



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Kutnyánszky Virág
Budapest, 2026



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

ÖKOLÓGIAI HÁLÓZATOK TÁJI SZINTŰ ALKALMAZÁSÁNAK MÓDSZERTANI MEGALAPOZÁSA

Kutnyánszky Virág
Budapest, 2026

A doktori iskola

megnevezése:

Műszaki Tudományok Doktori Iskola
Tájépítészeti és Tájökológiai Doktori Program

tudományága:

Agrár-műszaki tudományok

vezetője:

Dr. Bozó László
egyetemi tanár, DSc, akadémikus
MATE, Környezettudományi Intézet,
Vizgazdálkodási és Klímaadaptációs Tanszék

Témavezető:

Dr. Szilvácsku Miklós Zsolt
egyetemi adjunktus
MATE, Tájépítészeti, Településtervezési és
Diszkertészeti Intézet,
Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszék

.....
Az iskolavezető
jóváhagyása

.....
A témavezető(k)
jóváhagyása

A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

Az ökológiai hálózat egy sokat kutatott téma, gazdag elméleti és gyakorlati szakirodalom köthető hozzá. Alapköveit az 1990-es és 2000-es években rakták le, melyek mára a legtöbb európai országban beépültek valamilyen módon a természetvédelmi, területi-tervezési és jogi rendszerekbe. Elmondható, hogy mára az ökológiai hálózattal kapcsolatos kutatások Európában veszítettek a lendületükből, a fogalom a 2000-es években még felismerhető vonzerejét elvesztette. A problémák, melyek életre hívták az ökológiai hálózat koncepcióját a századforduló során, azonban ma is velünk vannak. A biodiverzitás csökkenése, az élőhelyek eltűnése, a fragmentáció mind-mind ma is létező kihívások, melyek még sürgetőbbé váltak az elmúlt húsz évben.

Kutatásom fő célja egy saját keretmódszer kidolgozása az ökológiai hálózat mint területi tervezési eszköz holisztikus szemléletű megújítására. Az ökológiai hálózat holisztikus értelmezése az élőhelyek láncolatával foglalkozik, melyek között a kapcsolat nem csak fizikai jellegű, ugyanis anyag- és energiaforgalom játszódik le bennük és közöttük. A hálózat tehát folyamatosan változó, „élő” szervezetként funkcionál, és ezeknek része az ember alkotta élettér is.

Első lépésként a hálózat elméleti szakirodalmát és kialakulásának történetét ismertetem, ezt követően pedig az ökológiai hálózat meghatározására használt különböző megközelítésű módszertanokat mutatok be. Céлом a rendelkezésre álló tervezési modellek, eszközök összehasonlítása és gyakorlati alkalmazhatóságuk azonosítása.

Ezt követően az ökológiai hálózat válságának tényezőit azonosítom hazai és nemzetközi források, interjúk alapján. Azon hátráltató tényezőket keresem, amelyek gátolják a hálózat működését és fejlődését, illetve mik az okai és mozgatórugói annak, hogy az ökológiai hálózat fogalma veszít jelentőségéből.

Az ökológiai hálózat tervezését és fejlesztését támogató keretmódszert a kutatási részben feltárt eszközökre és módszerekre építem, a megismert kihívásokra reflektálva. Céлом a keretmódszer első részeként az ökológiai hálózat értelmezésének olyan megújítása, amely a jelenlegi társadalmi és gazdasági környezethez alkalmazkodik, korszerűsítve a több mint húsz éve megalkotott hálózati kereteket. A keretmódszer különböző modellek, komplex indexek segítségével határozza meg a területek, foltok értékességét, és a hálózatban betöltött lehetséges szerepüket. Ez nem konkrét ökológiai hálózati lehatárolás, hanem egy tervezési segédlet, mely a hálózat meghatározását, fenntartását és fejlesztését tudja támogatni a tervező szakemberek számára. A keretmódszer csupán egy ajánlás, egy kísérlet az ökológiai hálózat megismerésére és lehatárolására.

A rész- és összesített eredmények értelmezésével pedig az alkalmazott eszközök vizsgálatát, valamint a hozzájuk felhasznált adatbázisok előnyeinek és korlátjainak feltárását tervezem. A disszertáció másodlagos célja tehát a keretmódszer alkalmazhatóságának vizsgálata, valamint az eredmények segítségével a visszacsatolás. Az alkalmazott eszközök ennek köszönhetően folyamatosan tovább fejleszthetők, új indexek adhatók hozzájuk, vagy éppen kisebb módosítások eszközölhetők rajtuk, melyek segítségével hűen tudják tükrözni a hálózat képét. Ezek az eredmények nem a módszer hibáira, hanem továbbfejlesztési lehetőségeire mutatnak rá, megalapozva a modellkorrekciókat.

Végül pedig céлом elhelyezni az ökológiai hálózatot a jogi, természetvédelmi és gazdálkodási rendszerekben, mellyel a fent megfogalmazott megvalósíthatóságot tudjuk segíteni.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kutatási munkarészben több mint 120 szakirodalmat dolgoztam fel, melyek mind az ökológiai hálózattal foglalkoznak. Ezek között dominálnak a hálózat lehatárolására tett módszertanok, azonban fellelhetők elméleti anyagok, történeti visszatekintések, országok közti összehasonlítások is. Az EU-s és hazai stratégiák sem maradhattak ki a kutatásból, továbbá ezek tapasztalatait kiegészítendő beszélgetéseket folytattam szakmabéliekkel, hol interjúk, hol kötetlen beszélgetések formájában, melyek tanulságait így beépíthettem a dolgozatba.

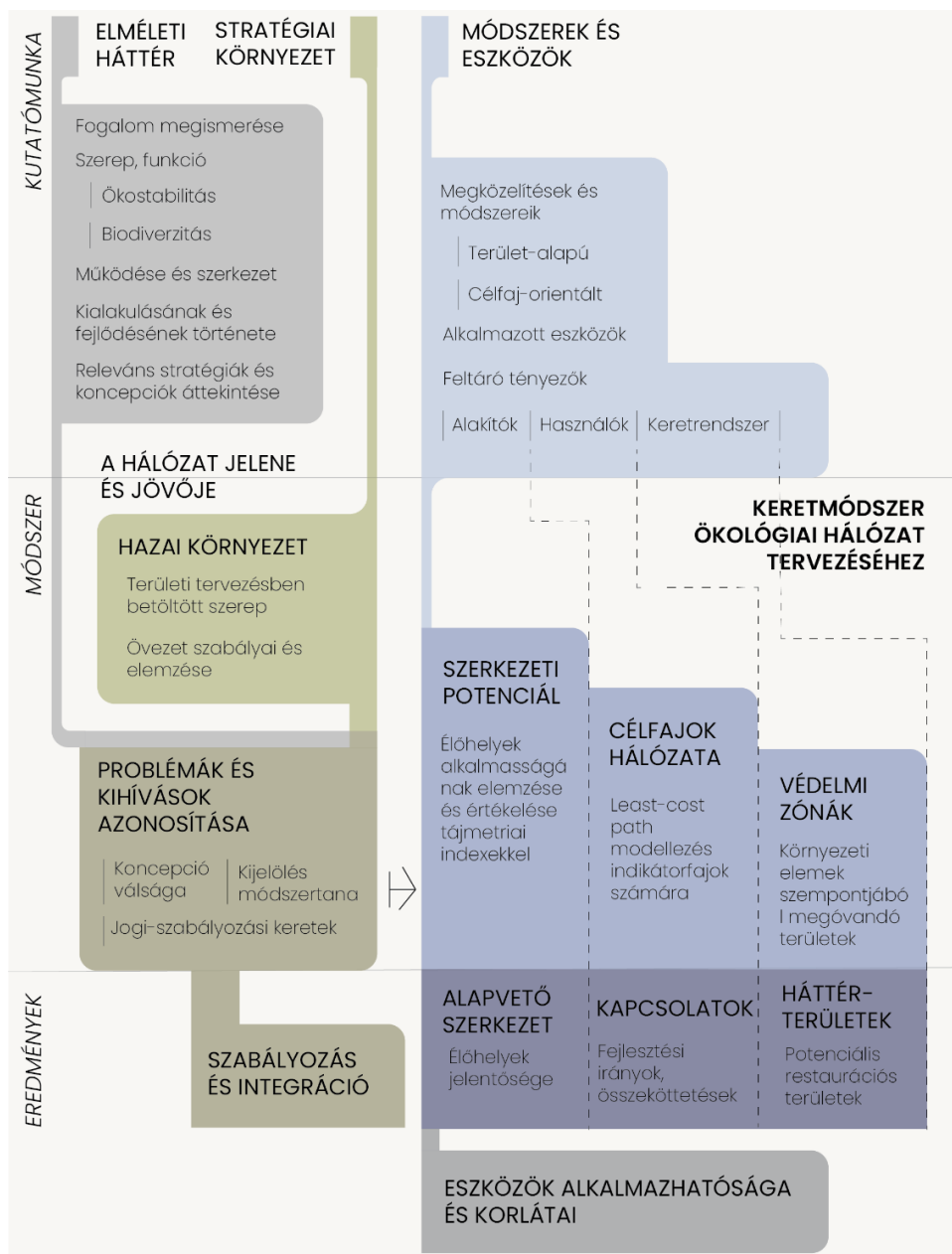
A kutatás tehát három fő szálon zajlott: először az elméleti keretek megismerésével, utána a tervezési-lehatárolási módszertanokkal, végül pedig a stratégiai-jogi környezettel foglalkoztam.

Ezután a magyarországi ökológiai hálózat megújítására és az erre alkalmas módszer kidolgozásához először szükséges volt a hazai helyzetet részletes elemzése. Ehhez az Országos Ökológiai Hálózat (továbbiakban OÖH) jelenlegi állapotát, jogi szabályozási hátterét tártam fel, majd a hálózat működési nehézségeit és kihívásait ismertettem saját elemzések segítségével. Ezek segítségével és a kutatási munkarészben feltárt ismeretekkel együtt azonosítom a hazai OÖH-t érintő nehézségeket, kihívásokat és lehetőségeket.

Reagálva az eddig feltártakra az ökológiai hálózat fejlesztésére alkalmas saját módszertant határoztam meg, amely alkalmazza a kutatás során megismert irányzatokat és az általuk alkalmazott széleskörű eszköztárat, adaptálva a hazai elérhető adatbázisokhoz.

A modell három lépésből áll: először az élőhelyek alkalmasságát vizsgálom a hálózat szempontjából, ezt követően a lehetséges kapcsolatokat tárom fel hálózat-elemzési eszközök segítségével, végül pedig a háttérterületek feltárását végzem el, amelyek részben a pufferek zömében pedig a rehabilitációs területek megállapítását szolgálta.

Az első lépés az ökológiai hálózat **szerkezeti potenciál** meghatározása, ami az élőhelyek jelenlegi ökológiai állapotát tükrözi vissza számszerűsítve, komplex mutatókkal jellemezve. Ez a lépés elsősorban az ember alakította tájszerkezethez, felszínborításhoz köthető mérőszámokat vonultat fel, amelyek az ökológiai hálózat szempontjából jelentőséggel bírnak. A foltok jellemzéséhez összesen 5 fő metrikát vizsgáltam.



A disszertáció felépítése

Ezután, a modell második lépéseként hálózat-elemzést végeztem a területeken a least-cost path (LCP) eszköz segítségével. A **hálózat-szemlélet** integrálása az első lépés strukturális mivoltát hivatott kiegészíteni, azért, hogy a kapcsolódási irányai és lehetőségei meghatározhatók legyenek. Az elemzéshez területenként három célajt választottam, melyek útvonalait és folyosóit modelleztem.

Harmadik lépésként pedig a fejlesztési lehetőségeket tárom fel a különböző környezeti elemek szempontjából védendő területek azonosításával. Ezek potenciális fejlesztési területekre világíthatnak rá, melyek az élőhely-rehabilitáció vagy új élőhelyek kialakításának szinterei lehetnek. Az izolált foltok a rendszerbe való bekötésére, egyes foltok közti távolság csökkentésére, vagy például a puffertületek növelésére lehetnek alkalmas területek ezek az ún. **háttérterületek**.

Ezután egy javasolt hálózatot határoztam meg, amely a három számítást összegzi és azok mentén tesz kísérletet a hálózat meghatározására. Ezt egy mintaterületen mutattam be, az Észak-Mecsekben, amely arra kíván példát szolgáltatni, hogy a modell eredményeit a gyakorlatban hogyan lehet alkalmazni a területi tervezés során. Ebben a lépésben maga a folyamat éppúgy hangsúlyos, mint az így körül határolt hálózat.

EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGVITATÁSA

Az OÖH övezeteinek térinformatikai elemzésével feltártam az övezet változásait az elmúlt tizenöt évben. A térinformatikai elemzések segítségével megállapítottam, hogy a hálózat országos kiterjedése kevéssé változott, azonban a szerkezeti megoszlás átalakult: kisebb átrendeződés tapasztalható a pufferek és ökológiai folyosók felől a magterületek irányába. Mivel a területrendezési szabályok elsődlegesen az építésre fókuszálnak, ezért a beépített területek változásait is elemeztem. Méréseim kimutatták, hogy nincs jelentős eltérés az OÖH övezetein belül a védett és nem védett területek között a beépítés arányának változásaiban. Tehát a rugalmas szabályozás ellenére az OÖH sikeresen megvédte azokat az élőhelyeket is a beépítésektől, amelyek más oltalom alatt nem állnak. Ugyanakkor a kivett területeket is megvizsgálva látható, hogy az új építési telkek vagy fejlesztések esetében a beépítendő területeket inkább kivették a hálózat hatálya alól, így az övezeti statisztikában azok nem jelennek meg.

A módszer eredményeinek feldolgozása először szerkezeti potenciál index alkotóelemeinek kimeneteinek, azok hatásosságának, előnyeinek és hátrányainak bemutatásával kezdődik. Az öt fő indexet: a fragmentációt, a természetességet, a stabilitást, a diverzitást és a konnektivitást összesen tíz alindexből kalkuláltam ki, melyek eredményeit egyesével bemutattam a dolgozatban a három mintaterületre vonatkozóan. Az indexek összeadásával jött létre a szerkezeti potenciál index, amely sikeresen mutatta az egyes

élőhelyfoltok jelentőségét az ökológiai hálózat szempontjából. Ezt alátámasztotta, hogy a jelenlegi OÖH övezet minden eleme magas szerkezeti potenciál indexszel rendelkezett.

A második lépésben a hálózat-elemzések feldolgozása következett, melyeket célfajonként, majd pedig területenként összesítve is bemutattam. A három-három célfaj közül egyértelműen minden esetben a táji léptékű faj hozta a terület szempontjából legrelevánsabb eredményeket, ugyanakkor a lokális és a regionális fajok hálózata is fontos információt adott hozzá a modellhez. Segítségükkel a lépőkő-jellegű kulcsélőhelyek, fejlesztendő helyi kapcsolatok, valamint nagyléptékű összeköttetések voltak felfedezhetők.

A környezeti elemek védőzónáinak alkalmazásával a háttérterületeket, azaz a potenciális restaurációs területeket tártam fel. A három mintaterület eltérő képet mutatott a védőzónák tekintetében, amely az eltérő adottságoknak köszönhető. Meghatározhatók voltak azok a területek is, melyek rehabilitációjával ennek megvalósulásával nemcsak az ökológiai hálózat kiterjedése lehetne növelhető, hanem a környezeti elemek állapota is javítható volna.

Az eredmények feldolgozását követően az addig tapasztaltakat helyeztem kontextusba. A diszkusszió részeként először a bemeneti adatok korlátait, azok fejlesztési lehetőségeit és szélesítését ismerttettem, majd reflektáltam az alkalmazott eszközök kimeneteire. Megállapítottam az egyes indexek használhatóságát, a hálózat-elemzés egyes döntéseire reflektáltam, valamint az alkalmazott eszközök tapasztalataira reflektáltam más kutatások segítségével. Ezután a további szóba jöhető, a szakirodalomban alkalmazott tájmetriai indexeket, és az elemzés lehetséges bővítési irányait taglaltam, a felmerült modellkorrekciókkal együtt.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A JAVASLATOK

Az eredmények segítségével az egyik mintaterületen lehatároltam egy potenciális ökológiai hálózatot, amely kiindulása lehet egy mintaterület tervezéséhez. Ehhez először a szerkezeti potenciál elemzés segítségével megállapítottam a hálózat lehetséges szerkezeti elemeit, melyeket a módszerben meghatározott négy kategóriába soroltam be: magterület, ökológiai folyosó, pufferterületek, valamint az interakciós zónák mintájára létrehoztam egy másodlagos pufferzónát is, ahová jellemzően az alacsonyabb értékű, művelt területek kerülnek. Miután kialakult a hálózat alapstruktúrája a kezdetleges övezeti besorolásokkal, figyelembe vettem a hálózat-elemzés eredményeit, amely az egyes foltok funkciójának meghatározásában volt segítségemre. Végül pedig a védelmi zónák segítségével további puffereket és fejlesztési területeket is meg tudtam határozni.

Végül a kutatási rész problémafeltárásából merítkezve javaslatot tettem az ökológiai hálózat megújítására a jogi és szabályozási kereteket belül. Kitértem

a tervezés során alkalmazandó szempontokra, hangsúlyoztam a különböző szakemberek bevonásának szükségességét és a szabályozást, érvényesítést és felülvizsgálatokat segítő javaslatokat fogalmaztam meg. Mindezt három szinten – a táji, országos és helyi léptékekbe – helyeztem el. Javaslataimmal céloim egy szakmai diszkusszió indítása, melyek megvitatásával közelebb kerülhetünk egy valóban működő, tervezett és folyamatosan fejlesztett ökológiai hálózat kialakításához.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. tézis: Összegyűjtöttem az ökológiai hálózat különböző megközelítéseit, eszközeit és a hálózatot feltáró három fő tényezőt. Rendszereztem, hogyan épülnek fel a különböző módszerek, mely típusok milyen eszközöket alkalmaznak, továbbá a feltáró tényezők milyen viszonyban vannak jelen az egyes tervezési folyamatok során.

A szakirodalmi kutatás során több mint 120, konkrétan az ökológiai hálózattal foglalkozó kutatást dolgoztam fel, melyek közül 72 alkalmazott a hálózat lehatárolására vagy feltárására irányuló módszertant.

A módszerek kiértékelésével és a szakirodalmak alapján 2 fő gyakorlati értelmezését azonosítottam az ökológiai hálózatnak: egyik a fajvédelmi célú (*species oriented*), másik a területre fókuszáló (*site-based*) hálózati megközelítés, melyeket további 2-2 irányzatra bontottam, alkalmazott eszközeik alapján. (1) A fajvédelmi célú hálózatoknak két típusa azonosítható: (1/1.) az élőhelyi adottságokon alapuló modellezésen és a (1/2.) tapasztalati, mért mozgási adatok szerint lehatárolt hálózatok, melyek a szerkezeti és funkcionális konnektivitás fogalmai mentén válnak ketté. (2) Az adott terület adottságaira irányuló kutatások jellemzően a táj feltárásának értékelésén alapulnak, a két megkülönböztetett irányzatot pedig az választja szét, hogy alkalmaznak-e valamilyen hálózat-elemzési eszközt vagy sem.

A hálózat lehatárolására rendelkezésre álló eszközök listázásával és csoportosításával három olyan tényező körvonalazódott, melyek meghatározzák a hálózatot: a (1) táj adottságai és a környezeti folyamatok, melyek keretrendszerként biztosítanak, az (2) élővilág elsősorban mint használók vannak jelen a rendszerben, harmadikként pedig az (3) ember befolyásoló és zavaró hatását azonosítottam, amely konkrét szerkezetében és részleteiben határozza meg az ökológiai hálózatot. Míg az utóbbi két tényezőhöz modellezések, indexek kapcsolhatók, addig a táji adottságok és folyamatok jellemzően bemeneti adatként szerepelnek a hálózat lehatárolása során.

2. tézis: Térinformatikai elemzésekkel feltártam az Országos Ökológiai Hálózat övezeteinek változásait az elmúlt tizenöt évben.

Országos szinten vizsgáltam az Országos Ökológiai Hálózat (OÖH) övezeteinek kiterjedését, 2008 és 2024 között, a rendelkezésemre álló téradatok segítségével.

2/A. Felfedtem az övezetek kiterjedésében bekövetkezett eltolódásokat, a védett területekkel való átfedéseket és a felszínborítások változásait. Továbbá azonosítottam azokat a területeket, melyek egyéb természetvédelmi oltalom alá nem esnek.

A térinformatikai elemzések segítségével megállapítottam, hogy a hálózat országos kiterjedése kevéssé változott (35,98%-ról 36,18%-ra nőtt), azonban a szerkezeti megoszlás átalakult: kisebb átrendeződés tapasztalható a pufferek és ökológiai folyosók felől a magterületek irányába. Továbbá meghatároztam, hogy 2008 és 2024 között összesen 2144,7 km²-nyi területet vettek ki az övezetek hatálya alól, melyek zöme ökológiai folyosó és pufferterület volt.

A természetvédelmi oltalmakkal való összehasonlítás során az országos jelentőségű, egyedi jogszabállyal védett és a Natura 2000 SAC és SPA területekkel való átfedést vizsgáltam. A mérések alapján kijelenthető, hogy az OÖH övezeteinek 39,1%-a nem áll semmilyen egyéb jogszabályi védelem alatt, melyek legnagyobb része ökológiai folyosó, kisebb része puffer, de jelentős a magterületek kiterjedése is. A hálózat ezen területei a leginkább kitettek a változásnak, hiszen az övezet szabályozási keretei nem biztosítanak elégséges védelmet az élőhelyek megőrzéséhez.

2/B. A mérések alapján megállapítottam, hogy az építési szemlélettel szabályozott övezetek sikeresen megvédték a hálózat területeit a beépítéstől, azonban ennek oka az, hogy a fejlesztések célterületei kikerültek az övezetek hatálya alól.

Mivel a területrendezési szabályok elsődlegesen az építésre fókuszálnak, ezért a beépített területek változásait néztem meg 2006 és 2018 között, a CLC adatbázisai alapján, országos szinten. Méréseim kimutatták, hogy nincs jelentős eltérés az OÖH övezetein belül a védett és nem védett területek között a beépítés arányának változásaiban. Tehát a laza szabályozás ellenére az OÖH sikeresen megvédte azokat az élőhelyeket is a beépítésektől, amelyek más oltalom alatt nem állnak.

Ugyanakkor a kivett területeket is megvizsgálva látható, hogy az új építési telkek vagy fejlesztések esetében a beépítendő területeket inkább kivették a hálózat hatálya alól, így az övezeti statisztikában azok nem jelennek meg. Az OÖH övezetéből kivett területeken arányaiban 1,6-szor annyi területet építettek be, mint az ország egészén a vizsgált időtávban, az iparterületeket vizsgálva ez az érték pedig 2-szeres. Azonban az, hogy ezek a területek azért kerültek ki az ökológiai hálózatból, mert beépültek, vagy eleve a beépítés szándékával vették ki a hálózatból, nem dönthető el az elemzés alapján.

3. tézis: Saját, a területi tervezést támogató keretmódszert alkottam az elmúlt húsz év ökológiai hálózat lehatárolását célzó kutatásokból merítve. A modell a rendelkezésre álló eszközöket integrálja, a hazai elérhető adatbázisokra alapozva. A keretmódszer három szinten definiálja az ökológiai hálózat különböző területeit: a szerkezeti potenciál elemzéssel a hálózat alapvető kiterjedése, struktúrája tárható fel, célfajok hálózatának modellezésével az összeköttetések, kapcsolatok határozhatók meg, a védelmi zónákkal pedig az ökológiai hálózat háttérterületei azonosíthatók.

Az ökológiai hálózat újraértelmezése mentén saját keretmódszert alakítottam ki, a kutatásban elemzett 72 szakirodalmi módszer eszközeit integrálva, a hazai környezetnek és adottságoknak, adatbázisoknak megfelelően. A keretmódszer célja a hazai területi tervezési folyamatot támogatása, ezzel segítve az ökológiai hálózat jövőbeni megújítását.

A keretmódszer három szinten definiálja az ökológiai hálózatot. (1) szerkezeti potenciál elemzéssel a hálózat alapvető struktúráját határoztam meg, melyet 5 fő tájmetriai indexszel számszerűsítettem. Az elemzés során a diverzitást, a természetességet, a fragmentáltságot, a stabilitást és a konnektivitást vizsgáltam. Ezek alapján határozható meg a foltok értékessége és így az ökológiai hálózat szerkezete és kiterjedése. (2) Regionális, táji és helyi léptéket képviselő célfajok hálózatát elemeztem least-cost path modellezéssel. A hálózat-elemzés az ökológiai folyosók és kapcsolatok azonosításában volt segítségemre. (3) A környezeti tényezők védelmét szolgáló területek azonosítása az ökológiai hálózat háttérterületeiként funkcionálhatnak. Ezek segítségével meghatározhatók azok a restaurációs területek, melyek helyreállításával nemcsak a hálózat működőképessége tud növekedni, de a felszíni és felszín alatti vizek, valamint a talaj megóvását is szolgálják.

4. tézis A saját modellt három eltérő adottságú mintaterületen, egy dombsági, egy alföldi és egy agglomerációs helyszínen teszteltem. A keretmódszerben alkalmazott mérőszámokat, az elemzések eredményeit területenként kiértékeltem, ezzel feltárva az eszközök előnyeit és korlátait. A három szint eredményei mentén javaslatot adtam az ökológiai hálózat egy lehetséges lehatárolására az egyik mintaterületen.

A keretmódszerben definiált számításokat három eltérő, táji léptékű mintaterületen vittem véghez: a domborzat által befolyásolt Észak-Mecsekben, a víz által meghatározott Közép-Tiszán és az ember által erőteljesen alakított Pesti-síkság területeken.

A modell tesztelése során először a szerkezeti potenciál elemzés 5 összesített mérőszámának és 11 alindexének részletes kiértékelését végeztem

el a különböző területeken, majd azokat egymással is összevettem, az összefüggéseket feltárva. Három-három cél faj preferenciái alapján végeztem hálózat-elemzést a least-cost path módszerrel a területeken, amely modellezés három léptékű eredményeit analizáltam, meghatározva a kapcsolatokat, a folyosókat, kulcsélőhelyeket és alrendszereket. Végül a védelmi zónák körül határolásával a lehetséges restaurációs területeket azonosítottam, melyek az egyes környezeti elemek állapotának megóvását tudják szolgálni, az élőhely- és biodiverzitásvédelmi funkción túl.

A tervezési folyamatot kiegészítendő az Észak-Mecsek mintaterületen elvégeztem a keretmódszer eredményei alapján az ökológiai hálózat egy lehetséges lehatárolását, mely példáján bemutattam a módszer gyakorlati hasznosításának folyamatát, valamint kiemelten a tervezői döntés szerepét is.

5. tézis: Meghatároztam a szerkezeti potenciál feltárásához használt eszközök összefüggéseit, az alkalmazott indexek és a hozzájuk felhasznált adatbázisok előnyeit és korlátait a mintaterületeken való alkalmazásukon keresztül.

5/A. A magasabb fragmentációs értékű cellák jellemzően magasabb diverzitási értékkel is rendelkeztek, melynek oka az utakat kísérő növényzet jelenléte.

Az eredmények kiértékelése során megállapítottam, hogy azok a cellák, melyek rendelkeztek fragmentációs értékkel (azaz tartalmaztak valamilyen mértékben úthálózati elemeket), magasabb diverzitási értékkel bírtak azon celláknál, melyek nem tartalmaztak úthálózatot. A két érték között egyértelmű korreláció nem figyelhető meg (tehát a nagyobb fragmentáció nem eredményez nagyobb diverzitást is), azonban a fragmentáció jelenléte növelte a cellák diverzitási értékét.

Ennek oka az a jelenség, hogy egy homogén foltot átszelő út minimum egygyel, de ha szegélynövényzet is jelen van, akkor már két másik foltípussal növeli a cella értékét. Eltérő típusú foltok között pedig gyakran húzódnak burkolt utak, ezzel az utak által érintett cellák még gazdagabb élőhelyi kategóriákkal rendelkeznek.

A modell tehát alátámasztotta azokat a kutatásokat melyek hasonló megállapításra jutottak a fragmentáció előnyeit vizsgálva. Ezek alapján kimondható, hogy az utak jelenléte nemcsak negatív hatással van az ökológiai hálózat szempontjából. A diverzitási és fragmentációs értékek egyes utak mentén emiatt részben kiegyensúlyozták egymást az összegzés során.

5/B. A stabilitási értékek nem tettek különbséget természetes és féltermészetes élőhelyek között, egyértelmű pozitív eltolódás mutatkozott a szőlők, gyümölcsösök, faültetvények és gyepek irányába, amely a

keskenyebb szegélyszélességgel és a foltok kompaktságával magyarázható.

A stabilitási értékeket a magterület/összterület képlet alapján számítottam ki, ahol a magterületet a szegélyszélesség levonásával származtattam. A kisebb foltok (amelyek szélessége nem haladta meg a beállított szegélyszélesség kétszeresét) nem rendelkeztek így értelmezhető stabilitási értékkel. A szegélyszélességeket az élőhelyek jellege alapján becsültem meg.

A művelt területek jellemzően nagyobb stabilitással rendelkeztek a számítás alapján a természetes élőhelyeknél. A legstabilabbak a szőlők és a szikes gyepek voltak, ezt követték a gyümölcsösök és az idegenhonos faültetvények. Ennek oka, hogy a természetes élőhelyek szegélyei szélesebbek a művelt területekénél, ezzel arányaiban eleve kisebb magterülettel rendelkeztek. Emellett a művelt területek foltjai kompaktabbak, gyakran szabályosak, így a közepesméretű foltok kerület-terület aránya kedvezőbb a számítás szempontjából. A természetes élőhelyek gyakran szabálytalanok, igazodnak a domborzati-vízrajzi viszonyokhoz (pl. vízfolyások mente, mélyületek, domboldalak), ezért eleve nagyobb kerületűek. A nagy kiterjedésű erdők, melyek magasabb stabilitással rendelkezhetnének, viszont jellemzően utakkal feltártak, ami belülről növeli a szegélyek mennyiségét és így csökkenti a magterületek arányát. Részben a módszer, részben pedig az emberi beavatkozás mértéke tehát magyarázza a féltermészetes foltok magasabb stabilitási értékeit.

5/C. A NÖSZTÉP alkalmasnak bizonyult a legtöbb számításhoz, raszteres mivolta ellenére sikeresen használható a keretmódszerben meghatározott indexek input adataként. Ugyanakkor a léptéke a táji szintű elemzésekhez túlságosan részletes, legnagyobb hátránya pedig a városi környezetben nyilvánult meg, ugyanis nem tesz különbséget zöldterület és zöldfelület között.

A kezdeti feltevésekkel ellentétben, a NÖSZTÉP alkalmas volt a szerkezeti potenciál elemzés tíz alindexének kiszámításához, hiszen sikeresen, a valóságot tükrözve tudtam elvégezni a számításokat, az eredmények feldolgozásánál pedig nem volt kifejezetten a raszteres jellegből tapasztalható hátrány. Azonban ehhez a mérőszámok kiszámításánál eleve alkalmazkodni kellett a raszteres jelleghez. A rácsháló létrehozásánál kulcsfontosságú volt, hogy az a NÖSZTÉP pixeleihez illeszkedjen, ezzel a számítások során egy pixel mindig csak egy cellához tartozzon, és ne osztódjon meg több cella között, ezzel torzítva a számítások eredményeit. Különösen fontos volt ez a szempont a diverzitáshoz köthető alindexek esetében, ahol folt és folttípuszámokat mértem.

Az egyedüli hátránya az adatbázis használatának nem a raszteres jellegből, hanem a meghatározott felszínborítási kategóriákból adódott. A

városszövetben jelenlévő zöldfelületek (fás és fátlan) megkülönböztetésre került, azonban funkció és tényleges méret szerint ez az elkülönítés nem történik meg: a magánkertek ugyanabba a kategóriába sorolódnak, mint a lakótelepi zöldfelületek, az intézménykertek vagy a városi parkok. Noha a zöldfelületek típusai ökológiai szempontból hasonló értékűek lehetnek, az elemzések azt mutatták ki, hogy települési környezetben szükséges megkülönböztetni az olyan egybefüggő parkokat és kerteket, melyek élőhelyi foltként funkcionálnak. A NÖSZTÉP alapján nem megállapítható, hogy az összeérő pixelek valóban egybefüggő városi zöldfelületek, vagy csupán látszólag összeérő, szétdarabolt egy-egy fával rendelkező, kerítésekkel elválasztott kertek képpontjai. Javasolt emiatt a NÖSZTÉP-et kiegészíteni ilyen esetekben egy másik adatbázissal, amely akár foltszerűen, akár rasztereszen, de megkülönbözteti azokat a beépített környezetben húzódó zöldfelületeket, melyek az ökológiai hálózat modellezésekor foltként tudnak megjelenni.

A NÖSZTÉP alkalmassága ellenére az ökológiai hálózat tervezését megelőzően javasolt egy vektoros felszínborítási adatbázis elkészítése, amely léptékében és részletességében, valamint megkülönböztetett kategóriáiban igazodik a tervezési területhez.

6. tézis: A mintaterületeken végzett szerkezeti potenciál elemzés eredményei alapján megállapítottam, hogy az alkalmazott számítások különbözőségük ellenére is, a megfelelő előjellel összeadhatók egymással. Az indexek és alindexek egymást kiegészítik, más-más, ökológiai hálózat szempontjából fontos aspektust emelnek be a keretmódszerbe. Ezt alátámasztja, hogy az Országos Ökológiai Hálózat övezeteinek területei mind kiemelkedően értékesek lettek a statikus elemzés elvégeztével.

A szerkezeti potenciálhoz kötődő 5 index közül a diverzitás, a természetesség, a stabilitás és a konnektivitás pozitíven, míg a fragmentáció negatív előjellel összegződött, az egyes alindexek normalizálása után. A mérőszámok között súlyozás nem történt.

A módszert eleve úgy építettem fel, hogy az indexek a lehetséges legobjektívebb eredményeket generálják. Emiatt az alindexek egymás kiegyensúlyozására, a hiányosságok pótlására irányultak. Például a diverzitás esetében a foltszám és a folttypusszám együttes alkalmazása a szétdarabolódott foltok súlyát hivatott korrigálni. A konnektivitási alindexek a foltok a rendszerben betöltött, eltérő aspektusból vizsgált szerepét számszerűsítő módon értékelték. Végezetül pedig a fragmentációs index korrigálásánál figyelembe vettem az úttípusok eltérő forgalmi viszonyait is, hogy a végső érték a való fragmentáló hatás minél jobban tükrözze.

Az indexek emellett egymást is kiegyensúlyozták. Minden mérőszám más, ökológiai hálózat szempontjából figyelembe veendő aspektust emelt ki. Egyes

indexek az élőhely ökológiai értékét vagy a negatív hatásokat hangsúlyozták, mások a folt alakját, méretét és a pozíciójukat, elrendeződésüket tükrözték.

Az indexek összegzése és az ebből származtatott eredményterképek feldolgozása megállapítható, hogy az alkalmazott indexek igenis összeadhatók, különbözőségük ellenére is, hiszen olyan területet nem jelzett értékesnek, amely szerepe valamely szempontból ne lenne indokolható ökológiai hálózati elemként. Ezt támasztja alá az a tény is, hogy összehasonlítva ezeket az eredményeket az OÖH kiterjedésével egyértelmű az összefüggés, hiszen az összes övezeti elem legalább a középmezőnyben, de inkább jellemzően a legértékesebb területek között helyezkednek el. Olyan OÖH elem nem volt, amely alacsony értéket kapott volna, viszont más, magas potenciálú élőhelyek jelenleg nem részei az övezetnek. Mivel az OÖH övezeti kijelölése is az élőhelyek ökológiai értékességét figyelembe véve, hálózat-elemzés nélkül zajlott, ezért az eredményekkel való összecsengés megerősíti a módszer sikerességét.

7. tézis: A mintaterületeken végzett vizsgálatok igazolták a hálózat-elemzés szükségességét az ökológiai hálózat tervezése során. A hálózat-elemzés segítségével a kapcsolatok, kulcsélőhelyek feltárhatóak, amely így az ökológiai folyosók meghatározásának legfőbb eszköze. Az eredmények kiértékelésével megállapítottam, hogy a három különböző léptékű célfaj alkalmazása mind egyedi szempontokat adott hozzá a hálózat tervezéséhez.

A célfajok hálózatának elemzését a least-cost path módszerrel végeztem, területenként három léptékben, három vagy négy különböző faj igényei alapján, melyek megfelelően reprezentálják az adott mintaterületet. Minden esetben a táji célfaj modellje bizonyult a mintaterületek léptékéhez leginkább alkalmasnak, azonban a nagyobb és kisebb lépték vizsgálata is jelentős információkkal járult hozzá hálózat feltérképezéséhez. A lokális célfajok értékes helyi információkat (kulcsfoltok, lépegetőkövek, szorosabban összetartozó alrendszerek) adtak hozzá a táji hálózathoz. A regionális hálózat-elemzés pedig elhelyezi a táji léptékű területeket a nagyobb rendszerben, ezzel meghatározva azokat a kapcsolódásokat, melyek nagyobb léptékben is fontos útvonalak a területen belül, vagy éppen onnan kifelé irányulnak.

Megállapítottam, hogy a célfajok és kombinációik kiválasztását kiemelkedő körültekintéssel kell elvégezni, ugyanis a bizonyos élőhelyi preferenciák hiánya vagy túlsúlya torzíthatja a hálózatról alkotott képünket és ennek eredményeként egyes élőhelyek teljesen kimaradhatnak a hálózat-modellezésből.

A hálózat-elemzés eredményei egyértelműen körül határolták az élőhelyek közti kapcsolatokat, útvonalakat, és folyosókat, melyek végül az ökológiai folyosók megállapításakor jelentős segítséget nyújtottak. A módszer

gyakorlati alkalmazása, azaz első mintaterületen végzett ökológiai hálózat tervezési példája során megállapítottam, hogy a hálózat-elemzés kihagyhatatlan része az ökológiai hálózat tervezésének, hiszen ez nyújtotta a legfőbb segítséget az ökológiai folyosók meghatározásához és jövőbeli fejlesztési lehetőségeihez.

8. tézis: A környezeti elemek védőzónáinak beemelését ökológiai hálózati kutatások jellemzően nem alkalmazzák, feltárásukkal restaurációs zónák jelölhetőek ki, amely így újszerű eleme a tervezési módszereknek.

A kutatómunka eredményei alapján megállapítható, hogy az ökológiai hálózat tervezését taglaló modellekben a környezeti elemek jellemzően bemeneti adatokként vannak jelen. Védőterületek leggyakrabban a felszíni vizek és ezen belül is inkább a folyóvizek tekintetében szokott előtérbe kerülni ökológiai jelentőségük miatt. A felszín alatti vizek megóvására, illetve konkrét talajvédelmi szempontok integrálására ritkábban látunk példát ökológiai hálózat tervezése során. Emiatt a környezeti elemek, főként a felszín alatti vizek, a talajerózió és a belvizek szempontként beemelése újszerű eleme az általam kialakított modellnek.

A módszer eredményei kimutatták, hogy a környezeti elemek szempontjából legérzékenyebb területek más szempontból is értékesek ökológiailag, így jelenleg is a hálózat részét tudják képezni. A további területek egy része nem helyreállítható (pl. települési területek), ugyanakkor előfordultak olyan területek, melyek rehabilitációja lehetséges, és ennek megvalósulásával nemcsak az ökológiai hálózat kiterjedése lehetne növelhető, hanem a környezeti elemek állapota is javítható volna. Tehát módszer kimutatta, hogy a védőzónák vizsgálatának segítségével az ökológiai hálózat háttérterületei, fejlesztési lehetőségei tárhatók fel.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ LEGFONTOSABB PUBLIKÁCIÓI

Folyóirat cikkek

Virág, Kutnyánszky and Szilvácsku, Zsolt Miklós (2022) “*Landscape planning dilemmas and challenges in designation and management of the ecological network alongside the Tisza River in Hungary.*,” Proceedings of the Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning: Vol. 7: Iss. 1, Article 19. DOI: <https://doi.org/10.7275/c359-5776>

Virág, Kutnyánszky and Szilvácsku, Zsolt Miklós (2023) „Dilemmas in the use and layout of ecological network in Hungary, in: 4D DOI: <https://doi.org/10.36249/4d.67.3728>

Virág, Kutnyánszky and Szilvácsku, Zsolt Miklós (2023): The relationship between landscape management, land use and the ecological network in Nagykörű, Journal of Environmental Geogrphay DOI: <https://doi.org/10.14232/jengeo-2023-44682>

Virág, Kutnyánszky, Ammar Auda, Szilvácsku, Zsolt Miklós (2024): The relationship between the ecological network and the water system in the Carpathian basin - Finding a way for sustainable land use, in Journal of Environmental Geography DOI: <https://doi.org/10.14232/jengeo-2024-45788>

Kutnyánszky Virág, Szilvácsku Miklós Zsolt (2024): Eszközök és lehetőségek az ökológiai hálózat lehatárolására, in: 4D, DOI: <https://doi.org/10.36249/4d.74>

Konferencia kiadványok (full paper)

Kutnyánszky Virág, Máté Klaudia, Dr. Szilvácsku Miklós Zsolt (2021): Ökológiai hálózat madárvédelmi fejlesztése Szekszárd térségében (Georgikon Konferencia, 2021)

Kutnyánszky Virág, Dr. Szilvácsku Miklós Zsolt (2024): Ökológiai hálózatok táji szintű alkalmazásának módszertani megalapozása (Tavaszi Szél Konferencia, 2024) link: http://dosz.hu/url/tszk2024_tanulmánykotet_I

Kutnyánszky Virág, Dr. Szilvácsku Miklós Zsolt (2024): Indikátorfajok kiválasztásának szempontjai ökológiai hálózat tervezéséhez (Tájökológiai Konferencia, 2024) ISBN 978-963-623-117-0

Könyvrészlet

Filepné Kovács Krisztina, Kutnyánszky Virág: Ökológiai hálózatok – Alapfogalmak, in: Filepné Kovács Krisztina és Szilvácsku Zsolt (szerk.) (2024): Ökológiai hálózat és szakpolitikák, ISBN 978-963-623-090-6