2007) munkájához igazodtunk, a felvételek helyzetét, a kvadrátok sarokpontjait GPS segítségével mértük ki. A felmért útszakaszok hosszát, a felvételek közötti távolságot a GoogleEarth műholdfelvételeinek ill. az ArcView 9.2 programcsomag segítségével állapítottuk meg. A PFK-k, így a vonalas létesítmények mentén felmért szakaszok flórájában is szereplő fajok terjedési típusait SOÓ (1964-1973) synopsisából gyűjtöttük ki. Korábban ugyan már CSONTOS és mtsai (2002) is létrehoztak magterjesztési mód adatbázist, melyben az eredeti forrás (SOÓ l.c.) besorolásainak

egy részét módosították, az elemzések során mégsem erre a munkára támaszkodtunk. Ennek oka kettős. Egyrészt, a módosításokkal nem minden esetben értettünk egyet, másrészt a fajok egy jelentős részét (főleg az adventív fajok esetében) a fenti adatbázis nem is tartalmazta. A SOÓ (l.c.) munkájában szereplő kategóriák egy részét a könnyebb kezelhetőség, értelmezés érdekében mi is összevontuk (az epizoochor kategória magában foglalja az anthropochor fajokat is). A fajok jelentős részénél SOÓ (l.c.) több terjedési kategóriát is megad, mi ezek közül csak a legjellemzőbbet tüntettük fel a listában. Azoknál a növényeknél, amelyek nem szerepeltek SOÓ (l.c.) fenti munkájában, saját megfigyeléseink és internetes szakmai adatbázisok alapján soroltuk be a fajokat. Olyan esetekben, amikor a forrásmunkánk csak a családra vonatkozó általános besorolást tartalmazott, minden oda tartozó fajhoz ugyanazt a kategóriát rendeltük hozzá.

A Borhidi- féle szociális magatartás típusokat BORHIDI (1993) munkájából rendeltük hozzá az egyes fajokhoz.

4.3. Adatelemzés

A fajgazdagság meghatározásánál az összes felmért szakasz mentén megtalált növényfajt figyelembe vettem, külön a műutak, külön a vasutak esetében, durvább és finomabb léptékben is. A vörös listás fajok besorolása KIRÁLY (2007) munkáján alapul. A fajok védettségének státusát a legutóbbi rendeleteknek megfelelően vettem figyelembe (MAGYAR KÖZLÖNY 2012).

A térbeliség figyelembevétele nélkül végzett homogenizációs vizsgálat során összegeztük az azonos PFK kvadrátban a vasúti, illetve a műúti felvételekben előforduló fajokat, így 20, valamint 52 érintett PFK kvadrátra listáztuk az útszéli taxonokat. A vasúti flóra esetében csak az 1000 m-es szakasz flóráját, műutak esetében pedig a PFK-k határai által kimetszett útszakaszokat vettük figyelembe (durvább lépték). A kiválasztott fajok alapján a vasúti/műúti felvételeket tartalmazó PFK kvadrátok közt kiszámoltuk az átlagos 1-Jaccard különbségséget, mint a béta diverzitás indexét. Az átlagos disszimilitás „szignifikanciájának” tesztelése végett 500-500 ismétlésben a vasúti, illetve a műúti fajlistákban méretével megegyező számú fajt választottunk véletlenszerűen az érintett PFK kvadrátokban előforduló fajok közül, majd ezek között is kiszámoltuk az átlagos különbségséget. Amennyiben a vasúti és műúti fajkészlet véletlenszerűen, környezeti „szűrő” nélkül válogatódik a PFK florulákból (vagyis a regionális fajkészletből), akkor a vasúti,

illetve a műúti fajlisták átlagos disszimilitása nem térhet el a véletlenszerűen választott fajok alapján számolttól.

A térbeliség figyelembevételével végzett homogenizációs vizsgálat kapcsán a β -diverzitás térbeli értelmezését „distance decay” függvények vizsgálatával végeztük. Fajkompozíciós adatok elemzésekor a „distance decay” függvény egy olyan modell, amelyben a mintavételi egységek közti hasonlóságot a földrajzi távolságaikkal magyarázzuk. A távolságok megállapítása vasútnál a szakaszok euklidészi távolsága, műutaknál az útszakaszokhoz tartozó cönológiai felvételek koordinátáinak átlagából számított távolság alapján történt. A térbeliséget nélkülöző vizsgálatához hasonlóan PFK kvadrátonként összegeztük a vasúti, illetve a műúti felvételeket. Az érintett PFK kvadrátok összesített fajlistájában elkülönítettük a vasúton/műúton előforduló és az onnan hiányzó fajokat, majd külön „distance decay” függvényt számoltunk a kvadrátok közt a vasúti/műúti fajok, és az onnan hiányzó fajok alapján. Hasonlósági indexnek a Jaccard indexet választottuk, ennek a földrajzi távolságtól való függését lineáris regresszióval modelleztük. Welch t-teszt segítségével összehasonlítottuk a vasúti/műúti, illetve az ott elő nem forduló fajokra kapott „distance decay” meredekségeket.

Ugyanezt az elemzést elvégeztük finomabb léptékben, olyan szakaszok (5 db) esetében, amelyeknél a város(központ)ból kifelé, a rurális területek irányába tartva egyértelmű forgalomcsökkenés tapasztalható (**7. ábra**). Itt egy-egy műútszakasz két oldalán készült felvételekre külön számoltuk ki a distance decay függvényt, majd összehasonlítottuk a két oldalra kapott meredekségeket.

A műutak menti, terjesztéstípus szintjén mutatózó különbségek kimutatását csak az epizoochor fajok esetében illusztráltam. Az egyes felvételeket a várostól távolodó sorrendben ábrázoltam.

A műúti felvételek fajszerát a PFK kvadrátok fajszerának függvényében modelleztük Poisson GLM-mel (Generalized Linear Model), külön az út két oldala esetében. A felvételek fajszerát az útszakaszok végpontjától vett földrajzi távolság függvényében is ábrázoltuk, a két oldal fajszeráinak különbszerőségét páros Wilcoxon teszttel vizsgáltuk.

A cönológiai felvételek elemzése során borítási adatokat nem, csak a fajkompozíciós adatokat használtuk fel. Az elemzések R környezetben (R Development Core Team 2010) történtek a 'vegan' csomag (OKSANEN et al. 2010) segítségével.

A vonalas létesítmények kapcsán különböző léptékben végzett elemzéseket a **2. táblázatban** foglaltam össze.

2. táblázat. A pécsi vonalas létesítmények felmérése kapcsán, különböző léptékben vizsgált problémák.

	VASÚT		MÚÚT	
Lépték	Durvább	Finomabb	Durvább	Finomabb
Fajgazdagság	+	+	+	+
Átlagos β -diverzitás	+	-	+	-
Distance decay	+	-	+	+
Forgalom iránya	-	-	-	+

5. Eredmények és értékelésük

5.1. Relatív fajgazdagság

Pécs aktuális flórája, a 2012-es felmérések eredményeit is beszámítva 1418 fajból áll. Felvételezéseink során a vasút mentén 238 fajt, az aszfaltozott műutak mentén pedig 619 fajt sikerült kimutatnunk. Vasúti flóra esetében ez a város teljes flórájának a 17%-a, míg a vizsgált terület a teljes területnek mindössze 0,05% volt. A műút esetében a teljes, hálótérképezett területnek (104 db PFK kvadrát) mindössze 0,1%-án a fajok 44%-a megtalálható volt.

A vonalas létesítmények fajgazdagságának összehasonlítása kapcsán elmondható (**3. táblázat**), hogy durvább léptékben a négyszer kisebb területen felmért vasút flórája a műút összflórájának mintegy 40%-a. Finomabb léptékben a vasúton felmért összterület a műúton felmértnek csupán 22%-a volt, összfajszáma ugyanakkor csaknem fele a műúténak. E jelenség mögött feltételezhetően az áll, hogy a vasút flóráját a kora tavaszi aszpektustól egészen az őszi aszpektusig figyelemmel követtük, míg a műút mentén csak a nyári aszpektus tudtuk felvételezni. Feltűnő arányeltolódás látható az átlagos α -diverzitás szintjén a durva és a finomabb lépték fajgazdagsága terén, amit nehezen, vagy csak igen körülményesen tudnánk megmagyarázni. Míg durvább léptékben a műút florulája (nagyjából azonos területen) több mint másfélszerese a vasúton tapasztalt fajgazdagságnak, addig finomabb léptékben (azonos területen), hasonló aránypár mellett a vasút florulája nagyobb. Az adatok szórása azonban a műút esetében mindenütt nagyobb. Ennek kialakulásában szerepet játszhat a felmért vasút és műút hálózat által érintett területek nagyságának különbsége, heterogenitásának mértéke, de a felmért vegetációs időszak hossza is.

3. táblázat. A felmért terület vasút és műút hálózatának durvább és finomabb léptékű, átlagos, minimális és maximális α -diverzitása, illetve össz fajszáma.

	VASÚT		MŰÚT	
Lépték	Durvább	Finomabb	Durvább	Finomabb
Átlagos fajszám	61	16	104	10
Minimális fajszám	34	9	41	1
Maximális fajszám	111	37	245	34
Összfajszám	238	127	619	262
Felmért terület (m ²)	99.000	240	162.000	1.080
Érintett PFK-k száma	20	20	52	52

Ez a fajgazdagság összevethető hazai és külföldi példákkal is (4. táblázat). CSATHÓ (2011c) két eltérő korú, szalagszerű, összesen 0,064 km² kiterjedésű területen 171 fajt mutatott ki, ami a vizsgált kistájon belüli Magyarországi Flóratérképezési Kvadrátok maximális fajkészletéhez képest a terület alig 0,2%-án a flóra csaknem 45%-át tartalmazta (CSATHÓ ex verb.). Ez a pécsi műutak mentén tapasztalt arányokkal nagyságrendileg teljesen egyező eredményt mutat. Külföldi példákhoz nyúlva holland autópálya szegélyekben, 13625 m²-en összesen 410 virágos növényfajt találtak (SÝKORA et al. 2002). Ez (a minták távolságát figyelmen kívül hagyva) azt is jelenti, hogy az ország területének alig 3,3 x 10⁻⁵%-án, egyetlen (társulás szinten már meglehetősen diverz) szünantróp élőhely-típusban a virágos flóra mintegy 28%-a megtalálható volt (vö. ODÉ et al. 2003). Amennyiben Magyarország területéhez és flórájához (KIRÁLY 2009) viszonyítjuk a műutak mentén általunk készített felvételek össz fajszámát, akkor hazánk csupán 1,16 x 10⁻⁶%-áról az edényes növényfajok mintegy 9,6%-át mutattuk ki. Ez az arány ugyan kisebb, mint a holland példa esetében, ám a vizsgálat során készített felvételeink valójában 180-szor kisebb területre koncentrálnak. Mégis, ezen a parányi területen csak egyharmaddal kevesebb fajt találtunk. Ez az eredmény nem meglepő, hiszen Hollandia edényes flórája jóval szegényebb, mint az általunk felmért, a Benelux országnál 250-szer kisebb kiterjedésű Pécsé (WIRTH 2012).

4. táblázat. Hazai és külföldi vonalas létesítmények mentén tapasztalt terület/ fajszám adatok. A *-gal jelzett értékek a teljes vonalas létesítmény hálózaton belüli, kisebb mintaegységek összesített területi és fajszám adataira vonatkoznak.

Helyszín	Szerző	Terület (km ²)	Létesítmény	Fajszám
La Palma	BRANDES (2005)	?	műút szegély	161
Lengyelország	NOWIŃSKA & CZARNA (2008)	0,005	vasútállomás	150
Tenerife	ARÉVALO et al. (2010)	~0,009*	műút szegély	201*
Oroszország	TRET'YAKOVA (2010)	0,02*	vasút szegély	355*
Lengyelország.	ZIELIŃSKA (2007)	0,042*	útszegély	309*
Csanádi-hát	CSATHÓ (2011c)	0.064	mezsgye	171
Lengyelország.	WARHOLIŃSKA & SUWARA-SZMIGIELSKA (2009)	0,106	vasút szegély	383
Hollandia	SÝKORA et al. (2002)	0.136*	autópálya szegély	410*
Olaszország	FILIBECK et al. (2011)	0,18	vasút szegély	287
Pécs	KOVÁCS et al. (ined.)	0,099	vasút szegély	238
Pécs	KOVÁCS et al. (ined.)	0,162	műút szegély	619

A pécsi vasúti pályatestek fajgazdagsága ugyan szerényebbnek tűnik, mint a lengyel (WARHOLIŃSKA & SUWARA-SZMIGIELSKA 2009) vagy olasz (FILIBECK et al. 2011) példák esetében. Pécsen azonban területileg keskenyebb felmért sávról van szó (vizsgálatainkban csak a pályatest kavicságyán előforduló fajokat vizsgáltuk). Ezzel szemben a másik két példa esetében szélesebb, a kavicságyon túli, vagy azt is magában foglaló, fajgazdagabb szegélyeket mérték fel. Konkrét vizsgálatok hiányában, csupán megfigyeléseink birtokában feltételezzük, hogy a felépítményen kívüli szegélyek vizsgálata esetén Pécsen is jóval nagyobb, a műutak flórájához hasonló nagyságú fajkészlettel találkozunk.

Az irodalomban is elérhető adatok arra csábítanak, hogy elkészítsük a vasutak és műutak szegélyeinek faj-area görbét, ám a fentiekből kiderül, hogy a különböző tanulmányokban feltüntetett fajszámok csak fenntartásokkal vethetők össze. Az összehasonlítások során olyan tényezőket is figyelembe kell vennünk, mint a teljes vizsgálati terület nagysága, a felmért sáv szélessége, hossza, a ténylegesen felmért terület nagysága, a vizsgált objektum heterogenitása, de a földrajzi szélességnek megfelelő regionális fajszám (γ -diverzitás) is.

5.2. Védett, vörös listás, ritka és jellemző fajok előfordulása

A vasút mentén nem fordult elő védett faj, de egy veszélyeztetettség közeli (NT) (*Verbascum speciosum*) és két adathiányos (DD) (*Polycnemum majus*, *Valerianella carinata*) besorolású hazai vörös listás taxont detektáltunk. A védett fajok hiánya esetünkben, CSATHÓ (2011a, b) tapasztalataival szemben nem túlságosan meglepő eredmény, hiszen mi a vasúti pályatestnek pont azon közúzalékkal borított, állandó növényzettel nem rendelkező részét felvételeztük, amelyet a szélsőséges abiotikus környezeti tényezők és az évente kétszeri herbicides kezelések leginkább érintenek. Ez az évelő növényeknek meglehetősen kedvezőtlen élőhelyi adottság, de a rövid életű természetes zavarástűrő, védett fajok közül is csak néhány taxon számára lenne elviselhető. Ezek (pl. *Teesdalia nudicaulis*, *Medicago rigidula*) feltehetőleg azért nem fordulnak elő a vasutak mentén, mert a regionális flórában sem találhatók meg, vagy táji léptékben is nagyon ritkák és a természetes élőhelyeiket a vasútvonalak nem érintik.

Az utak szegélyének flórája annál „értékesebbnek” bizonyult 23 védett (pl. *Dictamnus albus*, *Helleborus odorus*, *Carex strigosa*), 2 veszélyeztetett (EN) (*Vitis sylvestris*, *Ophrys oestriifera*), 9 veszélyeztetettség közeli (NT) (pl. *Phleum paniculatum*, *Chenopodium vulvaria*) és 6 adathiányos (DD) (pl. *Digitaria ischaemum*, *Rosa polyacantha*) fajjal. A védett és vörös listás taxonok tekintetében a Pécssett előforduló fajok 10-18 %-a megtalálható a műutak mentén is. Meg kell azonban itt jegyeznünk, hogy e növények főként a terület északabbi részén fekvő erdőket átszelő aszfaltozott utak szegélyében fordulnak elő. A számos hazai (vö. CSATHÓ 2011a, b) és nemzetközi (vö. TIKKA 2000) példával ellentétben, a fenti növények szempontjából az út menti szegélyek Pécssett valószínűleg nem tekinthetők zöld folyosónak. Jelenlétük az élőhely közvetlen közelének köszönhető, a forrás állományoktól távolodva a szegélyekből eltűnnek. Néhány esetben, pl. orchideák, a fajok pionír jellegüknél fogva kedvelik a közepesen zavart útpadkákat sőt, az egyes élőhelyfoltok közötti terjedésük során előszeretettel használják is azokat (vö. KOVÁCS et al. 2012).

A fentiekén kívül érdemes megemlíteni néhány olyan flóraelemet is, amelyek Pécs környékén meglehetősen ritkák, ugyanakkor egyik, vagy másik vonalas létesítmény flórájára jellemzőek, vagy eddig csak itt kerültek elő. A vasutak extrém vízgazdálkodású pályatestre a szárazságtűrő, a versengést kerülő fajok fennmaradásának kedvez. Ilyen növény a homoki élőhelyekre jellemző *Cenchrus incertus*, *Plantago indica* és *Equisetum ramosissimum*.

Korábbi, társulástani tanulmányok már utaltak arra, hogy ezek az élőhelyek segítik a hazai homoki kapás kultúrákból leírt (*Tribulo-Tragetum* Soó & Timár in Timár 1954) társulás flórájának, fajtöbbségeinek terjedését (DANCZA et al. 2002). Érdekes jelenség, hogy a *Geranium* nemzetség számos, a városban másutt ritka faja (pl. *G. molle*, *G. rotundifolium*) itt nagy állományokban van jelen. Természetesen, jó pár olyan adventív növény is akad, amelyek a városban leginkább a vasutakhoz kötődnek, ilyen pl. a *Senecio vernalis*.

A műutak flórájában leginkább a tömörödött és szikes talajokat kedvelő fajok jelenléte karakterisztikus. A *Puccinellia distans*, a *Lepidium rudemale* állományai az utak sózásának köszönhetően még a legmagasabb régiókban, szurdokerdei környezetben is előfordulhatnak. A ritkább fajok, mint a *Hordeum hystris*, a *Plantago maritima* csak a város peremi, rurális területeken futó, fátlan, többnyire mezőgazdasági területek által határolt utak szegélyeiben bukkannak fel. Ez utóbbi gyepekben készült felvételek nagy hasonlóságot mutatnak a sziki árpás gyepek (*Hordeetum hystricis* Wendelbg. 1943) Kárpát-medencei állományaival (SCHMOTZER ex lit.). A sziki fajok helyi megjelenését, a vektorok kilétét egyelőre homály fedi, a pécsi állományok alaposabb tanulmányozása további terepmunkákat igényel. Feltételezhető azonban, hogy az eddig csak a sűrűn lakott területektől, pihenőhelyektől távolabbi útszegélyekben előkerült fajok antropogén hatásra, gépkocsikon, távolsági autóbuszokon hurcolódva (epizoochor, antropochor) magok formájában érkeztek a helyszínre.

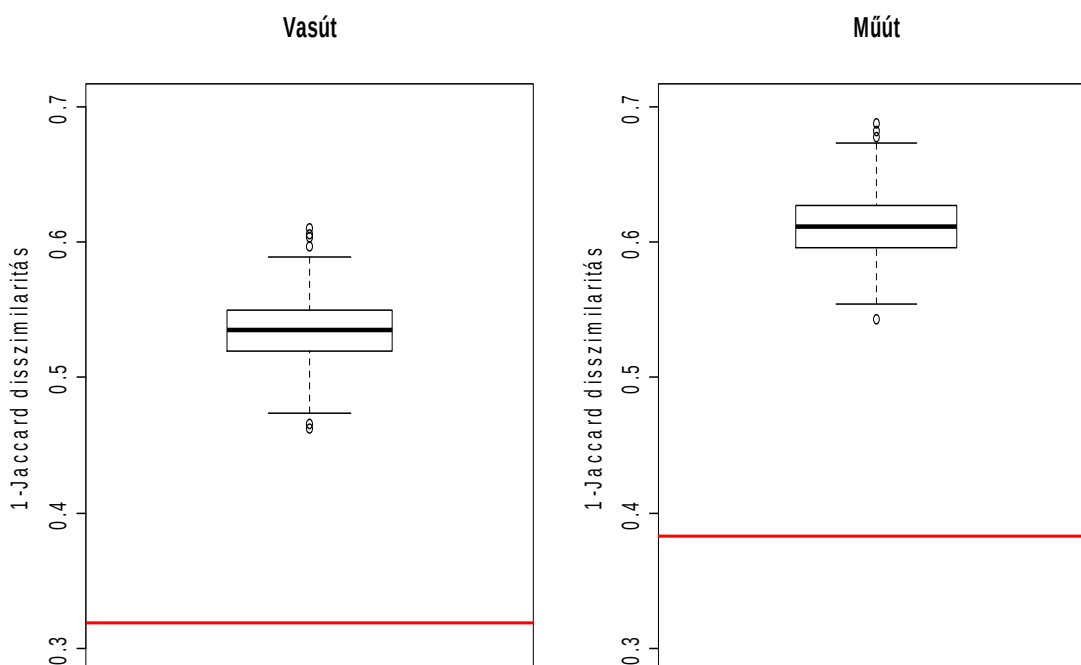
Mindkét fajcsoport meglehetősen ritkának számít a Pécs környéki flórában (vö. HORVÁT 1942, KEVEY & HORVÁT 2000, KIRÁLY 2009), s bár itt is csak szórványosak, kifejezetten e vonalas létesítményekhez kötődnek.

5.3. Taxonómiai homogenizáció

5.3.1. A taxonómiai homogenizáció vizsgálata durvább léptékben

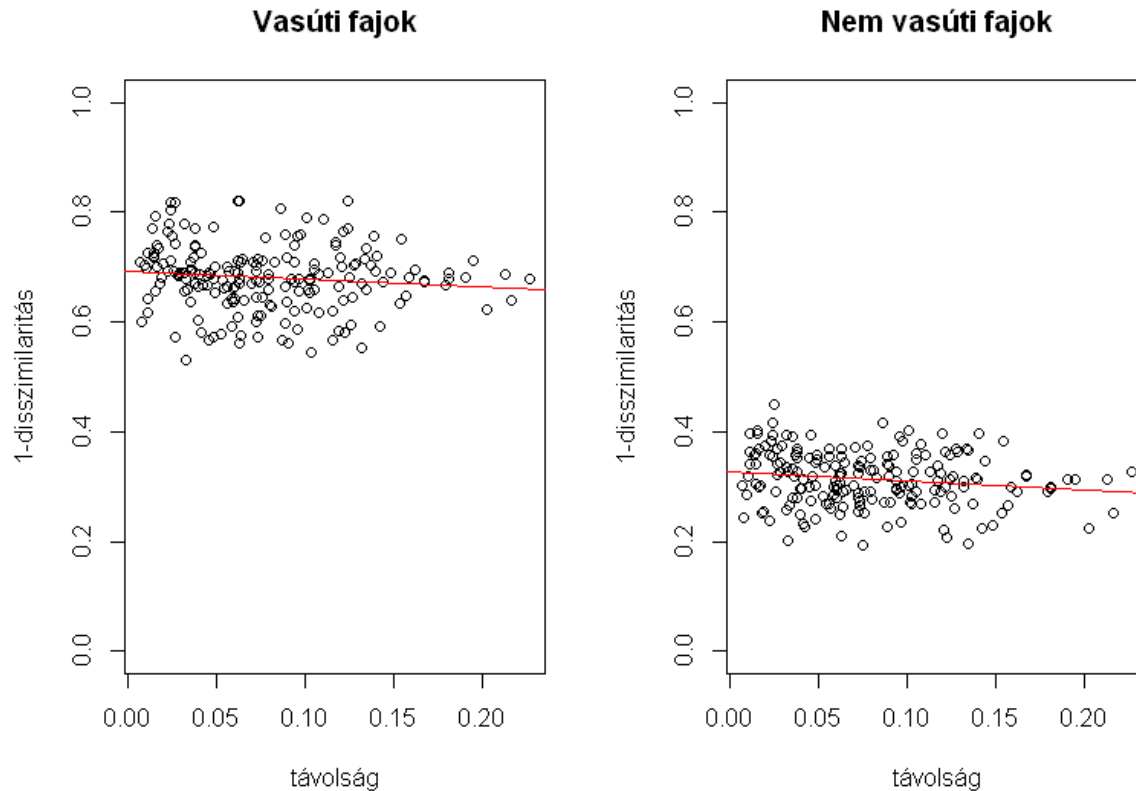
Mind a vasút, mind a műút mentén tapasztalt átlagos fajkompozíciós különbségek alacsonyabbak voltak az érintett PFK-kból véletlenszerűen vett, azonos össz fajszámú minták különbségéhez képest. Elmondható tehát, hogy a vasutak és műutak flórája egyöntetűbb, mint a PFK-k flórája. A vasúti szakaszok fajkészletének átlagos hasonlósága műút szakaszokhoz képest nagyobb (**8. ábra**), amely alapján arra következtethetnénk, hogy a műutak flóra szűrő hatása Pécsen gyengébb, mint a vasutaké. Ez az eredmény azonban azzal is összefügghet, hogy a vasutak és műutak mentén felvett minták száma jelentősen eltért, s a vizsgált műutak összhossza és kiterjedése jócskán meghaladta a vasutakét. Mindezek mellett a vasúti pályatestek szinte kizárólag a síkvidéki, alacsony, medence jellegű területeken

találhatók, a műutak viszont a Pécsre jellemző összes magassági régiót érintik. Mivel e tényezők közismerten befolyással vannak a sokféleségre (vö. PÁSZTOR & OBORNY 2007), a két vonalas létesítmény összehasonlítása (e tekintetben) csak fenntartásokkal (vagy kritikusabb szemmel egyáltalán nem) végezhető el.



8. ábra A vasút és műútszakaszok átlagos különbözőségének összevetése. A **piros** vonal a vizsgált útszakaszok átlagos különbözőségét jelzi, míg a boxplot az érintett PFK-kból 500 véletlen minta alapján számolt különbözőségeket illusztrálja.

Amennyiben az érintett PFK-n belüli, a vasútszakasz mentén megfigyelttel azonos fajszámú, de véletlenszerűen kiválasztott, nem vasúti fajokból álló mintákat vetünk egybe vasút menti felvételekkel, az utóbbiak átlagos hasonlósága messze meghaladja a nem vasútiakét (**9. ábra**). A hasonlóság távolság függő csökkenésének tendenciája azonban itt nem különbözik. Mindebből arra következtethetünk, hogy a vasúti pályatestek, mint élőhelyek jelentős szűrőként működnek, szűrő hatásuk azonban a távolság függvényében nem különbözik a PFK-kon belül várt átlagtól.



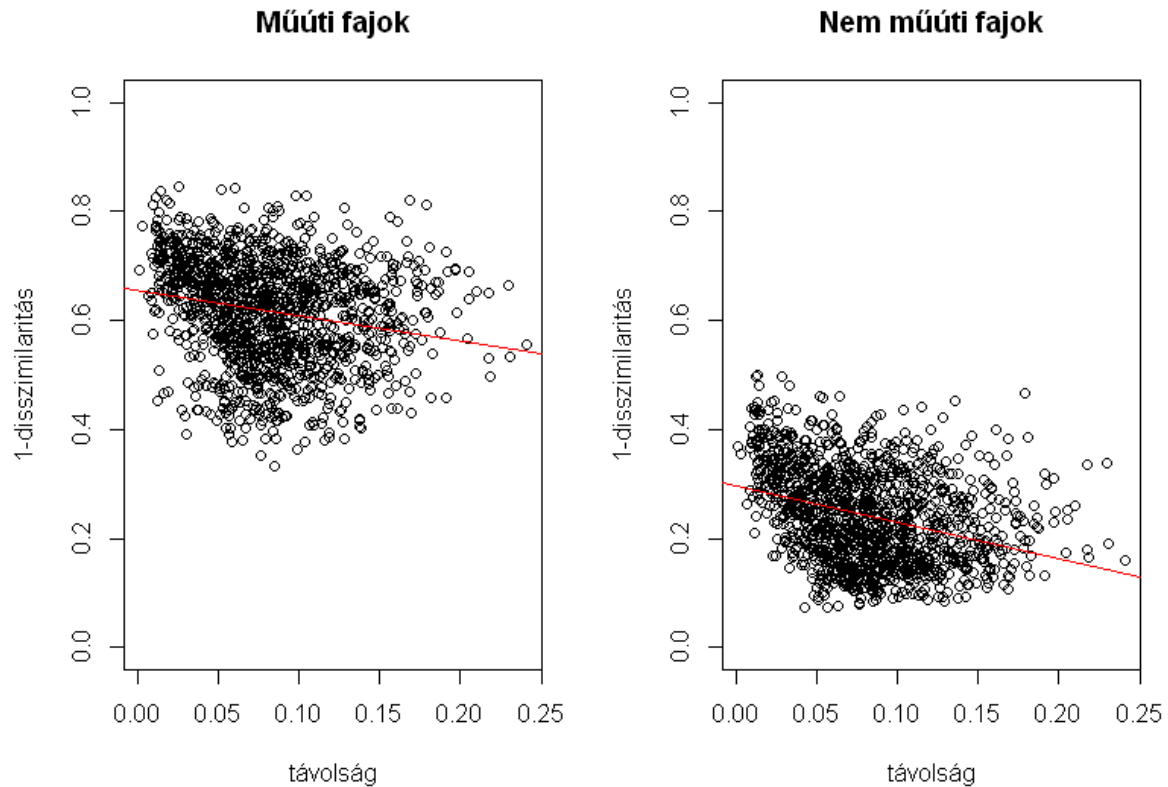
9. ábra. A vasúti és nem vasúti fajok hasonlóságának összevetése, illetve annak távolság függő változása. A **piros** vonal az illesztett regressziós egyenest ábrázolja.

Vasút: $y = -0.13351x + 0.69104$, $R^2 = 0.01171$, n.s. ($p = 0.137$)

Nem-vasút: $y = -0.171355x + 0.327363$, $R^2 = 0.02875$, $p < 0.05$ ($p = 0.0193$)

Meredekségek tesztje: $t = 0.328$, $df = 18$, n.s. ($p = 0.7432806$)

Majdnem ugyanez a helyzet a műutak esetében is, ahol azonban az átlagos hasonlóság mellett a fajkompozíciós változások a távolság függvényében kevésbé jellemzőek a műúti fajok körében (**10. ábra**). Másképp fogalmazva, a műutak élőhelyi fajsűrű hatása jelentős. A felmért szakaszok taxonómiai hasonlósága a távolság függvényében a műutak esetében lassabban változik, mint a „nem műúti” mintáknál, vagyis a műút (ebben a léptékben) a vártnál erősebben járul hozzá a taxonómiai homogenizációhoz.



10. ábra. A műúti és nem műúti fajok hasonlóságának összevetése, illetve annak távolság függő változása. A **piros** vonal az illesztett regressziós egyenest ábrázolja.

Műút: $y = -0.46115x + 0.65433$, $R^2 = 0.04179$, $p < 0.001$

Nem-műút: $y = -0.667922x + 0.295399$, $R^2 = 0.1077$, $p < 0.001$

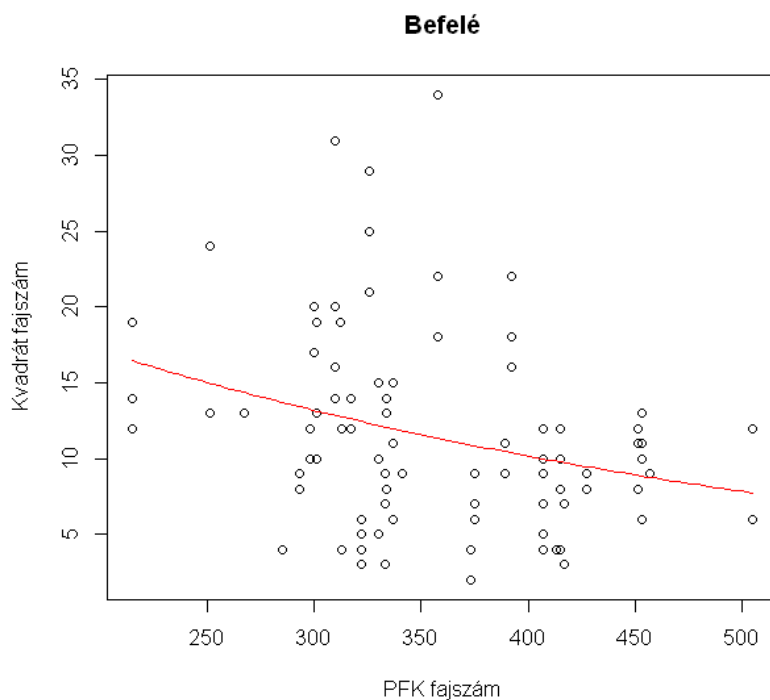
Meredekségek tesztje: $t = 2.569$, $df = 50$, $p < 0.05$ ($p = 0.013$)

5.3.2. Taxonómiai homogenizáció vizsgálata finomabb léptékben

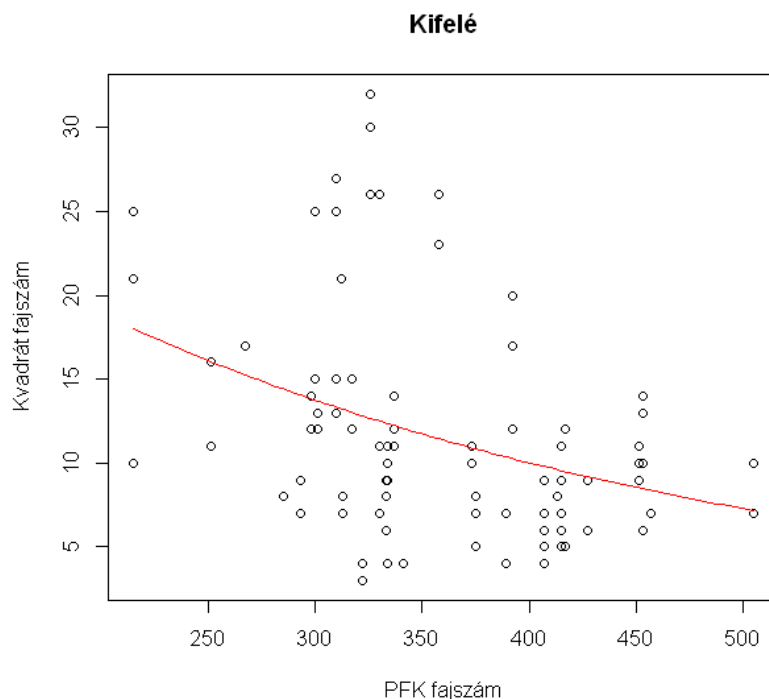
A fentiekben 10^2 - 10^3 m²-es léptékben megmintázott florulák szintjén vizsgáltuk a vonalas létesítmények flóraszűrő szerepét, s megállapítottuk, hogy mind a vasúti pályatestek, mind a műútszegélyek jelentős szűrő hatással bírnak. A vasutak PFK szintű flórahomogenizáló hatását nem tudtuk bizonyítani, de a műutak esetében ez a tényező közvetett módon kimutatható volt. Az alábbiakban a taxonómiai homogenizációt a műutak szegélyében készített 4 m²-es cönológiai felvételek felhasználásával tanulmányozzuk.

A be- és kifelé tartó forgalomnak megfelelő cönológiai felvételek fajszámát az érintett PFK-k fajszámához viszonyítva negatív összefüggést kapunk, vagyis a PFK-k növekvő florulája (regionális fajkészlet) mellett a cönológiai felvételek (lokális fajkészletek) fajszáma csökken (11., 12. ábra). Míg a ki- és befelé tartó útfelekhez tartozó felvételek fajgazdagsága szempontjából a PFK fajszámának hatása külön-külön szignifikánsan negatív, addig az útfél hatása a felvételek fajszámára sehogy sem szignifikáns. A fajgazdagság eltérő tendenciájú

növekedése ebben a léptékben is arra utal, hogy a műutak, mint élőhelyek igen erős fajszűrő hatással bírnak, s az is feltehető, hogy a ki- és befelé tartó forgalomnak a propagulum nyomáson keresztül (vö. PÁSZTOR & OBORNY 2007) mindezekre nincs hatása. A PFK-k és a cönológiai felvételek fajszámának negatív összefüggése ugyan figyelemre méltó jelenség, de magyarázata további vizsgálatokat igényelne (pl. élőhelyi kontextus tisztázása).



11. ábra. A vizsgált útszakaszok városba irányuló forgalmát biztosító oldalán tapasztalt fajszámok a PFK fajszámok függvényében. A **piros** vonal a pontthalmazra fektetett regressziós egyenest jelöli. Poisson GLM: meredekség = -0.002605, $p < 0.001$.

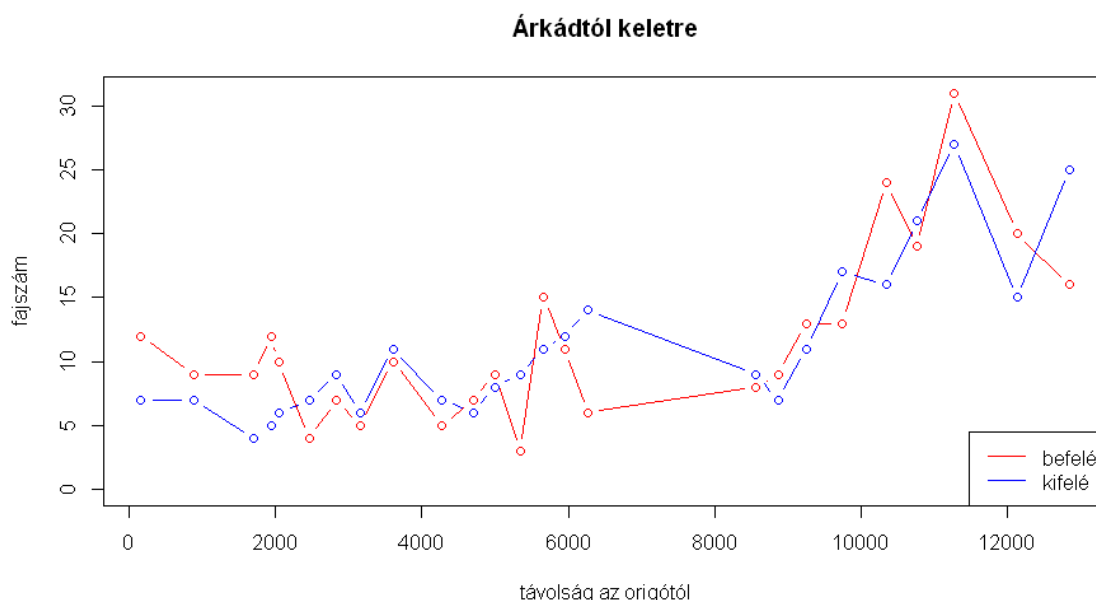


12. ábra. A vizsgált útszakaszok városba irányuló forgalmát biztosító oldalán tapasztalt fajszámok a PFK fajszámok függvényében. A **piros** vonal a ponthalmazra fektetett regressziós egyenest jelöli. Poisson GLM: meredekség = -0.0031725, $p < 0.001$.

Valamivel pontosabb képet kaphatunk a forgalom irányának hatásáról, ha konkrét útvonalak mentén vizsgálódunk. Az öt kiválasztott, a város irányából a külterületek irányába tartó (urbán-rurális grádiens), egyre csökkenő forgalmú útvonal mentén véletlenszerűen elhelyezett cönológiai mintaterületek fajgazdagsága három esetben (**13-15. ábra**) növekszik, míg két linea mentén tendencia nélküli és/vagy erősen ingadozó (**16., 17. ábra**). A növekvő fajgazdagságból arra is következtethetnénk, hogy a nemzetközi tapasztalatokkal ellentétben (pl. ARAÚJO 2003, KÜHN et al. 2004, KÜHN & KLOTZ 2006), Pécs esetében az urbán-rurális grádiens mentén nem a csökkenő fajszám jellemző. Ezzel kapcsolatosan azonban fontos kiemelni, hogy a legtöbb dolgozatban a problémát (ti. a városok a környezetükhöz képest diverzitási forrópontok) meglehetősen durva (10-100 km²-es) léptékben vizsgálták. Finomabb léptékben már a „köztes tartomány hatásának”, a „rich get richer” és/vagy a „poor get richer” hipotézisnek megfelelő mintázatok érvényesülése tapasztalható (pl. VON DER LIPPE & KOWARIK 2008, RICOTTA et al. 2010, CSIKY et al. 2011). Az általunk tanulmányozott urbán-rurális grádiens egyrészt finomabb léptékű, másrészt (klasszikus értelemben) a városi területek irányába tolódik el. E tekintetben nem várható el, hogy igazolódjék egy durvább léptékben megállapított törvényszerűség.

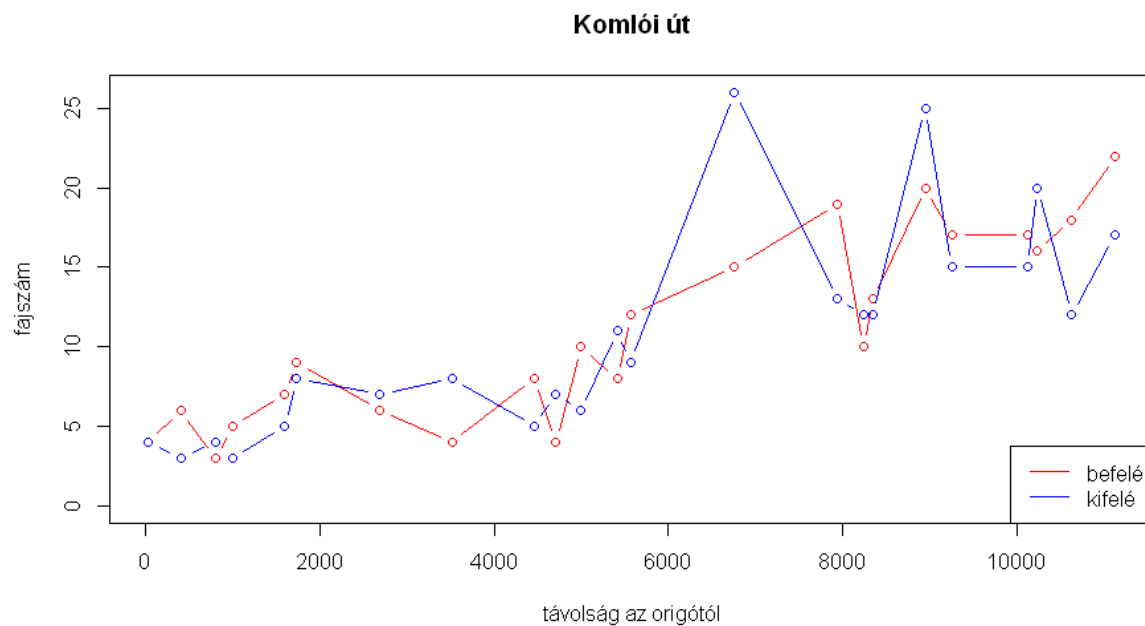
Az út két oldalának felvétel-pár szintű, fajgazdagságbeli hasonlóságát vizsgálva megállapítható, hogy a városból befelé és kifelé tartó forgalomnak megfelelő oldalak közt a cönológiai felvételek léptékében szignifikáns különbségek mutathatók ki (**13-17. ábra**). A különbségek a teljes útszakaszok hosszában azonban nem tendenciózusak: hol az egyik, hol a másik oldal a fajgazdagabb.

Mindenesetre figyelemre méltó, hogy a VON DER LIPPE & KOWARIK (2008) által jósolt, a városból kifelé és befelé irányuló forgalmat lebonyolító oldalak szegélye közötti fajgazdagsági gradiens (különbség), az általunk vizsgált léptékben nem mutatható ki. Amennyiben az aszfalt burkolatot a diszperzió szempontjából barriernek tekintenénk, a fenti dolgozatban tárgyaltak alapján a kifelé tartó forgalom oldalán magasabb, de egyre csökkenő fajszámot, a befelé tartó útfél szegélyeiben viszont az alacsonyabb fajszám mellett egyre növekvő fajgazdagságot várnánk (ha lehetséges, idővel a teljes kiegyenlítődés bekövetkeztéig). Ezzel szemben három esetben mindkét oldalon növekvő, két esetben pedig erősen ingadozó, trend nélküli fajgazdagság eloszlást kaptunk. Érdekességgént megemlíthető, hogy a két, városból induló és erdei környezetben végződő útvonal mentén (**14., 15. ábra**) a fajgazdagság látványos növekedése a beépített és erdei területek határán figyelhető meg. Erdei környezetben az útszegélyek fajgazdagabbak, mint a városi és városszéli, erdőtlen területeken.

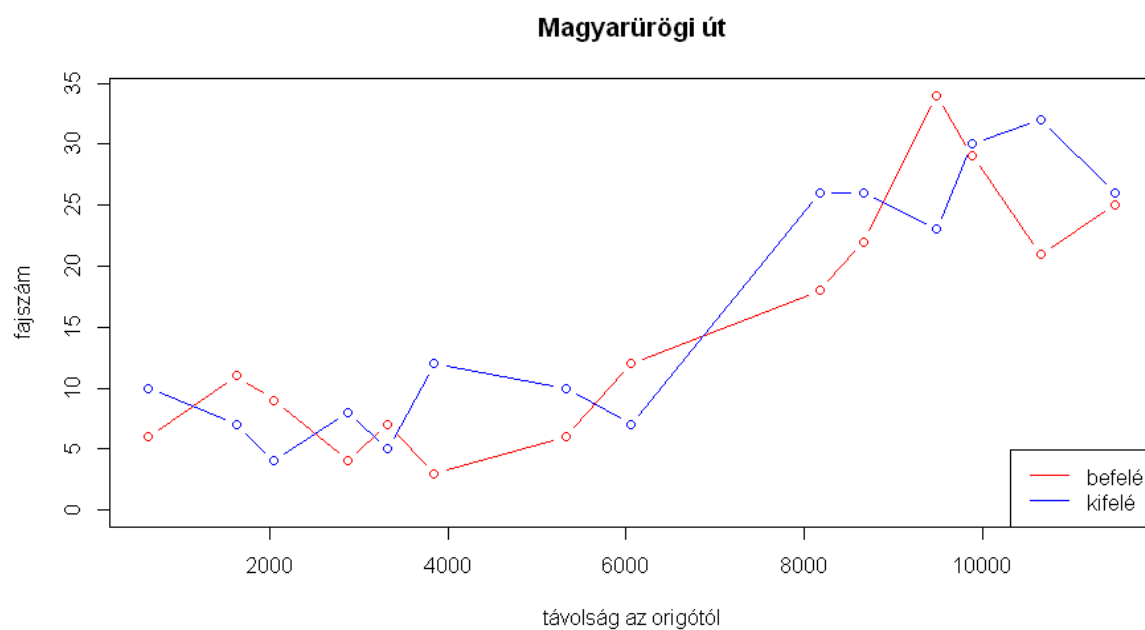


13. ábra. A cönológiai felvételek fajgazdagságának változása a kiindulási ponttól való távolság függvényében, a 6-os út Árkádtól K-re eső szakasza mentén.

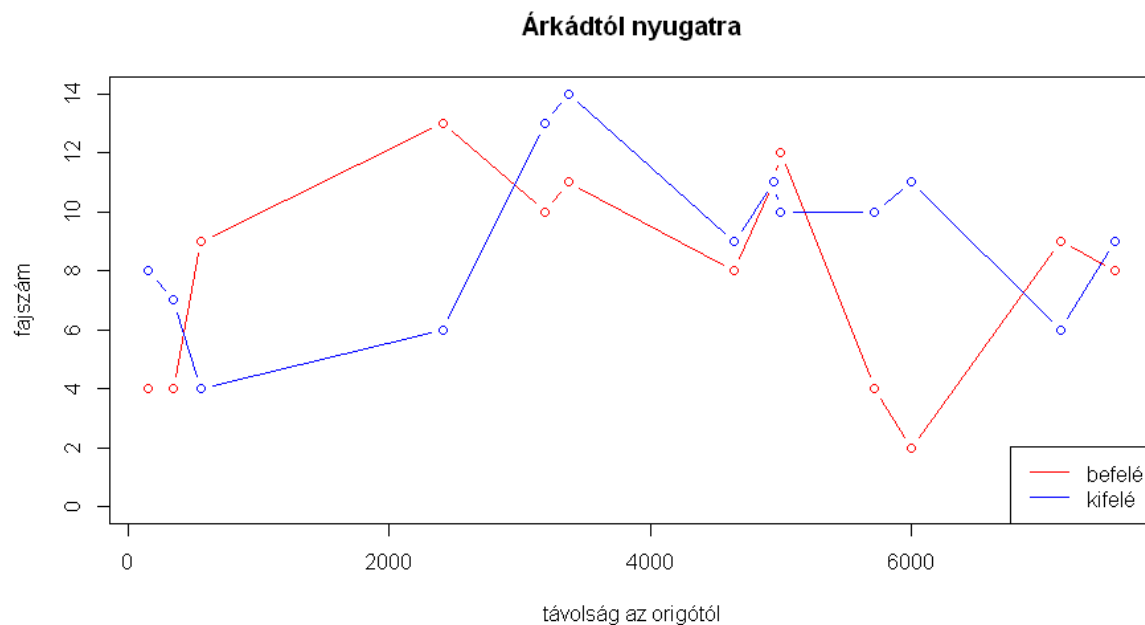
$V = 184.5$, $p\text{-value} = 0.5614$



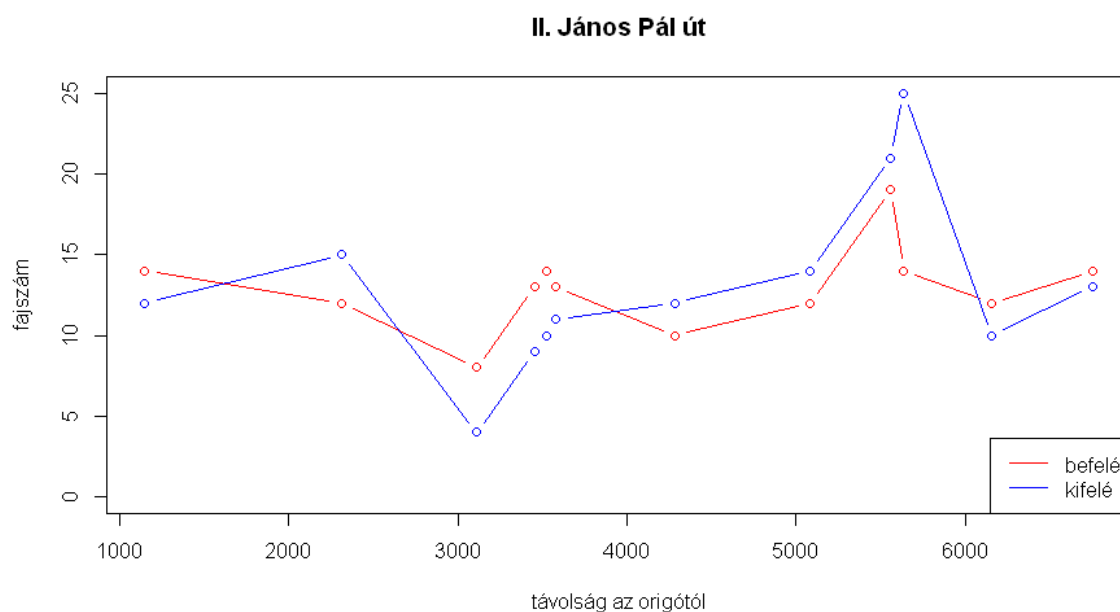
14. ábra A cönológiai felvételek fajgazdagságának változása a kiindulási ponttól való távolság függvényében, a Zsolnay úti buszpályaudvartól a Komlóiig tartó útszakasz mentén.
 $V = 144.5$, $p\text{-value} = 0.5685$



15. ábra. A cönológiai felvételek fajgazdagságának változása a kiindulási ponttól való távolság függvényében, az Uránvárosi buszpályaudvartól Orfűig tartó útszakasz mentén.
 $V = 41.5$, $p\text{-value} = 0.5074$



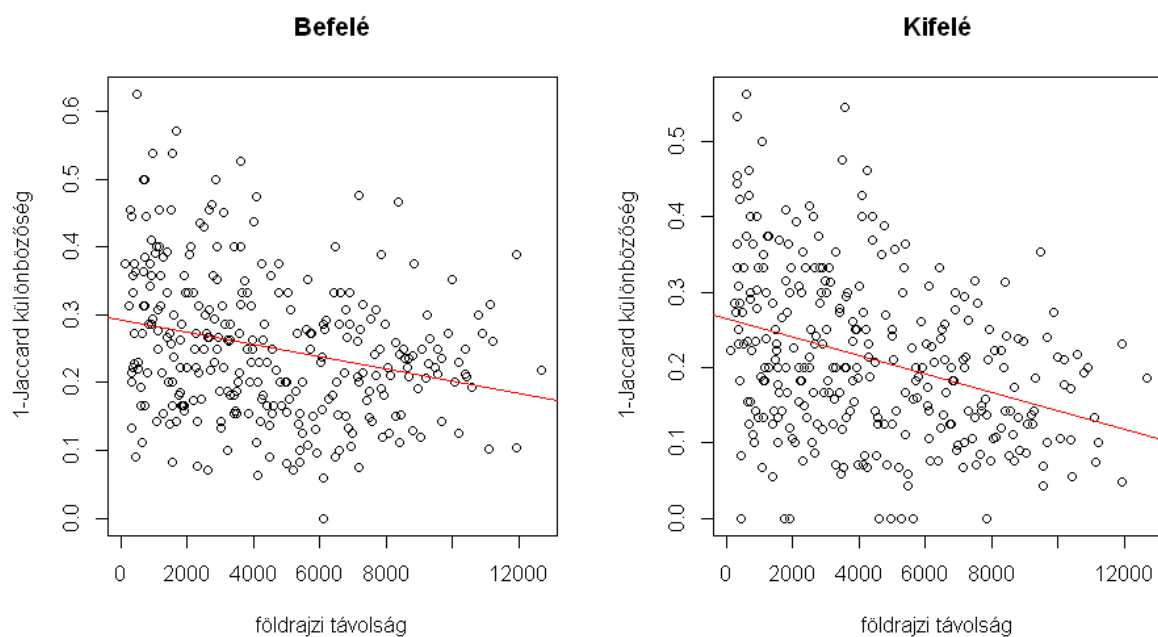
16. ábra. A cönológiai felvételek fajgazdagságának változása a kiindulási ponttól való távolság függvényében, az 6-os út Árkádtól Ny-ra eső szakasza mentén.
 $V = 28.5$, $p\text{-value} = 0.4308$



17. ábra. A cönológiai felvételek fajgazdagságának változása a kiindulási ponttól való távolság függvényében, az Árkádtól Pogányig tartó útszakasz mentén.
 $V = 44.5$, $p\text{-value} = 0.6904$

A fajgazdagság elemzésével a taxonómiai homogenizáció még nem vizsgálható (vö. OLDEN & ROONEY 2006), ehhez a β -diverzitás változásának detektálása szükséges. Ezt kiszámítva, mind az öt kiválasztott útvonal mentén a „distance decay”-nek megfelelő eloszlást kaptunk, azaz a β -diverzitás a távolság függvényében csökkenő tendenciát mutatott. A befelé

és kifelé tartó forgalom β -diverzitás csökkenése (a nem túl szoros illeszkedésről árulkodó görbék meredeksége) között azonban nem mutatható ki szignifikáns különbség (18-22. ábrák). Amennyiben von der LIPPE & KOWARIK (2008) hipotézisének megfelelő mechanizmusok működnének, a befelé tartó forgalom mentén a kiindulási állapothoz képest (út átadása) az idő múlásával alig változna a flóra, vagyis ez az oldal képviseli leginkább a város-vidék közti forgalom (taxonómiai homogenizáció) hatásától független fajeloszlást. A kifelé tartó forgalom oldalán azonban, az irányított diszperzió (szünantropizáció) hatására fajkompozíciós hasonlóságbeli növekedést várnánk. A tapasztaltak alapján azonban ez, a felmért pécsi műutak mentén, ebben a léptékben nem érvényesül.

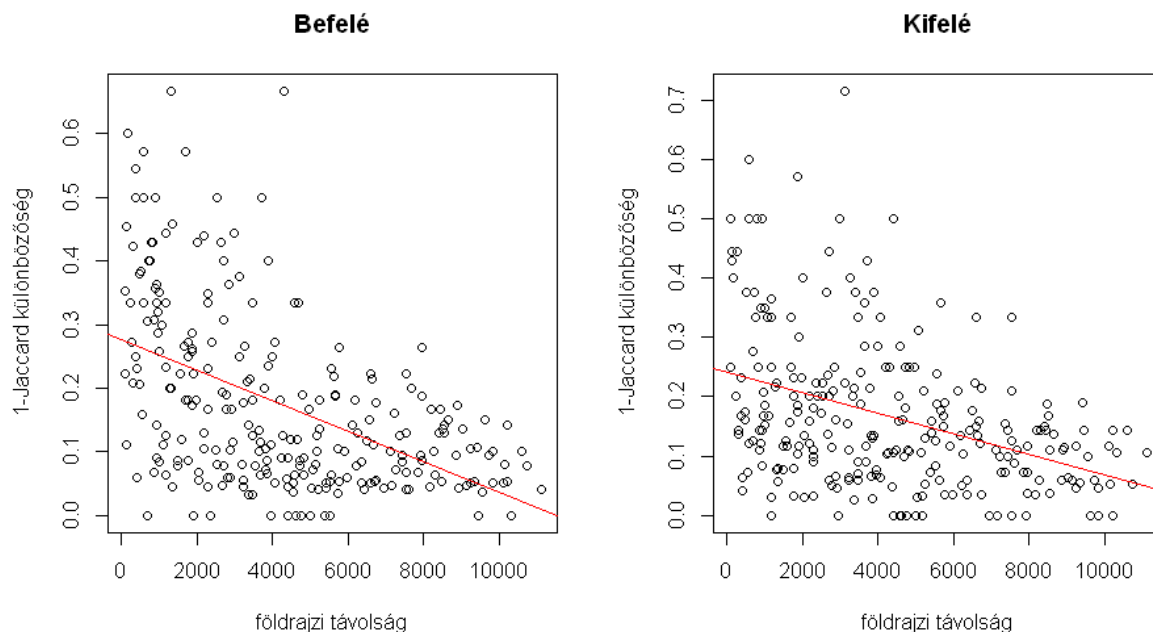


18. ábra. A fajkompozíciós különbség alakulása a távolság függvényében a 6-os út befelé és kifelé tartó forgalmát lebonyolító útfelek Árkádtól K-re eső szegélyei mentén.

Befelé: $y = -9.084e-06x + 2.928e-01$, $R^2 = 0.06897$, $p < 0.001$

Kifelé: $y = -1.214e-05x + 2.643e-01$, $R^2 = 0.1144$, $p < 0.001$

Meredekségek összehasonlítása: $t = -1.112$, $df = 23$, n.s ($p = 0.278$)

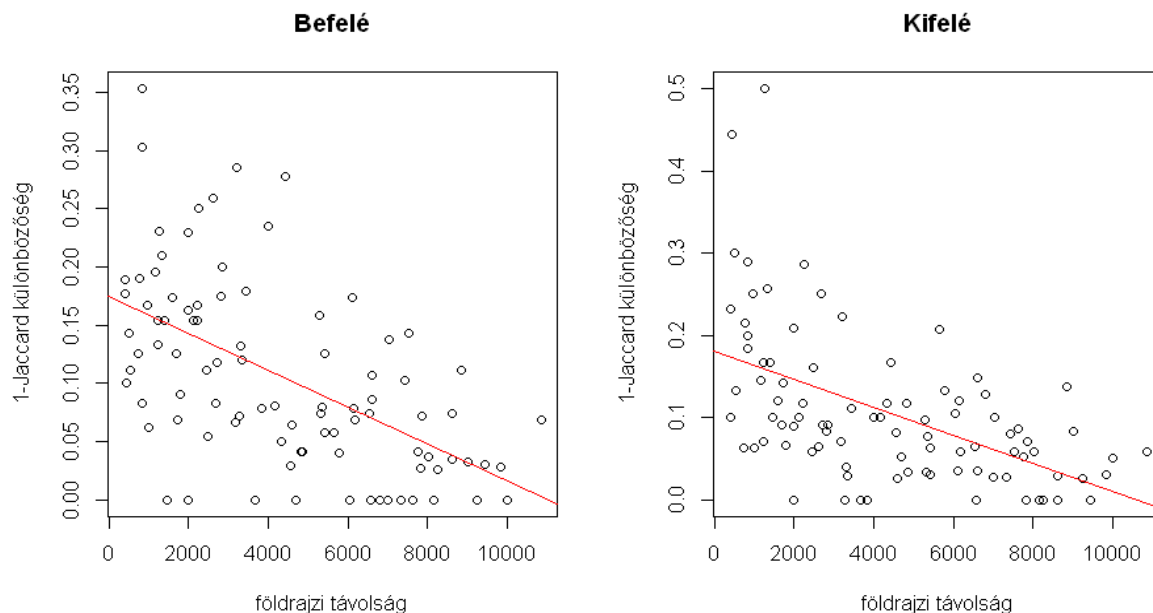


19. ábra. A fajkompozíciós különbség alakulása a távolság függvényében a Zsolnay úti buszpályaudvartól Komlóig vezető út befelé és kifelé tartó forgalmát lebonyolító útfeleinek szegélyei mentén.

Befelé: $y = -2.395e-05x + 2.758e-01$, $R^2 = 0.2416$, $p < 0.001$

Kifelé: $y = -1.733e-05x + 2.411e-01$, $R^2 = 0.1517$, $p < 0.001$

Meredekségek összehasonlítása: $t = 1.778$, $df = 21$, ns. ($p = 0.090$)

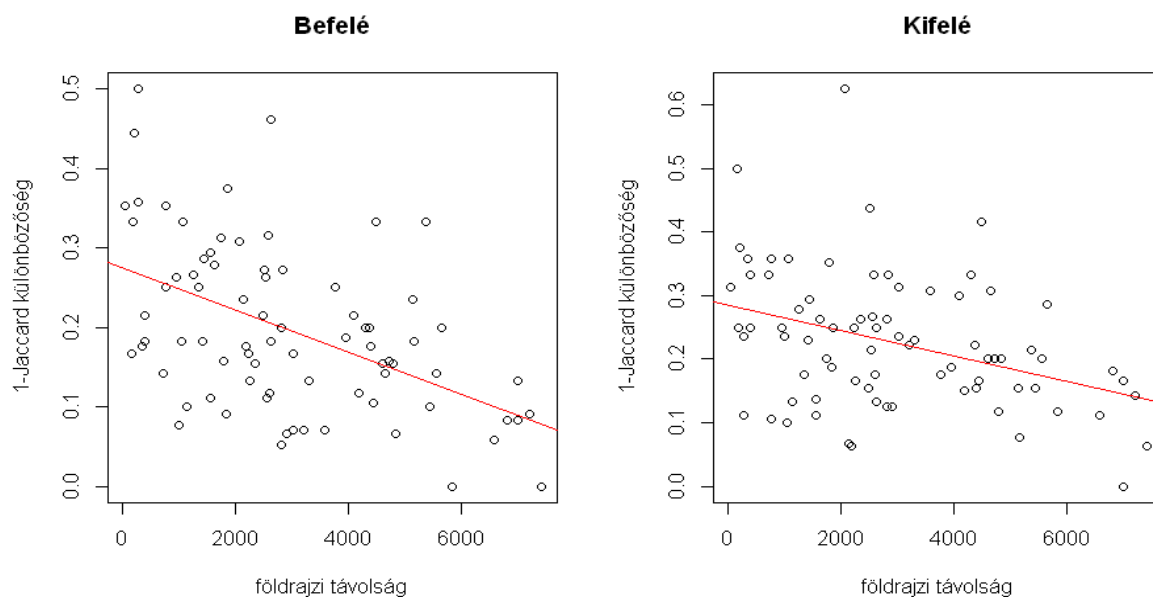


20. ábra. A fajkompozíciós különbség alakulása a távolság függvényében az Úránvárosi buszpályaudvartól Orfűig vezető út befelé és kifelé tartó forgalmát lebonyolító útfeleinek szegélyei mentén.

Befelé: $y = -1.582e-05x + 1.741e-01$, $R^2 = 0.3126$, $p < 0.001$

Kifelé: $y = -1.704e-05x + 1.800e-01$, $R^2 = 0.2791$, $p < 0.001$

Meredekségek összehasonlítása: $t = -0.321$, $df = 10$, n.s. ($p = 0.755$)

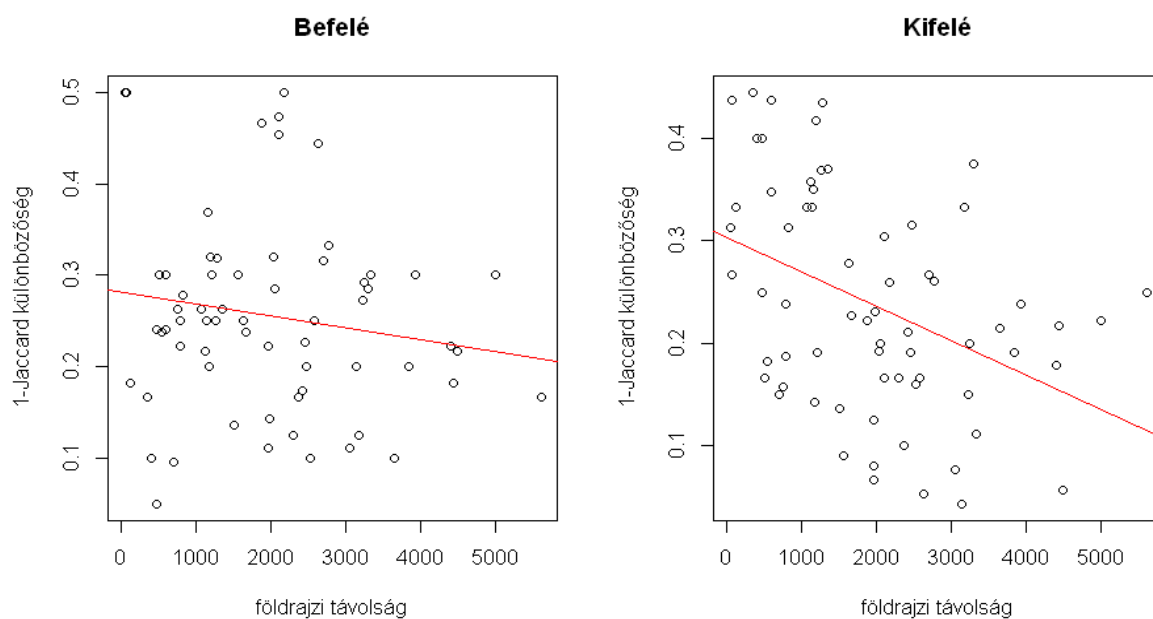


21. ábra. A fajkompozíciós különbség alakulása a távolság függvényében a 6-os út befelé és kifelé tartó forgalmát lebonyolító útfelek Árkádtól Ny-ra eső szegélyei mentén.

Befelé: $y = -2.651e-05x + 2.752e-01$, $R^2 = 0.2441$, $p < 0.001$

Kifelé: $y = -1.993e-05x + 2.849e-01$, $R^2 = 0.1358$, $p < 0.001$

Meredekségek összehasonlítása: $t = 0.837$, $df = 11$, n.s. ($p = 0.420$)



22. ábra. A fajkompozíciós különbség alakulása a távolság függvényében az Árkádtól a Pogányig vezető (II. János Pál út), befelé és kifelé tartó forgalmát lebonyolító útfelek szegélyei mentén.

Befelé: $y = -1.323e-05x + 2.822e-01$, $R^2 = 0.02532$, n.s. ($p = 0.2019$)

Kifelé: $y = -3.361e-05x + 3.032e-01$, $R^2 = 0.1676$, $p < 0.001$

Meredekségek összehasonlítása: $t = -1.467$, $df = 10$, n.s. ($p = 0.173$)

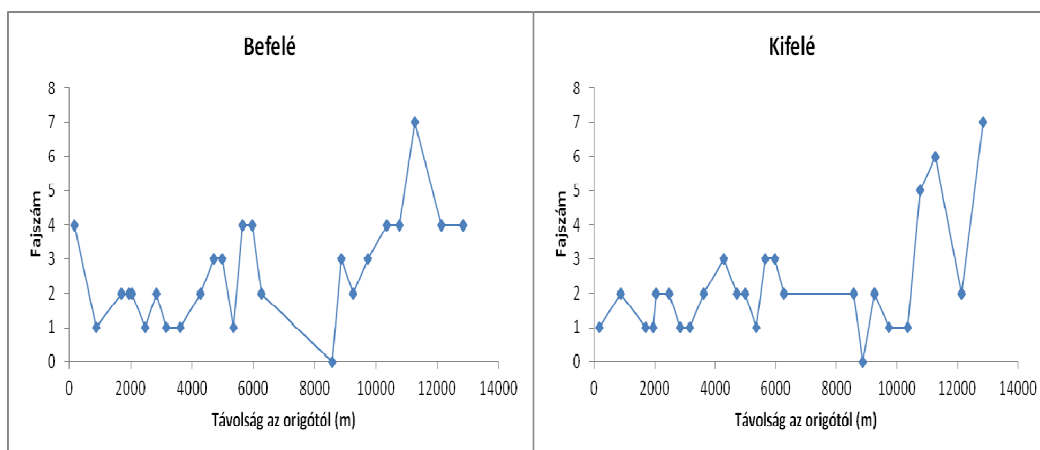
Mindezek után felmerülhet a kérdés, hogy a von der LIPPE & KOWARIK (2008) tanulmányban felvázolt hipotézisnek milyen gyakorlati akadályai lehetnek. A hipotézis alapfeltétele, hogy a gépjárművek jelentősen hozzájárulnak a városban nagyobb számban megtalálható fajok exportjához. A kísérleti körülmények alapján feltételezhető az is, hogy a fajok többsége a gépjárműre tapadva terjed, illetve a mechanizmus az epizoochor fajokon keresztül működik a leghatékonyabban. A terjesztési mód kategóriák eloszlásait megvizsgálva azonban kiderül, hogy Pécs teljes flórájában, de a műutak flórájában is az epizoochor (incl. anthropochor) fajok meglehetősen alárendelt szerepet játszanak (5. táblázat).

5. táblázat. A terjesztési mód kategóriák %-os megoszlása. Rövidítések: m - myrmechochor, h - hydrochor, epz - epizoochor, enz - endozoochor, aut - autochor, a - anemochor

	PÉCS TELJES	UTAK CÖNOLÓGIAI FELVÉTELEK	UTAK ÖSSZES
m	3,8	3,4	3,9
h	4	1,5	4
epz	11,6	16,4	11,15
enz	31,8	38,17	32,15
aut	9	7,6	7,75
a	39,4	32,44	39,58

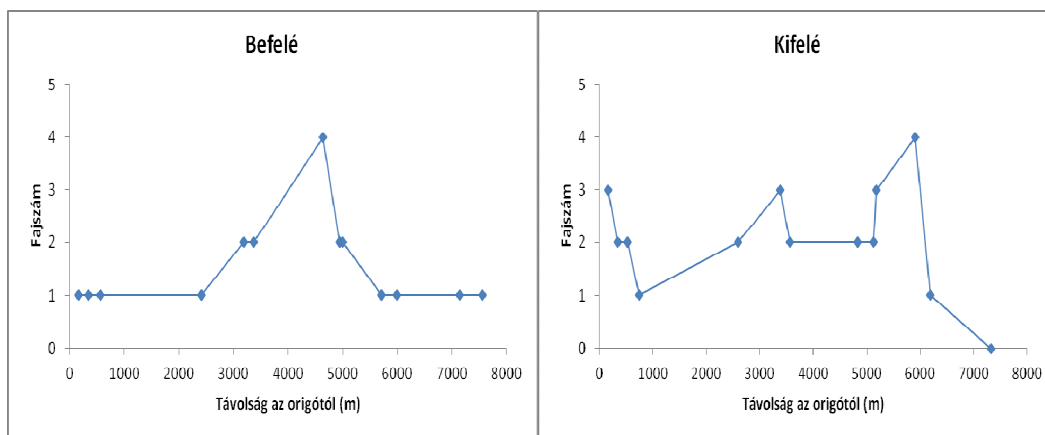
A finomabb léptékben felmért öt útvonal mentén az epizoochor fajok ugyan a várostól távolodva általában nagyobb mennyiségben jelennek meg, e fajok számának eloszlása között, a be- és kifelé tartó forgalom tekintetében azonban nincs szignifikáns különbség (23-27. ábra). Felmerül a kérdés, hogy a fajok általánosan érvényes terjedési mód kategóriái mennyiben alkalmasak az utak, mint speciális élőhelyek menti, tényleges terjedési mód kifejezésére. Könnyen elképzelhető ui., hogy egy sáros, vagy nedves gumiabroncson, sártapaszos alvázon, az ablakok szigetelésénél, az ablaktörlőknél, a motorház körüli résekben a hydrochor, anemochor, autochor és endozoochor fajok hosszabb-rövidebb távon ugyanúgy terjedhetnek, mint az epizoochor fajok. Ez a gyakorlati tapasztalat azt is felveti, hogy a terjedési mód adatbázisunk létrehozásakor nem volt jó döntés a fajok egyetlen kategória szerinti besorolása. E tekintetben az eredeti forrásmunka (SOÓ 1964-73) és a CSONTOS és mtsai (2002) által szerkesztett adatbázis korrektebbnek mondható (bár a fajok jelentős részénél tapasztalható több kategóriához sorolás sem feltétlenül tükrözné a műutak menti terjedés valódi, jellemző módját). Mindenesetre érdekes, hogy a pécsi öt útvonal mentén két fajcsoport, a myrmechochor és hydrochor taxonok, alacsony részesedéssel ugyan, de csak a várostól távolabbi szakaszon jelennek meg, leginkább a kifelé tartó forgalom oldalán. Ennek oka részben az, hogy az elsődlegesen myrmechochor fajok (pl. *Asarum europaeum*) leginkább

erdei környezetben jellemzők, s éppen ezért az Orfű és Komló erdős területei felé futó utak mentén fordulnak elő. A hydrochor fajok megjelenése kizárólag az erdős, magasabb fekvésű területekre jellemző. Itt az egyébként sekély talajú, könnyen kiszáradó padkákat a fák a nap egy jelentős részében leárnyékolják, így a pocsolyákat is kedvelő, nedvességigényes hydrochor fajok (pl. *Carex remota*) egy része képes megtelepedni. A két kategória előfordulásának ritkasága miatt a statisztikai számítások elvégzése nem indokolt.



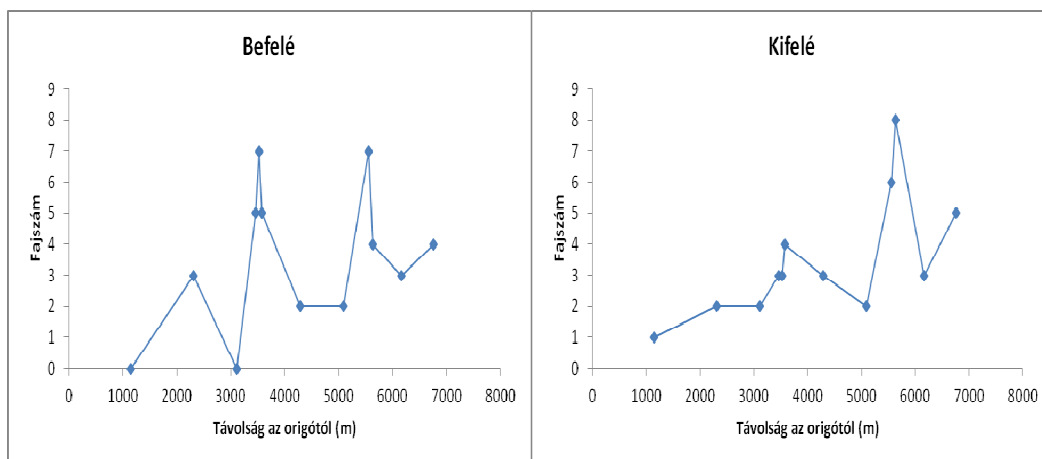
23. ábra. Az epizoochor fajok száma a távolság függvényében a 6-os út befelé és kifelé tartó forgalmát lebonyolító útfelek Árkádtól K-re eső szegélyei mentén.

$V = 141.5$, $p = 0.1644$

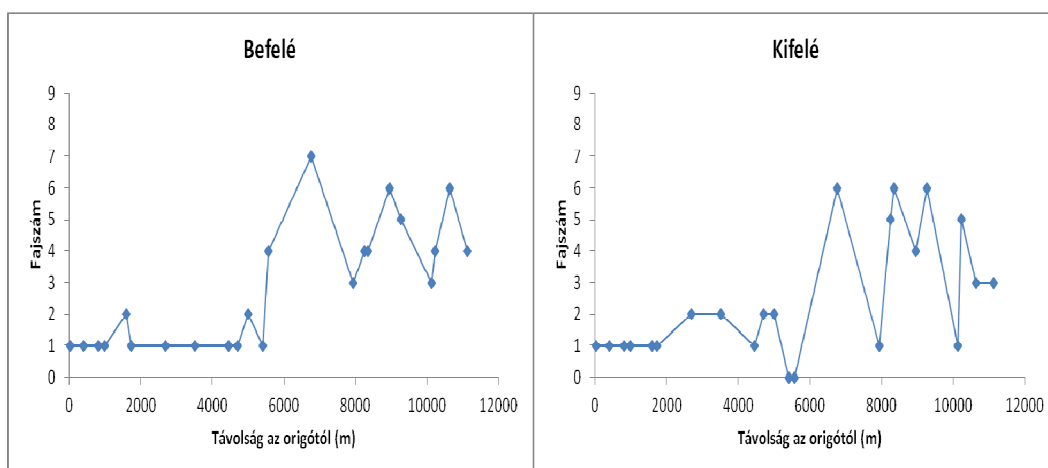


24. ábra. Az epizoochor fajok száma a távolság függvényében a 6-os út befelé és kifelé tartó forgalmát lebonyolító útfelek Árkádtól Ny-ra eső szegélyei mentén.

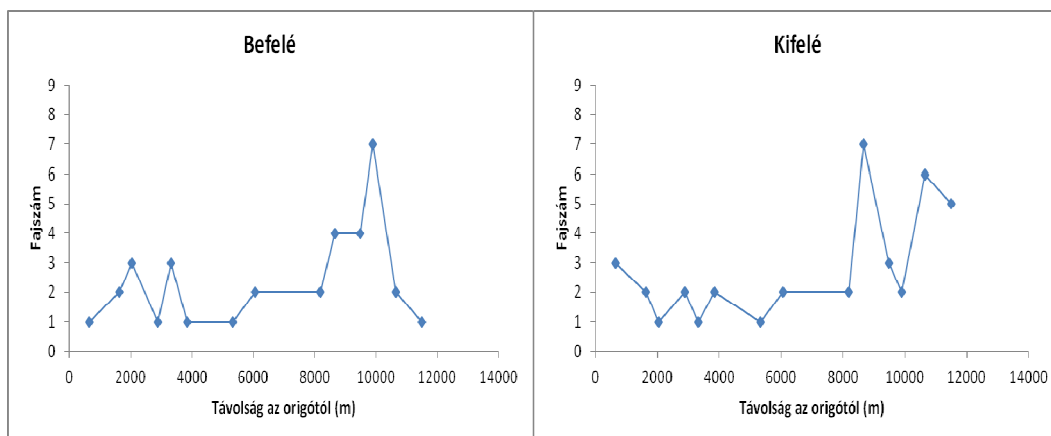
$V = 8.5$, $p = 0.1997$



25. ábra. Az epizoochor fajok száma a távolság függvényében az Árkádtól a Pogányig vezető (II. János Pál út), befelé és kifelé tartó forgalmát lebonyolító útfelek szegélyei mentén.
 $V = 27.5$, $p = 1$



26. ábra. Az epizoochor fajok száma a távolság függvényében a Zsolnay úti buszpályaudvartól Komlóig vezető út befelé és kifelé tartó forgalmát lebonyolító útfeleinek szegélyei mentén.
 $V = 90.5$, $p = 0.241$



27. ábra. Az epizoochor fajok száma a távolság függvényében az Uránvárosi buszpályaudvartól Orfűig vezető út befelé és kifelé tartó forgalmát lebonyolító útfeleinek szegélyei mentén.

$V = 22$, $p = 0.6082$

Konkrét fajok szintjén vizsgálva a taxonómiai homogenizáció problémáját kiderül, hogy az öt útvonal mentén konstans és szubkonstans fajok száma igen alacsony (**6. táblázat**). A fajok többsége szubakcesszórius, vagy akcicens elem. A leggyakoribb taxonok, egy kompetitor fajtól eltekintve, a ruderalis növények képviselői. Ez az eredmény eltér a Kiss és mtsai (2012) által autópályák mentén kimutatott országos léptékű trendektől, ahol a szegélyekben a telepített gyepek „jellemzően generalista fajai” uralkodtak, s a szegélyek gyepeinek fajösszetétele „egysíkú” volt. Itt is fontos azonban hozzáfűznünk, hogy felméréseink során mi a szegélyeknek csupán egy méteres, igen keskeny, az úthoz legközelebbi sávját mintáztuk meg, míg az autópályák szegélygyepjeinek a szélessége akár 10 méternél is nagyobb lehet. Az általunk felmért sáv fajösszetétele a korábbi tapasztalatok alapján (vö. WATKINS et al. 2003, GODEFROID & KOEDAM 2004) jelentős mértékben eltérhet a pár méterrel beljebb található területek flórájától.

6. táblázat. Az öt útvonal cönológiai felvételeiben leggyakoribb fajok konstancia értékei és Borhidi- féle szociális magatartás típusai (SzMT). Rövidítések: 1. 6-os út Árkádtól K-re; 2. Zsolnay úti buszfordulótól Komlóig; 3. Uránvárosi buszpályaudvartól Orfűig; 4. 6-os út az Árkádtól Ny-ra; 5. Árkádtól Pogányig tartó útszakasz.

	1.	2.	3.	4.	5.	SzMT
<i>Atriplex tatarica</i>	IV	-	-	-	-	DT
<i>Cichorium intybus</i>	IV	-	-	-	-	W
<i>Convolvulus arvensis</i>	-	-	-	-	V	RC
<i>Cynodon dactylon</i>	-	-	-	IV		RC
<i>Festuca rupicola s.l.</i>	-	-	-	-	IV	C
<i>Lolium perenne</i>	IV	-	-	V	V	DT
<i>Polygonum aviculare</i>	V	IV	IV	V	V	RC
<i>Taraxacum officinale</i>	-	-	IV	-	-	RC

Meglepőnek tűnik, hogy a **6. táblázat** fajai között egyetlen idegenhonos és/vagy özönnövényt sem találunk. Korábbi tanulmányok azonban felhívják a figyelmet arra, hogy a homogenizációban nem feltétlenül az adventív fajok játsszák a főszerepet (vö. VON DER LIPPE & KOWARIK 2008, ARÉVALO et al. 2010).

6. Összefoglalás

A pécsi vasúti és műúti szakaszok florisztikai felmérése kapcsán, a vonalas létesítmények szűk, intenzíven kezelt sávjának fajgazdagságára és taxonómiai homogenizációjára vonatkozóan a következő megállapításokat tehetjük.

- I. 1. A vasutak és műutak flórája durvább és finomabb léptékben is, mind hazai, mind nemzetközi vonatkozásban meglehetősen gazdagnak mondható. Ez a megállapítás összhangban van az irodalomban korábban megjelent eredményekkel.
- II. 1. A korábbi tapasztalatokkal összhangban a vasutakra elsősorban a laza talajú, száraz, napfényes (pl. homoki) élőhelyek fajai, míg a műutak szegélyeinek keskeny sávjára a taposott, szikes talajok fajai jellemzőek. Pécs esetében mindkét fajcsoport meglehetősen ritkának számít, s bár itt is csak szórványosak, kifejezetten e vonalas létesítményekhez kötődnek.
- II. 2. A vasutak mentén a vörös listás fajok száma alacsony, a védett fajok hiányoznak, míg a műutak mentén mindkét fajcsoport képviselői meglehetősen nagy számban képviseltek. Mindezek ellenére a legtöbb védett faj számára a műutak nem tekinthetők zöld folyosónak.
- III. 1. Mind a vasutak, mind a műutak, durvább és finomabb léptékben is jelentős flóraszűrő jelleggel bírnak.
- III. 2. Durvább léptékben a vasutak nem, a műutak a vártnál nagyobb mértékben járulnak hozzá a taxonómiai homogenizációhoz.
- III. 3. A műút menti finomabb léptékű felmérések alapján a leggyakoribb fajok általában őshonos, ruderalis növények.
- III. 4. A műutak mentén a városból kifelé tartó forgalom esetében, finomabb léptékben nem bizonyítható a befelé tartó forgalomhoz képest sem az epizoochorok nagyobb gyakorisága (legalábbis az általunk létrehozott terjedési mód adatbázis alkalmazása mellett), sem a nagyobb fajgazdagság, sem az erőteljesebb taxonómiai homogenizáció. Kimondható, hogy a VON DER LIPPE & KOWARIK (2008) féle hipotézis Pécs esetében, az általunk választott léptékben, az elvégzett felmérések és elemzések alapján nem igazolható.

7. Köszönetnyilvánítás

Hálás köszönettel tartozom mindkét témavezetőm, Csiky János és Lengyel Attila odaadó, fáradságot nem ismerő munkájáért, mely nélkül e dolgozat nem jöhetett volna létre. Szeretném megköszönni Csathó András Istvánnak az irodalmazásban nyújtott önzetlen segítségét. Továbbá Wirth Tamásnak az adatgyűjtésben és kiértékelésben, míg Sebe Krisztinának az ArcView programmal végzett munkáját, végül pedig a PTE TTK HÖK-nek az anyagi támogatást.

8. Irodalomjegyzék

- ANONYMUS (2005): Roadside vegetation and conservation values: Shire of Nannup. Roadside Conservation Committee, 27 p. + Appendix 1-7.
- ARAÚJO, M.B. (2003): The coincidence of people and biodiversity in Europe. *Global Ecology & Biogeography* 12: 5-12.
- ARÉVALO J. R., OTTO R., ESCUDERO C., FERNÁNDEZ-LUGO S., ARTEAGA M., DELGADO J. D. & FERNÁNDEZ-PALACIOS J. M. (2010): Do anthropogenic corridors homogenize plant communities at a local scale? A case studied in Tenerife (Canary Islands). *Plant Ecology* 209: 23-35.
- BARINA Z. (2006): A Gerecse hegység flórája. Rosalia, A DINPI tanulmánykötetei I., Budapest.
- BORHIDI A. (1993): A magyar flóra szociális magatartástípusai, természetességi és relatív ökológiai értékszámai. A Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium Természetvédelmi Hivatala és a JPTE Kiadványa, Pécs.
- BORHIDI A. (2003): Magyarország növénytársulásai. Akadémiai Kiadó, Budapest
- BRANDES D. (2005): Some contributions to the spontaneous flora of roadsides on La Palma, Canary Islands. http://www.ruderal-vegetation.de/epub/la_palma.pdf
- CASTRO, S.L. & JAKSIC, F.M. (2008): How general are global trends in biotic homogenization? Floristic tracking in Chile, South America. *Global Ecology and Biogeography* 17: 524-531.
- CSATHÓ A. I. (2005): A mezsgyék természetvédelmi jelentősége a Kárpát-medence löszvidékein, a Csanádi-hát példáján keresztül. Kárpát-medencei Biológiai Szimpózium, 4. sz. pp.: 251-254.
- CSATHÓ A. I. (2009): A mezsgyék természetvédelmi jelentősége és védelmük időszerűsége. *Természetvédelmi Közlemények*, 15. pp.: 171-181.
- CSATHÓ A.I. (2011a): 200 km vasútmezsgye botanikai térképezése a Békés-Csanádi-háton – Előzetes eredmények. In: VII. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia Program és absztrakt-kötet. Magyar Biológiai Társaság, Budapest. p.: 70.
- CSATHÓ A.I. (2011b): Roadsides, railway verges and borderlines in the Great Hungarian Plain – and their conservation (SE Hungary). In: 8th European Dry Grassland Meeting. Dry Grassland of Europe: biodiversity, classification, conservation and management. 13-17 June 2011, Uman', Ukraine. Abstracts & Excursion Guides. Publisher-polygraphic Center „Vizavi”, Uman'. p. 12.
- CSATHÓ A.I. (2011c): Az elsődleges és másodlagos mezsgyék növényzetének összehasonlító vizsgálata a battonyai Gránic és Csárda-dűlő példáján. *Tájökológiai Lapok* 9 (2): 345–356.
- CSIKY J. (2004): A Karancs, a Medves-vidék és Cerová vrchovina (Nógrád-Gömöri bazaltvidék) flóra- és vegetációtérképezése. Saját kiadás, Pécs.
- CSIKY J., WIRTH T., LENGYEL A., SEBE K., KOVÁCS D. (2011): „Rich get richer” or „poor get richer”: diversity pattern of the urban flora in Pécs (Hungary). In: 11th International Conference on the Ecology and Management of Alien Plant Invasions 2011. Szombathely, Hungary, August 30th September 3rd 2011. Program abstracts list of participants, p.: 153.
- CSONTOS P., TAMÁS J. & TOBISCH T. (2002): A magyar flóra magterjesztési mód adatbázisának bemutatása elemzési példákkal: a szociális magatartástípusok értékelése. In:

- Salamon-Albert É. (szerk.): Magyar botanikai kutatások az ezredfordulón. Tanulmányok Borhidi Attila 70. születésnapja tiszteletére. Pécsi Tudományegyetem Növényteni Tanszék, Pécs, pp.: 557-569.
- DANCZA I., PÁL R., CSIKY J. (2002): Zönologische Untersuchungen über die auf Bahngeländen vorkommenden *Tribulus terrestris*- Unkrautgesellschaften in Ungarn. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft, XVIII. pp.: 159-166.
- EDDY, T.A. (1990): The role of prairie road borders as refugia for herbaceous plants in the Central Flint Hills grazing region of Kansas. Proceedings of the twelfth North American Prairie Conference 1990, pp.: 161-163.
- FILIBECK G., CORNELINI P. & PETRELLA P. (2011): Floristic analysis of a high-speed railway embankment in a Mediterranean landscape. Acta Bot. Croat. 70 (2), 1–20.
- FÓRIÁN S. (2007): Urbanizációs folyamat és annak néhány hatása a környezetre. Debreceni Műszaki Közlemények **(1)**: 5-15.
- G. DETKY R. (2010): Pécs tájarculatának változásai a kezdetektől napjainkig. Dunántúli Dolgozatok (A) Természettudományi Sorozat **12**: 61-78.
- GOMBOCZ E. (1936): A magyar botanika története. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest
- GYENIZSE P. (2010): Geoinformatikai vizsgálatok Pécsett. Pécs településfejlődésére ható természeti és társadalmi hatások vizsgálata geoinformatikai módszerekkel (esettanulmány). Geographica Pannonica Nova 7. Pécsi Tudományegyetem Földrajzi Intézet, ID Research Kft./ Publikon Kiadó, Pécs
- HENNEKENS, S. M. & SCHAMINÉE, J. H. J. (2001): TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. Journal of Vegetation Science, 12, 589-591.
- HORVÁT A. O. (1942): A Mecsekhegység és déli síkjának növényzete. – Ciszterci Rend, Pécs, 103 + 159 pp.
- KEVEY B. & HORVÁT A.O. (2000): Pótlások és kiegészítések "A Mecsek-hegység és déli síkjának növényzete" ismeretéhez (1972-2000). Folia Comloensis 9: 5-70.
- KEVEY B. & CSIKY J. (2012): A Nyugat- Mecsek növényvilága. In: BARTA K. & TARNAI T. (szerk.) (2012): A Nyugat- Mecsek karsztja. SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoporthoz, Szeged.
- KIRÁLY G. (1996): A Kőszegi-hegység edényes flórája. Tilia **3**: 3-414.
- KIRÁLY G. (2003): A magyarországi flóratérképezés módszertani alapjai. Útmutató és magyarázat a hálótérképezési adatlapok használatához. Flora Pannonica **1(1)**: 3-20.
- KIRÁLY G. (szerk.) (2007): Vörös Lista. A magyarországi edényes flóra veszélyeztetett fajai. [Red list of the vascular flora of Hungary]. Saját kiadás, Sopron, 73 pp.
- KIRÁLY G. (szerk.) (2009): Új magyar füvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok. ANP Igazgatóság, Jósvafő.
- KIRÁLY G., MOLNÁR ZS., BÖLÖNI J., CSIKY J. & VOJTKÓ A. (szerk.) (2008): Magyarország földrajzi kistájainak növényzete. MTA ÖBKI, Vácrátót.
- KISS B., KOZÁR F., ILLYÉS E. SZITA É. (2012): Öko-faunisztikai vizsgálatok hazai autópályaszegélyeken. Magyar Ökológus Kongresszus, Keszthely, 2012. szeptember 5-7. Programfüzet, Előadások és poszterek összefoglalói, pp.: 59.
- KOVÁCS D., CSER A., WIRTH T. & CSIKY J. (2012): Aszfaltutak mentén előforduló orchideák Pécsett és környékén. Kitaibelia 17(2): (in press).

- KÜHN, I., BRANDL, R. & KLOTZ, S. (2004): The flora of German cities is naturally species rich. *Evolutionary Ecology Research* 6: 749-764.
- KÜHN, I. & KLOTZ, S. (2006): Urbanization and homogenization – Comparing the floras of urban and rural areas in Germany. *Biological Conservation* 127: 292-300.
- LÁJER K., BOTTA-DUKÁT Z., CSIKY J., HORVÁTH F., SZMORAD F., BAGI I., DOBOLYI K., HAHN I., KOVÁCS J. A. & RÉDEI T. (2007): Hungarian phytocoenological database (CoenoDatRef): Sampling methodology, nomenclature and actual stage. *Annali di Botanica* 7: 197–210.
- LEPRIEUR, F., BEAUCHARD, O. HUGUENY, B. GRENOUILLET, G., BROSSE, S. (2008): Null model of biotic homogenization: a test with the european freshwater fish fauna. *Diversity and Distributions* 14: 291-300.
- LOSOSOVÁ, Z., CHYTRÝ, M., TICHÝ, L., DANIHELKA, J., FAJMON, K., HÁJEK, O., KINTROVÁ, K., KÜHN, I., LÁNÍKOVÁ, D., OTÝPKOVÁ, Z. & ŘEHOŘEK, V. (2011): Native and alien floras in urban habitats: a comparison across 32 large cities of Central Europe. *Global Ecology and Biogeography* 21: pp.: 545-555.
- MAGURA, T., LÖVEI L.G. & TÓTHMÉRÉSZ, B. (2010): Does urbanization decrease diversity in ground beetle (Carabidae) assemblages?. *Global Ecology and Biogeography* 19: 16-26.
- MAGYAR KÖZLÖNY (2012): 100/2012. (IX. 28.) VM rendelet, A védett és fokozottan védett növény- és állatfajokról, a fokozottan védett barlangok köréről, valamint az Európai Közösségben természetvédelmi szempontból jelentős növény- és állatfajok közzétételéről szóló 13/2001. (V.9.) KöM rendelet és a növényvédelmi tevékenységről szóló 43/2010. (IV.23.) FVM rendelet módosításáról. Magyar Közlöny, Magyarország Hivatalos Lapja 2012. szeptember 28., péntek, 128: 20903-21019.
- MIHÁLY B. & BOTTA-Dukát Z. (szerk.) (2004): *Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnövények. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest.*
- NAGY J. (2007): *A Börzsöny hegység edényes flórája. Rosalia 2. A DINPI, Budapest.*
- NEKOLA, J.C. & WHITE, P.S. (1999): The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *Journal of Biogeography* 26: 867-878.
- NOWIŃSKA, R. & CZARNA, A. (2008): Impact of railway facility operation on floral growth in a Powodowo, the region of Wielkopolska. *Polish Journal of Environmental Studies* 17(4): 613-621.
- ODÉ B., van der MEIJDEN R., GROEN C.L.G. & TAMIS W.L.M. (2003): *Invasieve neofyten in Nederland - een eerste verkenning van hun schadelijkheid. Rapport 2003.38. Stichting. FLORON, Leiden*
- OKSANEN, J., BLANCHET, F. G., KINDT, R., LEGENDRE, P., O'HARA, R. B., SIMPSON, G. L., SOLYMOS, P., STEVENS, M. H. H. & WAGNER, H. (2010): *Vegan: community Ecology Package. R package version 1.17-2. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>*
- OLDEN, J.D. & ROONEY, T.P. (2006): On defining and quantifying biotic homogenization. *Global Ecology and Biogeography* 15: 113-120.
- PALOMINO, D. & CARRASCAL, L.M. (2007): Threshold distances to nearby cities and roads influence the bird community of a mosaic landscape. *Biological Conservation* 140: 100-109.
- PÁSZTOR E. & OBORNY B. (szerk.) (2007): *Ökológia. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest*
- PERRING, F.H. (1969): The botanical importance of roadside verges. In: Way, J.M. (ed.): *Road verges – their function and management. Abbots Ripton, The Nature conservancy, pp.: 4-7.*

- QUARLES, W. (2003): Native plants and integrated roadside vegetation management. *IPM Practitioner* 25(3-4): 1-9.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2010): R: A language and environment for statistical computing. - R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- RICOTTA, C., GODEFROID, S. & ROCCHINI, D. (2010): Patterns of native and exotic species richness in the urban flora of Brussels: rejecting the 'rich get richer' model. *Biol Invasions* 12: 233-240.
- ROBSON, S. & KINGERY, J. (2006): Idaho native plants for roadside restoration and revegetation programs. *Rangeland Ecology and Management*, University of Idaho, Idaho Transportation Department, NIATT, 83 p.
- SCHWARTZ, M.W., THORNE J.H. & VIERS, J.H. (2006): Biotic homogenization of the California flora in urban and urbanizing regions. *Biological Conservation*, 127, pp.: 282-291.
- SIMOR F. (1938): Pécs éghajlata. *Geographia Pannonica* XXXI. 2. kötet, Kultúra Könyvnyomdai Műintézet Mayer A. Géza és Társai, Pécs, pp.: 137-142.
- SOÓ R. (1964-73): A magyar flóra és vegetáció rendszertani és növényföldrajzi kézikönyve I—V. Budapest.
- SÝKORA, K.V., KALWIJ J.M. & KEIZER P. (2002): Phytosociological and floristic evaluation of a 15-year ecological management of roadside verges in the Netherlands. *Preslia* 74: 421-436.
- TIKKA, P.M., KOSKI, P.S., KIVELÄ, R.A. & KUITUNEN, M.T. (2000): Can grassland plant communities be preserved on road and railway verges? *Applied Vegetation Sciences* 3: 25-32.
- TIKKA, P.M., HÖGMANDER, H. & KOSKI, P.S. (2001): Road and railway verges serve as dispersal corridors for grassland plants. *Landscape Ecology* 16: 659-666.
- TRET'YAKOVA, A.S. (2010): The role of railroads in the formation of synanthropic flora in the Middle Urals. *Russian Journal of Ecology* 41(2): 102-107.
- VOJTKÓ A. (2001): A Bükk hegység flórája. Sorbus 2001 Kiadó, Eger.
- VON DER LIPPE M & KOWARIK I. (2008) Do cities export biodiversity? Traffic as dispersal vector across urban–rural gradients. *Divers Distrib* 14:18–25.
- WANIA, A., KÜHN, I. & KLOTZ, S. (2006): Plant richness patterns in agricultural and urban landscapes in Central Germany – spatial gradients of species richness. *Landscape and Urban Planning* 75: 97-110.
- WARHOLIŃSKA, A.U. & SUWARA-SZMIGIELSKA, S. (2009): The vascular flora of the railway grounds of the Pabianice town. *Acta Universitatis Lodzianensis. Folia Biologica et Oecologica* 5: 21-41.
- WATKINS, R. Z., J. CHEN, J. PICKENS, & K. D. BROSOFSKE (2003): Effects of forest roads on understory plants in a managed hardwood landscape. *Conservation Biology* 17: 411–419.
- WIŁKOMIRSKI, B., GALERA H., SUDNIK-WÓJCIKOWSKA, B., STASZEWSKI, T. & MALAWSKA, M. (2012): Railway tracks – Habitat conditions, Contamination, Floristic settlement – A review. *Environment and Natural Resources Research* 2(1): 86-95.
- WIRTH T. (2012): Fajgazdagság térbeli és időbeli mintázata Pécs flóráján. Diplomamunka, PTE TTK Biológiai Intézet, Pécs

ZIELIŃSKA K. (2007): The influence of roads on the species diversity of forest vascular flora in Central Poland. Biodiv. Res. Conserv. 5-8, pp.: 71-80.

Világháló oldalak:

1: BME Út és Vasútépítési Tanszék Útpályaszerkezetek tantárgy:

http://www.uvt.bme.hu/targyak/kl_palya/ambrus/AK_klpsz_1.pdf

2: <http://daysontheclaise.blogspot.hu/2012/08/protecting-our-roadside-flora.html>

3: <http://www.durhambiodiversity.org.uk/wp-content/uploads/2012/07/WeardaleFlora.pdf>

4: http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/varosok_jellemzoi/Pecs/

9. Nyilatkozat

Nyilatkozat a pályázó egyéni hozzájárulásáról a pályaműben leírt eredményekhez

Alulírott **Kovács Dániel** a dolgozatban leírt munkafolyamatok közül a:

- a terepi felmérések 40%-át,
- az adatbázis feltöltését,
- a táblázatok és ábrák készítését,
- a fajgazdagság vizsgálatokat,
- a ritka, védett és vörös listás fajok elemzését
- a terjesztési mód elemzéseket,

végeztem el.

.....
aláírás

Pécs, 2012. december 27.