

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**AZ ÉLŐHELYI SZINTŰ BIOLÓGIAI SOKFÉLELÉS VÁLTOZÁSAI, BEFOLYÁSOLÓ
TÉNYEZŐI, MONITOROZÁSA ÉS NÖVELÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI**

**HABITAT-SCALE BIODIVERSITY: CHANGES, INFLUENCING FACTORS,
MONITORING AND RESTORATION**

Déri Eszter

Témavezető: Dr. Lengyel Szabolcs



DEBRECENI EGYETEM
Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola

Debrecen, 2010

1. BEVEZETÉS

2010 a Biodiverzitás éve. Az Európai Unió 2001-ben célul tűzte ki, hogy 2010-re meg kell állítani a biodiverzitás csökkenését (Communication from the Commission 264 2001). Ezt a célt számos korábban indult projektbe, természetvédelmi programba is integrálták (pl. Natura 2000 hálózat, az EU Biodiverzitás Akcióterve) és jelentős forrásokat fordítottak a cél elérésére (pl. LIFE-Nature és LIFE+ programok). Ennek ellenére a kitűzött célt nem sikerült elérni 2010-re, a biológiai sokféleség továbbra is csökken, elsősorban azért, mert nem ismerjük teljesen a biodiverzitás csökkenésének pontos okait (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2010). Napjainkban is tovább zajlik az élőhelypusztítás, a fajok irtása, a fragmentáció, a szennyezés stb., veszélyeztetve az élőlények sokféleségét (Meffe & Carroll 1997, Groom et al. 2006). Európában a mezőgazdasági és erdőgazdasági területek terjedése és a művelési módszerek intenzifikálódása az egyik legnagyobb veszély a természetes élőhelyek és ezzel együtt a biológiai sokféleség számára (Bakker & Berendse 1999, Walker et al. 2004).

Dolgozatomban az élőhelyi szintű biológiai sokféleség változásainak, ható tényezőinek vizsgálatával, a sokféleség növelésének és monitorozásának lehetőségeivel foglalkozom. Az élőhelyi szintű sokféleségről – a faji szintű sokféleséggel szemben – nagyon keveset tudunk. Ennek oka, hogy ritkák azok a vizsgálatok, melyek egyes fajok, illetve fajcsoportok kutatásán túl az élőhelyek és a tájak szintjén, egyszerre több nagy növény- és állatcsoport bevonásával zajlanak.

Az I. Vizsgálatban az élőhelyi szintű biodiverzitás monitorozásának jelenlegi európai gyakorlatát tekintettük át annak érdekében, hogy egyrészt tapasztalatokat vonjunk le az Egyek-Pusztakócsi monitorozó-rendszer kiépítésére és fejlesztésére, másrészt pedig, hogy általános javaslatokat fogalmazzunk meg az európai élőhely-monitorozási gyakorlat hatékonyabbá tételére. Ezután a II. Vizsgálatban kisebb léptékre váltva, a biológiai sokféleség és a terület, illetve az élőhelyi diverzitás kapcsolatát vizsgáltuk az Egyek-Pusztakócsi mocsárrendszer területén. A kapott eredményeket felhasználva, a III. Vizsgálatban bemutatom a mocsárrendszer tájleptékű sokféleségének növelését célzó természetvédelmi stratégiai tervezés lépéseit. A stratégiai tervek megvalósítására egy LIFE-Nature pályázatban került sor, melynek legnagyobb területen zajló beavatkozása 760 hektár szántóterület gyepesítése volt. A gyepesítés hatását rendszeres monitorozással követtük nyomon, felhasználva az I. Vizsgálat tapasztalatait. A rekonstrukció rövid távú, az ízeltlábúak sokféleségére gyakorolt hatását a IV. Vizsgálatban mutatom be. A négy vizsgálattal arra szeretném felhívni a figyelmet, hogy a biológiai sokféleség csökkenését akkor tudjuk megállítani, ha az elméleti konzervációbiológiai és a gyakorlati természetvédelmi ismeretek egyenrangúan, szoros összefüggésben,

az elméleti és gyakorlati szakemberek együttműködésében kerülnek alkalmazásra. Illetve ha a rekonstrukciók/rehabilitációk és a természetvédelmi kezelések mellett arra is figyelmet fordítunk, hogy mi áll a biodiverzitás-krisis (Soulé 1985) hátterében, azaz milyen tényezők befolyásolják a biológiai sokféleséget (Forman & Collinge 1996).

2. CÉLKITŰZÉSEK

2.1. I. Vizsgálat: Élőhely-monitorozás Európában

- Az Európában alkalmazott élőhely-monitorozási módszerek áttekintése, a felmerülő hiányosságok meghatározása, majd javaslatétel a monitorozás fejlesztésére. Ehhez a munkához az EuMon projekt (*EU-wide monitoring methods and systems of surveillance for species and habitats of Community interest*, <http://eumon.ckff.si>) keretében az európai élőhely-monitorozási programokról összegyűjtött információkat használtuk fel.

2.2. II. Vizsgálat: Az élőhelyi sokféleség és a fajgazdagság kapcsolata

- Az élőhelyi szintű biológiai sokféleséget befolyásoló tényezők meghatározása az Egyek-Pusztakócsi mocsarak területén végzett alapállapot-felmérés adatai alapján történt. A vizsgálatban a fajszám-terület és a fajszám-élőhely-diverzitás hipotéziseket teszteltük. Az előbbi hipotézis esetén az eddigi vizsgálatoknak megfelelően pozitív kapcsolatot vártunk az élőhelyek területe és fajgazdagsága között. Az utóbbi hipotézis esetén azt a predikciót teszteltük, hogy az élőhely-diverzitás más és más mérői, de egyöntetűen pozitívan hatnak a fajgazdagságra. Predikciónk szerint a foltok fizikai tulajdonságai (pl. foltméret, foltalak, izoláció) fogják meghatározni a növények fajszámát. Az állatcsoportok esetén azt vártuk, hogy az élőhely leginkább a trofikus kapcsolatokon keresztül befolyásolja a fajgazdagságot. A növényen lakó/növényevő csoportoknál azt vártuk, hogy elsősorban az élőhely kompozicionális összetevői (pl. társulás-diverzitás) hatnak majd a fajszámra, míg a talajlakók/ragadozók esetében az élőhelyek strukturális sokféleségének (pl. növényzetmagasság) a hatását vártuk.

2.3. III. Vizsgálat: Természetvédelmi stratégiák alkalmazása

- A II. Vizsgálat eredményeinek felhasználásával, az Egyek-Pusztakócsi mocsarak élőhelyi diverzitását és fajgazdagságát növelő természetvédelmi beavatkozások stratégiai tervezése és megvalósítása.

2.4. IV. Vizsgálat: A biológiai sokféleség változásai gyepesítés hatására

- A IV. Vizsgálat során az élőhely-rehabilitációs program legnagyobb területen zajló beavatkozásának, a szántóterületek gyepesítésének az ízeltlábú együttesekre gyakorolt rövid távú hatását tanulmányoztuk, illetve vizsgáltuk a habitat affinitási indexek alkalmazhatóságát a bekövetkezett változások nyomon követésére. Hipotézisünk szerint a visszagyepesített területek természetessége nőni fog, és ezen növekedés mérhető lesz mind a fajszaám, mind a fajkészlet változásai, mind pedig a habitat affinitási indexek alapján.

3. MÓDSZEREK

3.1. Konzervációökológiai fogalmak

A természetvédelmi beavatkozások nevezéktana szerteágazó, és ez gyakran nehezíti a kommunikációt a gyakorlati és az elméleti szakemberek között. Ezért ebben a fejezetben a leggyakrabban használt konzervációökológiai fogalmakat tekintem át, főként Góri (2001) és Groom et al. (2006) munkái alapján.

Az aktív természetvédelmi kezeléseknél („restoration”) öt alaptípusát különböztetjük meg:

- Konzerváció (fenntartás): Egy természetvédelmi (ökológiai) szempontból értékes, kívánatos állapot rögzítése, fenntartása. A természetes vagy természetközeli hortobágyi gyepnek legeltetéssel, illetve kaszálással történő fenntartása például konzervációs kezelésnek minősül ezen definíció alapján.
- Prezerváció (megőrzés): A természetes szukcessziót fenntartó folyamatok kedvező környezeti feltételeinek megőrzése, védelme. A prezerváció egyik gyakori példája a gyepnek természetes, beavatkozás nélküli, spontán regenerációja a művelés alól kivont szántókon (‘old-field succession’, Cramer et al. 2008).
- Rehabilitáció (helyreállítás): A részlegesen sérült és/vagy degradálódott, de az eredeti természeti rendszer alapelemeit és vázát még őrző élőhelyek helyreállítása. Rehabilitációkor elsősorban a még meglévő természetes folyamatok kis beavatkozással történő helyreállítása a cél, ezután a rendszer általában magától regenerálódik. Az Egyek-Pusztakócsi mocsárrendszer területén a korábbi mozaikos élőhelyszerkezet visszaállítását célzó természetvédelmi kezelés (a

mocsárszegélyek legeltetése illetve égetése) például a mocsári élőhelyek rehabilitációjaként fogható fel.

- **Rekonstrukció (újralétesítés):** Egy adott helyen korábban már létező, a terület eredeti állapotának megfelelő, de időközben teljesen megszűnt természeti rendszer újbóli kialakítása. A rekonstrukció sikeressége elsősorban azon múlik, hogy a megszűnt élőhely abiotikus tényezői változatlanul jelen vannak-e a területen. A dolgozatban szereplő természetvédelmi beavatkozások közül a gyepesítés és az erdősítés tartozik a rekonstrukció fogalmához.
- **Kreáció (létesítés):** Az adott területen korábban nem létező, de a tágabb környezetben feltételezhetően meglévő, a kiterjedt kultúrtájat színesítő, lehetőleg őshonos fajokból álló élőhelytípus kialakítása. Az Egyek-Pusztakócsi területen kreációt nem végeztünk.

3.2. Az Egyek-Pusztakócsi mocsárrendszer

A kutatás helyszíne a Hortobágyi Nemzeti Park nyugati kapujában fekvő, 4073 hektár kiterjedésű Egyek-Pusztakócsi mocsárrendszer volt. A terület Egyek és Tiszafüred-Kócsújfalu települések határában terül el (É 47°32'-36'; K 20°51'-59'). A mocsárrendszer a Nemzeti Park alapítása óta (1973) országos védelem alatt áll. Nemzetközi jelentőségét mutatja, hogy 1999 óta a Világörökség része „kultúrtáj” kategóriában, emellett Ramsari- és Natura 2000 terület, valamint Fontos Madárélőhely.

A terület átlagos tengerszint feletti magassága 87-99 m, domborzata változatos, mely révén különbözik a klasszikus, „asztalsímaságú” Hortobágytól. Talajaira jellemző a szikes jelleg, főként szolonyeces talajtípusok, illetve a magasabb térszíneken löszös jellegű csernozjom talajok fordulnak elő (Góri 2001). A talajvíz 2-4 méter mélyen helyezkedik el. A klíma mérsékelt száraz kontinentális, az éves középhőmérséklet 9,9 °C, az éves csapadék mennyisége 520-550 mm.

A Tisza szabályozása előtt a terület mélyebb fekvésű részein, a rendszeres áradásoknak köszönhetően hét nagyobb szikes mocsár alakult ki (Kis-Jusztus, Hagymás-lapos, Csattag-lapos, Meggyes-mocsár, Fekete-rét, Bögő-lapos, Hajdú-fenek). A mocsarak szegélyében nedves rétek helyezkedtek el, tőlük távolabb szikes és löszgyepek, vakszikes foltok, valamint erdők mozaikjai váltakoztak. Ez a jól működő, mozaikos rendszer először az 1800-as évek közepén zajló folyószabályozási munkálatok miatt került veszélybe, mivel megszűnt a mocsarak természetes vízutánpótlása az áradások elmaradásával. A mocsarak szinte teljes kiszáradása az 1970-es években következett be, amikor az egyeki térség meliorizációja zajlott.

A mocsárrendszer rehabilitációjának első ütemében (1976-1997) elsősorban hidrológiai rekonstrukció zajlott, melynek eredményeképpen kiépült

egy csatornarendszer, mely lehetővé tette a mocsarak vízutánpótlását a Tiszából, a Nyugati főcsatornán keresztül. A sikeres első ütem után viszonylag gyorsan regenerálódott a mocsarak növény- és állatvilága (Góri et al. 2000, 2006), de az emberi jelenlét negatív hatásai az évek során tovább erősödtek. A mocsarak mezőgazdasági eredetű szennyeződése és az intenzív nádatás miatti homogenizációja, a gyepek szántók általi fragmentáltsága, valamint a csökkenő állatállomány miatt a legeltetés hiánya egyaránt további beavatkozásokat tettek szükségessé. A részletes helyzetelemzés, alapállapot-felmérés és tervezési fázis után 2004-ben elkezdődött a terület rehabilitációjának második üteme, melynek fő célkitűzései az Élőhelyvédelmi Irányelv két kiemelt élőhelytípusának, a pannon szikes puszták és mocsarak (Natura 2000 kód: 1530) és a pannon löszpusztagyeppek (kód: 6250) helyreállítása és a már rehabilitált mocsarak védelme és kezelése voltak. A célok elérése érdekében, egy Európai Unió által támogatott LIFE-Nature program keretében (LIFE04NAT/HU/000119) számos természetvédelmi kezelést és rekonstrukciós beavatkozást (legeltetés, kaszálás, égetés, „apróvad-földek” extenzív művelése, gyepesítés és erdősítés) terveztünk és valósítottunk meg.

3.2. Mintavételi módszerek és adatelemzés

- Az **I. Vizsgálatban** az élőhely-monitorozás gyakorlatának áttekintésére az EuMon projektben (*EU-wide monitoring methods and systems of surveillance for species and habitats of Community interest*), az európai monitorozási programokról összegyűjtött adatbázist használtuk. Az adatbázis meta-adatokat tartalmaz az egyes monitorozási programok legfontosabb jellemzőiről. A meta-adatokat 2005 és 2006 során gyűjtöttük egy 8 általános és 35 specifikus kérdést tartalmazó kérdőív segítségével (<http://eumon.ckff.si/monitoring>). Európa-szerte több mint 1600 email címre és számos levelezőlistára küldtük el a kérdőívet kitöltésre, elsősorban monitorozással foglalkozó kutatóknak, állami szervezeteknek és egyéb monitorozásban érintett csoportnak. Az adatbázisban a publikáció elemzéseinek elvégzésekor (2007. augusztus 31-i állapot) összesen 150 élőhely-monitorozási program szerepelt.

A **statisztikai elemzések** során nem-paraméteres tesztek alkalmaztunk (χ^2 -próba, Kruskal-Wallis teszt), mert a legtöbb változó nem volt normális eloszlású és/vagy a varianciák egyenlőtlen eloszlást mutattak.

- A **II. Vizsgálatban** a mintavétel a mocsárrendszer északnyugati, Egyekhez közeli, a Csattag-mocsarat övező mintegy 1500 hektár területű részén zajlott, melynek során 51, az Á-NÉR szerint lehatárolt élőhelyfoltban történt botanikai és zoológiai vizsgálat 2004-ben. A

kiválasztott foltokat négy nagyobb élőhelytípusba soroltuk: (i) szikes gyep; (ii) rét; (iii) mocsár és (iv) löszgyep.

A **botanikai felmérés** során minden foltban minimum három darab, 2×2 méteres, véletlenszerűen kiválasztott kvadrátban történt a cönológiai felvételezés, borításbecslés, a csupasz talajfelszín és a talaj avarral való borítottságának becslése, a növényzet és az avar magasságának mérése. A kvadrát körüli 30 m átmérőjű körben ('makrokvadrát') becsültük a növénytársulások számát és borítását. Amennyiben a makrokvadrát heterogenitása magas volt, további kvadrátokat jelöltünk ki fitocönológiai vizsgálatra, így összesen 231 kvadrátban mértük fel a növényzetet. A növényfajok és társulások meghatározását Simon (2000) és Borhidi (2003) alapján végeztük.

A **zoológiai mintavétel** során a területre jellemző trofikus szerepük miatt különösen fontos állatcsoportokat vizsgáltuk (növényen lakó ízeltlábúak: pókok (Araneae), poloskák (Heteroptera), egyenesszárnyúak (Orthoptera); talajlakó ízeltlábúak: pókok (Araneae), futóbogarak (Carabidae); gerincesek: madarak (Aves)). A **növényen lakó ízeltlábúakat** 100 csapásos fűhálózással gyűjtöttük minden foltban egy 3×3 méteres, 1 méter magas fóliával körbekerített kvadrátban. A kvadrát helyét random módon jelöltük ki, így az minden mintavételi időpontban máshova esett az adott folton belül. A **talajlakó ízeltlábúakat** 26 foltban, két random módon választott helyen leásott Barber-féle talajcsapdával gyűjtöttük. A gyűjtött állatokat laboratóriumban a taxonok specialistái faji szintig határozták. A **madarak** mintavételezése dán rendszerű pontszámlálással történt. A random módon kijelölt pontok 100 m sugarú körzetében, öt perc alatt észlelt (látott vagy hallott), az adott foltot bármilyen élettevékenységre (költés, táplálkozás, pihenés stb.) használó madár faja és egyedszáma került feljegyzésre. A megfigyelési pontok száma a foltmérethez volt igazítva oly módon, hogy nagyobb foltokban több számlálópont volt hálózatos elrendezésben, ahol a szomszédos számlálási pontok közötti távolság minimum 200 m volt.

Az **adatfeldolgozáskor** a vizsgált taxonokat egyenként és nagyobb csoportokba összevonva (teljes fajszám, teljes állatfajszám, növények, növényen lakó ízeltlábúak, talajlakó ízeltlábúak, madarak) is vizsgáltuk.

Az élőhelyi sokféleséget leíró független változókat két, lépték szerinti csoportba soroltuk: (i) foltszintű változók (élőhelytípus, foltalak, elszigeteltség) és (ii) folton belüli változók (növénytársulások diverzitása, növényzetmagasság, csupasz talajfelszín), emellett vizsgáltuk még a foltméret és a kezelés hatását is.

A nyolc független változó hatását a fajszámra általános lineáris modellekkel (GLM), az egyenkénti kihagyás módszerének

alkalmazásával vizsgáltuk, illetve Tukey tesztet végeztünk a kategorikus változók hatásának meghatározásához.

- A **III. Vizsgálatban** a természetvédelmi stratégiai tervezés első lépéseként meghatároztuk a veszélyeztető tényezőket, majd az ezekkel kapcsolatos célokat és végül a célok eléréséhez szükséges rekonstrukciókat és természetvédelmi kezeléseket. Ezután indikátorokat rendeltünk minden célhoz és tevékenységhez, amit a végrehajtás során nyomon követtünk. Ezeket az irányelveket és lépéseket követve határoztuk és valósítottuk meg a LIFE-Nature programban alkalmazott gyakorlati természetvédelmi kezeléseket Egyek-Pusztakócsón. A tervezés és megvalósítás során szorosan együttműködtünk a Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság gyakorlati természetvédelmi szakembereivel.
- A **IV. Vizsgálat** során négy különböző élőhelytípust vizsgáltunk 2007-ben, amelyek egyben időbeli grádiens is jelentettek: gyepesítés előtti szántók (gabona, lucerna), egyéves gyepek, kétéves gyepek, és végül referenciaként szolgáló természetes gyepek (szikes vagy lösz).

A mintavétel összesen 39 foltban történt (szántó: 5 db, egyéves gyepek: 10 db, kétéves gyepek: 11 db, és természetes gyepek: 13 db). A változások nyomon követéséhez ugyanazokat az **ízeltlábú csoportokat** vizsgáltuk, mint 2004-ben. A talajlakó gerinctelen állatokat talajcsapdákkal, a korábban említett módon gyűjtöttük. A növényen lakó gerincteleneket egy transekt mentén 200 fűhálócsapással gyűjtöttük a talajcsapdák környékén. A begyűjtött állatokat laboratóriumban az adott taxon specialistája faji szintig határozta.

A gyepesítés utáni változásokat a fajszám változásaival, ordinációval (Bray-Curtis távolság), és a Tóthmérész és Magura (2005) által továbbfejlesztett, a fidelitást (HAF_r), a specificitást (HAS_r) és a kettő kombinációját ($HAFS_r$) figyelembe vevő affinitási indexekkel vizsgáltuk. A különböző korú élőhelytípusok (szántó, egyéves gyepek, kétéves gyepek, természetes gyepek) közötti különbség kimutatására variancia-analízist (ANOVA) használtunk. Ha az élőhelytípusok között szignifikáns különbség mutatkozott, akkor Tukey tesztet végeztünk az utólagos, páros összehasonlításokat.

3.4. Hozzájárulás a vizsgálatokhoz és a vizsgálatokból készült publikációkhoz

A dolgozatban összefűzött vizsgálatok mindegyike számos ember közös munkáján alapul, ezért ebben a fejezetben röviden összefoglalom személyes hozzájárulásomat az eredményekhez.

Az I. Vizsgálatban részt vettem az adatgyűjtésben (a kérdőív elkészítése, kiküldése, nyomon követése; beérkezett adatok adatbázisba rendezése), az adatok elemzésében és a cikk megírásában is. A II. Vizsgálatban a terepi mintavételben, az adatok összerendezésében és statisztikai elemzésében, és a kézirat megírásában vettem részt. A III. Vizsgálat esetében a stratégiai tervezésről és a megvalósított természetvédelmi beavatkozások eredményeiről készült cikk írásában volt jelentős szerepem, illetve a LIFE-Nature pályázat utolsó másfél évében (2007. július - 2008. december) koordinátori szerepet töltöttem be a pályázat konkrét megvalósításában. A IV. Vizsgálatban a terepi mintavételekben, az adatok összerendezésében és elemzésében, illetve a cikkírásban vettem számottevően részt.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELES

4.1. I. Vizsgálat: Élőhely-monitorozás Európában

- Eredményeink alapján elmondhatjuk, hogy habár az élőhelyek monitorozása széles körben elterjedt Európában és rengeteget fejlődött 1992, az Élőhelyvédelmi Irányelv bevezetése óta, még mindig számos hiányosság tapasztalható a monitorozás gyakorlatában. Eredményeink szerint a két legfontosabb terület, amelyet mindenképpen fejleszteni kell az adatok gyűjtési módja és az adatok elemzése. Az adatgyűjtéskor javasolható a távérzékelési módszerek párosítása a terepi mintavételekkel, így több léptékben válnak észlelhetővé az élőhelyek változásai, valamint nagyobb területen, egyszerre több élőhelytípust lehet nyomon követni.
- Másik fontos eredményünk, hogy az adatok értékelése elmarad a várható szinttől, hiszen a programok nagy részében az adatokat nem elemzik vagy nem olyan módszerekkel elemzik, melyek alkalmasak a trendek kimutatására. Eredményeink szerint ennek egyik fontos oka lehet, hogy a mintavételi helyeket a leggyakrabban személyes tapasztalatokra hagyatkozva választják ki a korrekt mintavételi kritériumok alkalmazása helyett. A monitorozás során gyűjtött adatok, lehetőség szerint magasabb szintű statisztikai módszerekkel való elemzése elengedhetetlen ahhoz, hogy kimutassuk az élőhelyek kiterjedésében és minőségében bekövetkező változásokat és vizsgálhassuk e változások okait és következményeit. Az adatok megfelelő elemzésének hiányában így megkérdőjelezhető a monitorozás létjogosultsága és költség-igénye valamint gyakorlati felhasználása, pl. nehézkessé válik az információk eljuttatása a döntéshozókhoz. Mindenképpen javasolható tehát, hogy a monitorozást előre helyesen megtervezve lehetőség nyíljon az adatok statisztikai elemzésére a trendek kimutatása érdekében.

- A monitorozás fenti két, alapvető komponensének megváltoztatásával pontosabb mérőszámok és biztosabb információk állhatnak rendelkezésre az élőhelyek változásairól kis és nagy léptékben egyaránt. Ugyancsak javaslatként fogalmazható meg az, hogy a ritkábban monitorozott élőhelyeket, például a mezőgazdasági területek élőhelyeit kívánatos lenne több programban vizsgálni, mely lehetővé tenné az Európában általános agrár-környezetvédelmi programok hatásosságának a jelenleginél intenzívebb vizsgálatát.

4.2. II. Vizsgálat: Az élőhelyi sokféleség és a fajgazdagság kapcsolata

- A biológiai sokféleséget élőhelyi szinten befolyásoló tényezőkkel kapcsolatban két fontos következtetésre jutottunk Egyek-Pusztakócsón. Az összevont csoportok és az egyes taxonok fajsza ma is nőtt az élőhelyi diverzitás növekedésével, azonban az élőhely-diverzitás más és más összetevői befolyásolták pozitívan a vizsgált csoportokat.
- Predikciónknak megfelelően az élőhelyek kompozicionális összetevői (pl. a növényzet diverzitása) elsősorban a növényen lakó ízeltlábúakat befolyásolták, míg a strukturális változók (pl. növényzetmagasság) elsősorban a talajlakó ízeltlábúak és a madarak fajsza mával korreláltak.
- Ennek az ellentétes hatásnak a következtében az összevont, teljes fajsza m esetében nem találtunk egyértelmű kapcsolatot az élőhelyi diverzitással.
- Eredményeink így bizonyítékot szolgáltatnak arra, hogy az élőhely-diverzitás és a faji diverzitás között általános pozitív kapcsolat van, de a nagyobb csoportokra és az egyes taxonokra az élőhelyi diverzitás különböző összetevői hatnak.
- Az általunk vizsgált térbeli léptéken (1-36 ha) az élőhelyfoltok területe kevésbé volt fontos a fajgazdagság alakulására.
- Eredményeink arra utalnak, hogy az élőhelyfoltok léptékén az élőhelyi diverzitás fontosabb lehet a biológiai sokféleség befolyásolásában, mint a foltok területe. Vizsgálatunk újabb példa arra, hogy a legtöbb taxont elsősorban nem a terület, hanem egyéb tényezők befolyásolják (Lövei et al. 2006, Magura & Ködöböcz 2007, Báldi 2008, Magura et al. 2008).
- Az eredmények alapján javasoljuk, hogy azokban a vizsgálatokban, melyekben a folt szintű biodiverzitásra ható tényezők vizsgálata a cél, mind a területet, mind az élőhely-diverzitást figyelembe kell venni. Az eredmények természetvédelmi alkalmazásával kapcsolatos legfontosabb következtetés, hogy az élőhely-szintű sokféleség megőrzéséhez elengedhetetlen többféle élőhelytípus különböző szukcessziós stádiumú vagy különbözően kezelt változatának térben és időben egymás melletti fenntartása, a mozaikos élőhelyszerkezet kialakítása és védelme.

4.3. III. Vizsgálat: Természetvédelmi stratégiák alkalmazása

- A folt szintű és a folton belüli mozaikosság növelése érdekében különböző élőhely-rekonstrukciókat (gyepesítés, erdősítés) és természetvédelmi kezeléseket (legeltetés, kaszálás, égetés, extenzív szántóművelés) terveztünk és valósítottunk meg a Hortobágyi Nemzeti Park szakembereivel a 2004-2008 közötti időszakban.
- A gyepesítés hatására a védett területen felére csökkent a szántók aránya (ebből 24% extenzív művelés alá került), és ezzel együtt a gyepek aránya 46%-ról 70%-ra nőtt. A tervezett ökológiai folyosók és pufferzónák megvalósulásával létrejöttek az északi és déli területek közti átjárhatóságot biztosító térbeli kapcsolatok, illetve a mocsarak szennyeződését megakadályozó védőzónák.
- A legeltetési rendszer kiterjesztésével megalapoztuk a természetes és a projektben rekonstruált természetközeli gyepek természetvédelmi szempontból megfelelő kezelését.
- Az égetés és a legeltetés kombinálása hatékony módszernek bizonyult a mocsarak homogén nádasainak felnyitására.
- Az elvégzett beavatkozások nyomán a projekt-területen nőtt a tájszintű sokféleség és csökkent a kedvezőtlen emberi behatás mértéke. Ezen változások biztosítják a természetes regenerálódási folyamatok zavartalanságát és megalapozzák a tájrehabilitációs program jövőbeli folytatását, az adaptív kezelési rendszer működését.

4.4. IV. Vizsgálat: A biológiai sokféleség változásai gyepesítés hatására

- A gyepesítés hatására az ízeltlábúak fajszáma ugyan nem változott számottevően az első két év során, ám az affinitási indexek növekedése és az ordináció is azt mutatta, hogy a fajösszetételben jelentős változások következtek be. A természetes gyepekre jellemző fajok elkezdtek lecserélni a speciális élőhelyhez nem kötődő fajokat.
- Az említett változásokat ordinációval és a nemrégiben módosított habitat affinitási indexekkel sikerült kimutatnunk, amelyek korábbi vizsgálatokban hasonló eredményt hoztak (Magura et al. 2006).
- Habár a HAS_r index (amely a fajok specificitását veszi figyelembe) volt a legérzékenyebb az élőhelytípusok közötti különbségek kimutatásában, a különbségek olyan robusztusak voltak, hogy bármelyik index használatával ugyanarra az eredményre jutottunk.
- Eddigi tanulmányok és saját tapasztalataink alapján megállapíthatjuk, hogy habár a habitat affinitási indexeket jelenleg csak szűk körben

alkalmazzák, azok megfelelő kiegészítői lehetnek a leggyakrabban használt diverzitási mérőszámoknak.

- Habár összességében a gyepek helyreállítása hosszú folyamat, melynek mi csak az első néhány évét vizsgáltuk, az Egyek-Pusztakócsi mocsarak területén tapasztalt gyors változások arra mutatnak, hogy az ízeltlábú-együttesek a gyors növényzeti változásokat hasonlóan gyorsan követik, és cáfolják azt a szemléletet, miszerint az élőhelyek helyreállítása túl hosszú időt venne igénybe, és ezért csak pénzkidobás ilyen természetvédelmi beavatkozásokba pénzt fektetni (Aronson et al. 2006).

4.5. Az eredmények gyakorlati hasznosíthatósága

- Az **I. Vizsgálat** eredményeinek legfontosabb gyakorlati hozadéka, hogy a monitorozási programokban megfelelő hangsúlyt kell fektetni a mintavétel tervezésére és a gyűjtött adatok megfelelő szintű feldolgozására. Ezek hiányában az élőhelyek mennyiségi és minőségi változásairól gyűjtött adatok értelmezése kétséges és félrevezető lehet. A biodiverzitás védelmével szemben érdekelt felek (pl. gazdálkodók, területfejlesztők, beruházók) az ilyen vizsgálatok eredményeit joggal kérdőjelezhetik meg. Emiatt a monitorozó programoknak tudományos szempontból kifogástalannak kell lenniük, mert csakis a tudományos szempontból korrekt monitorozási programok eredményeit lehet felhasználni a helyi érdekeltek, a szélesebb közvélemény, mind pedig a döntéshozók (politikusok) meggyőzésére.
- A **II. Vizsgálat** eredményeiből leszűrhető legfontosabb gyakorlati javaslat az, hogy a megfelelően nagy térbeli léptéken végzett természetvédelmi beavatkozások alapvető célja a mozaikos élőhelyszerkezet kialakítása legyen. A mozaikos élőhelyszerkezet nagyobb térbeli egységen belül egy időben képes megteremteni számos faj életfeltételeit, ezáltal a magas élőhelyi sokféleség képes lehet a nagyobb térbeli egység magas faj-diverzitásának fenntartására.
- A **III. Vizsgálatban** bemutatott stratégiai tervezési folyamat modell-értékű lehet más, nagyobb térbeli egységekben végzett természetvédelmi programok számára is. Habár a természetes élőhelyek beszűkülése miatt egyre kisebb területeken van lehetőség aktív természetvédelmi beavatkozásokat végezni, elsősorban az élőhely-rehabilitációs és rekonstrukciós kezelések tervezésekor mindenképpen érdemes követni az általunk is alkalmazott fenyegető-hatás/célok/akciók hármas tervezési egység logikáját. Az alkalmazott stratégiai tervezés és a stratégia alapján megvalósított nagy léptékű élőhely-rehabilitáció jó példája az elméleti és gyakorlati szakemberek együttműködési

lehetőségének, amely elengedhetetlen a biodiverzitás csökkenésének sikeres megállításához.

- Végül, a **IV. Vizsgálat** gyakorlati eredménye, hogy a mindössze két vagy három fűfajjal végzett gyeprekonstrukció is rendkívül gyorsan, akár két-három év alatt elvezethet a nagyjából a természetes gyepekre jellemző ízeltlábú-együttesek megjelenéséhez, amennyiben a megfelelő propagulum-források (a célállapotot jelentő természetes gyeppek illetve megfelelő refúgium-területeket jelentő lucernások) megtalálhatóak a rekonstruálandó területek környékén. További fontos gyakorlati ajánlás, hogy az alkalmazott habitat affinitási indexek rendkívül alkalmasak a természetvédelmi beavatkozások hatásosságának mérésére, hiszen a beavatkozás célállapotát jelentő természetes élőhelyek fajaiból kiindulva teszi lehetővé a beavatkozás utáni folyamatok nyomon követését, a beavatkozás sikerességének mérését.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, dr. Lengyel Szabolcsnak az átadott tudásért és a jótanácsokért, amelyek irányt adtak munkámnak, illetve azért, hogy a mércét mindig olyan magasra tette, amelyről tudta, hogy képes vagyok megugrani, még ha én nem is hittem el. Köszönöm két bírálómnak, dr. Báldi Andrásnak és dr. Lakatos Gyulának lelkiismeretes munkájukat a dolgozat átnézésében, és a hasznos tanácsokat és javaslatokat, melyek jobbá tették a dolgozatot. Hálás vagyok dr. Magura Tibornak, dr. Tóthmérész Bélának és dr. Horváth Rolandnak a szakmai tanácsokért, a publikációk írásában nyújtott segítségért és az építő jellegű kritikákért. Köszönöm Kisfali Máténak a barátságát, a rengeteg segítséget, amit a Debrecenben töltött évek során nyújtott, a lelkes lektorálást és természetesen az egyenesszárnyúak határozását is. Köszönet illet mindenkit, aki a terepmunkában, illetve a határozásban részt vett: Bogyó Dávid, Deák Balázs, dr. Horváth Roland, Kisfali Máté, dr. Ködöböcz Viktor, dr. Lengyel Szabolcs, Lontay László, dr. Magura Tibor, Nagy Gergő Gábor, Ruff Gábor, Tóth János, dr. Török Péter és Samu, akik miatt még a 40 °C-os Hortobágyon is jó hangulatban zajlott a munka. Nagyon köszönöm dr. Kőrösi Ádámnak és dr. Vilisics Ferencnek a praktikus tanácsokat a dolgozat megírásához és Domján Dánielnek a dolgozat formázásában nyújtott segítségét. Az Universitas Alapítványnak a 2008. évi ösztöndíjat, amely kutatómunkámat segítette. Köszönöm a Magyar Természetvédők Szövetsége munkatársainak, hogy lehetővé tették, hogy munka mellett befejezzem doktori tanulmányaimat; Kapitányné Sándor Szilviának és Lukács Attilának külön is a rengeteg dicséretért és a belém vetett bizalomért, ami erőt adott a munkához és a dolgozat megírásához egyaránt.

És végül, de nem utolsó sorban hatalmas köszönet illeti családomat, Jonathant és a barátaimat a folyamatos biztatásért, a türelemért és a támogatásért, amely ösztönzött a dolgozat megírására.

6. IRODALOMJEGYZÉK

- Aronson, J., Clewell, A. F., Blignaut, J. N. & Milton S. J. (2006) Ecological restoration: a new frontier for nature conservation and economics. *Journal for Nature Conservation* **14**:135–139.
- Bakker, J. P., & Berendse, F. (1999) Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. *Trends in Ecology and Evolution* **14**:63–68.
- Báldi, A. (2008) Habitat heterogeneity overrides the species-area relationship. *Journal of Biogeography* **35**:675–681.
- Borhidi, A. (2003) Magyarország növénytársulásai. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Brose, U. (2003) Bottom-up control of carabid beetle communities in early successional wetlands: mediated by vegetation structure or plant diversity? *Oecologia* **135**:407–413.
- Communication from the Commission (2001) A Sustainable Europe for a Better World: A European Union Strategy for Sustainable Development. (URL: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2001/com2001_0264en01.pdf)
- Cramer, V. A., Hobbs, R. J. & Standish, R. J. (2008) What's new about old fields? Land abandonment and ecosystem assembly. *Trends in Ecology and Evolution* **23**:104–112.
- Forman, R. T. T. & Collinge, S. K., (1996) The 'spatial solution' to conserving biodiversity in landscapes and regions. In: DeGraaf, R. M. & Miller, R. I. (Eds.) Conservation of Faunal Diversity in Forested Landscapes. Chapman & Hall, London, UK, pp. 537-568.
- Gőri, Sz., Lakatos, Gy., Aradi, Cs., K. Kiss, M. & Bitskey, K. (2000) The vegetation of the Meggyes Marsh in the starting phase of rehabilitation. *Acta Botanica Croatia* **59**:403-409.
- Gőri, Sz. (2001) Az Egyek-Pusztakócsi mocsarak újranevelési folyamatainak értékelése, rehabilitációjának tájleptékvű ökológiai elemzése. Egyetemi doktori (Ph.D.) értekezés, Debreceni Egyetem, Debrecen.
- Gőri, Sz., Lakatos, Gy., Szilágyi, E., Andrikovics, S. & Aradi, Cs. (2006) Recolonization of waterbirds after wetland rehabilitation (Hortobágy National Park, Hungary). Pp. 180-189 in Hanson, A., Kerekes, J. & Paquet, J. (2006) Limnology and Aquatic Birds: Abstracts and Selected Papers from the Fourth Conference of the Societas Internationalis Limnologiae (SIL) Aquatic Birds Working Group. *Canadian Wildlife Service Technological Report Series* No. 474 Atlantic Region. xii + 203 pp.
- Groom, M. J., Meffe, G. K. & Carroll, C. R. (eds) (2006) Principles of Conservation Biology, Third Edition. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA.

- Lindenmayer, D., Hobbs, R. J., Montague-Drake, R., Alexandra, J., Bennett, A., Burgman, M. et al. (2008) A checklist for ecological management of landscapes for conservation. *Ecology Letters* **11**:78–91.
- Lövei, G. L., Magura, T., Tóthmérész, B. & Ködöböcz, V. (2006) The influence of matrix and edges on species richness patterns of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in habitat islands. *Global Ecology and Biogeography* **15**:283–289.
- Magura, T., Tóthmérész, B. & Elek, Z. (2006) Changes in carabid beetle assemblages as Norway spruce plantations age. *Community Ecology* **7**:1–2.
- Magura, T. & Ködöböcz, V. (2007) Carabid assemblages in fragmented sandy grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **119**:396–400.
- Magura, T., Báldi, A. & Horváth, R. (2008) Breakdown of the species-area relationship in exotic but not in native forest patches. *Acta Oecologica* **33**:272–279.
- Meffe, G. K. & Carroll, C. R. (1997) Principles of Conservation Biology. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Perner, J. & Malt, S. (2003) Assessment of changing agricultural land use: response of vegetation, ground-dwelling spiders and beetles to the conversion of arable land into grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **98**:169–181.
- Piper, J. K., Schmidt, E. S. & Janzen, A. J. (2007) Effects of species richness on resident and target species components in a prairie restoration. *Restoration Ecology* **15**:189–198.
- Pullin, A. S. & Knight, T. M. (2001) Effectiveness in conservation practice: pointers from medicine and public health. *Conservation Biology* **15**:50–54.
- Reid, A. M. & Hochuli, D. F. (2007) Grassland invertebrate assemblages in managed landscapes: Effect of host plant and microhabitat architecture. *Austral Ecology* **32**:708–718.
- Schaffers, A. P., Raemakers, I. P., Sýkora, K. V. & ter Braak, C. J. F. (2008) Arthropod assemblages are best predicted by plant species composition. *Ecology* **89**:782–294.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2010) Global Biodiversity Outlook 3. Montréal.
- Siemann, E. (1998) Experimental tests of effects of plant productivity and diversity on grassland arthropod diversity. *Ecology* **79**:2057–2070.
- Simon, T. (ed) (2000) A magyarországi edényes flóra határozója. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Soulé, M. E. (1985) What is conservation biology? A new synthetic discipline addresses the dynamics and problems of perturbed species, communities, and ecosystems. *BioScience* **35**:727–734.
- Sutherland, W. J., Pullin, A. S., Dolman, P. M. & Knight, T. M. (2004) The need for evidence-based conservation. *Trends in Ecology and Evolution* **19**:305–308.

- Tóthmérész, B. & Magura, T. (2005) Affinity indices for environmental assessment using carabids. *Proceedings of the 11th European Carabidologist Meeting DIAS Report* **114**:345–352.
- Vida, E., Török, P., Deák, B. & Tóthmérész, B. (2008) Gyepék létesítése mezőgazdasági művelés alól kivont területeken: a gyepesítés módszereinek áttekintése. *Botanikai Közlemények* **95**:115-125.
- Walker, K. J., Stevens, P. A, Stevens, D. P., Mountford, J. O., Manchester, S. J. & Pywel, R. F. (2004) The restoration and re-creation of species-rich lowland grassland on land formerly managed for intensive agriculture in the UK. *Biological Conservation* **119**:1–18.

7. PUBLIKÁCIÓS LISTA

Az értekezéshez csatolt közlemények

- Lengyel, S., **Déri, E.**, Varga, Z., Horváth, R., Tóthmérész, B., Henry, P.-Y., Kobler, A., Kutnar, L., Babij, V., Seliškar, A., Christia, C., Papastergiadou, E., Gruber, B. & Henle, K. 2008. Habitat monitoring in Europe: a description of current practices. *Biodiversity and Conservation* **17**: 3327-3339. IF: 1,423 [Study I]
- Déri, E.**, Lengyel, S., Horváth, R., Deák, B., Magura, T. & Tóthmérész, B. (in review) Similar responses to different measures mask general relationship between habitat diversity and species diversity. *Submitted to Journal of Biogeography*. [Study II]
- Déri, E.**, Lengyel, S., Lontay, L., Deák, B., Török, P., Magura, T., Horváth, R., Kisfali, M., Ruff, G. & Tóthmérész, B. (2009) Természetvédelmi stratégiák alkalmazása a Hortobágyon: az egyek-pusztakócsi LIFE-Nature program eredményei. *Természetvédelmi Közlemények* **15**:89-102. [Study III]
- Déri, E.**, Magura, T., Horváth, R., Kisfali, M., Ruff, G., Lengyel, S. & Tóthmérész, B. (in press) Measuring short-term success of grassland restoration: use of habitat affinity indices in ecological restoration. *Restoration Ecology*, online megjelenés: 2010/03/12 DOI: 10.1111/j.1526-100X.2009.00631.x. IF: 1,892 [Study IV]

Egyéb, az értekezés témakörében megjelent közlemények

- Déri, E.**, Horváth, R., Magura, T., Ködöböcz, V., Kisfali, M., Ruff, G., Lengyel, S. & Tóthmérész, B. (2009) A földhasználat-változás hatásai az ízeltlábú együttesekre Egyek-Pusztakócscon. *Természetvédelmi Közlemények* **15**:246-256.
- Deák, B., Török, P., Vida, E., Valkó, O., Migléc, T., **Déri, E.**, Lontay, L., Lengyel, S. & Tóthmérész, B. (2008) Tájéleptékű gyeprekonstrukció eredményei az Egyek-Pusztakócsi LIFE területen. *IV. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia kötet II*. 310-315.
- Déri, E.** & Lengyel, S. (2006) A tájszintű diverzitás és megőrzése az Egyek-Pusztakócsi mocsarak területén. A Magyar Biológiai Társaság XXVI. Vándorgyűlése, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest Pp. 51-57.

Egyéb közlemények

- Schmeller, D.S., Henry, P.-Y., Julliard, R., Clobert, J., Gruber, B., Dziock, F., Lengyel, S., Nowicki, P., **Déri, E.**, Budrys, E., Kull, T., Tali, K., Bauch, B., Settele, J., van Swaay, C., Kobler, A., Babij, V., Papastergiadou, E. &

- Henle, K. (2009) Advantages of volunteer-based biodiversity monitoring in Europe. *Conservation Biology* **23**:307-316. IF: 3.762
- Déri, E.** Emlősök (2008) – Mammalia. in: Rácz I. A. (szerk.): Állattrendszertani gyakorlatok. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen. Pp. 331-357.
- Déri, E.,** Horváth, R., Lengyel, S., Nagy, A. & Varga, Z. (2007) Zoológiai kutatások a gépi kaszálás hatásának vizsgálatára hat magyarországi tájegységben. *Állattani Közlemények* **92**:59-70.

Az értekezés témakörében elhangzott előadások és poszterek

- Déri, E.,** Lengyel, S., Magura, T. & Tóthmérész, B. (2008) Use of habitat affinity indices in measuring the short-term success of grassland restoration. 11th European Ecological Conference of the European Ecological Federation, Lipcse, Németország, 2008. szeptember 15-19., *angol nyelvű előadás.*
- Deák, B., Török, P., **Déri, E.,** Lontay, L., Lengyel, S. & Tóthmérész, B. (2007) Szántók visszagyepesítése: a szekunder szukcesszió alternatív útjai hasonló közösségi mintázatokat eredményezhetnek. IV. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia – műhelytalálkozó, Tokaj, 2007. március 29-31., *magyar nyelvű előadás.*
- Déri, E.,** Lengyel, S., Deák, B. & Tóthmérész, B. (2007) Quicker-than-expected positive changes after grassland restoration in Hortobágy, Hungary. 21st Annual Meeting, Society for Conservation Biology, Port Elizabeth, Dél-Afrika, 2007. július 1-5., *angol nyelvű poszter.*
- Déri, E. &** Lengyel, S. (2007) Bizonyítékgyűjtés Egyek-Pusztakőcson. Bizonyíték alapú természetvédelem előadóiülés, Budapest, 2007. szeptember 26., *magyar nyelvű előadás.*
- Déri, E.,** Lengyel, S., Deák, B., Horváth, R. & Tóthmérész, B. (2006) Habitat mosaic structure and patch characteristics influence biodiversity in an alkaline wet-dry grassland gradient in E Hungary. 1st European Congress of Conservation Biology, Eger, 2006. augusztus 22-26., *angol nyelvű előadás.*
- Déri, E.,** Lengyel, S., Tóthmérész, B. & Deák, B. (2006) Az élőhelyi és tájszintű heterogenitás szerepe a biológiai sokféleség fenntartásában, egy hortobágyi élőhelykomplexum példáján. 7. Magyar Ökológus Kongresszus, Budapest, 2006. szeptember 4-6., *magyar nyelvű poszter, poszter verseny II. helyezés.*
- Déri, E. &** Lengyel, S. (2006) A tájszintű diverzitás és megőrzése az Egyek-Pusztakőcsi mocsarak területén. Magyar Biológiai Társaság XXVI. Vándorgyűlése, Budapest, 2006. november 9-10., *magyar nyelvű előadás.*
- Déri, E.** (2005) Hortobágyi gyep- és vizes élőhely-mozaikok szünbiológiai és térinformatikai vizsgálata. XXVII. OTDK, Biológia szekció, Pécs, 2005. március 21-24., *magyar nyelvű előadás, különdíj.*

Egyéb előadások és poszterek

Déri, E., Horváth, R., Lengyel, S. & Varga, Z. (2007) Zoológiai kutatások a gépi kaszálás hatásának vizsgálatára hat magyarországi tájegységben. 3. Szünzoológiai Szimpózium, Budapest, 2007. március 5-9., *magyar nyelvű előadás.*

1. INTRODUCTION

2010 is the International Year of Biodiversity. The European Union targeted to halt the loss of biodiversity by 2010 (Communication from the Commission 264 2001). This target has not been achieved and biodiversity loss is still ongoing mostly because of the destruction or alteration of habitats by intensifying human activities (e.g. agriculture, industry).

In contrast to species diversity, there is little information about habitat-scale biodiversity because of a lack of larger-scale studies conducted on more than one species groups. Therefore, the focus of my thesis is on habitat-scale biodiversity and its conservation, and the thesis is trying to partially fill in this gap.

In Study I, we collected metadata and overviewed the current practices of habitat monitoring in Europe and identified gaps and shortcomings of current practices, where improvements are necessary to properly detect trends in the status of habitats.

In Study II, we specifically tested the species-area hypothesis along with our hypothesis that different aspects of habitat diversity influence components of biological diversity in different ways in the Egyek-Pusztakócs marsh and grassland system.

Results of conservation aimed research programs are often not implemented in practice and stay theoretical (Pullin & Knight 2003), because there is a communication gap between scientists and practical conservationists (Pullin & Knight 2003, Sutherland et al. 2004). In Study III, we demonstrate strategic planning and implementation of conservation measures, where scientific results and practice are integrated, by specifically designing conservation strategy based on the results of Study II.

Conservation actions treated as ecological experiments and followed up by monitoring help us to gain a better understanding of the ecological processes induced by restoration (Lindenmayer et al. 2008). The most commonly used measures to follow habitat changes after restoration are species richness and diversity indices of selected taxa (Perner & Malt 2003, Piper et al. 2007). In Study IV, we used species richness, ordination and the recently developed habitat affinity indices (Magura et al. 2006, Tóthmérész & Magura 2005) to measure the short-term effectiveness of grassland restoration in Egyek-Pusztakócs marsh and grassland system (Hortobágy National Park, E-Hungary).

With this thesis I would like to draw attention to the fact that effective conservation of biodiversity requires thorough planning, careful implementation of restoration and management actions and monitoring using adequate sampling and analysis. Even though time and space for such a complete process is not always available in species-level conservation programs where species on the very brink of extinction are to be saved urgently, conservation programs

operating at the habitat level, over larger spatial and temporal scales, can generally benefit from these guidelines. Another major lesson from this thesis is that halting the loss of biodiversity is only possible if researchers and practitioners cooperate. Large-scale habitat conservation interventions, along with their strategic planning and monitoring programs, offer a great opportunity for such collaboration.

2. AIMS OF THE STUDIES

2.1. Study I: Habitat monitoring in Europe

- To collect and evaluate habitat monitoring schemes in Europe in the frame of the EuMon project (<http://eumon.ckff.si>).
- To review the monitoring schemes collated in the project and identified the weaknesses and the possibilities for improvement in current practices of habitat monitoring.

2.2. Study II: Habitat diversity and species diversity

- To test the species-area and the species-habitat-diversity hypotheses along with our prediction that different aspects of habitat diversity influence components of biological diversity in different ways.
- We specifically predicted that plant species richness will be influenced by physical characteristics of the patches (e.g. patch area, shape, isolation). Furthermore, we predicted that the species richness of vegetation-dwelling/herbivorous groups will be more affected by compositional aspects of habitat diversity (e.g. floristic composition, Siemann 1998, Reid & Hochuli 2007, Schaffers et al. 2008), whereas that of ground-dwelling/predatory groups will be more influenced by the structural aspects of habitat diversity (e.g. structural complexity, Brose 2003). We tested these predictions using data on multiple taxonomic groups occurring in the Egyek-Pusztakócs marsh and grassland system in 2004.

2.3. Study III: Conservation strategies in Egyek-Pusztakócs

- To design and implement conservation measures in the Egyek-Pusztakócs marsh and grassland system to increase habitat diversity and thus biodiversity of the area based on the results of Study II.

2.4. Study IV: Effects of grassland restoration on biodiversity

- To follow short-term changes in arthropod assemblages after landscape-scale grassland restoration and to examine the effectiveness of habitat affinity indices in detecting these changes. We hypothesized that all the used statistical methods (species richness, ordination, and habitat affinity indices) would converge to show that the arthropod assemblages of the restored grasslands are moving toward those of the target native grasslands in the course of secondary succession.

3. MATERIALS AND METHODS

3.1. Egyek-Pusztakócs marsh- and grassland system

Study II-IV were carried out in the Egyek-Pusztakócs marsh- and grassland system, a 4073-hectare unit of Hortobágy National Park (E-Hungary). The area lies adjacent to the villages of Egyek and Tiszafüred-Kócsújfalu (N 47°32'-36'; E 20°51'-59'). All habitat types characteristic to the larger Hortobágy region (e.g. alkali marshes, alkali and loess grasslands, meadows) are represented and concentrated in this relatively small and geomorphologically diverse (87 to 99 m a.s.l.) area. The differences among habitat types arise largely due to small-scale differences in microtopography (relief), exposure to water table fluctuations (2 to 4 m below ground), and soil quality (alkali character), which lead to a formation of a mosaic pattern of different habitat types. Average precipitation in this area is 520-550 mm, and the average annual temperature is 9.9 °C.

As a result of the hydrological rehabilitation of the marsh system (1976-1997), when a water supply system was constructed, the flora and fauna of the marshes were spectacularly revitalized. However, negative impacts from human activities continued to threaten terrestrial habitat types and the rehabilitated marshes: infiltration of chemicals from arable lands, homogenization of reedbeds due to constant water supply and intensive reed harvesting, grassland fragmentation by arable lands and lack of an optimal grazing system. In 2004, after a detailed planning and a preliminary survey we started the second phase of the rehabilitation of the Egyek-Pusztakócs marsh and grassland system, with the general aim to restore two Natura 2000 priority habitat types (Pannonic alkali steppes and marshes, Pannonic loess steppic grasslands), and to protect the already rehabilitated marshes. In the frame of an EU-funded LIFE-Nature program (LIFE04NAT/HU/000119), we implemented several conservation actions (grassland restoration, grazing, mowing, burning, afforestation) between 2004-2008.

3.2. Sampling methods and data analyses

- In **Study I**, we collected metadata on habitat monitoring schemes in Europe in 2005 and 2006. We have developed a questionnaire containing eight questions on basic features and 35 questions on specific properties of the schemes. The questionnaire is available as an online data entry interface at the EuMon website at <http://eumon.ckff.si/monitoring>. All information on monitoring were entered by the coordinators of the monitoring schemes online, and were organized into the EuMon database, which contained 150 habitat monitoring schemes at the time of the analyses (August 31, 2007). Because most variables used were not normally distributed and/or had unequal variances, we used non-parametric statistics in all analyses of the data (χ^2 -tests, Kruskal-Wallis tests).
- In **Study II**, we measured area and habitat diversity, and sampled plants and animals in 51 habitat patches near the village of Egyek between May and September in 2004. Habitat patches were delineated from aerial photographs and were verified and classified in the field according to the General National Habitat Classification System (Á-NÉR) of Hungary as (i) alkali marshes, (ii) wet meadows, (iii) alkali steppes and (iv) loess grasslands.

We surveyed **flowering plants** in the selected habitat patches in late June, when the large majority of such plants are in phenological stages that make their identification feasible. For the botanical survey, we randomly selected a minimum of three 2×2 m plots per patch where plant and litter height was measured and plant coverage was estimated. To reliably sample species, we surveyed additional plots if the heterogeneity of the habitat patch was high. We determined every plant species and assemblages based on Simon (2000) and Borhidi (2003).

In the **zoological survey**, we sampled true bugs Heteroptera, grasshoppers-katydid Orthoptera, and vegetation-dwelling spiders Araneae (vegetation-dwelling arthropods); ground beetles Carabidae, ground-dwelling spiders Araneae (ground-dwelling arthropods); and birds Aves. Vegetation-dwelling arthropods were sampled by 100 strokes with a sweepnet in a 3×3 m plot enclosed by vertical, 1-m-high plastic foil installed to prevent arthropods from escaping. Plots were selected randomly in each of the 51 habitat patches. Ground-dwelling arthropods were sampled by Barber pitfall traps in two randomly selected points in 26 habitat patches. Traps were 0.5 L plastic cups filled with 10 mL ethylene-glycol as killing liquid, and were covered by fiberboard. To ensure the robustness of arthropod species richness estimates to phenological/seasonal changes, we conducted sweep-netting and emptied

pitfall-traps once every three weeks from mid-June to late September (six occasions total). The insects collected by sweep-netting and pitfall trapping were sorted and identified to the species level by specialists. Birds were censused in point counts in 51 habitat patches. During counting, all birds using the habitat patch for any activity (nesting, feeding/hunting, resting etc.) in a circle of 100 m radius from the observation point were counted for 5 min. The number of counting points was one for patches smaller than 3 ha and we added one extra point at least 200 m away from the previous point for every 5-ha increase in patch area.

In all **analyses**, response variables were species richness estimates of major groups (all species, all animal species, plants, vegetation-dwelling arthropods, ground-dwelling arthropods, birds) or constituent taxa.

We formed two groups from the independent variables based on their scales: (i) between-patch scale variables (habitat type, patch shape, isolation) and (ii) within-patch scale variables (vegetation diversity, vegetation height, bare ground cover), and also examined the effects of patch area and management. Both groups had structural and compositional variables describing habitat diversity.

We used general linear models (GLM) with a backward stepwise selection method to test the effects of area, habitat diversity and management type on species richness, and applied Tukey's HSD procedure for post hoc analysis of categorical independent variables.

- The first step of strategic planning in **Study III** was to identify the threats to different habitat types, then to set clear objectives and finally to identify the methods of restoration and management actions. In this process, we relied on input from numerous experts from Hortobágy National Park and applied the relevant principles of conservation biology. Along with this planning, we also considered the potential risks and identified the indicators which let us detect the effects of the planned actions.
- Grassland restoration by sowing low diversity seed mixtures containing two or three grass species (Vida et al. 2008) was carried out on a total of 760 ha arable land. We surveyed four different habitat types in 2007: (1) arable lands, which were either grain or alfalfa fields; (2) one-year-old restored grasslands (fields sown in 2006), representing a pioneer successional stage; (3) two-year-old restored grasslands (sown in 2005), representing a latter stage of succession; and (4) native grasslands, either alkali or loess steppic grasslands that were designated as the targets of the restoration.

In total, 39 plots were studied (5 arable lands, 10 one-year-old, 11 two-year-old, and 13 native grasslands). We surveyed the same arthropod groups as in 2004. Ground-dwelling invertebrates were sampled by pitfall traps the same way as described earlier. Vegetation-dwelling arthropods were sampled by standardized sweep-netting in transects that started from the pitfall traps and progressed in randomly selected directions. Invertebrates were collected once every three weeks, on a total of six occasions during the vegetation period (May-September) to account for phenological changes in arthropod assemblages. Specimens were identified to species in the lab. For all analyses, we pooled samples from the six occasions.

To measure the short-term effectiveness of grassland restoration, we used species richness, nonmetric multidimensional scaling ordination (with Bray-Curtis distance) and recently developed habitat affinity indices based on fidelity, specificity or both of species to natural grasslands and other habitat types (Tóthmérész & Magura 2005). Analyses of variance (ANOVA) were performed to detect the differences in the mean value of the habitat affinity indices among habitat types (arable lands, one-year-old, two-year-old, native grasslands). If there were significant differences among habitat types, Tukey's HSD tests were used to compare means.

3.3. Contribution to the results of the studies and the publications

All studies presented here were carried out in collaboration with several people; therefore, in this chapter I briefly summarize my personal contribution to the results.

In Study I, I took part in the data collection (preparing and sending out the questionnaire; filling in the database with received data), data analyses and also writing the manuscript. In Study II, I participated in fieldwork, I processed and analyzed data, and helped in writing the manuscript. In Study III, I had a major role in writing the manuscript, and I was also serving as coordinator of the LIFE-Nature project for 18 months (July 2007 – December 2008). In Study IV, I participated in study design, fieldwork, managed and analyzed data and played a major role in writing the manuscript.

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1. Study I: Habitat monitoring in Europe

- The results showed that forests are the most frequently monitored habitats in Europe, while agricultural areas and caves are the least frequently monitored ones. Due to the overwhelming impact of agriculture on Europe's biodiversity, especially agricultural habitat types should be monitored more often to evaluate the effectiveness of agri-environmental schemes.
- Most schemes monitored species composition or indicator/keystone/umbrella species, indicating that community changes due to invasive species or extinction of native species are thoroughly monitored. Furthermore, many schemes were reported to measure background variables, such as environmental parameters and habitat quality, and many schemes are reportedly able to make inferences about the causes of the changes observed.
- However, in more than half of the schemes, it is not clear whether and how the data collected are analyzed and turned into information useful for stakeholders and decision-makers (politicians). Our results suggest that advanced statistics are used infrequently because in most schemes sampling sites are selected based on expert/personal knowledge rather than on pre-defined criteria derived from sampling theory.
- Our survey suggests that the most important areas of improvement of habitat monitoring are in sampling methods and statistical analyses. We recommend that all sampling should be based on pre-defined criteria derived from sampling theory, which can yield data amenable to statistical analysis. Data from monitoring need to be analyzed, preferably by using advanced analytical methods and by allocating priority to data from projects using an experimental approach, to detect trends in the quantity and quality of habitats and to evaluate drivers and pressures of biodiversity change.

4.2. Study II: Habitat diversity and species diversity

- Our study provided two key results at the Egyek-Pusztakócs marsh and grassland system. First, combined and taxon species richness unequivocally increased with increasing habitat diversity. Second, major groups and taxa differed as to which measure of habitat diversity their species richness showed positive correlations with.
- As predicted, compositional habitat diversity (e.g. vegetation diversity) mostly affected the richness of vegetation-dwelling arthropods, whereas

structural habitat diversity (e.g. vegetation height) was more related to species richness of ground-dwelling arthropods and birds.

- These findings provide empirical evidence that the effect of habitat diversity on species diversity is generally similar and positive but that the major groups and taxa respond to different aspects of habitat diversity.
- Patch area was positively related to species richness only for birds but not for any other taxon or major group. Our findings show that habitat diversity can be as important as or more important than area effects in explaining patch-level patterns in biological diversity at the spatial scale studied (1-36 ha).
- The results also call for the need to incorporate both habitat diversity and the species-area relationship in studies attempting to explain overall biological diversity at the patch-level. The most important conservation implication of these results is that a mosaic-like habitat structure, or the maintenance of several habitat types in different successional stages or under different management in spatial and temporal proximity to each other, is essential to conserve habitat-scale biodiversity.

4.3. Study III: Conservation strategies in Egyek-Pusztakócs

- Based on the results of Study II, we developed a conservation strategy consisting of restoration and management actions to maintain and increase habitat diversity, which we implemented in the Egyek-Pusztakócs marsh and grassland system in the frame of a LIFE-Nature project between 2004 and 2008.
- As a result of grassland restoration, areal proportion of arable lands decreased by 50% within the protected area (a further 24% was under extensive, chemical-free cultivation) and the proportion of grasslands increased from 46% to 70%. The implemented grassland restoration also led to considerable reduction of fragmentation of the northern and southern as well as the southern and eastern grasslands and a decrease in the pollution of natural habitats from agricultural areas.
- With the development of an elaborate grazing system, we laid a foundation for the optimal conservation management of the grasslands of Egyek-Pusztakócs.
- Grazing combined with fire management proved to be an effective way to open up homogeneous reedbeds in marshes.
- Overall, the actions resulted in an increase of landscape-scale diversity and in a reduction of negative human impacts on the project area. These changes ensure the undisturbed development of natural regeneration processes and provide a foundation for the future continuation of the

landscape rehabilitation program and the operation of adaptive ecosystem management.

4.4. Study IV: Effects of grassland restoration on biodiversity

- Our results from monitoring the processes after grassland restoration show that the rapid changes in vegetation were quickly followed by changes in the arthropod assemblages.
- We found that arthropod species richness did not change in the first two years following grassland restoration and did not differ significantly among successional stages. The composition of arthropod assemblages of the restored sites, however, was approaching that of native grasslands as early as the second year after restoration.
- Ordination of species composition and increasing values of the habitat affinity indices with time showed that arthropod assemblages had changed due to the replacement of species indifferent to habitat type by species characteristic of target grasslands.
- Based on our study and several others, we suggest that the recently developed habitat affinity indices, although rarely used, are useful complementary estimates to the most common diversity measures in detecting biodiversity changes following conservation interventions.
- Although we agree that restoration is a long-term process and further monitoring is needed to follow subsequent changes, the quicker-than-expected positive changes in the arthropod assemblages observed here argue against views that restoration takes too much time to produce any results and that it is a waste of money to invest in ecological restoration projects (Aronson et al. 2006).

4.5. Implementation of the results in practice

- In **Study I** we suggest that the most important areas of improvement of habitat monitoring are in sampling methods and statistical analyses. We recommended that all sampling should be based on pre-defined criteria derived from sampling theory, which can yield data amenable to statistical analyses. Data from monitoring needs to be analyzed preferably by using advanced analytical methods and by allocating priority to data from projects using an experimental approach to evaluate drivers and pressures of biodiversity change.
- From a conservation point of view, **Study II** shows that habitat diversity is fundamental in maintaining high species diversity over habitat patches and that beyond the direct loss of habitats, the decrease in habitat diversity (homogenization within and across habitat types) can also

threaten biological diversity. Conservation actions, therefore, should aim to maintain or increase both patch-level habitat diversity, e.g. by increasing the number of different habitat types through creation or restoration, and within-patch level diversity, e.g. by enhancing within-patch mosaic pattern through adaptive ecosystem management.

- One of the most important conclusions of this large-scale rehabilitation program (**Study III**) is that a clear strategic planning of threats, objectives and actions greatly aids the implementation of conservation interventions and that this three-step logical structure can be a model in the planning of future conservation interventions elsewhere. Moreover, the planning process can facilitate cooperation between researchers and practitioners, both of which groups need to be consulted during the strategic planning phase.
- In **Study IV**, the results show that grassland restoration using only two or three foundation grass species can lead to the extremely rapid establishment of arthropod assemblages approaching those of natural habitats if appropriate sources of propagula (target-state natural grasslands and alfalfa fields that represent near-optimal refugia for arthropods) are available in the vicinity of areas to be restored. The results also suggest that the recently developed habitat affinity indices, although rarely used, are useful complementary estimates to the most common diversity measures (e.g. species richness, ordination) to measure the efficacy of conservation interventions as they make it possible to monitor the processes occurring after interventions and to assess the success of interventions based on species characteristic to the targeted natural habitats.