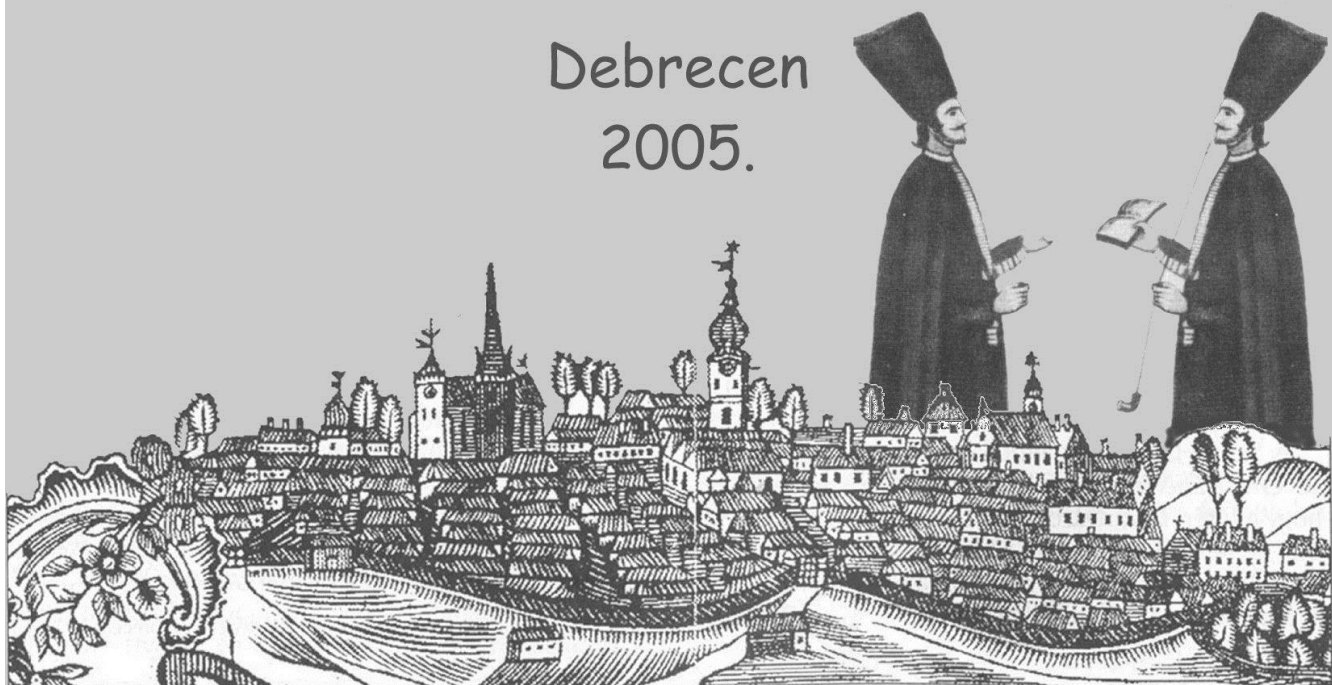




Debreceni Földrajzi Disputa

Disputatio Geographica Debrecina

Debrecen
2005.





Debreceni Földrajzi Disputa

Disputatio Geographica Debrecina

A fenti néven megrendezett tudományos tanácskozáson 2003., 2004. és 2005-ben elhangzott előadások, valamint az akkor kitűzött témakörökhöz kapcsolódó írások.



Debrecen
2005.

A 2003., 2004. és 2005. évi Debreceni Földrajzi Dispután elhangzott előadások és az akkor kitűzött témákhoz kapcsolódó írások.

Szerkesztő: **Dr. Csorba Péter**

Technikai szerkesztő: Bodnár Réka Kata

Borítóterv: Dr. Csorba Péter - Dr. Novák Tibor József

ISBN 963 472 943 6

A kiadvány megjelenését támogatta:

a Debreceni Egyetem Universitas Alapítványa, valamint

a  Tájjelölés és Környezetföldrajzi Alapítvány

Nyomdai munka: CIVIS-COPY Kft., Debrecen

Példányszám: 125

Terjedelem: 225 oldal

Felelős vezető: Kiss László cégvezető

Kiadja: DE, Tájjelölés és Környezetföldrajzi Tanszék,

DE, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék

TARTALOMJEGYZÉK

Szerkesztői köszöntő	7
Szilágyi Zsuzsanna:	11
<i>Összefoglaló az I. Debreceni Disputáról</i>	
Probáld Ferenc:	19
Környezettudomány és geográfia	
Mezősi Gábor:	35
Gondolatok a környezettudomány és a geográfia kapcsolatáról	
Horváth Gergely:	49
<i>Összefoglaló a II. Debreceni Földrajzi Disputáról</i>	
Kertész Ádám:	63
Tájdegradáció és elsivatagosodás	
Rakonczai János - Kovács Ferenc:	79
A szárazodási folyamat értékelése és néhány gyakorlati következménye	
Kerényi Attila:	89
A záporoszerű esők talajerózióra gyakorolt hatása a jelenlegi és a változó klímában	
Czigány Szabolcs - Lovász György:	103
A várható klímaváltozás, és hatása hazánk néhány jelenkori geomorfológiai folyamatára	
Szabó József:	119
A tömegmozgások lehetséges változásai és hatásai klímaváltozás esetén	
Horváth Gergely - Csorba Péter:	131
<i>Összefoglaló a III. Debreceni Földrajzi Disputáról</i>	
Ágoston Csaba:	139
Laboratóriumi mérési lehetőségek	
Szabó Gergely:	143
Mérési lehetőségek fejlődése a távérzékelésben	
Novák Tibor:	151
A vegetáció-változások értékelésének módszertani nehézségei - sziki gyepek vizsgálata alapján	
Szegedi Sándor:	165
Települési hősziget-mérések jellegzetes méretű alföldi településeken	
Kiss Anita:	191
A Tiszaújvárosi és a Mezőcsáti kistérségek tájhasználatának változása történelmi térképeken végzett mérések alapján	
Csorba Péter:	205
A táji felszabdaltság (fragmentáció) mérése	

SZERKESZTŐI KÖSZÖNTŐ

Hogyan is születnek a szakmai ötletek? Van, akinek a dolgozószoba csöndje, a világtól való elvonulás ad ihletet, aki legszívesebben egy lakatlan szigetre költözne a fél könyvtárával, vagy egy szál internet-kapcsolattal. Másoknak a legnagyobb inspiráló erő az eleven diskurzus, apró ötletmorzsáira egy-egy vita hat megtermékenyítő erővel.

Szerencsére a geográfusok ritkán szoktak az íróasztalfióknak dolgozni. A magányosan morfondírozók is igénylik időnként a nyilvánosságot, a többségnek pedig egy-egy szakmai beszélgetés sokáig kitartó alkotói lendületet ad.

Jó húsz évvel ezelőtt a Kárpát-Balkán Geomorfológiai Kommissio eperjesi konferenciájának egyik ebédszünetében Pinczés Zoltán professzorral a városban sétáltunk. Hirtelen odasietett hozzánk egy lengyel kolléga és izgatottan közölte, hogy a délutánra kitűzött előadásában egészen másról fog beszélni, mert az imént korszakalkotó új ötletei születtek. Láthatóan alig bírt a szakmai közlésvágyával, mindenképpen meg akarta osztani gondolatait egy kompetensnek vélt hallgatóval. Mi persze inkább hümmögtünk - valószínűleg nem is értettük pontosan a sajátos német-orosz-lengyel keveréknyelven előadottakat - mire aztán óvatosságunkat láthatóan rossznéven véve csakhamar átpártolt egy szembejövő másik konferencia-részvevőhöz. A délutáni szekcióülésen aztán már szó nem esett a világrengető felfedezésről; úgy látszik másoknál sem talált kellő szellemi támogatásra...

Amikor 2002 őszén felvetődött bennem a mára már három alkalmat megélt rendezvény megszervezésének ötlete, fórumot akartam teremteni mindkét tudós-típus számára. A kész gondolatokkal érkezőknek és a helyszínen improvizálóknak is. Ehhez egy barátságos helyszínt, egy nem nagy létszámú, akár barátinak is nevezhető szakmai társaságot képzeltem el és főleg kellően inspiratív témát, amiért érdemes Debrecenbe jönni, amiért sokan úgy gondolhatják: ez nekem is izgalmas agytorna lehet!

Nem voltam nagyon szerencsés a rendezvény nevének kiválasztásakor. Jobban mondván nem számíthattam arra, hogy alig egy év múlva elindítanak a városban egy elektronikus havi folyóiratot; Debreceni Disputa címmel... Bár valójában nemigen zavarjuk egymás köreit, a kicsit kényelmetlen egybeesés miatt ezután a „mi” disputánkat Debreceni Földrajzi Disputa néven hirdettük meg. Egyébként így megkülönböztettük magunkat a híres debreceni „ősdisputától” is, amelyet a történelem a XVI. századbeli egyházi hitvitákkal kapcsolatban emleget.

A szervezés részleteiről már Szabó József professzorral - a társtanszék vezetőjével - együtt döntöttünk, s a rendezvény gazdájaként is - felváltva - a két tanszéket jelöltük meg.

Ami a három lezajlott Disputa hírnevét illeti, úgy tűnik, ha szerény körben is, de van bizonyos országos ismertsége. Az eleven eszmecsere jelleget az első két alkalommal jobban tudtuk biztosítani, 2005-ben egy kicsit sok volt a bevezető előadás, ami után alig maradt idő a valódi diskurzusra. Az ötlet összességében mégis életképesnek bizonyult, joggal bízunk a folytatásban.

Úgy éreztük, a három alkalom után érdemes egy kis leltárt készíteni, és az Universitas Alapítvány anyagi segítségével megjelentetni az elhangzott vitaindítók egykori, vagy azóta továbbgondolt változatait.

Reméljük, a kötet nyomán sok olvasóban támadnak új ötletek, amelyeket majd meg kíván osztani velünk egy következő *Debreceni Földrajzi Dispután*.

2005. december 1.

Dr. Csorba Péter

A DEBRECENI EGYETEM
Alkalmazott Tájföldrajzi és
Természetföldrajzi Tanszéke, valamint
az MTA DAB Tájföldrajzi Munkabizottsága

MEGHÍVJA
ÖNT ÉS MUNKATÁRSAIT
A

„Debreceni Disputa”

KÖRNYEZETTUDOMÁNYOK ÉS A GEOGRÁFIA
témában megrendezendő tudományos vitailésre

A VITAINDÍTÓ KORREFERÁTUMOKAT TARTJÁK:

Dr. Mezősi Gábor egyetemi tanár
Szegedi Tudományegyetem

Dr. Probáld Ferenc egyetemi tanár
Eötvös Loránd Tudományegyetem

Dr. Fodor István egyetemi tanár
Pécsi Tudományegyetem

A Disputa időpontja: 2003. március 11. 13-17 óra
Helyszíne: a Debreceni Akadémiai Bizottság székháza
Debrecen, Bolyai u. 23.

Az I. Debreceni Disputa Környezettudomány és geográfia

Szilágyi Zsuzsanna

DE, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debrecen

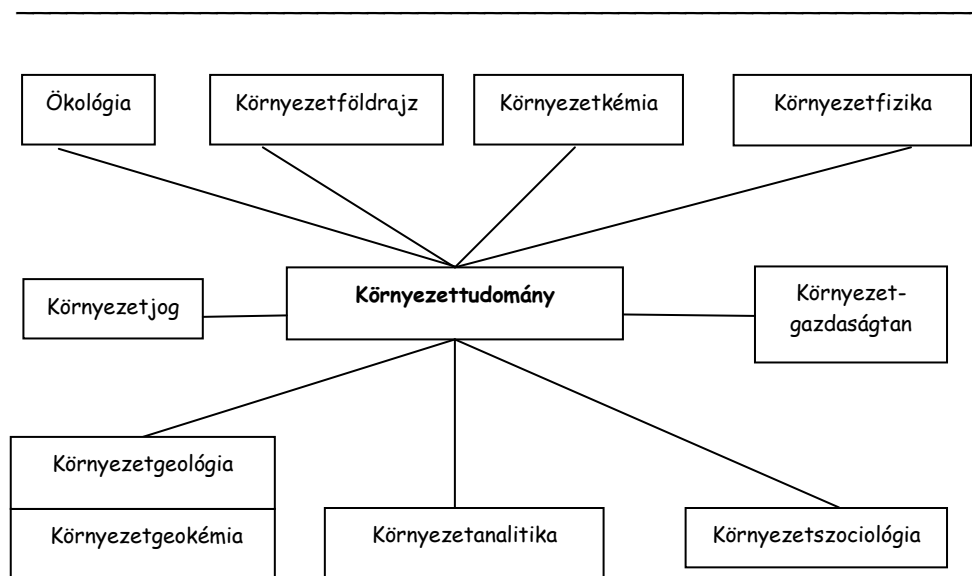
Bevezetés

A Debreceni Egyetem két földrajzi tanszéke **2003. március 11-én**, az MTA területi bizottságának székházában **Debreceni Disputa néven vitaülést rendezett.**

A vitaülésen előbb három bevezető előadás hangzott el; **Dr. Mezősi Gábor** a tudományok rendszere, **Dr. Probáld Ferenc** az oktatás, **Dr. Fodor István** pedig a társtudományok oldaláról igyekezett körüljárni a témát.

A vita fő vonulata

Mezősi Gábor szerint a **környezettudomány** - amelyet képviselői a környezetvédelem alaptudományának tartanak - **szintetizálásra való törekvés** eredményeként jött létre, és integrálni igyekszik természettudományokat, társadalomtudományokat, matematikát, statisztikát, technológiát, üzleti és gazdálkodási ismereteket, jogot, etikát, filozófiát, vallást és esztétikát. Azaz mindezekből azokat a részterületeket, amelyekkel magyarázhatók ill. orvosolhatók a környezetvédelmi problémák. Mára azonban **a fenti tudományok környezeti kérdésekkel foglalkozó részei** sorra **önálló szakterületként** is definiálták magukat. Így a környezettudományt a környezetföldrajz, környezetkémia, környezetfizika, környezetgazdaságtan, környezetszociológia, környezetanalitika, környezetgeokémia, környezetgeológia, környezetjog és az ökológia szintéziseként is értelmezhetjük (*1.ábra*).



1. ábra: A környezettudomány részterületei

A vitában **Papp-Váry Árpád** arra mutatott rá, hogy a környezet jelzőt sokan reklámfogásként használják, amelynek révén gyorsan el akarják adni árujukat (kutatási eredményeiket). Még egyes geográfiai doktori iskolák is elgondolkodtak, nem lennének-e sikeresebbek, ha átneveznék magukat környezettudományi doktori iskoláknak!

A szóban forgó két szaktudomány viszonyát talán pontosabban meg tudjuk határozni, ha előbb megkíséreljük megállapítani a környezettudomány és a geográfia központi kérdését. Mire is irányul tehát a környezettudomány figyelme?

Mezősi Gábor úgy látja, hogy az említett rendkívül heterogén szakmai háttérrel rendelkező **környezettudomány** erre a kérdésre egyelőre nehezen tud válaszolni. Talán **az ember és környezete** kapcsolatával foglalkozó **humánökológia adja a magterületet?** A fő érdeklődési terület meghatározásánál Mezősi Gábor szerint nagyobb biztonsággal állíthatjuk, hogy a környezettudomány - legalábbis jelenleg - nem képes önálló, feladatorientált kutatási munkára. Inkább **integratív szakterületnek** tekinthető. Ez részben annak tulajdonítható, hogy a környezettudomány még csak az **ismeretfelhalmozó fázisban van**. Még hiányoznak a minőségi előrelépést meghatározó nagyívű elméletek, azaz még nem történt meg a paradigmaváltás, amely

által világosan elkülönülhetne az említett tucatnyi környezeti kérdéssel foglalkozó szakterületről.

Ezzel ellentétben az **ember és környezet kapcsolatának** kutatása a klasszikus geográfiának kezdetek óta központi, ún. magproblémája volt. Ma viszont sajátos módon, azt tapasztalhatjuk, hogy **éppen a földrajz távolodott el ettől az irányvonalról**, míg a határtudományok egyre erőteljesebben, mélyrehatóbban vannak jelen. Emiatt a geográfia jelenlegi önmeghatározásának súlyos gondja, hogy **tradicionális magterületére más tudományok is behatolnak**.

Szabó József ehhez hozzátette, hogy a földrajz tudománytörténete több identitásválságos időszakot ismer. A **geográfia** azonban épp most találhatná meg igazán a helyét, mivel a kompetens tudományok közül egyedül, **teljes egészében környezettudomány**, már Sztrabón óta! A környezettudomány más tudományterületekhez tartozó képviselői a geográfiának a valódi kompetenciáját vonják kétségbe, mondván, a domborzat kivételével egyetlen környezeti tényezővel kapcsolatban sem kizárólagosan illetékes. **Kerényi Attila** környezettanra vonatkozó definíciója ennek ellentmond: „a környezettan földrajzi szemlélettel az ember és csoportjai, a társadalom földrajzi környezete vizsgálatával foglalkozó összetett tárgykörű, szintetizáló tudomány”. A környezettudományi problémák felől nézve tehát a geográfiai látásmód nagyszerű adottság, amit aligha vitathatóan ennyire komplex módon egyetlen más klasszikus tudomány sem képvisel, azt azonban el kell ismerni, hogy a hagyományos geomorfológiai kutatások jelentőségének csökkenésekor a geográfia a felszínalaktant nem tudta egy másik hasonló súlyú szintetizáló szakterülettel felváltani. Egy kicsit „szétfutott alólunk” a geográfia hagyományos tárgya és nem tudtuk elég határozottsággal átváltani az ember és környezet témára. Hagytuk, hogy mások vegyék át a kezdeményezést - ökológusok, szociológusok, informatikusok!

Csorba Péter és **Kevei Ferencné** egyik megújulási lehetőségként a **tájökológiát** javasolta, amelynek feladata a **táj szintű anyag- és energiafolyamatok bemutatása**. Szépséghibája ugyanakkor, hogy ehhez még hiányzik a szintézis egzakt (matematikai) háttere. Valójában nem tudunk táji szintű

anyag- és energiaáramlási mérlegeket adni, ismereteinket még mindig a kistájkataszter statikus adathalmaza jellemzi. Az átalakult táji környezet ökológiai mozgásainak jellemzése minőségi előrelépést jelentene a földrajzi környezet szintetizáló kutatásában.

Probáld Ferenc véleménye az, hogy az **antropogén geomorfológia** nélkülözhetetlen a környezettudomány számára, tehát egy másik kitörési pont lehetne, továbblépés a hagyományos geomorfológia útján. Itt a Debreceni Egyetem úttörő szerepét kell kiemelni, ahol elsőként indultak be az antropogén geomorfológiával foglalkozó kutatások.

Az elhangzottak ellenére **Mezősi Gábornak** az a véleménye, hogy a geográfiának nem szabad feladni az **ember és környezete kapcsolat** vizsgálatát, ez kell, hogy legyen a **szintézis új célpontja**. **Probáld Ferenc** szerint a geográfusnak nem feltétlenül kell a környezettudomány teljes szintézisére törekednie, **megcélozhat részkérdéseket** is, pl. egy adott táj sebezhetőségének, ember által befolyásolt környezeti állapotának összegzését, vagy az ökológiai lábnyom kérdését.

Szabó József szerint a geográfiában a szintézisalkotás csúcsát valószínűleg A. v. Humboldt képviselte és annak ellenére, hogy soha nem vallotta magát geográfusnak, a táji szintézist a maga korában a legnagyobb sikerrel tudta megvalósítani. A szintézis kérdése egyébként a földrajztudomány állandó küzdelme, mivel annak tárgyához számos tudomány járul hozzá, amelyek örökösen számon kérik majd a geográfia által elkövetett „határsértéseket”. Márpedig ez a talajtantól a szociológiáig kalandozó adatgyűjtés nélkülözhetetlen ahhoz, hogy a **földrajz** sikerrel teljesítse az őt jogosan megillető feladatát, **az ember és környezet konfliktusainak magyarázatát**.

Gábris Gyula szerint sajnos úgy tűnik, hogy a geográfusnak egyszerűen **hosszabb „tanulási idő”** - 15-20 év (!) - szükséges a megfelelő mélységű szintézis eléréséhez. Ugyanakkor a többi természettudományban ez az idő rövidebbnek tűnik, így az eredményesség, gyors reagálás terén szakmánk eleve bizonyos hátrányba kerül. A geográfia komplex szemlélete bizonyos módszertani előnyt biztosít, de az eredmények felmutatása csak nehéz szakmai érdekvédelem, territórium-vita árán

sikerülhet. Ma, amikor a tudományok piacképessége szinte előfeltétele az érdekérvényesítésnek, nincs a kezünkben egy olyan ismeretanyag, amit bármikor becserélhetnénk a hiányzó adatokra.

A geográfia kompetenciája a környezettudományban tehát vitathatatlan, hiszen egyrészt eleve szintetizáló tudomány - természet- és társadalomföldrajz - másrészt, ahogy azt **Fodor István** előadásában hangzott a környezetvédelem számos eleme csak **regionális térszervezésben** kezelhető. Márpedig a területi realitás - akár tájnak nevezzük akár nem - egyértelműen alapvető geográfiai kérdés. Fodor István szerint a környezetvédelem még adós regionális stratégiájának tudományos kidolgozásával, és ebben is lépni kellene a geográfiának, még mielőtt mások teszik meg ezt!

Probáld Ferenc vitaindító előadásában arról beszélt, hogy bár a környezettudomány kutatási feladatai jórészt egybecsengenek a geográfia fő vizsgálati céljaival, ennek ellenére a kutatásokba - az ő meglátása szerint is - csak szerény résztvevőként kapcsolódott be. Ehhez három tudományfejlődési periódus is hozzájárult:

- a) A 20. század első évtizedeiben az amerikai geográfia imázsát a **szélsőséges földrajzi determinizmus** csorbította.
- b) Az 1950-es évektől túlságosan eluralkodott a térbeliség (spatializmus) vizsgálata. A geográfia főleg **társadalmi tértudományként** való értelmezésének hívei pedig kevés érdeklődést mutattak a környezeti problémák iránt, és marginális helyzetbe szorították a természetföldrajzot. Ez már önmagában véve is beszűkítette a földrajzi környezetkutatás lehetőségeit.
- c) Az egykori Szovjetunióban dogmává rögzült **„földrajzi nihilizmus”** - ami tagadta, hogy a természet hatást gyakorol a társadalmi fejlődésre - merev válaszfalat

emelt a természeti és a gazdasági kérdésekre szorító társadalmi földrajz közé, és még az 1970-es években is igyekezett elkendőzni a környezeti károkat, és visszafogni az ezek feltárására irányuló kutatásokat.

„**A természet- és társadalomföldrajz között fennálló szakadék** sajnálatos módon napjainkban is tovább él az oktatásban és a kutatásban egyaránt, olyan terhes örökséget képezve, amelyet úgy őrzünk, mint valami relikviát, holott úgy kellene kidobnunk a hajónkból, mint valamiféle ballasztot” - mondta **Probáld Ferenc** Ez egyrészt azzal magyarázható, hogy a **tértudományi irányzat túl hangsúlyosan, míg a természetföldrajzzal való együttműködés készsége túl gyengén van jelen a mai társadalomföldrajzban.** A vita későbbi szakaszában többen vitatták, hogy a geográfia tértudomány jellegét ennyire negatívan kellene megítélni.

Többen is felvetették azt a problémát, hogy mind a természet-, mind pedig a társadalomföldrajzon belül (pl. választási földrajz, marketing földrajz) nagyon markánsan jelentkezik a **redukcionizmus, azaz az ágazatokra bomlás.** Ez pedig gyengítette, gyengíti a geográfia magterületének védelmét. **Kerényi Attila** hangsúlyozta, hogy bár a tudományok fejlődésének általános útja a specializálódás, a differenciálódás, nem lenne szabad megengedni, hogy ez a földrajzzal is megtörténjen, hiszen a geográfus kompetenciája a környezettudományban éppen a **szintézis.**

Probáld Ferenc mégis optimista a hazai geográfia jövőjét illetően, és lát esélyt arra, hogy az végre hagyományaihoz illő helyet foglaljon el a környezettudományok között.

Martonné Erdős Katalin, Horváth Gergely és Lóki József rövidebb hozzászólásai elsősorban a kérdés oktatási aspektusát érintették, de ezt a részterületet a Disputa nem tudta eléggé körüljárni.

A vitaülés következtetései

A vita résztvevői tehát egyetértettek abban, hogy a geográfiának - komplex látásmódja révén - igenis van kompetenciája a környezettudományban. Szükség van azonban bizonyos szakmai megújulásra ahhoz, hogy a földrajz a környezettudományban elfoglalhassa tradíciójánál fogva megillető helyét. Egy ilyen „környezetérzékenyebb geográfia” legfontosabb feladatait és egyben a **disputa eredményeit** az alábbiakban összegeztük:

- a) A fiatal nemzedéknek is esélyt adó kilábalás legfontosabb éltetőereje a szándék, amelyhez új, a humánökológiát támogató, szintetizáló értékrendet kell elfogadnia a geográfiának.
- b) A környezettudományon belül versenyeznünk kell az erőforrásokért (létszám, támogatás stb.), amelynek egyetlen célravezető módja a kooperáció.
- c) Elengedhetetlen a kutatási témák koncentrációja.
- d) A hazai mellett nélkülözhetetlen a nemzetközi szakirodalmi megjelenés is, amely elsősorban a fiatalabb generáció, nagy kihívást jelentő feladata.
- e) Küzdeni kell a földrajztanítás presztízsének csökkenése ellen, hiszen az utánpótlás nem megfelelő felkészültsége az egész tudomány jövőjét beárnyékolhatja.
- f) Kívánatos a földrajz fokozott integrációja, mind a kutatásban, mind pedig az oktatásban.
- g) Meg kell szüntetni a geomorfológia túlsúlyát a természetföldrajzi kutatásokon belül.

- h) Szükséges továbbá a természet- és társadalomföldrajz közötti kapcsolat elmélyítése, amely mindkét oldalról komoly szándékot és elkötelezettséget kíván.
- i) Meg kell szüntetni a földrajzkutatások hazai keretek közé szorítottságát, nagyobb figyelmet kell fordítani a globális problémák kutatására.

A Debreceni Disputa résztvevői úgy vélik, hogy mindezek megvalósulásával a földrajz - egyetlen, természet- és társadalomtudományi aspektusokat egyaránt magába tömörítő diszciplínaként - előkelő helyet vívhatna ki magának az egyelőre túlságosan is szétaprózott környezettudományok között, illetve vezető szakterülete lehetne a jövőben kialakuló valóban elkülönült, önálló környezettudománynak.

Környezettudomány és geográfia

Dr. Probáld Ferenc

ELTE, Társadalom- és Gazdaságföldrajzi Tanszék, Budapest

*„A földrajzi tudomány elsősorban
mindenkor az volt, amit annak
tartottak”. Teleki Pál (1917)*

Bevezetés

Amit a 19. században még csak néhány messze előrettekintő gondolkodó sejtett, az a 20. század utolsó harmadára nyilvánvalóvá vált: az emberiség lélekszámának és gazdasági aktivitásának példátlan növekedése világméretű környezeti válságot idézett elő, amelynek kezelésére, a várható katasztrofális következmények elhárítására vagy enyhítésére hosszú távon egyre nagyobb anyagi és szellemi erőforrásokat kell mozgósítani. A környezetvédelem gyorsan bővülő tevékenységi rendszerének megalapozásához egész sor különböző szaktudomány módszereire és ismeretanyagára van szükség; így bontakoztak ki azok a természet- és társadalomtudományi részterületek, amelyeket az interdiszciplináris, szintetizáló jellegű - egyesek szerint azonban teljesen új szakterületnek minősülő - környezettudomány foglal keretbe (KERÉNYI A. 1995). A tudományágak amúgy is szinte áttekinthetlenné vált rendszerét tovább bonyolítja, hogy különböző, speciális feladatok megoldására szerveződött kutatói közösségek célszerűnek látják új, hangzatos nevű diszciplinák lobogói alatt szállni harcba a pénzügyi források és akadémiai pozíciók megszerzéséért. A szakfolyóiratok hasábjain - különösen az USA-ban - felbukkanó új „tudományok” (pl. sustainability science, vulnerability science, environmental-change science, earth system science) nevét - szerencsére - alig-alig lehet magyarra fordítani. Annyi azonban bizonyos, hogy a hagyományos szaktudományoknak egyre keményebb versenyben kell helytállniuk, és feladatkörüket - már

csak létjogosultságuk igazolása végett is - időről-időre újragondolniuk. Fokozottan vonatkozik ez a geográfiára, amelynek számára a környezeti problémakör térnyerése roppant nagy távlati lehetőségeket ígért, de ezekből eddig a kelleténél jóval kevesebbet sikerült valóra váltania. Az elszalasztott lehetőségek és a vele járó tekintélyvesztés okait a földrajztudomány 20. századi történetében kell keresnünk.

A földrajztudomány irányzatai: történeti háttérvázlat

Az egyes tudományterületeken folyó tevékenység tárgyát és módszereit jelentős mértékben a kutatás különböző - egymással versengő vagy egymást szervesen kiegészítő - irányzatai határozzák meg. Pattison, W. D. (1964) az angolszász szakirodalomban sokat idézett tanulmánya négy olyan hagyományt (irányzatot) különböztet meg, amelyek a modern geográfia történetét végigkísérik (1.táblázat).

1. táblázat: A modern földrajztudomány irányzatai különböző szerzők szerint

Forrásmű	Az irányzatok elnevezése			
Pattison, W. D. (1964)	Spatial tradition	Man-land tradition	Area studies tradition	Earth science tradition
Kovács Cs. (1966)	Elterjedéstani irányzat	Kapcsolattudományi irányzat	Tájirányzat	-
Haggett, P. (1972, 2001)	Spatial approach, spatial analysis	Ecological approach, ecological analysis	Regional approach, regional complex analysis	-
Turner, B. L. (2001)	Spatial-chorological identity	Human-environment identity		-

Ezek közül az első, teljes mértékben természettudományi tradíció a humboldti **egyetemes földtudományból** ered, és a geográfián belül világszerte gyorsan halványuló elméleti-szellemi öröksége leginkább még a „tisztá” geomorfológiában maradt fenn. A **kapcsolattudományi irányzat** szerint a földrajz központi feladata a természet és a társadalom közötti kölcsönhatások vizsgálata, amit először - még determinista egyoldalúsággal - Ritter, majd Ratzel munkássága állított a figyelem középpontjába. Minthogy az említett kölcsönhatások konkrét térbeli egységek (tájak, régiók, országok stb.) keretei között nyilvánulnak meg, a kapcsolattudományi megközelítés a **tájiránnyal** jól összeegyeztethető.

Jóval markánsabban különül el az eddigiektől a **tértudományi-térelmezési tradíció**, amely Hettner tudományrendszertanán és a kanti filozófiában gyökerező térelméletén alapul; eszerint a földrajztudomány lényege a dolgok, jelenségek elhelyezkedésének, elterjedésének megoszlásának, mozgásának a vizsgálata.

A földrajztudomány a 20. századi történetének meghatározó vonása az egymással közös elméleti alapvetés híján nehezen összebékíthető kétféle - környezeti-kapcsolattudományi és tér,- ill. elterjedéstani - identitás versengése volt (TURNER, B. L. 2001), amelynek paradigmaváltásként megélt fordulatai a környezeti problémakör kutatása szempontjából időben kedvezőtlenül alakultak.

A 20. század első felében széles körű egyetértés jött létre a geográfusok között abban, hogy a földrajztudomány központi feladata a komplex módon értelmezett **tájak** vizsgálata és a bennük megnyilvánuló ok-okozati összefüggések, kölcsönhatások feltárása. A geográfia betetőzésének, „koronájának” a természeti és társadalmi tényezők átfogó szintézisére törekvő regionális földrajzot tekintették, míg hozzá képest a gyorsan szaporodó ágazati diszciplínáknak csupán előkészítő, bevezető szerepet tulajdonítottak, sőt számos kutató - a szétaprózódás fenyegető veszélyét látva - ezeket a földrajzon kívülre, a

társtudományok közé utalta. A nemzetközi szinten kialakult konszenzushoz jól illeszkedett a magyar földrajztudomány vezető teoretikusainak felfogása is. Teleki Pál (1917) szerint a földrajznak „a táj szervességében, individualitásában, egyszerűségének értékében sajátos tárgya van.” Mendöl Tibor (1947a) így írt: „A földrajz végső feladata mai felfogásunk szerint a tájak és a belőlük összetevődő egész földfelszín életének és arculatának magyarázó leírása.”

A 20. század elejének kiváló geográfusai, - Schlüter, Brunhes, Vojejkov és követőik - az emberföldrajz égisze alatt megkezdték annak rendszeres számbavételét is, miképpen hat a társadalmi tevékenység a (természeti) környezetre; eközben a romboló, pusztító tájhasználat számos példáját gyűjtötték össze. Munkájuk nyomán tág teret kapott az ember által gyökeresen átformált mőtájak (kultúrtájak) kutatása. Mendöl Tibor (1947b) szerint „a mai emberföldrajz... nem a természeti környezetnek az emberre gyakorolt hatásaiban látja vizsgálatának főtárgyát, hanem sokkal inkább foglalkozik ennek a hatásnak a fordítottjával: az ember tájformáló tevékenységével, helyesebben ennek a tevékenységnek is főleg az eredményével, a mőtájjal.”

Ebből az **elméleti alapvetésből** kiindulva talán csak egy lépés hiányzott ahhoz, hogy a földrajz az 1960-as, 1970-es évek szemléleti forradalmának aktív résztvevője, a környezetvédő gondolkodás zászlóvivője legyen. Ez a lépés azonban elmaradt. A Kaliforniában Sauer irányításával utóvirágzását élő, az 1950-es években már globális összefoglaló mű megalkotásáig jutó emberföldrajzi (kultúrtáj-morfológiai) iskola és a 20. század derekán német földről útjára induló tájökológia nem talált egymásra. A kapcsolattudományi irányzatot a legrosszabbkor szorította perifériára a földrajzon belül hegemon helyzetet kivívó tértudományi paradigma.

Az amerikai - majd nyomában a nyugat-európai - földrajztudományban az 1950-es évektől fogva egyeduralkodó **spatializmus** a térbeliséget emelte a geográfia kizárólagos

principiumává. Ennek nyomán a korábban megindult **ágazati elaprózódást tematikus szétforgácsolódás tetézte**; a térbeliség szempontjából ugyanis elvileg bármely tárgy (pl. a karsztos formák elterjedése, a bűnözés gyakorisága, a pártszimpátiák és a választói magatartás vagy a bevásárlóközpontok telepítése) tanulmányozható. A parttalanná válás veszélyét alig enyhítette a spatializmus egyik élharcosának, P. Haggett-nek (1972) az az elgondolása, hogy a földrajztudomány érdeklődési körét a jelenségek nagyságrendje szerint a 100 m-től 10000 km-ig terjedő sávban kellene behatárolni. A geográfia tértudományként (főként társadalmi tértudományként) való értelmezése teljesen háttérbe szorította a regionális és tájföldrajzi kutatásokat, sőt - különösen az Egyesült Államokban - a természetföldrajzot is marginális szerepre kárhoztatta; a környezeti problémakörhöz kapcsolódó vizsgálatok lehetősége már csak ezért is erősen beszűkült.

A tértudományi koncepció visszaszorultával az 1980-as évek közepe óta a geográfia un. **posztparadigmatikus állapotba** került (MÉSZÁROS R. 2000). A földrajz széthullásának veszélyét felidéző spatializmus után a nagyfokú nyitottság és sokszínűség korszaka köszöntött be, ám a témék egymásnak is ellentmondó - jobbra társadalomföldrajzi - irányzat színrelépését a tudományterület jövője szempontjából nehéz lenne örvedetesnek minősíteni. A földrajz márkanéve divatos címkévé vált: ma már majdnem mindennek, sőt hovatovább mindenkinek megvan a maga „geográfiája”. Ráadásul különböző - gyakran csak névleg geográfiai - irányzatok az ugyancsak részeire bomló, egységes ontológia vagy episztemológia felépítésére immár képtelen filozófiában kerestek maguknak elméleti támaszt, vagy az objektivitás igényét félretéve politikai áramlatok szolgálatába szegődtek. Így kapcsolódtak egyesek Gadamer hermeneutikájához, Giddens strukturalizmusához, Popper kritikai racionalizmusához vagy különböző posztmodern filozófusok doktrínáihoz, és így írhatták zászlajukra más irányzatok a „marxista”, a „radikális”, a „kritikai”, a „humanisztikus” vagy éppen a „feminista” jelzőt - hogy a szétaprózódás egyéb jeleiről ne is beszéljünk. Ugyanakkor bőven vannak kedvező fejlemények is.

A nemzetközi szakirodalomban szaporodnak a geográfia két fő ágának közeledését sürgető hangok (pl. COSGROVE, D. 1985; ABLER, R. F. 1993; MASSEY, D. 2001). Világszerte megélénkültek a természet és társadalom kapcsolatára irányuló, a környezetvédelem céljait szolgáló, önálló részterületté szerveződő kutatások (ecogeography, environmental geography, környezetföldrajz), s ezekben egyre többen ismerik fel a **jövő geográfiájának elméleti és gyakorlati - munkaerőpiaci - szempontból egyaránt legfontosabb vonulatát** (pl. HOLT-JENSEN, A. 1999; GREGORY, K. 2000, 2001; CASTREE, N. 2004).

A felszínaktantól a környezetföldrajzig

Hazánkban a geográfia fejlődése a 20. század második felében több ponton is különbözött a nemzetközi tendenciáktól; az eltérések egy része kedvező, másik része viszont kifejezetten hátrányos volt, sőt helyel-közzel még ma is visszahúzó hatása van a környezetföldrajz kibontakozása szempontjából.

Magyarországon az 1940-es évek végén a tudományos életet szovjet mintára szervezték át; ennek megfelelően még a közoktatásban és az egyetemi képzésben is élesen különvált egyfelől a természeti, másfelől pedig a társadalomföldrajz örökébe lépő gazdasági geográfia. A politikai fordulat nyomán a társadalomföldrajz több jeles tudósának pályája derékba tört, mások a tudományos élet peremére szorultak. A földrajzi kutatóműhelyek vezető pozícióit így jobbára természeti geográfusok töltötték be, s ennek folytán a természetföldrajz helyzete a tudomány és a felsőoktatás intézményrendszerén belül jóval szilárdabb maradt, mint Nyugat-Európában vagy a tengerentúli országokban.

A természetföldrajzon belül különösen előremutató fejlemény volt a társadalmi-gazdasági szempontú tájértékelés elméleti és módszertani alapjainak kimunkálása (MAROSI S. - SZILÁRD J. 1963; MAROSI S. 1981) és ennek nyomán a - mindmáig befejezetlenül maradt - „Magyarország tájföldrajza” sorozat

köteteinek fokozatos szemléletváltása, tematikus gazdagodása. A legfontosabb lépést azonban a tájökológia meghonosodása és a környezetvédelem szolgálatába állítása jelentette; ebben a debreceni egyetem alkotó műhelye múlhatatlan érdemeket szerzett. Itt - elsősorban Kerényi Attila munkássága révén - olyan nagy ívű, koncepciózus művek jöttek létre, amelyek a részletekbe vesző redukcionizmussal szemben a holisztikus látásmód s a szintézis magasabb rendű értékeit mutatták fel, s ezzel végre a geográfia határain túl is komoly ismertséget és elismerést vívtak ki tudományunk számára.

Az említett sikerek azonban jórészt a legutóbbi másfél évtizedhez köthetők. Ebben közrejátszik, hogy a környezet védelme és az ehhez szükséges, friss szemléletű alapkutatások nagy késéssel kerültek a hazai tudománypolitika prioritásai közé; a pártállami rendszer ugyanis inkább a környezeti problémák elkendőzésében, mintsem orvoslásában volt érdekelt. Az 1970-es évektől lassanként bővülő környezet-tudományi kutatásokban a természetföldrajz mégis elsősorban saját belső fogyatékoságai miatt nem tudott intézményi háttéréhez és lehetőségeihez méltó helyet elfoglalni. A visszahúzó tényezők legfontosabbika mindmáig a **hagyományos felszínalaktan túlsúlya**, amely a természetföldrajz humán erőforrásainak túlságosan nagy hányadát köti le, és a jelen kérdéseire összpontosító geográfiától már-már elszakadva számos - egyébként talán értékes - kutatási eredményével voltaképpen a geológia segédtudományává lett. Még mindig eleven az 1950-es évek tájfelfogásában és merev dualizmusában gyökerező kísértés is, amely a természeti geográfusokat az **antropogén és természeti-antropogén folyamatok negligálására vagy alábecsülésére** ösztönzi, és érdeklődésüket gyakran teljesen öncélú kutatások irányába, a természet és társadalom kölcsönhatásai szempontjából közömbös (pl. geológiai, morfogenetikai, morfometriai) problémák felé tereli. Ennek a szemléletnek az eredményei a ma már teljesen anakronisztikus **„tisztá” természetföldrajzi tájjellemzések**, amelyekkel egyébként sikeres, korszerű művekben (pl. Pannon Enciklopédia) is találkozunk, valamint a regionális természet- és

társadalomföldrajzi kurzusok - tanrendi kövületnek számító - kettéválasztása az egyetemi képzésben.

Ami a hazai társadalomföldrajzot illeti: a szovjet típusú gazdasági geográfia művelői és az utóbb népszerűvé váló, a mennyiségi módszerek alkalmazásában jeleskedő tértudományi paradigma hívei általában kevés érdeklődést mutattak a környezeti problémák iránt. Sokáig kivételnek számított Enyedi György (1972) rendkívüli fogékonysága, amellyel a társadalom és a földrajzi környezet viszonyának korszerű értelmezését megfogalmazta, és a továbbiakban az erre vonatkozó kutatásokat előmozdította. Újabban viszont már számos tanújele van annak, hogy a környezeti kihívásból eredő igények a társadalomföldrajzban is visszhangra találnak; példaként utalhatunk Bora Gyula és Korompai Attila (2001) összefoglaló művére a geográfia és a környezeti gazdaságtan határmezsgyéjéről, Berényi István (2001) írásaira a kultúrtájak jelentőségéről vagy a Csatári Bálint (2001) által a Tisza-vidéken végzett komplex szemléletű kutatásokra. Eleddig a leghatározottabban talán mégis Erdősi Ferenc (2001) sürgette a társadalom- és gazdaságföldrajz gyökeres szemléletváltását, az emberi környezet iránti fokozott felelősségvállalását. Mindez fölveti a természet- és társadalomföldrajz közeledésének, szorosabb együttműködésének szükségességét, másrészt a földrajz és a környezettudomány közötti viszony egyértelmű tisztázását igényli.

A geográfia és a környezettudomány kapcsolatát vizsgálva két, egymástól markánsan különböző álláspont fogalmazható meg:

- a) Mészáros Ernő (2001) meghatározása szerint a környezet „az élő szervezeteket körülvevő élő (bioszféra) és élettelen (légkör, talaj, hidroszféra) földi tartományok együttes rendszere”, az általa új, önálló diszciplinának tekintett környezettudomány pedig „az emberi tevékenység és a környezet kapcsolatának, és általában a környezeti törvények megismerésének a tudománya.” A Környezet- és Természetvédelmi Lexikon

(2002) definíciója ezzel lényegében megegyezik; hangsúlyozza, hogy a környezettudomány kutatási területe az összes földi szférára kiterjed, s azok összefüggéseire, kölcsönhatásaira különösen nagy figyelmet fordít. A környezettudomány vizsgálódásainak tárgya tehát megfelel annak, amit a geográfusok régóta „földrajzi burok” néven emlegetnek, feladata pedig egybeesik a természetföldrajznak az 1990-es évek diszciplína-vitáiban kikristályosodott, a kapcsolattudományi irányzathoz levezethető célkitűzésével. Mindebből **elvileg** a földrajz (pontosabban a természetföldrajz), valamint a (szűkebb értelemben vett) környezettudomány **lényegi azonossága** következik.

b) Minthogy a geográfiának a környezettudományon kívüleső kutatási hagyományai is vannak (v.ö. tértudományi irányzat), továbbá szervezeti és szellemi erőforrásai nyilvánvalóan távolról sem elegendőek a környezettudomány teljes spektrumának lefedéséhez, a **pragmatikus álláspont** szerint **csak egyike lehet azoknak a szaktudományoknak**, amelyek - részlegesen - az interdiszciplináris jellegű környezettudomány kereteibe illeszkednek. E vonatkozásban különleges, kedvező adottság, hogy a földrajz összekötő kapocs a természet- és társadalomtudományok között. A geográfusok főleg a rendszer-szemléletű, az élettelen természet, az élővilág és a társadalom kapcsolatrendszerét komplex módon elemző **tájkutatásaikkal** (KERÉNYI A. 1995), valamint az alkalmazási célhoz igazodó léptékű és mélységű **szintézisek** alkotásával járulhatnak hozzá a környezettudomány fejlődéséhez.

A földrajztudomány szellemi potenciálját minél nagyobb mértékben a társadalom, sőt az egész emberiség jövője szempontjából **releváns kérdések megoldására** kellene összpontosítanunk, ami egyrészt **erkölcsi kötelességünk**, másrészt szakmánk tudományos közéleti és munkapiaci pozícióját is javítaná. Ám ehhez a geográfia művelésében és képzési

programjaiban határozott változtatásokra, a már régebben megindult, kedvező folyamatok felgyorsítására lenne szükség. A múlt tapasztalatai azt mutatják, hogy nagy horderejű változások - paradigmaváltások - egy-egy diszciplinán belül aránylag rövid idő alatt is végbemehetnek, ha azok szükségességét a szakma művelőinek többsége felismeri. Ez persze nem megy viták nélkül; az előrevívő eszmecsere ösztönzése végett igyekszem a magam elképzeléseit a teendőkről - a teljesség igénye nélkül, a gyakorlati részleteket olykor mellőzve - az alábbi tézisekben felvázolni.

Tíz tézis a geográfia tennivalóiról

1. Bár manapság a legfontosabb kutatási feladatok megoldása - kivált a környezettudomány körében - több szakterület képviselőinek szervezett együttműködését kívánja meg, az **interdiszciplinaritás értelemszerűen a diszciplinák létét, nem pedig azok megszűnését feltételezi**. Ahhoz, hogy a geográfia elismert(ebb), eredményes(ebb), aktív(abb) résztvevője legyen az interdiszciplináris kutatásoknak, mindenek előtt saját szaktudományunk **intézményi megerősítésére** van szükség.
2. Jóllehet a különböző diszciplinák közé egyre kevésbé húzhatók éles választóvonalak, egy adott szaktudomány intézményes létét mégis az illetékességi körére vonatkozó **belső konszenzus és külső vélekedés** együttese határozza meg. A tudományrendszer-tani kategóriák viszonylagos állandóságát az említett két tényező **összhangja** biztosítja, ennek megbomlása pedig az adott diszciplina létjogosultságának megkérdőjelezéséhez vezet (WIRTH, E. 1979). Ha a geográfusok nem alkotnak általánosan elfogadott, a **közvélemény számára is érthető, hiteles képet** saját szaktudományuk tárgyáról és feladatköréről, akkor önnön jövőjüket teszik kétségessé.

3. Beluszky Pál (1989) nevezetes „magánjelentésétől” Csorba Péter és Mezősi Gábor (1995), ill. Mezősi G. (2001) helyzet- és jövőképig a magyar geográfia minden alapos elemzése arra a következtetésre jutott, hogy a földrajz valamennyi ágának hatékony műveléséhez, sőt a kellő érdekérvényesítő képesség eléréséhez is hiányzik a „kritikus tömeg”. Ezen a helyzeten valamelyest enyhíteni fog a geográfusképzés és a doktori iskolák működése, amennyiben sikerül a fiatal diplomások megfelelő elhelyezkedését biztosítani, és bennük a **szakmai összetartozás** érzését fenntartani. Mindenképpen indokolt lenne azonban szaktudományunk erősen szétforgácsolt **intellektuális erejének egyesítése**, a széttartó irányzatok összefogása, a túl széles kutatási spektrum szűkítése, főként pedig a **természet- és társadalomföldrajz közötti szakadék** minél több ponton történő **áthidalása**. Ehhez a környezeti problémakör számos közös kutatási témát kínál (pl. eltartóképesség, fenntartható fejlődés, „ökológiai lábnyom”, kultúrtáj-védelem). Szemléletformáló jelentősége lehet a (természetföldrajzi) tájjellemzés és a regionális földrajz felsőoktatási **tantervi integrációjának** s az ebben a szellemben fogant kézikönyveknek, ill. tankönyveknek.
4. A **társadalomföldrajz** és a **regionális földrajz** kutatási és képzési programjában az eddiginél jóval nagyobb teret kellene kapnia az emberiség sorskérdéseinek. A geográfusképzés különböző tárgyainak keretében törekedni kellene a fogyasztói társadalom magatartását és a gazdasági növekedés következményeit a környezeti válság megoldása szempontjából felelősségteljesen, egyszersmind kritikusan értékelő, tudatformáló elemzésre.
5. A **természeti geográfián** belül a környezet- és természetvédelem érdekében folytatott tevékenységnek **központi paradigma** rangjára kell emelkednie, ami komoly **szerkezeti és szemléleti változásokat** tesz szükségessé. Mindenek előtt végképp fel kellene számolni azt a tudományelméletileg és gyakorlatilag is tarthatatlan helyzetet, amelyben a geomorfológia és a természetföldrajz már-már szinonim

fogalmakká váltak. A korszerű képzésben a hagyományos felszínalaktan rovására sokkal nagyobb súlyt kellene fektetni a geoszférák, ill. tájalkotó tényezők közötti **kölcsönhatások** megvilágítására, a **biogeokémiai körfolyamatok** részletes tárgyalására. A tisztán természeti folyamatok és jelenségek megismertetésén jóval túllépve, feltétlenül szükség van az emberi beavatkozás különböző, sokrétűen tovagyrúzó következményeinek mélyreható vizsgálatára és bemutatására. (Pl. a hidrogeográfiában a folyók természetes szakaszjelleg-változásai helyett a tározók és duzzasztógátak, árvízvédelmi létesítmények és mederkotrások hatásával kellene többet foglalkozni, a felszínalaktanban a recens antropogén és természeti-antropogén formákat és folyamatokat lenne kívánatos előtérbe helyezni, a klimatológiában még több figyelmet érdemelne az éghajlatváltozás előrejelzésének bonyolult problematikája, valamint szerteágazó, globális és regionális következményeinek számbavétele.)

6. Mivel ma már nincs a Földön emberi tevékenységtől teljesen (valamennyi tényezőjében) érintetlen táj, továbbá a természeti és az antropogén tényezők s azok hatásai a táj - vagy bármely más térkategória - keretei között elválaszthatatlanul összefonódnak egymással, a **természet és az átalakított természet** külön környezeti (al)rendszerekké minősítése nem indokolt. Ebből következik, hogy merőben **anakronisztikus célkitűzés** az antropogén hatásoktól és folyamatoktól elvonatkoztató, „**tisztán**” **természetföldrajzi tájjellemzés**, amely legföljebb a jelenlegi valóságtól idegen, fiktív paleogeográfiai rekonstrukciót eredményezhet.
7. Az egyre apróbb, elszigetelt részkérdésekre és egyes módszerek alkalmazására irányuló, szűk látókörű specializáció helyett a környezetföldrajz - és általában a geográfia - szempontjából kiváltképpen nagy jelentőségű a szintézisalkotás, a mindinkább eluralkodó **redukcionizmussal szemben a holisztikus látásmód**, amelynek már az egyetemi képzést is át kellene hatnia. A szintézis képessége ugyan a legtöbb kutató pályafutása során hosszú évek elemző

munkájának tapasztalataiból alakul ki, de az erre való törekvést az átfogó művek (kézikönyvek, tankönyvek) írásának **tudományos elismerésével** is célszerű lenne ösztönözni.

8. A magyar földrajztudománynak a túlnyomóan hazai, lokális és regionális léptékű vizsgálatok közepette sem lenne szabad szem elől tévesztenie a **nemzetközi és globális összefüggéseket**, amelyeknek megvilágítására már a képzés keretei között is nagy figyelmet kellene fordítani. A nemzetközi kutatási programokban való részvétel, a rangos külföldi folyóiratokban történő rendszeres publikálás nemcsak a nyomokban még mindig kísértő szakmai provincializmusnak venné elejét, hanem a geográfia hazai tekintélyét is növelné.
9. A **környezeti nevelésben** rendkívül fontos szerepe van a közoktatásnak; az ezzel kapcsolatos feladatokat a Nemzeti Alaptanterv igen részletesen kifejti. Bár e feladatok nem köthetők egyetlen tantárgyhoz, megoldásukban a földrajznak joggal tulajdoníthatunk kiemelt jelentőséget, ami a tantárgy - egyébként nem túl szerencsés - új elnevezésében („Földünk-környezetünk”) is kifejezésre jut. Annál inkább elszomorító, hogy az oktatási reform nyomán a földrajz tanítására rendelt órakeret minden korábbinál szűkebb, és nemzetközi összehasonlításban is kirívóan alacsony (PROBÁLD F. 2003, 2004). A megfelelő színvonalú szakmai utánpótlás biztosítása épp úgy, mint a környezeti nevelés és a közműveltség ügye iránti felelősségérzet arra kötelez, hogy folyamatosan küzdjünk a **földrajztanítás** feltételeinek javításáért, és az eddigieknél jóval nagyobb mértékben igyekezzünk kihasználni a különböző tömegkommunikációs eszközöket is a **tudományos ismeretterjesztés** céljára. Mindez - nem mellékesen - a földrajz „imázsát” is javítaná.
10. A geográfia lehetőségeinek és időszerű feladatainak, valamint más szaktudományokhoz való viszonyának tisztázásához nagy szükség lenne nyílt és időben kevésbé kötött, részben a szakmán belül folyó, részben interdiszciplináris jellegű **vitákra**. Épp ezért különösen öröndetes, hogy a Debreceni

Disputa rendszeres fórumot teremt olyan gondolatébresztő eszmecserékhez, amelyek - egyebek között - az ifjú geográfus-nemzedék szakdolgozati és doktori témaválasztásán keresztül is kedvező hatással lehetnek a földrajztudomány jövőjére.

Szakirodalmi hivatkozások

- ABLER, R.F. (1993): *Desiderata for Geography: An Institutional View from the United States*. In: Johnston, R. J. (ed.): *The Challenge for Geography*, Blackwell, Oxford, pp. 215-238.
- BELUSZKY P. (1989): *Magánjelentés a (társadalom)földrajzról*. Tér és Társadalom 3, pp. 49-63.
- BERÉNYI I. (2001): *Kultúrtáj-kutatás európai dimenzióban*. Földrajzi Konferencia, CD-ROM, Szeged
- BORA Gy. - KOROMPAI A. (szerk.) (2001): *A természeti erőforrások gazdaságtana és földrajza*. Aula, Budapest
- CASTREE, N. (2004): *Environmental issues: signals in the noise?* *Progress in Human Geography* 28, pp. 79-90.
- COSGROVE, D. (1985): *Prospect, perspective and the evolution of the landscape idea*. *Transactions IBG* 10, pp. 45-62.
- CSATÁRI B. (szerk.) (2001): *A Tisza-vidék problémái és fejlesztési lehetőségei*. MTA RKK ATI, Kecskemét
- CSORBA P. - MEZŐSI G. (1995): *Quo vadis hazai földrajz?* *Földrajzi Közlemények CXIX*, pp. 43-48.
- ENYEDI Gy. (1972): *A társadalom és földrajzi környezete*. *Földrajzi Közlemények XX.*, pp. 293-301.
- ERDŐSI F. (2001): *Új évezred - Környezetérzékenyebb geográfia*. In: Mészáros R. et al. (szerk.): *Jakucs László, a tudós, az ismeretterjesztő és a művész*. SzTE, Szeged, pp. 49-62.
- GREGORY, K.J. (2000): *The Changing Nature of Physical Geography*. Arnold, London
- GREGORY, K.J. (2001): *Changing nature of the physical geography*. *Fennia* 179, pp. 9-19.
- HAGGETT, P. (1972): *Geography: A Modern Synthesis*. Harper and Row, New York
- HAGGETT, P. (2001): *Geography: A Global Synthesis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs
- HOLT-JENSEN, A. (1999): *Geography: History and Concepts* (3. kiadás), Sage, London
- KARÁTSZON D. (szerk.) (é.n.): *Pannon Enciklopédia. Magyarország földje*. Kertek 2000, Budapest
- KERÉNYI A. (1995): *Általános környezetvédelem*. Mozaik Kiadó, Szeged

- KOVÁCS Cs. (1966): Térszemlélet és földrajz. Földrajzi Közlemények XIV, pp. 31-48.
- MAROSI S. (1981): Táj kutatási irányzatok, tájértékelés, táj kutatási eredmények. MTA FKI, Budapest
- MAROSI S. - SZILÁRD J. (1963): A természeti földrajzi tájértékelés elvi módszertani kérdéseiről. Földrajzi Értesítő 12, pp. 393-417.
- MASSEY, D. (2001): Geography on the agenda. Progress in Human Geography 25, pp. 5-18.
- MENDÖL T. (1947a): A magyar emberföldrajz múltja, jelen állása és feladatai. A Magyar Népkutatás Kézikönyve, II. Teleki Pál Tudományos Intézet, Budapest, pp. 1-16.
- MENDÖL T. (1947b): Néprajz és földrajz. Etnographia - Népélet 3.-4., pp. 154-162.
- MEZŐSI G. (2001): A magyar természeti földrajz - helyzet- és jövőkép. Magyar Tudomány XLVI, pp. 193-203.
- MÉSZÁROS E. (2001): A környezettudomány alapjai. Akadémiai Kiadó, Budapest
- MÉSZÁROS R. (2000): A társadalomföldrajz gondolatvilága. SzTE, Szeged
- PATTISON, W.D. (1964): The Four Traditions of Geography. J. of Geography 63, pp. 211-216.
- PROBÁLD F. (2003): A környezeti kihívás és a hazai földrajz tanítás válsága. In: Csorba P. (szerk.): Környezetvédelmi mozaikok, DE, Debrecen, pp. 201-209.
- PROBÁLD F. (2004): A földrajz helye a hazai oktatási rendszerben. Iskolakultúra 11, pp. 78-84.
- TELEKI P. (1917): A földrajzi gondolat története. Budapest
- TURNER, B.L. (2001): Contested Identities: Human-Environment Geography and Disciplinary Implications in a Restructuring Academy. Annals AAG 92, pp. 52-74.
- WIRTH, E. (1979): Theoretische Geographie. Teubner, Stuttgart

Gondolatok a környezettudomány és a geográfia kapcsolatáról

Dr. Mezősi Gábor

SZTE, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged

Bevezetés

A témára készülve egyik kollégám azt kérdezte, mire gondolok a környezet és földrajztudomány kapcsolatában, hisz a földrajz a közelebbinek érzett földtudományokhoz való tudománypolitikai viszonyát sem értelmezi világosan. Nem tudja eldönteni, hogy a földtudományok keretébe tartozás veszély, vagy haszon számára, mennyire segíti, vagy hátráltatja ez a helyzet a természet és társadalomföldrajz stratégiaileg szükséges kapcsolatát. Szakmailag nem könnyű feladat persze a környezettudomány és a földrajztudomány viszonyának vizsgálata sem. Úgy tűnhet, hogy itt „halmaz és eleme” viszony van a két fogalom között, de jobban kibontva a kérdést - definíciótól függően - még akár tartalmi és elvi párhuzamosságokat is vélhetünk felfedezni. A gondokat leginkább a két tudomány eltérően értelmezett szakmai tartalma jelenti. Sem a földrajztudományra, sem a környezettudományra nem lehet azonban azt mondani, hogy világosan definiált. Ahhoz, hogy szólni lehessen viszonyukról, célszerű fontosabb közös és eltérő jegyeiket összegyűjteni.

Hasonlóságok

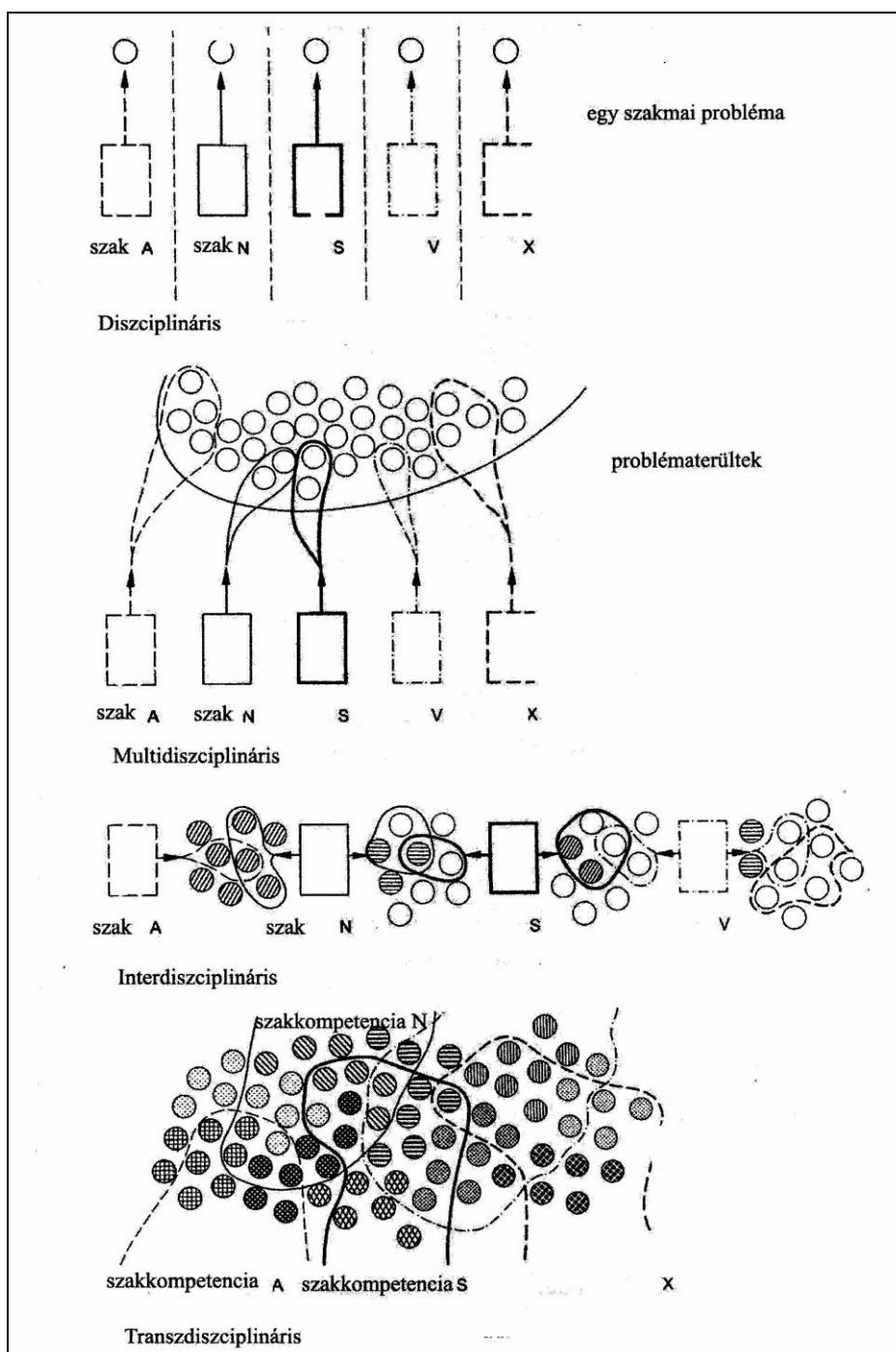
1. A földrajzban inkább statisztikai érvényesülésű természeti-társadalmi folyamatok azonosíthatóak, az emberi tevékenység hatásai - gyengén kvantifikálható volta miatt - nem összemérhetőek a természeti törvények szigorú rendszerével. Azaz: a földrajz nem a törvények felismeréséről szól, itt ne keressünk természeti, ill. társadalmi törvényt. Statisztikailag

értékelhető kapcsolat-rendszerek tanulmányozhatóak, a rendszerek működése elemezhető. A környezettudománynak ugyanakkor ismert olyan értelmezése is, amely szerint „a környezettudomány az emberi tevékenység és a környezet kapcsolatának, általában a környezeti törvények megismerésének tudománya. Alapvető feladata az életet befolyásoló külső tényezők változásainak nyomon követése, ezek gazdasági és szociális következményeinek feltárása, az emberi tevékenység és a környezetet ért emberi hatások összekapcsolása megfigyelések, illetve matematikai modellek segítségével” (MÉSZÁROS E. 2001). Ez a fajta értelmezés egy szűkebb, természettudományi oldalát emeli ki ennek a tudománynak. Értelmezése szerint léteznek „környezeti törvények”, de láthatóan ez azért olvasatában a természeti törvényeket jelenti és a társadalomra gyakorolt hatások elemzése már itt is inkább statisztikai kapcsolatok feltárását célozza.

2. Mindkét tudomány valamiféle szintézisre törekszik. Ez különösen kifejeződő és inkább megvalósuló a földrajzban. Ehlers, E. - Leser, H. (2002) jó példát mutat arra (*1. ábra*), hogy a diszciplináris, multidiszciplináris, interdiszciplináris és transzdiszciplináris megközelítést miként alkalmazhatja a földrajz. Az első (diszciplináris) megközelítés egy tudományos kérdés megoldására, egy szak szempontjából keres választ, a multidiszciplináris problématerületeket vizsgál egy szakma szempontjából, míg az interdiszciplináris megközelítésben több szak elemez egy-egy problémakört. A bonyolultságot az jelenti, hogy a földrajz maga is sokarcúként működik, azaz egyszerre több szak (lásd természet és társadalomtudományi pillér) eredményét is integrálni hivatott. Az MTA értelmezése szerint a földrajz a természeti és társadalmi folyamatok hatására, illetve kölcsönhatására kialakult és tovább formálódó georendszerek fejlődésével, változásaival, térbeli elrendeződésük törvényszerűségeinek feltárásával foglalkozó tudomány szak. Kerényi Attila (2002) meghatározása szerint a környezettudomány is szintetizáló igényű, „feladata a heterogén környezeti rendszerek működésének és működési

zavarainak feltárása abból a célból, hogy az így feltárt ismeretek ezek gyakorlati alkalmazásával az élővilág számára kedvező feltételeket teremtsünk". Az már más kérdés, hogy a jámbor szándékból a megvalósításkor mi marad.

3. Ugyanaz az objektum - jelen esetben a környezet - persze sok nézőpontból elemezhető. Ezzel együtt a szó eredeti értelmében vett környezeti elemzésben a társadalmi tényezők egyrészt azért nem hagyhatók figyelmen kívül, mert a környezet alkotó elemei, másrészt azért sem, mert a tevékenység célját is adják. Ettől függetlenül persze lehet ezt az objektumot (a környezetet) más-más nézőpontból is szemlélni. Érezhetően azonban mindkét tudomány belső inhomogenitását a társadalmi vetület adja. E területen a két tudományozak közötti hasonlóság persze nem pozitív tartalmú, leginkább azt fejezi ki, hogy egyik szakmának sincs igazán, széles körben használható, tudományosan megalapozott eszköztára e kívánatos integratív kapcsolatrendszer elemzésére. Minden tudománynak megvan az alaptevékenységét jellemző kutatási témakörrendszere. De a földrajz- és a környezettudomány sem csak az elméleteire alapszik, hanem a gyakorlati kutatási eredményeire is. Ha végigtekintünk a jellemző szakmai eredményeken - amellet, hogy látunk párhuzamosságokat - leginkább a halmaz és eleme viszonyt lehet felismerni.
4. Mindkét tudomány a környezet társadalmi elfogadtatására hivatkozik. Ez lényegében a környezet közérdekként történő elemzését jelenti, ami komoly hitelesítője lehet mindkét szaknak.
5. Egyik szak sem rendelkezik precízen meghatározott kompatibilis elmélettel és módszerrel, amivel az integráció megvalósítható lenne. A természeti és társadalmi kérdések, elméletek és módszerek ellentmondásainak, pontosabban eltérő céljainak közös mederbe terelése, feloldása a legsúlyosabb gond ma.



1. ábra: Multi-, inter- és transzdiszciplinaritás egyszerűsített tartalma (EHLERS, E. - LESER, H. 2002)

Különbségek

1. Az (akadémiai) földrajztudomány (Humboldt-tól és Ritter-től) közel 200 éves múltra tekinthet vissza. A környezettudomány nehezen éled, alakulóban van, a Kuhn-féle tudományfejlesztési rendszer elején, az akkumulálódó szakaszban van (azaz nem látszik, hogy minőségi áttörés történt volna eddigi fejlődésében).
2. A fenti 3. pontban jeleztük, hogy egy tudományt (az elméleti mellett) a gyakorlati kutatási eredményei is jellemzik. Ebben a tekintetben tapintható a különbség (bizonyos értelmezések szerint). A földrajzban ezek gyakorlati alkalmazások széles körben ismertek és elfogadott tudományos irányt jelentenek. Az más kérdés, hogy ez meg is nehezíti a földrajztudomány helyzetét, mert ilyen témában nehezebb magas citációjú folyóiratban publikálni. A környezettudomány egyes megközelítésekben (pl. KERÉNYI A. 2001 - véleményem szerint helyesen) a környezetben felismert kapcsolatok gyakorlati alkalmazásának fontosságát hangsúlyozza az élővilág minősége szempontjából.
3. A különböző tér és időbeli léptékek. Természettudományi környezetkutatásnál gyakran a geológiai idő és a globális méret releváns, a társadalomtudományinál a lokális a jellemző lépték, a biológiai, kémiai indíttatású kérdések gyakran nanoméretekre szorítkoznak.
4. Rendkívül látványos különbségek vannak a két szak finanszírozásában. A környezettudomány rendelkezik megfelelő társadalmi státusszal, helyzete az EU-s keret-programokban ill. a hazai K+F programokban kiemelt, létezik háttér-ipar, vannak e területen tevékenykedő cégek, akik valós tudományos megrendeléseket kezdeményeznek (pl. GVOP-ben, NKFP-ben, Tudásközpontokban, KKK-kban ezek kötelező módon - helyesen - megjelennek). A földrajz-tudomány, ha komolyabb forráshoz kíván jutni azt a magterületi kutatásból nem teheti meg, azt sem alap, sem alkalmazott kutatástámogatás nem

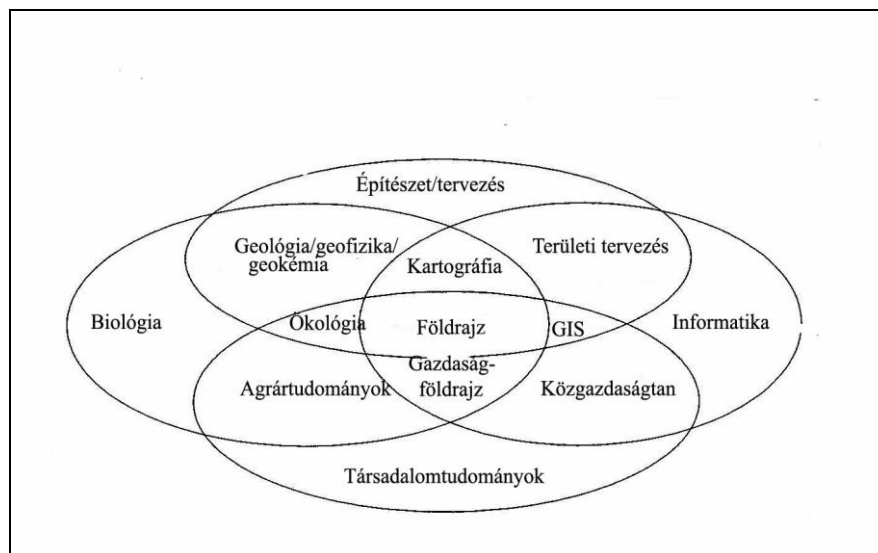
nagyon finanszírozza. Ezért vagy azt választja, hogy a környezeti/területfejlesztési piacon indul, vagy megkísérel idegen pályákon versenyezni. Az átfedések miatt nagyon nehéz a küzdelmes munkával összegyűjtött adatok elemzése a földrajz és környezet-tudományi kutatások fajlagos finanszírozásáról (az OTKÁ-kban 1:3-hoz a jellemző arány).

Mit látunk mi ebből a kapcsolatból?

Mindez persze a definíciókból levezethető mechanikus következmény. A valóság kicsit más. Hisz magában a földrajzban is az integratív gondolkodás és feladatkezelés - noha nagyon kellene - gyakran csak koncepció, és bizony a rokon és társ-tudományok gyakran közelebb (és inkább készen) állnak egy tudományos kooperációban, mint a földrajzon belüli szereplők. Ha a geográfia ezt a fajta belső kapcsolódást feladja, vagy a társadalom és szakmai közvélemény számára nem tudja bizonyítani, hogy ez megkülönböztető sajátja, akkor az a rokon-tudományokban való feloldódását jelentheti. Ma egyrészt az a jellemző, hogy földrajztudomány piacán mások is aktív szerep vállalnak, Haggett, P. (1995) a szituációt egy olyan kemping-helyhez hasonlítja, ahol régebben a földrajz maga választhatott arról, hogy hol veri fel sátrát, és mára a kemping jól megtelt (nem földrajjosokkal) és bizony keresgélni kell a „jó helyeket”. Egyre többen fedezik fel a geográfus terepet, pl. vegyészek a környezeti hatások értékelésének lehetőségeit, biológusok a táj működési kérdéseit a tájökológiában, vagy a pleisztocén-holocén környezettörténetet a geológiában. A földrajznak nincs stratégiája, hogyan álljon ehhez a helyzethez. Valószínű nincs más lehetőség, a földrajz mérete és érdek-érvényesítő képessége miatt, mint együttműködni és bízni abban, hogy arculatunkat is megőrizhetjük (és szólni a társaknak, hogy ők azért földrajzi kérdéseket próbálnak megoldani, gyakran feladva az alapszabályokat pl. az integratív megközelítést). A földrajznak tehát az ember és környezet széles komplexitásával kellene foglalkoznia, itt van praxisa, de balga dolog lenne, kizárólagos igényt tartani erre, ill. a problémamegoldás kompetenciáját

reklamálni az ezzel foglalkozóktól, épp ellenkezőleg: szakon átnyúló kooperáció kell.

A földrajztudomány jellegénél fogva soha nem lesz annyira körülhatárolt, és jól definiált, mint amit szeretnénk. Így nemcsak az jellemező azonban, hogy nem földrajzosok oldanak meg földrajzi feladatokat, hanem a geográfusok maguk is a tudomány magját jelentő ember-környezet viszony elemzéséből - részben az interdiszciplinaritásból eredően, természetesen részben a jobb akadémiai eredményekre való tekintettel és részben finanszírozási okokból is - a peremekre vonulnak. Jellemző a geológiai, geokémiai, talajtani, hidrológiai, ökológiai, szociológiai terepen stb. való megjelenés (2.ábra). Minden fajta tudományközi együttműködés fontos, támogatásra érdemes, akkor is, ha a vendégként történő szereplés ezeken a pályákon nem igazán hozott átütő sikert eddig a földrajz számára. A gond inkább az, hogy a földrajz magterületét is érinti ez a kivonulás, és ez annak a veszélyét vetíti elő, hogy a közvélemény számára elveszíti a hiteles képet saját tudományáról. Nem kell elemezni ennek a jövőt kedvezőtlenül érintő hatását.



2. ábra: A földrajz helyzete a munkaerőpiac szempontjából
(RAABE, B. 2005 után)

Ez azért is gond, mert a magban nincs igazi K+F, kutatási, ipari pénzügyi forrás ez pedig nemcsak elfordítja a mag felől a szakembereket, hanem a magban nem születnek meg azok a tudományos eredmények, amelyek a földrajzot hitelesíthetnék. Nem természeti törvényekről van szó (lásd Hasonlóságok 1. pont), ezt egy nem tiszta természettudománytól nem is várható, de azok a „statisztikailag érvényesülő kapcsolatrendszerek” feltárása, amely hitelesítheti e tudományterületet: ennek a földrajznak sajátjának kellene lennie.

Ebben a tekintetben a környezettudományhoz való viszony meglehetősen kétarcú. Láthatóan a földrajz sem tudja eldönteni „benne” van-e ebben a tudományban vagy külső szereplője az ottani történéseknek. A gyógyír az, hogy nincs ez nagyon másként a többi szakterületen sem. Egy ökológián dolgozónak elsősorban biológus identitása, egy alkalmazott kémikusnak elsősorban vegyész identitása van. A nem sok kivételtől eltekintve mindenki őrzi ezt a „belül is - kívül is” álláspontot. Jellemző ez a hazai oktatási (intézeti) szerkezetekre, vagy a doktori iskolákra. Senki nem mer kimaradni és világosan csak, vagy elsődlegesen - a földrajzhoz hasonlóan a határokat rosszul definiált - környezettudomány identitását vállalni. A geográfia számára ez azért is nehéz ügy, mert környezettudományon belül nem tudja igazán magát megjeleníteni és főként nem érvényesíteni tudományos, szakmapolitikai és pénzügyi szempontból.

Összefoglalóan az mondható, hogy több társ- és rokontudományon kívül a „környezettudomány” felől is érinti penetrációs hatás a földrajz magterületét. Ugyanakkor a környezettudomány művelői a kompetencia hiányra hivatkozva utasítanak el olykor együttműködést. Ezzel párhuzamosan a geográfia is a határterületek felé tolódik (pl. geokémia) - szabadon hagyva a magterületét - de itt szó sincs penetrációs hatásról, inkább felörlődésről.

Mit látnak mások e kapcsolatból?

Mihez ért egy geográfus? Ezt a kérdést sok kételkedő természettudós teszi fel, leginkább a kérdések megoldására vonatkozó kompetencia hiányát kifejezve a geográfusok irányában. A gond azonban nem a geográfus kompetenciával van, hanem azzal, hogy a környezettudomány gyakran nagyon más tartalmat kíván érvényesíteni (pl. kémiait, fizikait) e név alatt. A helyzetet jól jellemzi, hogy a környezettudományt pl. az USA-ban az általános és középiskolai STEM (science-technology-engineering-mathematics) szerves egyetemi folytatásának tekintik, a földrajz pedig a társadalomtudományba sorolódik. Azaz sok országban más gyökerekből táplálkozik a két tudomány, érhető az eltérő szokás és értékrend.

A gondokat a földrajzban a méretből adódó kisebb kapacitások és szerényebb megjelenés is okozza (pl. az Environmental Science On-line folyóirat 2%-a földrajzi tartalmú). A pontos tartalom és kompetencia ugyan mindkét tudomány esetében finomításra szorul, de sok rokon és társtudomány is furcsán néz a földrajz sajátos értékrendjére, pl. publikációs szokásaira. A „nemzeti tudomány” elvét a földrajz túldimenzionálta, és alkalomnak használta, hogy a publikációkat magyar környezetben jelentesse meg. Az utóbbi 10-15 évben a nemzetközi megjelenés fokozatosan csökkent, miközben pl. a környezettudomány a minél magasabb citációs indexekért verseng. Részt kell-e vennie a földrajztudománynak ebben versenyben? A válasz egyértelműen igen kell, hogy legyen, nem feledve persze nemzeti szakmai kötelezettségeket. A verseny igazán az erőforrásokért éleződött ki (létszámok, kutatási támogatások, műszerezettség etc.). Ezt a versenyt kevésbé képes a földrajz önállóan teljesíteni, célszerű kooperációval segíteni ezt a folyamatot.

A jövő gondjai

A földrajzot ért külső hatások szelektívek, avítottak és ennek megfelelően többnyire negatívok, szemben állnak legalábbis a vitális, modern földrajzi törekvésekkel. Erre csak aktív cselekvéssel lehet válaszolni, mindenek előtt a belső szakmai határok átlépésével. A transzdiszciplináris kapcsolatok kiépítése, (lokálisan pl. egyetemi tanszékek között, regionálisan kompetenciacentrumok és kutatóhelyek között, súlyponti programok, mentén), az iskolai jelenlét megerősítése (természeti és kulturális terek, kiépített problémakörök), a szakföldrajz erősítése (ne csak beszéljünk az ember-környezet problémáról, egy komplex környezet van, hogy lehet leírni ezt), a tématerületek földrajzi képviselője biztos ebbe az irányba vezető irányt adnak. Összességében ez a természet és társadalomföldrajz együttműködését is segítő témacsoportokban való gondolkodást, a földrajz „peremi” területein történő kooperációt jelenti.

A földrajznak a környezettudományhoz viszonyított jobb pozíciójához elsősorban cselekvési szándék kell. A régi-új földrajzi problémák (árvíz, városökológia, táj globális és lokális léptékben stb.) mellett számos kurrens téma adódik. A magyar föld ésszerű hasznosítása és környezetének védelme például közérdek, emiatt az optimális földhasználat, a természeti csapások, károk, kockázatok mérése, de számos alap kutatás is (hogy csak a természetieknél maradjunk: pl. ártér-, terasz-minősítés, belvízveszélyes és csúszásveszélyes felszínek, futóhomok-területek környezet-minősítése stb.), amelyek a társadalmi elfogadottság növelésére nyújtanak lehetőséget. A cselekvéshez jobb feltételek (nagyobb ráfordítás, több kutató), új értékrend (pl. külföldi megjelenés) és hatékony kooperáció indokolt.

Szakirodalmi hivatkozások

- EHLERS, E. - LESER, H. (2002): *Geographie heute - für die Welt von morgen*. Klett-Pethes, Stuttgart
- HAGGETT, P. (1995): *Geographer's Art*. Blackwell, Oxford
- KERÉNYI A. (2002): *Környezettan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- MÉSZÁROS E. (2001): *A környezettudomány alapjai*. Akadémiai Kiadó, Budapest
- RAABE, B. (2005): *Der Arbeitsmarkt für Geographinnen und Geographen*. Bundesagentur für Arbeit, Bonn

A DEBRECENI EGYETEM

Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszéke,
Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszéke és
a Debreceni Akadémiai Bizottság Tájföldrajzi Munkabizottsága
szervezésében rendezendő

az MTA X. Osztálya I. és II. Földrajzi Tudományos Bizottsága
nyilvános ülése keretében
sorra kerülő

II. Debreceni Földrajzi Disputára

Időpont: 2004. május 24. 10³⁰, ***Helyszín:*** DAB székház, Debrecen

Téma:

TERMÉSZETI VÁLTOZÁSOK ÉS VESZÉLYEK HATÁSAI A GEOGRÁFIAI KUTATÁSOKRA

- lehetőségek és kihívások -

A téma megvitatásának különös aktualitást adnak
a Magyar Tudományos Akadémián szervezett,
az éghajlatváltozás hatásait vizsgáló

VAHAVA

(változás, hatás, válaszadás)
projekt induló munkálatai

A tanácskozáson részt vesz és a programot bemutatja:

Dr. Láng István, az MTA rendes tagja

VITAINDÍTÓ GONDOLATAIKAT ÖSSZEFOGLALJÁK:

Dr. Kertész Ádám egy. magántanár, tud. osztályvezető MTA FKI

Dr. Lóczy Dénes tszv. egy. docens, Pécsi Tudományegyetem

Dr. Rakonczai János egy. docens, Szegedi Tudományegyetem

Dr. Erdősi Ferenc tudományos tanácsadó, MTA-RKK, Pécs

Dr. Kerényi Attila egyetemi tanár, Debreceni Egyetem

A „VAHAVA”-program és a II. Debreceni Disputa

Dr. Horváth Gergely

ELTE, Főiskolai Földrajzi Tanszék, Budapest

Az I. Debreceni Disputa sikere elsősorban abban rejlett, hogy igazi „műhely” volt, rendkívül hasznos és termékenyítő gondolatcserékkal, ahol tényleg csak az idő szabott korlátokat a vitának. Ezért a vitautlás résztvevői kíváncsian várták, milyen témát találnak ki a rendezők a következő Disputa központi gondolataként? Nos, a téma végül is „adta magát”, célszerűnek látszott a természeti veszélyekkel és a veszélyeztetettséggel foglalkozni, ami időszerű is, fontos is, és - ne szégyelljük! - divatos is.

Hogy mik is ezek a fő veszélyek, azt a 2004. május 24-én „Természeti változások és veszélyek hatásai a geográfiai kutatásokra - lehetőségek és kihívások” témakörben megrendezett II. Debreceni Földrajzi Disputa meghívója részletesen ki is fejtette, rámutatva, hogy „a természeti változások és folyamatok nemcsak a társadalom létének és működésének feltételeit jelentik, hanem egyidejűleg sokféle módon veszélyeztetik is azt. A veszélyek csökkentése elemi érdekünk, és a védekezés lehetőségeinek feltárásában a tudományok vezető szerepe nyilvánvaló. Melyek a természeti veszélyek tudományos vizsgálatának fő irányai, eredményei, trendjei? Csak a természet fenyeget bennünket? Milyen esélyeket és lehetőségeket nyújthat a társadalom 'anyagcseréje' révén felmerült újfajta veszélyek elemzése? Melyek a természeti változások és veszélyek legfontosabb társadalmi hatásai? Mi lehet a veszélyelemzésben a jelen és a jövő geográfiájának a feladata? Mi történt már eddig - nálunk és külföldön? Ezekről és hozzájuk kapcsolódó rokon problémákról kívánunk disputálni”.

Mindeközben a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium és a Magyar Tudományos Akadémia közös projektet indított a talán legtöbbet emlegetett veszély, az ún. globális éghajlatváltozás vizsgálatára, különös figyelmet szentelve annak kárpát-medencei hatásaira és a kihívásra adandó válaszokra. A hivatalosan 2003. július 1-jétől 2006. június 30-ig tartó kutatási program a „Változás - hatás - válaszadás”, ill. annak rövidítéseként a „VAHAVA” címet kapta. Kiindulásként a kutatás irányítói az alábbi tényeket, megfigyeléseket, következtetéseket összegezték.

1. Földünk egyértelmű vészjeleket küld a zajló éghajlatváltozásról. A légkörben meredeken emelkednek az üvegházhatású gázok koncentrációi, magasabb a hőmérséklet, melegednek a tengerek, olvadnak a gleccserek, csökkennek az állóvizek felületei, tartós aszályok, ugyanakkor helyenként özönvizek jelennek meg, változnak az élőhelyek, vándorolnak a növénytársulások és a kórokozók. A tudományos közösség már 1995-ben egyértelműen megállapította az antropogén éghajlatváltozás bekövetkeztét. A felmelegedést, a csapadék csökkenését, a szélsőségek számának és mértékének eddigi, valamint további várható növekedését hazai meteorológiai kutatások is alátámasztják.
2. Az éghajlatváltozás - a már eddig felhalmozott gázok hatására - akkor is folytatódna, ha napjainkban megszűnne az üvegházhatású gázok kibocsátása. A Kiotói Jegyzőkönyv kompromisszumos megállapodást tükröz, végrehajtása vontatottan halad, a gázok kibocsátása alig csökken, sőt jelentős országcsoportok esetében rohamosan növekvő ütemben folytatódik. Ezért hazai viszonylatban - a kibocsátás csökkentése és a Jegyzőkönyvben foglalt feladataink teljesítése mellett - az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást, a lehetséges válaszokat is hangsúlyosan előtérbe kell állítani.

3. Az éghajlati hatásokkal, a szélsőséges időjárási események (aszályok, özönvizek, viharok, jégesők, tornádók) kedvezőtlen hatásaival, a sokmilliárdos káresemények lehetséges megelőzésével és csökkentésével a globális éghajlatváltozástól függetlenül is célszerű foglalkozni. A Riói Nyilatkozatban (1992) rögzített elővigyázatosság elve szerint a bizonytalan, vagy súlyos kilátású helyzetekben nem szabad megvárni a teljes tudományos bizonyosságot, mert mire minden bizonyossá válik, már alighanem késő lesz.

Ezekre az alapelvekre építve a projekt keretében áttekintik az elmúlt évtizedek hazai időjárási jelenségeinek káreseményeit, elemzik a tanulságokat, kritikailag értékelik az adott válaszokat, kidolgozzák az alkalmazkodási stratégia alapjait, a feladatokra, a feltételek megteremtésére és a végrehajtásra vonatkozóan pedig javaslatot tesznek egy „Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia” országgyűlési elfogadására. A munka kiemelt területként az agrárgazdaságra, mint az éghajlatváltozás (felmelegedés, szárazodás, szélsőségek) által leginkább veszélyeztetett ágazatra összpontosít, de helyet kap az egészségügy, a várostervezés, a közlekedés és egy sor más érintett ágazat is, külön hangsúlyozva a városi lakosság speciális gondjait.

A VAHAVA-program keretében számos tudományos ülészsakra került már sor, pl. az alábbi témakörökben: növénytermesztés és éghajlatváltozás; az üvegházhatású gázok kibocsátásáról; éghajlat és környezet; extrém éghajlati paraméterek tendenciái hazánkban; az éghajlatváltozás katasztrófavédelmi kérdései; szélsőséges időjárás és természetvédelem stb. Emellett a projekt vezetői az MTA minden osztályával felvették a kapcsolatot annak megvizsgálása érdekében, miként tudnának az adott osztályhoz tartozó tudósok bekapcsolódni a kutatási programba. Így a Debreceni Disputa kiváló lehetőséget nyújtott arra, hogy a földrajztudomány képviselői is kifejtsék álláspontjukat. Erre már csak azért is lehetőségük nyílt, mert a debreceni Disputa vitaülését jelenlétével megtisztelte **Láng István** akadémikus, a VAHAVA-projekt Tudományos Tanácsának elnöke.

A **Szabó József** elnökletével lezajlott Disputát **Marosi Sándor** akadémikus nyitotta meg, felvetve azokat a problémákat, amelyek megvitatásáért érdemes volt összejönni. Gondolatmenetét folytatva Szabó József kifejtette, a Disputa célja, hogy a felvetett kérdéseket illetően ki-ki a maga szempontja felől közelítve mondja el a gondolatait. Hiszen a természet „természetesen” is változik, de adottságainak felhasználása érdekében az ember óhatatlanul „belenyúl” a természet rendjébe, ami változásokat eredményez; ugyanakkor ezzel párhuzamosan védekezni is kell, mert a természet változása lehet hirtelen vagy rohamszerű, ami katasztrófákat hordoz! Kifejtette, hogy miközben a veszélyek elleni védekezünk, újra átalakítjuk a természetet, miáltal általában újabb veszélyeket keltünk. Van, hogy olyan ponthoz érünk, ahol a folyamatok már visszafordíthatatlanok, ez számunkra hátrányos; előre kell gondolkozni, mert különben a természet változtatása oktalan cselekvéssorrá válik. Ez majdnem csapdahelyzet, ezért kell javaslatokat tenni. Rámutatva, hogy az utóbbi években ez a problémakör terebélyesedett, javaslatot tett egy téma, az éghajlat kiemelésére, és ennek kapcsán köszöntötte Láng István akadémikust, felkérve, ismertesse a VAHAVA-projektet.

A projekt vezetője előadásában ismertette a fentebb már említett alapvető tényeket és rámutatott arra, hogy a téma kutatását illetően már rengeteg részeredmény született, de hiányzik a szintézis. Kifejtette, hogy a programnak a mezőgazdaságtól a közlekedésen és a jogon át a természettudományokig terjedően minden területet fel kell ölelnie, ahogy fogalmazott, multiszektorálisnak kell lennie, és fontos, hogy ebben sokan részt vegyenek, és önkéntesen partnerséget vállaljanak. Közös érdek ugyanis, hogy az elért eredmények egy nagyobb cselekvési programot alapozzanak meg. Kell, hogy legyen egy világos elképzelés a „végtermékről”, melyet 3 „kosárba” kell tagolni. Az első „kosár” tartalmazná a már eddig lezajlott, nyilvánvalóan a változások számlájára írható károkat az elmúlt 10 évből (mint mondta, bármily meglepő, de ilyen összegzés nincs). A második tartalmazná a javaslatokat, ajánlásokat, amelyek a károk csökkentését eredményezhetnék. A harmadik pedig a garanciák „kosara” lenne, benne javaslatokkal olyan

intézményesített mechanizmusokra, amelyek valószínűsítik, hogy tényleg történik is valami ellenlépés (pl. legyen akár törvény is az éghajlatról). Legalább egy „Nemzeti Éghajlat-változási stratégia” című országgyűlési határozati javaslatot el kell fogadtatni!

A továbbiakban ismertette a projekt állását, elmondta, hogy már 31 akadémiai bizottság vitatta meg a kérdést, sok használható ötletet adva. Az ütemezést illetően az első „kosár” feltöltése folyamatban van, a másodiké a 2004. év második felében kezdődik, míg a harmadiké majd 2005 második felében - addig szerinte nem érdemes a „politikát” bevonni. Kifejtette, hogy ha feltesszük a kérdést, van-e éghajlatváltozás Magyarországon, akkor a válasz: lehet, hogy van, lehet, hogy nincs - ez azonban nem változtat azon, hogy célszerű a szélsőséges időjárási események vizsgálatára, ill. ezek hatásaira gondot fordítani, mert ilyen szélsőségek voltak, vannak és lesznek is. Végül a földrajztudomány szerepét érintve rámutatott arra, hogy sok olyan terület van, ahol szakmánk képviselői jeleskedhetnek a projekt keretében. Példaként említette a klímaérzékenység kérdését, ahol magát a fogalmat is pontosítani, meghatározni kellene. „Legyünk partnerek” - zárta végül beszédét Láng akadémikus.

Szabó József szerint a földrajznak választ kell adnia mindenféle természeti változásokra; mint mondta, erre adnak gondolatokat a felkért előadók, akiknek ezzel át is adta a szót.

Kertész Ádám az EU IV. keretprogram (1994-1998) részeként a Kiskunság területén vizsgált szárazodási folyamatok kutatásának tapasztalatait ismertette. Rámutatott arra, hogy megítélése szerint az éghajlat a természetföldrajzi folyamatok elsődleges meghatározója. Ami az említett klímaérzékenységet illeti, az egy adott rendszerben az éghajlat-módosulások hatására létrejövő változások mértékeként értelmezhető (ennek közvetlen hatása megmutatkozhat pl. a termésmennyiségben); és hasonlóan fontos fogalom a vulnerabilitás, azaz a sebezhetőség (pl., hogy egy rendszer képes-e rugalmasan alkalmazkodni, vagy képtelen-e az alkalmazkodásra?). Az éghajlatváltozás kézzelfogható, az annak kutatására szakosodott, a WMO és az UNEP (United

Nations Environment Programme) által alapított IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2-5 °C-os általános felmelegedést állapított meg (bár a változások mértéke területileg nagyon különböző), a CO₂ koncentrációja pedig a század végére 478-1099 ppm közöttire teszi (ma 379 ppm, de néhány éve még csak 354 ppm volt!). Természetföldrajzi szempontból érdekes, hogy a szélsőséges események intenzitása kedvezőtlen irányban fog alakulni, márpedig ezek alakítják leginkább a Föld felszínét, és reálisnak látszik a tengerszint 0,09-0,88 m-es emelkedése is 2100-ig. Az ökoszisztémák nagyon érzékenyek; egyes rendszerek ugyan „csak” sérülékenyek, mások viszont visszavonhatatlanul károsodnak, és az átalakulások egyik lényeges eleme lesz a tenyészidőszak hosszának megváltozása.

A változások tudományos és az intézményi szintű megközelítése egyaránt fontos; forgatókönyveket kell készíteni pl. a lehetséges földhasznosításokra, a felszínborítottság elemzésére stb., ami nagyon bonyolult feladat. A globális folyamatok kölcsönös összefüggésére példaként említhető, hogy a szárazodás miatt egyre több rossz adottságú területet is be kell vonni a művelésbe, ami fokozott eróziót eredményez, növeli a tájdegradáció ütemét, és ahol a mezőgazdasági tevékenységet nem kísérik környezetvédelmi intézkedések, mint pl. harmadik világban, ott az árkos erózió felgyorsul, és megállíthatatlanná válik. A társadalmi-gazdasági összetevő tehát rendkívül fontos. Komoly áttételes hatások is megjelennek (pl. a légkondicionálás iránti igény növekedése következtében).

Ami pedig a Láng István által felvetett kérdést illeti, Kertész Ádám szerint bár éghajlat-ingadozás mindig van és egy 20 éves aszályos periódus nem elég megbízható következtetések levonására, azért leteszi a voksot a globális felmelegedés mellett; egyébként is egy interglaciálisban vagyunk, ami önmagában is magyarázza a felmelegedést, de ettől függetlenül létezik a fosszilis tüzelőanyagok mértéktelen használata miatti antropogén eredetű hőtöbblet is; a jövőt a kettő eredője fogja meghatározni.

Lóczy Dénes a természeti veszélyforrások geomorfológiai vizsgálatáról beszélt. A természet kétarcú: hasznos tulajdonsága, hogy erőforrás, „haszontalan” tulajdonsága, hogy veszélyforrás

(hazard). Az alkalmazott geomorfológia feladatai közé tartozik az erőforrás-kutatások segítése, a felszínfejlődés előrejelzése, a tájvédelem és tájhelyreállítás, és igen fontos a felszínalakok bekapcsolódása a környezetgazdálkodásba is. A veszélyforrások – melyek egyaránt lehetnek természetesen és emberi hatás által kiváltottak – tanulmányozása központi kutatási területté vált; a leglényegesebb kérdések, hogy a veszélyek mennyire háríthatók el, vagy mennyire jelezhetők előre.

A korábban már említett fogalmakat illetően Lóczy Dénes szerint a sérülékenység (vulnerability) a környezeti következmények súlyossága, a kockázat (risk) a bizonytalan, nem kívánatos következmény eshetősége, míg a természeti csapás (disaster) ennek megvalósulása. Gyakorlati példákat említve az erőforrások kutatását illetően említethető mondjuk a sóderkészletek felderítése geomorfológiai térképek alapján, tudván, hogy az ózok a legjobb források. A veszélyforrások terén pedig egy jellegzetes példa a csuszamlásveszély feltárása modellezéssel geomorfológiai térkép, digitális terepmodell (DEM) vagy digitális domborzatmodell (DDM) alapján. A kockázatbecslés során először a környezeti attribútumokat kell meghatározni DEM vagy DDM segítségével; ezt követően a kapcsolatokat (korreláció) pl. főkomponens- vagy faktoranalízis révén; végül megbízhatósági elemzést kell készíteni ún. „vevő-kezelő” (receiver-operator) „ROC-görbe” segítségével (Receiver Operating Characteristic curve); mindezek alapján a csuszamlásveszély kategóriákba sorolható. Mivel az is megállapítható, hogy a csuszamlások többsége vonalas elemek, pl. utak mentén alakul ki, a vonalas elemek sűrűségét (km/km^2) ábrázoló térképek egymásra illesztésével (szuperponálás) is lehet a csuszamlásveszélyességre következtetni.

Rakonczi János a VAHAVA-kutatások egyik lehetséges területeként a szárazodási folyamat értékeléséről és néhány gyakorlati következményéről beszélt. Közismert, hogy az árvizek fellépésében igen sok az antropogén elem, ezért jobb kutatási területnek ígérkezik a szárazodás – ami csapadékhiányt jelent, de nem azonos a sivatagosodással! – vizsgálata. Jól érzékelhető következményei a talajvízszint süllyedése, a természetes növény-

takaró és a talaj változása - ezzel kapcsolatban megjegyezte, saját kutatási területén látja, hogy ezek a változások emberi léptékben is kimutathatók. A Duna-Tisza közén a talajvizeket részletesen vizsgálva mintegy 1500 km²-nyi területet találtak kritikussnak; van, ahol 6 m-es süllyedést tapasztaltak. A NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) felvételeinek kiértékeléséből pedig a biomasza mennyiségének változásai mutathatók ki; ún. „átlagprofilokból” kiviláglik, hogy bizonyos területeken nagyon érzékelhető a zavarok, pl. a Duna-Tisza közének középső és déli részének erdői ezt jól jelzik.

A vizes területek kiterjedésének változása is jó mérőeszköz lehetne, de az egykori tómedrek többségét már annyira benőtte a növényzet, hogy pl. a 2000. év tavaszán, amikor sok korábban kiszáradt tó feléledni látszott, a vizsgálatoknál nem a víztükör határa, hanem a vegetációhatárok alapján lehetett következtetéseket levonni. Egy másik példa a változásra a szabadkígyósi szikpadkák esete; egy korábbi kutatás ezeket pontosan feltérképezte, és amikor egy újabb kutatási téma keretében a kutatók visszatértek a területre, azt tapasztalták, hogy a szikpadkák eltűntek, a korábbi vakszikek begyepesedtek. Összefoglalásul elmondható, hogy jelentős változások mentek és mennek végbe a tájban!

Erdősi Ferenc egy másfajta megközelítésre vállalkozott. Mint elmondta, a hatvanas évek óta foglalkozott antropogén geomorfológiával, majd közlekedésföldrajzzal, így „kettős” szemlélettel tudja vizsgálni a kérdést. Ami az antropogén hatásokat illeti, mértéküket jól jelzi, hogy az emberiség kb. két és félszer annyi anyagot mozgatott meg a bányászat során, mint amennyit a centrális vulkánosság összesen „termelt”! Új fejlemény, hogy míg régebben a bányászkodás inkább „függőlegesen” terjeszkedett, addig ma inkább vízszintesen (szénhidrogének, Amazónia aranybányászata stb. - utóbbiak miatt már több ezer ha erdőt irtottak ki).

Az éghajlatváltozást illetően súlyos társadalmi kérdések fognak felvetődni, amelyekhez forgatókönyveket kellene készíteni; ezek előállításához természetesen az alapvető tendenciákkal tisztában kell lenni, vagy ha nem vagyunk tisztában,

akkor forgatókönyv-változatokat kell gyártani. Gondol-e valaki most olyan társadalmi kérdésekre, mint pl., hogy egy megváltozott éghajlat esetén milyen lesz az oktatás szervezése, mettől meddig tart majd a tanítás, és lesz-e majd délutáni szieszta? Újfajta (nem növekedésorientált) közgazdaságtanra volna szükség és környezetetikai kérdésekkel is foglalkozni kellene, ugyanis „fenntartható fejlődés” valójában nincs, csak az a kérdés, mennyi idő alatt éljük fel Földünk készleteit. A légkör helyzete alapvető kérdés; a közlekedés „termeli meg” a légköri CO₂ 28%-át és az NO₂ 64%-át (ez utóbbiról mindenki hallgat, pedig a savas esők miatt a hatása rendkívül veszélyes). De mit mondjunk akkor, ha az EU-t vizsgálva azt látjuk, mennyi „alap” támogatja közvetlenül vagy közvetetten a légszennyezést! A fogyasztás uralja a világot, és ebből a fogyasztásorientált világból kellene az ontológiai alapokhoz visszatérni!

A felkért előadók vitaindítóit követően hozzászólások következtek. **Kerényi Attila** a Meteorológiai Bizottság konferenciáján elhangzottakat ismertette elmondta, a Föld sok-sok mérőállomásán egyformán 2 m-es magasságban mért hőmérsékletadatok sora egyértelműen jelzi, hogy a globális felmelegedés tény. Hogy ez mennyiben természeti és mennyiben antropogén eredetű, az kérdéses - de a CO₂ szerepe és az emberiség „CO₂-gyártása” közismert. Ami egy - az érdeklődés előterében levő - másik forgatókönyvet, az új jégkorszak beköszöntét illeti, a klímarendszer tehetetlensége és az óceánok fajhője alapján gyors változás e téren akkor sem lenne várható, ha egyébként a tendenciák erre utalnának.

Ami a klímaérzékenységet illeti, ilyen „általában” nincs, csak egy adott konkrét területre vonatkozóan állapítható meg; nagy adatbázisok alapján kimutatható, a szárazabbá váló éghajlatra hogyan reagál a környezet és melyik tájrészlet érzékenyebb. Mivel nagyon fontos a társadalmi környezet is, a kutatások terén a természet- és társadalomföldrajznak össze kell fognia, és egyes fogalmak (mint pl. éghajlatváltozás vagy -ingadozás) értelmezését illetően egyetértésre, egységesítésre is szükség lenne.

Süli-Zakar István arra hívta fel a figyelmet, hogy ezek határokon átnyúló problémák. Itt van pl. a Tisza ügye; a határok nem tisztelik a természetföldrajzi tényezőket, sőt a károkozás, szennyezés szempontjából nem is léteznek. Ezért fontosak a Kárpátok Eurorégió - amelynek együttműködését egyébként felajánlja a vitaülés szervezőinek - önkormányzati együttműködésekben alapuló „Zöld Kárpátok” vagy „Élő Tisza” című programjai és mozgalmi, bár ezt néhány szomszéd állam - amely az állami szuverenitást előbbre valónak és magasabb rendűnek tekinti - inkább gátolja. A kérdés távolabbra is mutat: az ilyen természet- és környezetvédelmi problémák megoldásához „nemzetek Európája” helyett inkább „régiók Európájára” van (volna) szükség.

Kulcsár Dezső szerint léteznek a „döntnökök” és a „látnökök”, utalva ezzel a politikusok és a tudósok közötti ellentétekre. Emlékeztet egy egykori „Érdekek és érdekellentétek” című Balaton-kutatásra; szerinte most ugyanez az ellentétpár jellemzi az éghajlatváltozás kérdését. Egyébként a közgazdaságtan egy csekélyke szeletként létezik már etikai közgazdaságtan is, ami nélkül a környezeti és fejlesztési problémák nem oldhatók meg. „Fenntartható növekedésről” beszélnek, pedig még a „fenntartható fejlődés” is túlzás, az is csak lassan, szigorított fogyasztáscsökkentéssel lenne megvalósítható; egyébként létezik egy könyv a „Közgázon”, amely a fenntartható fejlődés fogalmára 8 (!) különböző meghatározást említ. Mindenesetre, ahogy haladunk az ökológiától a gazdaság felé, úgy növekszik a konfliktusok száma és súlya, tehát érdekek és érdekellentétek vizsgálata nélkül az a bizonyos „utolsó kosár” nem lehet sikeres. Hogy ez mennyire így van, arra példaként szintén Amazóniát említi, ahol most folyik a Világbank vezetésével az esőerdők parcellázása, mert a pillanatnyi érdek az, hogy jöjjön a tőke; a távolabbi károk most nem érdekelnek senkit.

Marosi Sándor hasonló eseteket említett a nyolcvanas évek Tisza- és Balaton-projektjei kapcsán: míg pl. a tudományos bizottságok a vízgyűjtőkön a kemikáliák radikális visszaszorítására tettek javaslatot, addig a pártbizottságok a mező-

gazdasági hozamok kemikáliák alkalmazásával való növelésére utasítottak. Fontos lenne ezért abból kiindulni, mit használhat (fel) úgy a társadalom, hogy a természet ne szenvedjen jövátéhetetlen károkat. És figyelni kell a kutatások során a vizsgált terület méretére is (topológiai dimenzió), mely tájszintűnél kisebb legyen, mert csak akkor válik nyilvánvalóvá, mennyire sokszínű és összetett is a természet.

Csorba Péter szerint az említett 31 bizottság anyagait egymáshoz közelíteni és összefoglalni lenne szükséges. Láng István erre válaszolva jelezte, hogy a VAHAVA-Bizottság kb. 1 év múlva újra jelentkezne, és akkor már konkrét javaslatokat terjesztene megvitatás céljából az egyes akadémiai bizottságok elé.

Rétvári László egyetértett Süli-Zakar István határ menti együttműködésekre vonatkozó javaslataival. A társadalmi vonatokat illetően rámutatott arra, hogy a 2003. évi szárazságnak nagy haszonélvezői is voltak (pl. vízművek, söripar). Jó lenne a szavakra is nagyobb súlyt helyezni, pl. „hatás - változás - következmény” jobban leírná az antropogén folyamatok szerepét. Vagy pl. a „természeti veszélyforrás” milyen jól állna szemben a Lóczy Dénes által említett „természeti erőforrással”. Mivel - elsősorban Tatabánya környékén - ő is vizsgálta az antropogén hatásokat, tragikusnak látja a helyzetet, minden kihal, kipusztul, de el lehetne mondani ugyanezt Szilézia nagy részéről is. Ez mindenképpen intézkedéseket igényel.

Keveiné Bárány Ilona arra hívta fel a figyelmet, hogy az éghajlattan tudósainak kitűnő a fizikai és meteorológiai tudásuk, de többnyire nem rendelkeznek olyan ismeretekkel, amelyek egy természeti táj kezeléséhez szükségesek. A geográfus az, aki az összes szférát integrált szemlélettel tanulmányozza, aki ért a földfelszín vagy a talaj változásaihoz is, tehát az ilyen típusú szakértőknek nagyobb szerepet kellene kapniuk a Bizottságban. Más témára térve az éghajlat-talaj-növényzet rendszere egészének vizsgálójaként felhívta a figyelmet a karsztok fokozott érzékenységre és a karsztvizek - amelyek a Föld

népessége közel $\frac{1}{4}$ -ének biztosítanak ivóvizet - kapcsán fontosnak tartotta elmondani, hogy szükségesnek tartja azt a szemléletet, amely a folyamatváltozásokat is érzékeli.

Szabó József szerint az éghajlatváltozásra sok különböző forgatókönyvvel kell felkészülni, egy általános felmelegedés ugyanis regionálisan nagyon különböző megjelenésű lehet, és hatásaiban is eltérhet. Felmerülhet pl., érdemes-e a csuszamlásokkal foglalkozni, ha szárazodik a klíma? Nos, ha egy mediterrán jellegű éghajlat lesz, ami kevesebb, de rapszodikusabb megjelenésű csapadékkal jár, akkor éppenséggel a ritka, ám nagyon intenzív tömegmozgásos jelenségek felerősödése várható. Ezért mindent regionálisan és részleteiben kell vizsgálni (Csorba Péter ehhez hozzátette, hogy tájanként és tájtípusonként is). Szükség van az érdekegyeztetésre; akkor lehetnek a „válaszadások” eredményesek, ha a különböző érdekekben megtaláljuk a közös pontokat. Itt van pl. a Vásárhelyi-terv, ahol a vízvédelem, a gazdálkodás és a természetvédelem érdekei elvileg eléggé különböznek, de mivel ma nem kell minden talpalatnyi földet megművelni, egy ökológiai alapú tájtervezés vagy az ökoturizmus fejlesztése több hasznot hozhat mindenkinek, mintha csak a saját érdekét erőlteti. Mindezt persze „valakinek” össze kell hangolni, ez pedig csak a „politika” lehet, továbbá nagy segítség lenne a határok légiesedése - de azért arra még sok türelemmel várunk kell.

Papp-Váry Árpád a sikeres „válaszadáshoz” szükségesnek tartotta megemlíteni, hogy a fiatalok megnyerése és nevelése nélkül nem lehet eredményt elérni, az oktatást tehát be kell vonni a programba. Megítélése szerint leginkább a földrajz és a biológia tantárgyak nyújtanak erre lehetőséget, e tárgyak anyaga és tanárai képesek „beoltani” a fiatalokat. Javasolja ezért, hogy a VAHAVA-program szenteljen nagyobb figyelmet az oktatási kérdéseknek.

Lóki József egy nagyon fontos, ám kevésbé ismert problémára, a szélerózióra hívta fel a figyelmet. Az elmúlt 1-2 évtized vizsgálatai alapján ez minden talajt érint, de különösen a

csernozjomokon okoz nagy károkat. Sajnos a nadrágszíjparcellák gazdaságtalansága a földek koncentrációjához vezet, a kialakuló nagybirtokokon pedig erősödnek a monokulturális jellegek, ami kimondottan kedvez a szélerózióknak, és ezt csak fokozza a szárazodás és a szélsőséges időjárási helyzetek gyakoriságának növekedése. A talajpusztulás elleni védekezésre komoly összegeket kellene fordítani. Mindezekre tekintettel felajánlja a Debreceni Egyetem közreműködését, hiszen rendelkezésükre áll egy kiváló kísérleti laboratórium, ahol talajtani és széleróziós kutatásokat lehet végezni, sőt több évtizedes adatbázisukkal is hozzá tudnak járulni a VAHAVA-projekt célkitűzéseéhez.

Csorba Péter a tájérzékenység kérdésére visszatérve rámutatott arra, hogy már csekély mértékű éghajlatváltozások is kimutathatók, de míg a felmelegedés általában gyors, 10^2 év nagyságrendű, addig a lehűlés lassú, hosszabb ideig tartó folyamat. Nyilvánvaló, hogy az Erdélyi-medence klímaérzékenysége egészen más, mint a Kisalföldé; ezzel együtt vitatja azonban, hogy regionális forgatókönyvek lennének készíthetőek. Rétvári László ehhez hozzátette, hogy kis ingadozások az írott történelem korából jól ismertek. Erdősi Ferenc szerint azonban az egyáltalán nem lényegtelen kérdés, hogy ezek a kis ingadozások természetes vagy antropogén eredetűek-e, ugyanis az előbbihez csak alkalmazkodni lehet, az utóbbi viszont befolyásolható.

Zárszóként **Láng István** tért ki néhány felmerült kérdéskörre és tett kiegészítéseket. Mint elmondta, különösen négy olyan kulcsszót emelne ki, amelyekre a továbbiakban feltétlenül figyelni fog: érdek, szélerózió, karszt, oktatás. Ami a tervezett országgyűlési határozatot illeti, az nyilván önmagában nem garancia semmire, de egy nemzeti éghajlat-változási stratégiának más, lokálisabb programoknál, mint amilyen pl. az Alföld-program, magasabb szinten kell érvényesülnie. A VAHAVA Bizottság szándékosan nem is akar egy önálló „klímaprogramot” indítani, hanem az a célja, hogy a stratégiai célokat minden kutatási projekt érezze egy kicsit magáénak és alkalmazza saját kutatásai során. Végül is ez a „stratégia” az egész társadalom közös ügye!

Tájdegradáció és elsivatagosodás

Dr. Kertész Ádám

MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest

Bevezetés

A természetföldrajz egyik legkorszerűbb ága, a tájtan, illetve az ennél specifikusabb értelmezésű tájökológia viszonylag új keletű diszciplínák - kialakulásuk a XX. század derekára tehető (vö. TROLL, C. 1939, 1968; BULLA B. 1962; HAASE, G. 1964; LESER, H. 1976). A tájtan és a tájökológia művelői kezdetben a fogalmak tisztázására, a tudományág felépítésére koncentráltak, később a tájbeosztás, tájökológia elméletével és gyakorlatával, a tájháztartással, a tájak „működésével” foglalkoztak (ld. pl. CSORBA P. 1999).

A tájak pusztulásának, leromlásának konstatálása és vizsgálata korábban csupán az egyik tájalkotó tényező, a talaj szempontjából merült fel, hiszen a talaj leromlása, degradációja fontos gyakorlati kérdés, amellyel a talajtan művelői régóta foglalkoznak (Magyarországon a szikesedés vizsgálata pl. több mint százéves múltra tekint vissza). A talajdegradáció azonban egyben tájdegradációt is jelent, hiszen egy tájalkotó tényező megváltozása, esetleg csak igen lassú változása a többi tájalkotó tényezőre is hat és így a táj egészének megváltozásához vezet.

Az angol irodalom a „soil degradation” és a „land degradation” fogalmait egyaránt használja, többnyire szinonim értelemben. Véleményem szerint a két fogalom között lényeges különbség van: a talajdegradáció talajtani fogalom, a talaj romlását jelenti, a land degradation pedig földrajzi, tájtani fogalom, amely a táj egészének leromlására, degradációjára utal, ezért azt magyarul tájdegradációnak nevezem.

A talajdegradáció folyamatai

A talajdegradáció folyamatait a nemzetközi irodalomban a különböző szerzők gyakran eltérő módon csoportosítják. Példaként itt egy nem tudományos, hanem gyakorlati, politikai jellegű forrás felosztását idézem (EEA Environmental Assessment Report 2003).

- 1) Talaj betapasztás (soil sealing). Nem véletlenül szerepel az első helyen a beépítés (utak, épületek stb.) következtében beálló jelenség, nevezetesen, hogy a talaj gyakorlatilag megszűnik működni, nem érintkezik az atmoszférával, nincs rajta vegetáció stb. Így a betapasztott felszínen a víz szűretlenül, megnövekedett sebességgel és mennyiségben folyik le, hogy csak a legtriviálisabb következményekre utaljunk. Kiemelkedő Belgium, Hollandia és Dánia 16-20% közötti beépített (betapasztott) talajfelszínnel. Fokozatos növekedés mellett az EU átlag 2000-ben 8-9% között volt.
- 2) Talajerózió (*1.kép*). Európában főként a víz általi talajerózió jelentős, de a szélérozió kártétele is igen fontos. Gondoljunk arra, hogy az USA talajvédelmi szolgálatának megalapítására éppen az 1920-as évek homokviharai miatt került sor.



*1. kép: Árkos erózió a Dél-Afrikai Köztársaságban, Bergville környékén
(Fotó: KERTÉSZ ÁDÁM)*

- 3) Talajszennyeződés. Megkülönböztetünk diffúz és helyi forrásokból származó kontaminációt. Az előbbihez tartozik a légköri kiülepedés, a folyóvízből vagy erodált talajból származó szennyeződés, amelyek acidifikációt (elsavanyosodást), eutrofizációt és más súlyos károkat okoznak, továbbá a vegyszerek direkt alkalmazása (műtrágyák, peszticidek, szennyvíziszap), amelyek nehéz fémeket is tartalmazhatnak. A helyi szennyező források sokfélék és általában valamilyen ipari tevékenységhez kapcsolódnak.
- 4) Szikesedés. A talaj felszínéhez közeli sófelhalmozódás Európa jelentős területeit, köztük hazánkat is érinti. A tengerparti, illetve szárazföld belső területein ható szikesedés, illetve az öntözés következtében bekövetkező másodlagos szikesedés a mediterrán országokat, Magyarországot és a FÁK országait érinti elsősorban *(2.kép)*.



2. kép: Szikes folt a Kiskunságban, Fülöpháza környékén

- 5) Talajtömörödés. Főleg a talajművelő gépek tömörítő hatásának következménye. Különösen káros és nehezen orvosolható az altalaj tömörödése.

Az első alapos, a világ egészére vonatkozó talajdegradációs felmérés a GLASOD [(Global Assessment of Soil Degradation), OLDEMAN, L. R. et al. 1991], amely egységes szempontok szerint

becsülete meg Földünk degradált területeit. A felmérés az alábbiakra terjed ki:

- a talajdegradáció különböző formáinak, úgy mint:
 - a víz általi talajerózióknak,
 - szél általi talajerózióknak,
 - kémiai talajdegradációknak,
 - fizikai talajdegradációknak elterjedése.
- a degradáció mértéke (gyenge, mérsékelt, erős, extrém)
- a degradáció okai (erdőirtás, túllegeltetés, helytelen gazdálkodás, túlhasználat, környezetszennyezés)

Oldeman, L. R. et al. (1991) adatai szerint a szárazföld területének 3,7%-át sújtja fizikai és kémiai degradáció, 12%-át pedig víz- és szél általi talajerózió (ld. 1. és 2. táblázat). Különösen magas a fizikai és kémiai degradáció aránya Európában és Közép-Amerikában, sőt a talajerózió sújtotta területek is itt a legnagyobb részarányúak. Mindez arra hívja fel a figyelmet, hogy Európában a talajdegradáció - a közhiedelemmel ellentétben - igen nagy probléma.

1. táblázat: Kémiai és fizikai talaj degradáció által sújtott területek kontinensenként (OLDEMAN, L. R. et al. 1991)

Földrész	Kémiai degradáció sújtotta terület				Fizikai degradáció sújtotta terület			Össz. degradált terület	Összes degradált terület az összterület%-ában	
	Tápanyagvesztés	Szikesedés	Szennyeződés	Savanyúság	Tömörödés és kérgesedés	Vízborított terület	Szerves anyagvesztés			
	(millió hektár)									
Afrika	45	15	+	1	18	1	-	81	4,8	
Ázsia	15	53	2	4	10	+	2	86	3,0	
Dél-Amerika	68	2	-	-	4	4	-	78	5,1	
Közép-Amerika	4	2	+	-	+	5	-	12	6,0	
Észak-Amerika	-	+	+	+	1	-	-	1	+	
Európa	3	4	19	+	33	1	2	62	7,7	
Ausztrália	+	1	-	-	2	-	-	3		
Világ	136	77	21	6	68	11	4	323	3,7	

A „+” jel azt jelenti, hogy „elhanyagolható”, a „-” jel a vonatkozó adatok hiányára utal.

2. táblázat: A talajerózió által sújtott területek (10⁶ ha) a Földön, kontinensenként (OLDEMAN, L. R. et al. 1991)

Földrész	Víz által erodált terület				Szél által erodált terület				Összes erodált terület	Össz. erősen erodált terület	Összes erősen erodált az összterület %-ában
	Enyhén	Közepesen	Erősen	Összesen	Enyhén	Közepesen	Erősen	Összesen			
Afrika	58	67	102	227	88	89	9	186	413	267	16
Ázsia	124	242	73	441	132	75	15	222	663	405	15
Dél-Amerika	46	65	12	123	26	16		42	165	93	6
Közép-Amerika	1	22	23	46	246	4	1	251	51	50	25
Észak-Amerika	14	46		60	3	31	1	35	95	78	7
Európa	21	81	12	114	3	38	1	42	156	132	17
Óceánia	79	3	222	83	16		27	46	99	3	3
Világ	343	526	223	1094	269	254	26	548	1642	1029	12

A talajdegradáció Magyarországon

A talajdegradáció hazai vizsgálatát tudománytörténetileg megelőzte, az ahhoz vezető utat megalapozta a talajok termékenységét gátló tényezők feltárása Magyarországon. Szabolcs I. - Várallyay Gy. (1980) nyolc tényezőt sorol fel, elemez és ábrázol 1:500 000 léptékben:

1. Szélsőségesen könnyű mechanikai összetétel
2. Savanyú kémhatás
3. Szikesedés
4. Szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben
5. Szélsőségesen nehéz mechanikai összetétel
6. Láposodás, mocsarasodás
7. Erózió
8. Felszínközeli tömör kőzet

A magyarországi talajdegradációs folyamatokat Várallyay Gy. (1989) foglalja össze először. Ezek közé a vízerózió, a szélerózió, az extrém talaj reakció (acidifikáció, illetve

szikésedés) és a fizikai degradáció (tömörödés, talajszerkezet romlása, kérgesedés) folyamatait sorolja. Ez utóbbival később külön is foglalkozik (VÁRALLYAY Gy. - LESZTÁK M. 1990) és egy érzékenységi skálát is felállít.

A tájdegradáció fogalma

A fogalom meghatározása, a különböző definíciók elemzése előtt szeretném leszögezni, hogy a tájdegradáció és a később tárgyalandó elsivatagosodás igazi, *komplex* földrajzi probléma, amelyet bár természetföldrajzi szempontból fogunk bemutatni, mégis hangsúlyoznunk kell, hogy az természet- és társadalomföldrajzi okokra egyaránt visszavezethető, illetve folyamatai mindkét diszciplína szempontjából vizsgálандók. Azt is mondhatjuk, hogy napjainkban - a hasonlóképpen komplex természetű - földhasználat változás mellett a földrajztudomány korszerű irányzatai között a legfontosabbak közé tartozik. Ennek ellenére nagyon kevesen foglalkoznak vele (ld. pl. KERTÉSZ Á. 1999, 2000, 2001; BÁDONNYI K. 2001).

Megemlítjük, hogy Kerényi Attila (1995) a tájrömbölést és tájképrömbölést, mint a bányászathoz és fémfeldolgozáshoz kapcsolódó környezeti károkat említi.

A tájdegradáció kifejezés egyébként a német irodalomban is használatos (Landschaftsdegradation, ld. pl. MENSCHING, H. G. - SEUFFERT, O. 2001).

Lássunk a tájdegradáció (land degradation) definíciói közül néhányat. A UNEP (1992) meghatározása szerint „a tájdegradáció az erőforrás potenciál csökkenése a tájban ható egy, vagy több folyamat kombinációja által”. Johnson, D. L. - Lewis, L. A. (1995) szerint a tájdegradáció egy terület biológiai produkciójának, vagy hasznosságának, illetve alkalmasint mind a kettőnek a csökkenése az emberi beavatkozás következményeként. A tájdegradáció folyamatai *természetes* eredetűek is lehetnek, az emberi eredetű - *antropogén* - folyamatok jelentősége azonban sokkal nagyobb.

Blaikie, P. - Brookfield, H. (1987) megfogalmazása szerint a táj akkor degradálódik, amikor elveszíti belső minőségét, adottságai romlanak (in: BÁDONVI K. 2001).

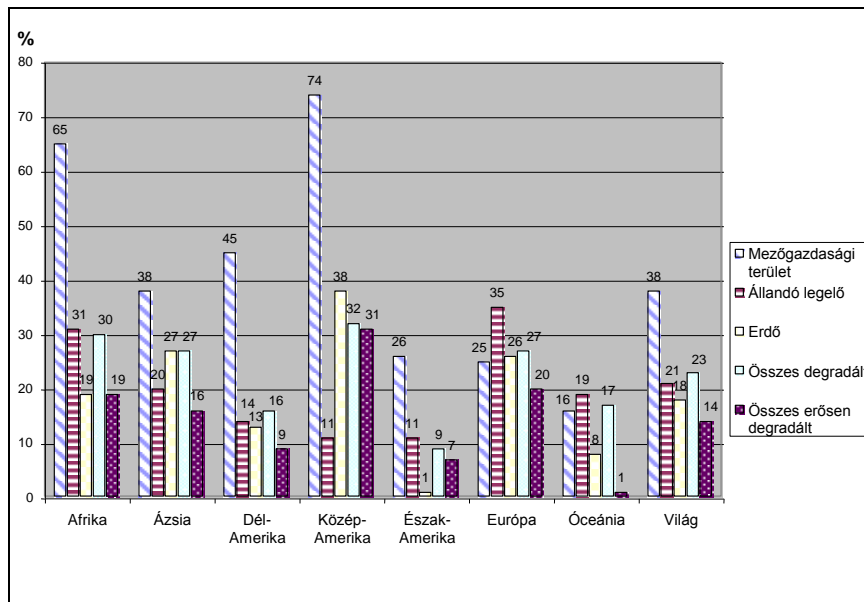
Az idézett definíciókban közös, hogy egyrészt a terület használatának lehetősége (tájpotenciálja) csökken, vagy teljesen megszűnik, másrészt a leromlás nem csak és nem elsősorban természeti folyamatokhoz kötődik, hanem igen fontos az emberi tevékenység szerepe. Egyfelől létezik tehát természetes eredetű degradáció és természetes regenerálódás, másfelől antropogén eredetű leromlás (degradáció) és „antropogén”, megtervezett táj helyreállítás (rehabilitáció). Az antropogén hatást az angol irodalom gyakran a „mismanagement” (félre menedzselés, rossz, elrontott gazdálkodás) kifejezéssel írja le. A mismanagement mint degradációt kiváltó ok elsősorban az erdőirtás, túllegeltetés, helytelen használat, túlhasználat és környezetszennyezés folyamatait foglalja magába.

Mensching, H. G. - Seuffert, O. (2001) szerint az a legfontosabb, hogy a földhasználat következtében ne keletkezzenek irreverzibilis károk a tájban. Ez tulajdonképpen a fenntartható fejlődés elvének alkalmazása, vagyis bármilyen tájhasználat, földhasználat során ügyelni kell arra, hogy a táj regenerációs képessége és potenciálja megmaradjon.

Amint arra már korábban is utaltunk, a tájdegradációt és a talajdegradációt sokan szinonim értelemben használják (ld. pl. IMESON, A. C. - EMMER, I. 1992; in: BÁDONVI K. 2001); akik szerint a tájdegradáció csak a talaj fizikai és kémiai tulajdonságainak környezeti változások következtében előálló leromlása). A szinonim értelmezésből az is következik, hogy a tájdegradáció legfontosabb folyamatait a talajdegradációs folyamatokkal megegyeznek, vagyis a kémiai és fizikai degradáció különböző folyamatait sorolhatók ide. Fontos azonban, hogy ezeket a folyamatokat tájdegradációs, vagy talajdegradációs folyamatként értelmezzük.

Barrow, C. J. (1991) könyvében a tájdegradációt igen széles fogalomként tárgyalja. A globális szennyeződési folyamatok (üvegházhatás, ózonréteg elvékonyodása, savas ülepedés), a trópusi és szubtrópusi erdőségek, cserjések degradálódása, a nedves élőhelyek, tundrák, felföldek, szigetek, a száraz területek degradációja, az erozív és nem erozív talajdegradációs folyamatok, az ipar és a városiasodás következtében keletkező degradációs folyamatok, a növényi és állati szervezetek „inváziója” miatt előálló degradáció folyamatait sorolja ide. Látjuk tehát, hogy Barrow, C. J. felfogásában a talajdegradáció a tájdegradációs folyamatoknak csupán egy csoportját képezi. Kiemelendő továbbá Barrow, C. J. földrajzi szemlélete, amely valamennyi klímaövet értékeli.

Ha most ismét visszatérünk a talaj- és tájdegradáció szinonim értelmezésére, úgy a Föld mezőgazdasági területének 38%-a tekinthető degradáltnak (ld. *1.ábra*). Az érintett területek túlnyomó többsége a harmadik világban található (Afrika 65%, Közép-Amerika 74%, Dél-Amerika 45%). A degradáció által érintett legelő- és erdőterületek részaránya lényegesen kisebb (21%, illetve 18%).



1. ábra: A talajdegradáció mértéke kontinensenként és földhasznosítás szerint (FAO 1990, OLDEMAN, L. R. et al. 1991, SCHERR, S. J. 1999 nyomán)

Ha a használt földterületet tekintjük - mezőgazdasági terület, állandó legelő (ld. 3.táblázat) - akkor a degradált terület aránya 23%, az erősen degradálté pedig 14%.

3. táblázat: A talajdegradáció mértéke kontinensenként és földhasznosítás szerint (FAO 1990; OLDEMAN, L. R. et al. 1991 és Scherr, S. J. 1999 nyomán)

Terület	Mezőgazdasági terület			Állandó legelő			Erdő		
	Össz.	Degradált	%	Össz.	Degradált	%	Össz.	Degradált	%
	(millió hektár)			(millió hektár)			(millió hektár)		
Afrika	187	121	65	793	243	31	683	130	19
Ázsia	536	206	38	978	197	20	1273	344	27
Dél-Amerika	142	64	45	478	68	14	896	112	13
Közép-Amerika	38	28	74	94	10	11	66	25	38
Észak-Amerika	236	63	26	274	29	11	621	4	1
Európa	287	72	25	156	54	35	353	92	26
Óceánia	49	8	16	439	4	19	156	12	8
Világ	1475	562	38	3212	685	21	4048	719	18

4. táblázat: A mezőgazdasági területek degradáltsági foka kontinensenként

Terület	Összesen				
	Összes mezőgazdasági, legelő és erdőterület	Degradált	%	Erősen degradált	%
Afrika	1663	494	30	321	19
Ázsia	2787	747	27	453	16
Dél-Amerika	1516	244	16	139	9
Közép-Amerika	198	63	32	61	31
Észak-Amerika	1131	96	9	79	7
Európa	796	218	27	158	20
Óceánia	644	104	17	6	1
Világ	8735	1966	23	1216	14

Kiemelkedő a degradált terület aránya Közép-Amerikában, Afrikában, Ázsiában és Európában (ld. 4.táblázat).

Érdekes és figyelemre méltó tény Európa veszélyeztetettsége, a harmadik világban pedig Közép-Amerika és Afrika kritikus helyzete (3.kép).



3. kép: Badland formáció a Dél-Afrikai Köztársaságban, Alliwai North környékén (Fotó: JAKAB GERGELY)

Különösen elgondolkasztó az a körülmény, hogy a mezőgazdasági terület növelése is már csak a rossz adottságú, degradált, vagy degradációra hajlamos térségeken képzelhető el, illetve erdőirtás révén nyerhetünk újabb területeket. Így tehát a talajdegradáció veszélye nőni fog a Földön.

Az elsivatagosodás

A megnevezés nem a sivatagok képződésére utal, hanem inkább arra, hogy egy terület sivárrá, értéktelenné, elhagyottá, nem, vagy alig hasznosíthatóvá válik (4.kép).

Ily módon nem nagyon szerencsés elnevezés, amely ugyanakkor arra kívánja felhívni a figyelmet, hogy a Föld szárazabb régióiban (ld. alább) igen nagy veszéllyel jár a tájdegradáció, szélsőséges változásokról, igen problematikus

folyamatokról van szó. A „United Nations Intergovernmental Convention to Combat Desertification” (Az Egyesült Nemzetek Elsivatagosodás Leküzdésével Foglalkozó Kormányközi Bizottsága) definíciója szerint (UNCOD 1977) „az elsivatagosodás az arid, szemiarid és szubhumid területek különböző tényezők hatására bekövetkező tájdegradációs folyamatait foglalja össze, beleértve a klímaváltozás és az emberi tevékenység hatásait is”.



4. kép: Badland formáció DK Spanyolországban
(Los Barrancos de Gebas, Murcia; Fotó: BÁDONYI KRISZTINA)

Az arid, szemiarid és szubhumid térségek definíciója a FAO/UNESCO bioklimatikus indexen alapul, amely nem más, mint a csapadék és a potenciális evapotranspiráció aránya (P/ETP). Eszerint:

- arid övezet: $0,03 < P/ETP < 0,20$
- szemiarid övezet: $0,20 < P/ETP < 0,50$
- szubhumid övezet: $0,50 < P/ETP < 0,75$

A Föld legszárazabb részei, a hyperarid területek értelemszerűen nem tartoznak ide, hiszen azok már sivatagok. Az elsivatagosodás által érintett terület Földünk 40%-a, ahol a népesség 1/5-e él!

Az elsivatagosodás folyamatai hazánkat is érintik, ezért az egyezményt Magyarország is aláírta. Érdekes megemlíteni, hogy Izland is érintett térség (*5.kép*), olyannyira, hogy széleskörű kutatás folyik e témában (l. pl. ARNALDS, O. 1997; ARNALDS, O. - KIMBLE, J. 2001).



5. kép: Sivatagszerű táj Izland (Fotó: MADARÁSZ BALÁZS)

Találkozunk olyan állásponttal is, amely az elsivatagosodás folyamatát a UNCOD definíciójától kissé eltérő módon értelmezni, nagyobb súlyt fektetve a sivatagosodásra, a sivatagok képződésére. MENSCHING, H. G. - SEUFFERT, O. (2001) véleménye szerint csak akkor beszélhetünk elsivatagosodásról, ha a szóban forgó táj geoökológiai jellemzői a sivatagra jellemző értékeket elérték, vagy bizonyos időn belül el fogják érni. Akik ezt a nézetet vallják, azoknak annyiban feltétlenül igazuk van, hogy az elnevezés onnan ered, hogy a sivatagok peremterületei elsivatagosodásra különösen érzékenyek. Itt elsősorban a Szahara peremén elhelyezkedő Száhel övezetről van szó.

Az elnevezés körül tehát folyamatos disputa folyik (in: BÁDONYI K. 2001). Annyi azonban bizonyos, hogy Földünk száraz jellegű, vízhiányos területeinek súlyos degradációs problémáiról, területek további aridifikációjáról van szó.

Ha mármost Földünk száraz területeire koncentrálunk, akkor az elsivatagosodás fő okát a természetes növényzet ember általi kiirtásában kell látnunk. Ez nem csupán az erdőre vonatkozik, hanem a bozót-cserje, gyom és fű vegetációra is. A növénytakaró kiirtása, megszűnése tulajdonképpen a planetáris határréteg, pontosabban a talajközeli légréteg klímájának megváltozását, aridifikációt eredményez. Ennek következtében megkeményedik, kérgesedik a talajfelszín, ezáltal csökken a beszivárgás.

A kérgesedés és növényzetmentesség nem csak a vízerózió romboló hatását fokozza, de a szélerózióét is. Ettől a talaj felső, humuszos és tápanyagban gazdag rétegei eltávoznak és így a természetes növényzet visszatelepülésének lehetősége, valamint a mezőgazdasági használat lehetősége (a táj potenciálja) csökken, illetve lehetetlenné válik. A növényzet regenerálódásának lehetősége egyébként annál kisebb az arid jellegű térségekben, minél változékonyabb a klíma, különös tekintettel a szélsőséges eseményekre, ezen belül is a nedvesség viszonyok szélsőséges változására (hosszú aszályos periódusok, katasztrófális méretű záporok).

Az elsivatagosodás tehát elsősorban az éghajlati viszonyokkal, a növényzet kiirtásával és az ennek következtében létrejövő talajerózióval függ össze. Ugyanakkor természetesen a többi természetföldrajzi tényező módosító szerepe is fontos. A domborzat, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságai, a felszínközeli (talajképző) kőzet mind szerepet játszanak abban, hogy milyen gyors és milyen mértékű lesz az elsivatagosodás.

Az elsivatagosodás mértéke a kiindulási nedvesség-állapottól és az emberi beavatkozásoktól - itt most elsősorban a pozitív beavatkozásokra gondolunk - is függ. A folyamat eredménye és lefolyása nem szorul magyarázatra: a kiindulási állapotból - szubhumid, szemiarid vagy arid viszonyokról lehet szó - az egyes fokozatok végigjárásával - tehát ha pl. szubhumid volt a terület, akkor előbb szemiarid, majd arid lesz -, a fokozódó szárazodás - aridifikáció - következtében a terület végül is

hyperariddá válik. A vegetáció szempontjából nézve tehát a pusztából szavanna, tüskés szavanna, félsivatag és végül sivatag lesz.

Összefoglalás, következtetések

A tájdegradáció korunk igen széles körben, nagy területeken elterjedt negatív folyamat-együttese, amely a földrajztudomány módszereivel vizsgálható a legeredményesebben és így tudományunknak fontos, új feladatot ad. Itt főként a jelenség komplex voltára gondolunk, a táj degradációjában ugyanis valamennyi természetföldrajzi tényező szerephez jut.

A jelenségre először a talajtan tudománya figyelte fel, hiszen a degradálódott térségek mezőgazdasági hasznosítási lehetőségei a minimálisra csökkennek, vagy megszűnnek a talaj degradálódása miatt. Ez egyébként önmagában is szembeszökő - gondoljunk pl. egy elszikesedett területre. Ha a degradálódott terület nem volt hasznosítva, úgy a növényzet degradációja is feltűnő lehet.

A tájdegradáció folyamatai hazánkban is jelen vannak, így a magyar földrajztudomány előtt is ott az új kihívás.

A szubhumid, szemiarid és arid éghajlatú területek degradációs folyamatait elsivatagosodási folyamatoknak nevezzük - így hívjuk fel a figyelmet e területek különös veszélyeztetettségére. Földünk legszegényebb, élelmezési problémákkal küzdő régiói tartoznak ide, a földfelszín közel 40%-a. Vita van arról, hogy a definíciót - a P/ETP index határértékei alapján - sző szerint kell e értelmezni és akkor az elsivatagosodás nem a sivatagok képződését, illetve ennek lehetőségét jelenti, vagy pedig szorítkozzunk azokra a térségekre, ahol valóban a sivatagok képződése lesz, vagy lehet a folyamat eredménye. Magyarország is aláírta az egyezményt, mivel a fokozódó szárazság nálunk is komoly veszélyt jelent - elsősorban a Duna-Tisza közti hátságon. Vannak tehát nálunk is olyan területek, amelyek a definíció követelményeit kielégítik. Így az elsivatagosodás kutatása is kihívást jelent tudományunknak.

A kérdés természetföldrajzi vizsgálata tekintetében a jövőben arra kellene koncentrálnunk, hogy a degradációs folyamatok egyéb, nem csak a talajt érintő vonatkozásait részletesen feltárjuk, illetve, hogy a kérdés komplex, tájtani, tájökológiai szintézisét megadjuk. Mindezek alapján pedig konkrét, gyakorlati javaslatokat kell megfogalmazni arra vonatkozóan, hogy hogyan lehet a táj degradációját megállítani, illetve a folyamatot pozitív irányba, a rehabilitáció irányába fordítani.

Szakirodalmi hivatkozások

- ARNALDS, O. (1997): Desertification in Iceland. *Desertification Control Bulletin* 32. pp. 22-24.
- ARNALDS, O. - KIMBLE, J. (2001): Andisols of Deserts in Iceland. *Soil Science Society of America Journal* 65. pp. 1778-1786.
- BARROW, C.J. (1991): *Land Degradation: Development and Breakdown of Terrestrial Environments*. Cambridge University Press. 295 p.
- BÁDONYI K. (2001): A tájdegradáció napjainkban. *Földrajzi Értesítő*. L. évf. 1-4. pp. 321-334.
- BLAICKIE, P. - BROOKFIELD, H. (1987): *Land degradation and Society*. London: Methuen. Cit. In: Barrow, C.J. 1991. *Land Degradation: Development and Breakdown of Terrestrial Environments*. Cambridge University Press. 295 p.
- BULLA B. (1962): Magyarország természeti tájai. In: *Földrajzi Közlemények* 10. pp. 1-16.
- CSORBA P. (1999): *Tájökológia*. Debrecen, Kossuth Egyetemi Kiadó. 113 p.
- EEA Environmental Assessment Report. (2003) *Europe's Environment: the third assessment*. European Environmental Agency (EEA), Copenhagen. 344 p.
- FAO (1990) *FAO Production Yearbook*. Rome: FAO.
- HAASE, G. (1964): *Landschaftsökologische Detailuntersuchungen und naturräumliche Gliederung*. - *Petermanns Geogr. Mitteilungen* 108. pp. 8-30.
- IMESON, A.C. - EMMER, I. (1992): *Implications of Climatic Change for Land Degradation in the Mediterranean*. Cit. In: Boer, M.M. 1999. *Assessment of Dryland Degradation - Linking Theory and Practice through Site Water Balance Modelling*. Wageningen University, Wageningen. 292 p.
- JOHNSON, D.L. - LEWIS, L.A. (1995): *Land Degradation: Creation and Destruction*. Oxford.
- KERÉNYI A. (1995): *Általános környezetvédelem: globális gondok, lehetséges megoldások*. Mozaik Oktatási Stúdió. Szeged. 383 p.

- KERTÉSZ, Á. (1999): Land degradation, soil conservation and large-scale farming - Soil Conservation in Large-Scale Land Use, ESSC, Proceedings, International Conference, May 12-15, Bratislava, Slovak Republik pp. 17-23.
- KERTÉSZ, Á. (2000): Land degradation as a consequence of aridification on the northern border of the Mediterranean, In: Mediterranean Desertification: Research results and policy implications, (szerk.: Balabanis, P. - Peter, D. - Ghazi, A. - Tsogas, M.), Proceedings of the International Conference, Crete, Greece, 1996. Luxemburg. pp. 129-139,
- KERTÉSZ, Á. (2001): Land degradation in Hungary. In: Bridges, E.M. - Hannam, I.D. - Oldeman, L.R. - Penning de Vries, F.W.T. - Scherr, S.J. - Sombatpanit, S. (eds.): Response to Land Degradation. Oxford & IBH Publishing Co. New Delhi, Calcutta. pp. 140-148.
- LESER, H. (1976): Landschaftsökologie. - Ulmer, Stuttgart. 432 p.
- MENSCHING, H.G. - SEUFFERT, O. (2001): (Landschafts-)Degradation - Desertifikation: Erscheinungsformen, Entwicklung und Bekämpfung eines globalen Umweltsyndroms. Zeitschrift für Geo- und Umweltwissenschaften. Petermanns Geographische Mitteilungen. Justus Perthes Verlag Gotha GmbH. pp. 6-15.
- OLDEMAN, L.R. - HAKKELING, R.T.A. - SOMBROEK, W.G. (1991): World map of the status of human-induced soil degradation: An explanatory note. Wageningen, The Netherlands and Nairobi, Kenya: International Soil Reference and Information Centre and United Nations Environment Programme.
- SCHERR, S.J. (1999): Soil Degradation. A Threat to Developing-Country Food Security by 2020? Washington: International Food Policy Research Institute
- SZABOLCS I. - VÁRALLYAY Gy. (1980): A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. Földrajzi Közlemények 28/4. pp. 345-356.
- TROLL, C. (1939): Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. Zeitschrift der Gesellschaft für Erkunde zu Berlin. Nr. 718. 297 p.
- TROLL, C. (1968): Landschaftsökologie. In: Pflanzensoziologie und Landschaftsökologie. Den Haag. s. 1-21.
- UNCOD (1977): Proceedings of the Desertification Conference. Nairobi: UNEP and New York: Pergamon Press.
- UNEP (1992): World Atlas of Desertification. - Nairobi: UNEP, and London: Edward Arnold. 69 plates.
- VÁRALLYAY, Gy. - LESZTÁK, M. (1990): Susceptibility of soils to physical degradation in Hungary. Soil Technology 3. pp. 289-298.
- VÁRALLYAY, Gy. (1989): Soil degradation processes and their control in Hungary. Land Degradation and Rehabilitation 1. pp. 171-188.

A szárazodási folyamat értékelése és néhány gyakorlati következménye

Dr. Rakonczai János – Kovács Ferenc

SZTE, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged

Bevezetés

A globális környezeti változások ténye mára alig vitatható. Igaz korábban azt gondolhattuk, hogy hazánk kevésbé lesz érintett ezekben a folyamatokban, napjainkban azonban egyre több megfigyelési adat bizonyítja, hogy például a globális klímaváltozás hatásai nálunk is jól érzékelhetőek.

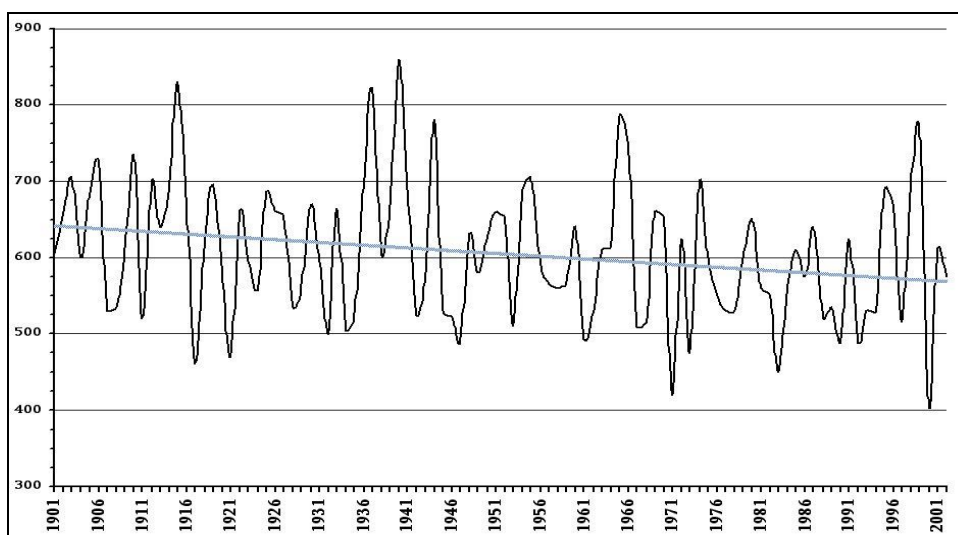
A nemzetközi tudományos életben egyre inkább elfogadott globális felmelegedés hatása Magyarországon talán legjobban a Duna-Tisza közéhez kapcsolható szárazodási folyamatban mutatható ki, de sokan gyanítanak kapcsolatot a mind kiszámíthatatlanabb árvizes eseményekkel is. Arra azonban kevesen gondolnak, hogy néhány évtized megváltozott éghajlata már a természetes táj változását is magával hozhatja.

A tudományos igényű vizsgálatoknál fontos, hogy a változást mutató jelenségek közül azokat válasszuk ki, amelyek nem egy-egy rövid időszakra jellemzőek, hanem olyanokat, amik hosszabb időszak hatását tükrözik, azaz valamilyen trendet jeleznek.

A szárazodási folyamat

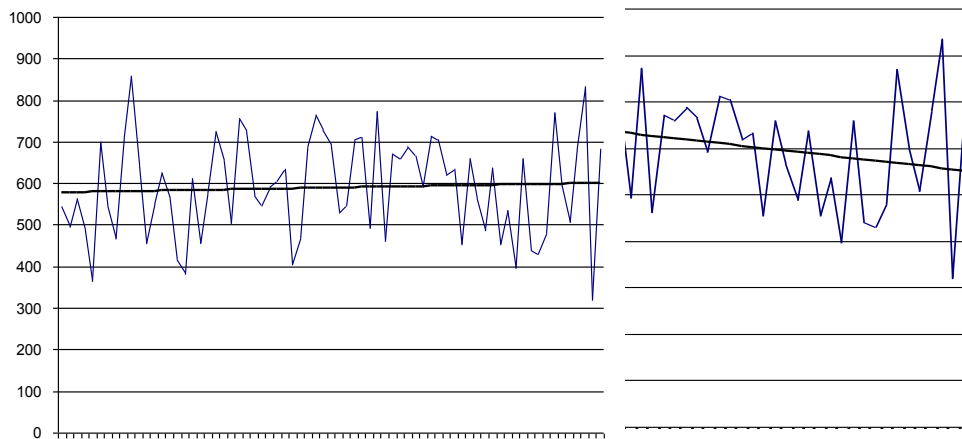
A több mint száz éves adatsor elemzése, s a mintegy húsz éve tapasztalható határozottabb - többé-kevésbé trendszerűen is kimutatható - csapadékcsökkenés nyomán többször hangzott el az a megállapítás, hogy Magyarországon is sivatagosodási folyamat van kialakulóban. Miután azonban hazánkban az éves

csapadék csak igen ritkán és kis területen marad 200 mm alatt (de 2000-ben erre is volt példa), sivatagosodásról aligha beszélhetünk. Ezért helyesebb, ha a csapadékcsökkenés folyamatát inkább szárazodásnak nevezzük. A különböző módszerekkel végzett átfogó országos értékelések országos szinten számottevő - legalább 40-50 mm-es - éves csapadékcsökkenést mutatnak (1.ábra). Ennél az értéknél is nagyobb hiány tapasztalható az Alföld egyes részein, különösen a Duna-Tisza közén. A bemutatott országos tendenciát az utóbbi két nedvesebb év (2004 és 2005) sem befolyásolja lényegesen.



1. ábra: Magyarország átlagos évi csapadéka (mm), illetve annak trendje (1901-2001) (az OMSZ adatainak felhasználásával)

Az azonban még ilyen „nyilvánvaló” trendszerű változásnál is figyelemre érdemes, hogy a trend-jelleg bizonytalanságokat is takar. Ennek egyik eleme a nagy ingadozás az éves adatokban (például az egymást követő 1999 és 2000 években majdnem felére csökkent az országos átlag), a másik pedig, az egyes adatsorok időbeli megosztottsága. Jó példa erre a kiskunhalasi adatsor, ami a teljes észlelési időszakra (1931-2001) enyhén emelkedő tendenciát mutat, az utóbbi évtizedekben (1971-2001) viszont már határozott csökkenés érvényesül benne (2.ábra).



2. ábra: A csapadékmennyiség éves trendje Kiskunhalason
1931-2001, illetve 1971-2001 alapján (mm)

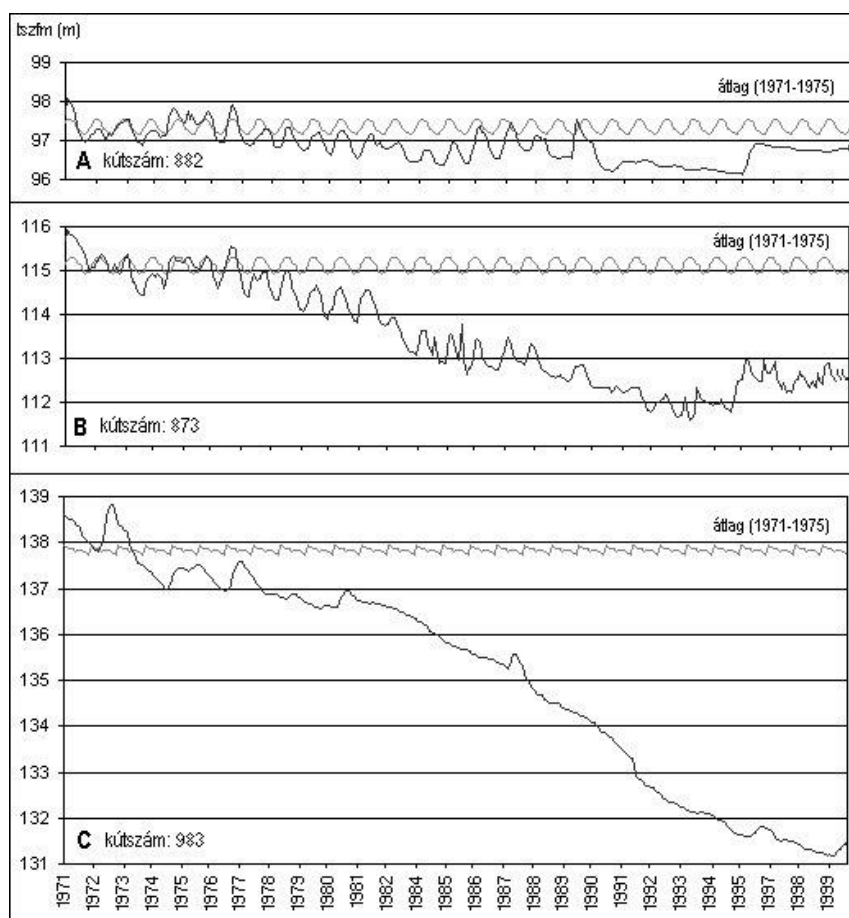
A szárazodás jelensége, mint folyamat, közvetlen következményeivel (pl. aszály, természsökkenés) nehezen értékelhető, hiszen átlagos csapadékú évben is lehet rossz termés, ha a csapadékeloszlás kedvezőtlen, illetve kevés csapadék is pótolható öntözéssel. Jól érzékeltetheti a folyamat bonyolultságát a 2000. év, amikor tél végén, tavasz elején jelentő belvízborítás alakult ki, komoly árvíz is kialakult, majd olyan jelentős csapadékhiány következett az év többi részében, hogy az országos csapadékátlag 400 mm körül alakult, amire az egész 20. század folyamán nem volt példa. Kutatásaink során éppen ezért olyan „komplex indikátorokat” kerestünk, amelyek a környezet változásain keresztül időben és térben is érzékelhetővé teszik a folyamatot.

Regionális mértékű talajvízszint-csökkenés

A talajvízcsökkenés folyamatát regionális léptékben először a Duna–Tisza közén észlelték (de nem csak ezt a tájunkt érintette). A részletesebb vizsgálatok azonban feltárták, hogy a változásnak csak egyik előidézője a csapadék csökkenő mennyisége, valójában egy összetett folyamat, amelyben a természeti elemek mellett társadalmi hatások is szerepelnek.

A szárazodást kiváltó legfontosabb tényezők: csapadékhiány, fokozódó rétegvíz-kitermelés, a csapadékhiány miatti jelentősebb öntözés, csatornákat és egyéb vízmentesítő létesítmények, földhasználati változások.

A Duna-Tisza köze felszín alatti vízforgalma szempontjából fontos, hogy a két nagy folyó között hátszerűen emelkedik ki (legmagasabb részei 40-80 méterrel), így a talajvíz utánpótlódásában csak a csapadéknak van meghatározó szerepe (a magasabb területek felől nincs lehetőség felszín alatti ideszivárgásra), s a folyók hatása is csak egy korlátozott sávban mutatható ki. A változásokban leginkább érintett tízezer km²-es területen részletes (geoinformatikai alapú) vizsgálatokat készítve megállapítható volt, hogy a talajvízcsökkenés igen szoros kapcsolatban van a magassági (domborzati) viszonyokkal (3.ábra).



3. ábra: A talajvízszint változása a Duna-Tisza közén az 1970-1974 közötti átlaghoz viszonyítva három különböző magassági helyzetben levő kútban

Ez azt sugallja, hogy a hiány oka végső soron mégis leginkább a szárazabbá váló éghajlatban keresendő. Az ábra azt is mutatja, hogy a csapadékosabb időszakok hatása egyre kevésbé érződik a mélyebbre süllyedt talajvizek esetén. Néhány csapadékosabb éve hatására (ilyen volt az 1990-es évek második fele, s vélhetően az utóbbi két év is) a terület vízhiánya mérséklődik (pl. 30% porozitással számolva 1991 márciusában 4,9, 1999 márciusában 3,4 milliárd m³ vízhiány volt becsülhető), mégis van egy kb. másfél ezer km²-es terület, ahol a süllyedés mértéke akkora, hogy kevésbé valószínű a folyamat normalizálódása.

A szárazodási folyamat természetesen nem csak a Duna–Tisza között tapasztalható, csak ott volt a legkarakterisztikusabb. Az 1970-es évek végétől a tölgyerdeinkben tapasztalt tömeges fapusztulások egyik okaként is az évtizedes csapadékhiányt gyanították. A DK-Alföldön pedig (főként Békés és Csongrád megyében) a tartós szárazság miatt olyan egyenetlen talajsüllyedések alakultak ki, amelyek tömeges épületkárokat okoztak (*ld. 4.ábra*).

A vegetáció rövid időtartamú változásai

A kutatásunk alapötletét az adta, hogy az életfeltételek változása (így a szárazodás folyamata) leginkább a biomassza mennyiségének változásán keresztül fogható meg. Ennek tér- és időbeli alakulása, mint komplex mutató vissza fogja tükrözni a folyamat mértékét, időbeli lefolyását. A vizsgálatba vont 11 éves időtartam (1992-2001) alapján így azt tudtuk elemezni, hogy az időjárási különbségeken alapuló környezeti változások milyen hatást eredményeznek a növényzetben, s az esetleges változásoknak van-e trend jellege, s felismerhető-e érdemi változás a természetes ingadozáson, a vegetációs növekedésen kívül.

Az elemzések multispektrális műholdfelvételek alapján készültek (LANDSAT TM felvételeken a Corine Land Cover 100 felhasználásával monitoring jellegű analízist végeztünk nagy

időfelbontással bíró NOAA AVHRR felvételekkel. A táj igen heterogén területhasználata miatt két természetközeli felszínfedettségi típus (erdők, gyepek) elemzését volt célszerű elkészíteni. Részletesebb elemzésünkéből (KOVÁCS F. 2005) azt emeljük ki, hogy a Duna-Tisza köze területének $\frac{1}{4}$ -én a biomasz mennyiség alapvetően csökkenő tendenciájú (ld. 5.ábra). A legérzékenyebb összefüggő területek a táj középső és a délkeleti részen határolhatók le. Különösen a vegyes erdők reagálnak kedvezőtlenül az adott időszak változásaira.

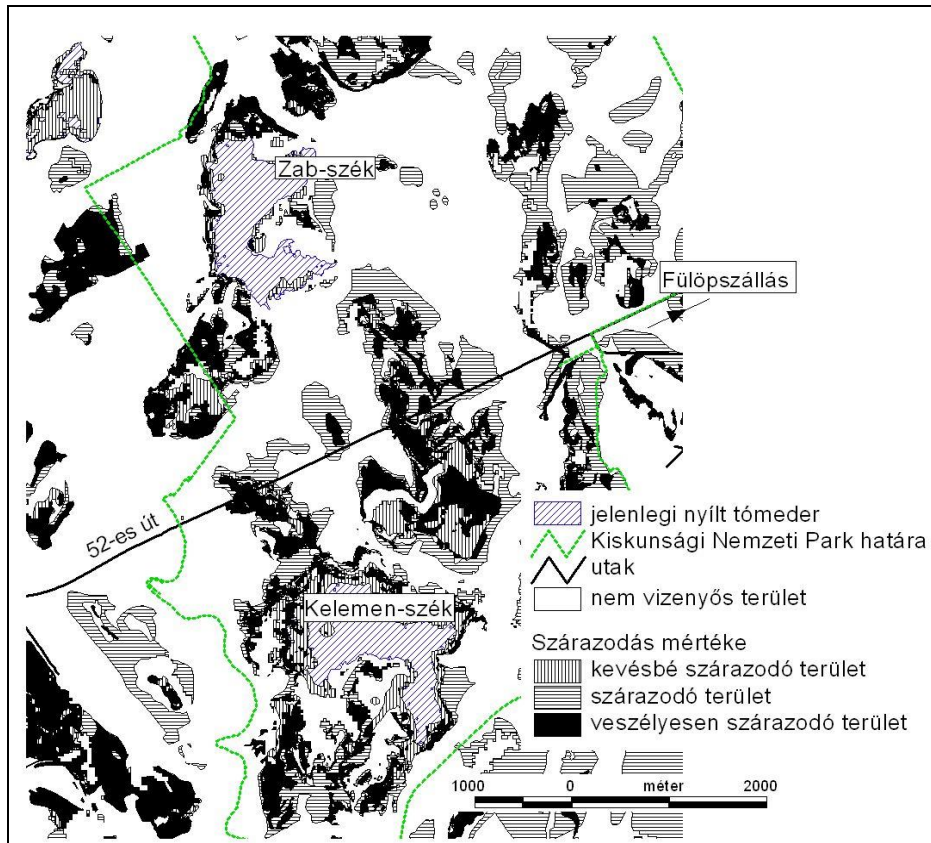
A Duna-Tisza közti szikes tavak változása

Az 1980-as évektől a Duna-Tisza közti hátság védett vizes élőhelyein a parti vegetációs zóna előrenyomulását figyelték meg. A szárazabb időszakban a gyomnövényzet elsősorban a szikes tavak tómedrében hódított teret, s mintegy tíz év alatt gyakorlatilag minden tó végveszélybe került. Az egykori tavak helyén általánossá váltak a szikes gyepterületek. Egy-egy csapadékosabb évben ugyan megújulni látszanak a tavak (legalábbis vízfelszínük újra megnő), ami időszakosan elfedheti a tényleges - nagyobb részben a szárazodási folyamattal összefüggő - tópusztulási folyamatot. Megfelelően választott vizsgálatokkal azonban itt is feltárhatóak a tényleges folyamatok.

A szigorúan védett Felső-Kiskunsági tavak területén távérzékelte adatokra (légi- és űrfelvételek) alapozva feltárható nem csak a tényleges vízfelületet határa, de a növényzet által fokozatosan birtokba vett tómedrek kiterjedése is. Ha nemcsak az évszakosan változó vízszintet, hanem a vegetációmentes mélyebb, vízzel feltöltődhető felszíneket vizsgáljuk, akkor mérni lehet a vegetáció terjedését, és így a szárazodás következményeként jelentkező degradációt is (6.ábra).

A nagyobb tómedrek mellett még az 1950-es években is gyakoriak voltak a kisméretű vízfelszínek (kiterjedésük a vízfelszínek 20-45%-a is lehetett), mára azonban szinte csak a nagyobb tómederben van nyílt víztükör, az apróbbak eltűntek.

A vegetáció előrenyomulása fél évszázad alatt elérte akár a 250-300 métert is, ami 5 méternél nagyobb évenkénti változásnak felel meg! Ha az eddigi tendenciák folytatódnak, a tájra jellegzetes szikes tavak újabb fél évszázad múlva teljesen eltűnhetnek majd.



6. ábra: A szárazodási folyamat mértéke a Kiskunsági szikes tavak esetében

A vegetáció, a talaj és a táj változásai

A talajvíz mélysége meghatározó módon befolyásolja a talajtípusok kialakulását, azok esetleges változását, illetve követően a természetes növényzet átalakulását. A szárazodási folyamat így nem csak a vele összefüggő tartós talajvízszint-süllyedéssel, illetve a már bemutatott rövidebb időtávú folyamatokkal, hanem akár a hosszabb időigényű talajátalakuláson keresztül is bizonyítható lenne. Miután azonban erre csak

részletes - a folyamatot megelőző - terepi felvételezés alapján van lehetőség, csak bizonyító erejű példát tudunk bemutatni, de a változásban érintett területek nagyságát megbecsülni nem tudjuk.

1976-1978 között részletes geomorfológiai és talajtani vizsgálatokat végeztünk a Szabadkígyósi pusztán - a terület védettségét előkészítő munkák részeként. Ennek során pontos mikromorfológiai térképet készítettünk a vidékre jellemző egyik szikpadkás tájrészleten, valamint botanikusokkal közösen mintaterületeket jelöltünk ki közös értékelésre. Ekkor még senki nem gondolta, hogy ez 25 év után alkalmas lehet a tájváltozások kimutatására. A 2003-ban elvégzett mérések során viszont már nemcsak a padkapusztulást, hanem a vegetáció- és talajváltozást is megfigyelhettük.

Az egykor szinte teljesen növénymentes szíklaposokon egyveretű gyeptalaj, az egykori padkákat több helyen a padkás erózió teljesen eltüntette, rajtuk gyepek, sóvirágos növényfoltok alakultak ki - miközben a csupasz szikes felszínek teljesen eltűntek. *A tartós talajvízcsökkenés látványos tájváltozást okozott (ld. 7. és 8.ábra).* A recens tájváltozások folyamata azonban annyira összetett, hogy csak sok-sok részletes vizsgálat teheti egyértelműen bizonyítottá az okokat.

A szárazodás ténye az Alföldön az utóbbi évtizedekben nem csak a csapadékok trendszerű csökkenésében figyelhető meg, hanem hatása folyamatszerűen továbbgyűrűzik. A csapadékhiány rövidebb távon a vegetáció változásain keresztül is lemérhető, a tartós hiány azonban regionális léptékű talajvízszint-csökkenésekhez vezethet. Ez utóbbi a talajok genetikai változását is okozhatja, ami a természetszerű vegetáció átalakulásához vezethet akár egy emberöltő alatt is.

Ez a folyamat védett területeink arculatának megváltozását, a gazdálkodásba vont területek talajainak átalakulását is magával vonja. Nagy kérdés, hogy hazai környezetpolitikánk képes lesz-e a következmények kezelésére?

Szakirodalmi hivatkozások

- BOROS E. (2002): Szikes tavak. Nemzeti Ökológiai Hálózat, 4.kötet, KöM. 32 p.
- DÉVAI Gy. (2000): Vizes élőhelyek és jelentőségük az Alföldön. In: Pálfai I. (szerk.) A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. A Nagyalföld Alapítvány kötetei 6. Békéscsaba, pp. 51-64.
- FORRÓ L. (szerk.) (2003): Tanulmányok a „Kiskunsági Szikes Tavak” állapot-felméréséről. Természetvédelmi Közlemények 10. pp. 151-313.
- IVÁNYOSI SZ. A. (1994): A Duna-Tisza közti hátságon bekövetkezett talajvízszint-süllyedés hatása természetvédelmi területeinkre. In: Pálfai I. (szerk.) A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái. Nagyalföld Alapítvány, Békéscsaba, pp. 77-87.
- KERTÉSZ Á. (2001): A globális klímaváltozás természetföldrajza. 146 p.
- KOVÁCS, F. - RAKONCZAI, J. - KISS, T. (2004): Possibilities of remote sensing in the investigation of aridification processes - Case study on the Great Hungarian Plain, Hungary. In: Goossens, R. (ed.) Remote Sensing in Transition, Proceedings of the 23rd EARSeL Symposium, pp. 409-415.
- KOVÁCS, F. (2005): The investigation of regional variations in biomass production for the area of the Danube-Tisza Interfluve using satellite image analysis. *Acta Geographica, Szeged* (in print)
- MEZŐSI, G. - BÁRÁNY-KEVEI, I. - GÉCZI, R. (1996): The future ecological value of the Hungarian landscape. *Acta Geographica Szegediensis, Tomus XXXV.* pp. 21-44.
- RAKONCZAI J. - BÓDIS K. (2002): A környezeti változások következményei az Alföld felszín alatti vízkészleteiben. In: Jakucs László, a tudós, az ismeretterjesztő és a művész. Pécs, pp. 227-238.
- RAKONCZAI, J. (2002): Some Consequences of Environmental Change in Hungary: Subsurface Waters of the Great Hungarian Plain. - Matter and Particle Transport in Surface and Subsurface Flow. ICWRER 2002. Dresden. Vol. II. pp. 101-105.
- RAKONCZAI J. (2003): Globális környezeti problémák. Lazi Kiadó, 192+16 p.
- RAKONCZAI J. (2004): A környezeti változások hatása az alföldi táj átalakulására. A Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa. ISBN 963 482 687 3. pp. 1427-1434.
- RAKONCZAI J. - KOVÁCS F. - ZÁDORI A. (2005): A padkás erózió folyamata az Alföldön. *Acta Geographica Szegediensis* (in print)
- RAKONCZAI J. - KOVÁCS F. (2004): A szárazodási folyamat értékelése a Duna-Tisza köze példáján. In: A Kárpát-medence környezeti kihívásai. Pécs, 10 p. (in print)
- RAKONCZAI J. (2005): Környezeti változások és a környezetpolitika, különös tekintettel az Alföldre. In: Nagy E. - Nagy G. (szerk.): Az Európai Unió bővítésének kihívásai - régiók a keleti periférián. pp. 122-125.

A závorszerű esők talajerózióra gyakorolt hatása a jelenlegi és a változó klímában

Dr. Kerényi Attila

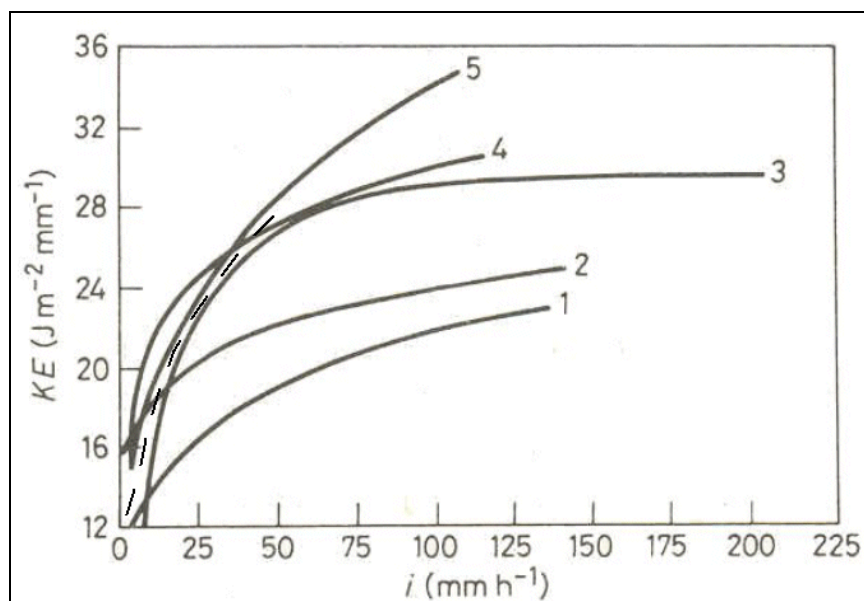
DE, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debrecen

Bevezetés

Tanulmányunk szorosan kapcsolódik az MTA és a KvVM közös kutatási programjához, amelyet immár hagyományosan a VAHAVA betűszóval jelölnek. Munkánk célja az, hogy závorszerű esők hét különböző paraméterének kapcsolatát megvizsgáljuk a csepperózióval, valamint a teljes talajlepusztulással összefüggésben (csepperózió+lepelerózió). Azt is vizsgáljuk továbbá, hogy a szárazabb és melegebb, valamint a nedvesebb, de egyenletesebb csapadékeloszlású éghajlat hogyan befolyásolhatja a talajerózió mértékét. Végül, elemezzük a talaj nedvességi állapotának szerepét az erózió mértékében. Következtetéseinket két különböző éghajlati forgatókönyvre vonatkozóan fogalmazzuk meg.

Szakirodalmi előzmények

Az 1970-es évektől sokat foglalkoztak az *eső energiája* és a talajpusztulás közötti kapcsolat vizsgálatával (BUBENZER, G. D. - JONES, B. A. 1971; HUDSON, N. 1973; LAL, R. 1981; MORGAN, R. P. C. 1978; WISCHMEIER, W. H. - SMITH, D. D. 1978). A kísérletek és szabadtéri mérések alapján egyértelművé vált, hogy az esők energiája és az erodált talaj mennyisége között a legszorosabb az összefüggés. Az esők energiájának közvetlen mérését (még kevésbé a folyamatos regisztrálását) mind a mai napig nem sikerült megoldani. A legpontosabbnak számító, cseppspektrum-méréseken alapuló közvetett módszer rendkívül munkaigényes, ezért nem terjedt el.



1. ábra: A csapadékintenzitás és a kinetikus energia közötti kapcsolat különböző szerzőknél: 1. MIHARA, Japán; 2. KER, Trinidad; 3. HUDSON, Rhodesia; 4. WISCHMEIER, USA; 5. KELKAR, India - HUDSON, N. (1973) szerint. A szaggatott vonal saját, Tokaj-Hegyalján végzett méréseinken alapul.

Különböző szerzők az intenzitás és a kinetikus energia közötti összefüggést igyekeztek meghatározni. A kapcsolat a két paraméter között földrajzi helyektől függően eltérőnek bizonyult (1.ábra). Hazánk területére vonatkozóan - ismereteink szerint - ilyen elemzést korábban nem végeztek.

Módszerek

Az 1970-es évek végén és a 80-as évek elején csepperóziós vizsgálataink során számos záporoszerű eső energiáját határoztuk meg cseppspektrum-mérés módszerével. Ugyanezeknek az esőknek az intenzitását is mértük Hellmann-féle csapadékíróval. (Részletesen ld. KERÉNYI A. 1991). Ezek az adatok részben feldolgozatlanok maradtak. Jelenlegi tanulmányunk készítéséhez 24 csapadék adatait és a hozzájuk tartozó lepusztulást az alábbiak szerint értékeltük.

Szabadtéri parcellákon külön mértük a csepperóziós anyagmozgatást ($L + F$) és a teljes lepusztulást (csepperózió + lepelerózió = ΣL). A mérés technikai részletekre itt nem térünk ki, azokat az 1991-ben megjelent Talajerózió c. könyvünkben aprólékosan leírtuk (KERÉNYI A. 1991). A vizsgált csapadékokat hét különböző paraméterrel jellemeztük: meghatároztuk a cseppenergiát (E), annak 1 mm-re jutó fajlagos értékét (E'') és a fajlagos cseppteljesítményt (E'), továbbá az intenzitás háromféle értékét (az átlagos, a 20 és 30 perces maximális intenzitást I , $I_{\max 20}$, $I_{\max 30}$) valamint a csapadék mennyiségét (H). Hangsúlyozzuk, hogy nem csupán a nagy csapadékokat vizsgáltuk, hanem az adott időszak minden závorszerű csapadékát.

A felsorolt adatok alapján az esőparaméterek és a csepperózió közötti korrelációs és regressziós vizsgálatot végeztünk el.

A korrelációs és regressziós vizsgálatok eredményei

1. vizsgálat. Korrelációs és regressziós vizsgálat a magyarázó változók és az eredményváltozó közötti sztochasztikus kapcsolat erősségének, valamint természetének jellemzésére.

Kétváltozós korrelációs együtthatók és determinációs együtthatók (r^2) az ún. többváltozós regressziós modellben,
ahol a magyarázó változók: E , E' , E'' , I , $I_{\max 20}$, $I_{\max 30}$, H ,
és ahol az eredményváltozó: $(L+F)(g)$

A determinációs együttható (a korrelációs együttható négyzete) lényege, hogy megadja azt, hogy az egyes magyarázó változók hány százalékban befolyásolják (magyarázzák) az eredményváltozó varianciáját. Az (1. táblázat) adataiból látható, hogy az eső paraméterei közül egyedül a mennyiség (H) nem mutat kapcsolatot a csepperózió mértékével. *Legerősebben E' (fajlagos cseppteljesítmény) alakulása (88%-ban) határozza meg a csepperózió alakulását.* A többszörös determinációs együttható (R^2) értéke 0,93077 volt, azaz *együttesen valamennyi független változó több mint 93%-ban magyarázza $(L+F)(g)$ alakulását.*

A táblázatból az is kitűnik, hogy az egyes magyarázó változók egymással erős összefüggésben (szinergikusan) befolyásolják az eredményváltozó alakulását, ezért célszerű az alábbi (2.) vizsgálatokat elvégezni.

1. táblázat: Kétváltozós korrelációs és determinációs együtthatók a csapadékparaméterek és a csepperózió kapcsolata esetén

Magyarázó változók	Kétváltozós korrelációs együtthatók	Egyszerű (kétváltozós) determinációs együtthatók	Szignifikancia
E	,756	,573	,000
E'	,942	,888	,000
E''	,646	,418	,001
I	,583	,341	,003
I _{max20}	,792	,627	,000
I _{max30}	,741	,550	,000
H	,356	,127	,087

2. vizsgálat. Parciális korrelációs vizsgálat önmagukban (tisztán) az egyes magyarázó változók és az eredményváltozó közötti sztochasztikus kapcsolat erősségének jellemzésére, valamint természetének jellemzésére. (Ezúttal tehát kiszűrtük a többi magyarázó változó hatását.)

Parciális korrelációs együtthatók az ún. többváltozós regressziós modellben,

ahol a magyarázó változók: E, E', E'', I, I_{max20}, I_{max30}, H,
és ahol az eredményváltozó: (L+F)(g)

Amint látható, az előzőhöz képest megváltozott az egyes magyarázó-változók korrelációs sorozata, de E' befolyásolja továbbra is leginkább (L+F)(g) alakulását. Rajta kívül pedig csak E'' mutatott szignifikáns összefüggést az eredményváltozóval. E' alakulása tisztán önmagában 73%-ban, E'' alakulása pedig ugyancsak önmagában 53%-ban ad magyarázatot a csepperózió mértékének alakulására.

2. táblázat: Parciális korrelációs együtthatók a csapadékparaméterek és a csepperózió kapcsolata esetén

Magyarázó változók	Parciális korrelációs együtthatók	Parciális determinációs együtthatók	Szignifikancia (p)
E	,4299	,1848	,096
E'	,8565	,7335	,000
E''	-,7283	,5304	,001
I	-,2883	,0831	,279
I _{max20}	-,1515	,0229	,575
I _{max30}	,3180	,1011	,230
H	-,2776	,0770	,298

3.vizsgálat. A továbbiakban azt vizsgáltuk, hogy az összes erodált talajmennyiség (ΣL) milyen kapcsolatot mutat az eső paramétereivel.

Kétváltozós korrelációs együtthatók és determinációs együtthatók (r^2) az ún. többváltozós regressziós modellben:

ahol a magyarázó-változók: E, E', E'', I, I_{max20}, I_{max30}, H
és ahol az eredményváltozó: ΣL (g)

A legszorosabb kapcsolatot a lepusztulással ebben az esetben az eső energiája (E) mutatta, de a kétféle intenzitás-maximum és a fajlagos cseppenergia is szoros kapcsolatban van az összes eróziós lepusztulás mértékével.

Valamennyi független változó szignifikáns kapcsolatot mutat az eredményváltozóval, a determinációs együtthatók alakulása viszont ismét szinergikus hatásra utal. A többszörös determinációs együttható (R^2) értéke ezúttal valamennyi független változó együttes - a ΣL (g) alakulására gyakorolt - hatását 89%-ra adja meg.

3. táblázat: Kétváltozós korrelációs és determinációs együtthatók a csapadékparaméterek és az összes erózió kapcsolata esetén

Magyarázó változók	Kétváltozós korrelációs együtthatók	Egyszerű (kétváltozós) determinációs együtthatók	Szignifikancia (p)
E	,8589	,738	,000
E'	,7958	,633	,000
E''	,5900	,348	,002
I	,7143	,510	,000
I _{max20}	,8556	,732	,000
I _{max30}	,8154	,665	,000
H	,6025	,363	,002

4.vizsgálat. Parciális korrelációs együtthatók az ún. többváltozós regressziós modellben,
 ahol a magyarázó változók: E, E', E'', I, I_{max20}, I_{max30}, H
 és ahol az eredményváltozó: ΣL (g)

4. táblázat: Parciális korrelációs együtthatók a csapadékparaméterek és az összes erózió kapcsolata esetén

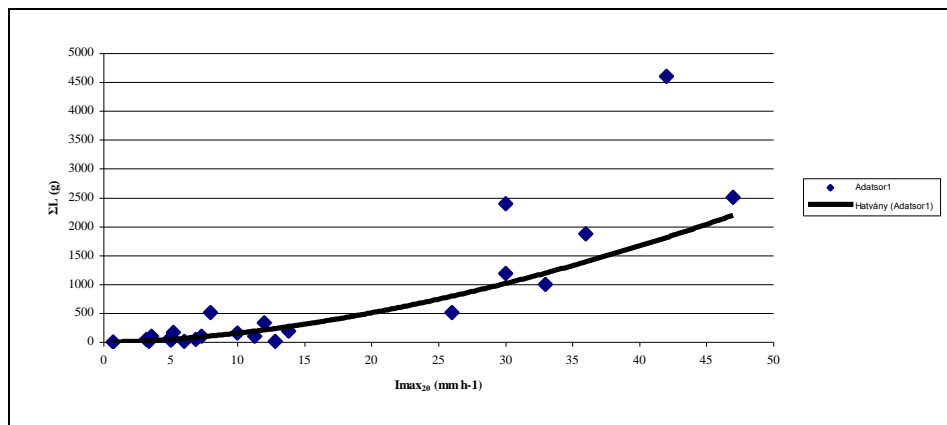
Magyarázó változók	Parciális korrelációs együtthatók	Parciális determinációs együtthatók	Szignifikancia (p)
E	,6447	,4156	,007
E'	,0290	,0008	,915
E''	-,5365	,2878	,032
I	,4674	,2184	,068
I _{max20}	,5796	,3359	,019
I _{max30}	-,2904	,0843	,275
H	-,3345	,1118	,205

$$E' < I_{\max 30} < H < I < E'' < I_{\max 20} < E$$

A korrelációs sorrend itt is módosult, bár továbbra is E és I_{max20} mutatja a legerősebb hatást a ΣL (g) alakulására.

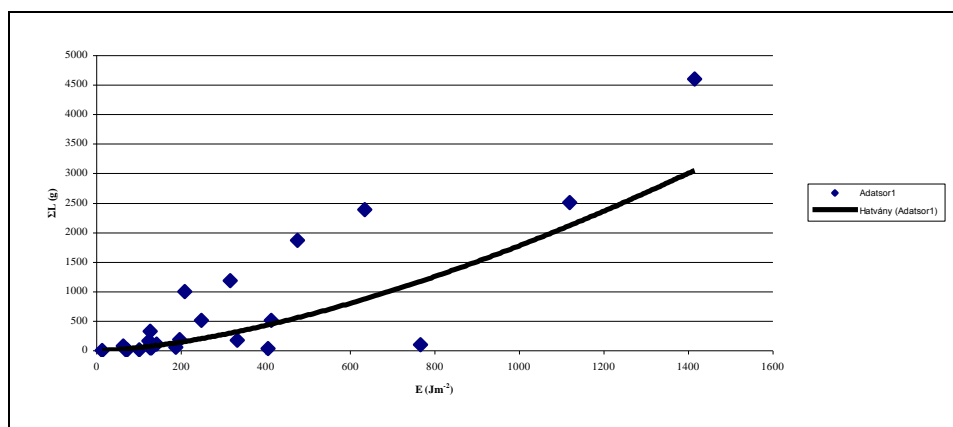
Valószínűleg a kis elemszámmal függ össze, hogy a többi esőparaméter nem mutat megfelelő szignifikáns kapcsolatot a lepusztulással. A talajveszteséggel szoros kapcsolatban lévő esőparaméterek exponenciális jellegű összefüggést mutatnak. Ezek közül a (2.ábrán) a 20 perces maximális intenzitás ($I_{\max 20}$) és a lepusztulás közötti kapcsolatot, a (3.ábrán) pedig az eső energiája és az erodált talajmennyiség közötti összefüggést mutatjuk be.

A bemutatott eredmények alapján meg kell állapítanunk, hogy a mérések száma nem elegendő ahhoz, hogy az összefüggéseket általánosítani lehessen. Ahhoz azonban támpontot adhatnak, hogy az intenzitás és/vagy a cseppenergia növekedésével egyre fokozódó mértékben nő a lepusztult talajmennyiség.



2. ábra: Az eső 20 perces maximális intenzitása ($I_{\max 20}$) és a lepusztult talaj tömege (ΣL) közötti kapcsolat

Az is megállapítható, hogy a rövid ideig tartó, nagy intenzitású (és cseppenergiájú) esők erodáló hatása nagyon nagy. Regisztráltunk olyan esőt is, amelynek mennyisége nem érte el a nagycsapadék határértékét (mindössze 13,7 mm volt), rövid ideig tartó igen nagy intenzitása (47 mm/h) és jelentős energiája (1120 J/m²) miatt mégis a 24 vizsgált eső közül a második legnagyobb talajveszteséget okozta.



3. ábra: Az eső energiája (E) és a lepusztult talaj tömege (ΣL) közötti kapcsolat

Méréseink arra hívják fel a figyelmet, hogy a hazai csapadékok szélesebb körű elemzésére van szükség az éghajlatváltozás erózióra gyakorolt hatásának vizsgálatához.

Az éghajlatváltozás forgatókönyvei közül a meteorológusok a **szárazabbá és melegebbé váló klímát** tartják a legvalószínűbbnek. Ez tehát az éves átlagos csapadékösszeg csökkenését jelenti. Az éghajlatkutatók nem foglalkoztak a csapadékpáraméterek várható változásaival. Azt azonban valószínűnek tarthatjuk, hogy a nyári félévben a ritkábban lehulló esők átlagosan nagyobb intenzitásúak (ennek megfelelően nagyobb energiájúak) lesznek, mint jelenleg, s ez az erózió fokozódásához vezethet. A száraz klíma a talajképződés ütemét is lelassítja, ami az eróziós veszteség pótlódását mérsékli. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy ezek az elméleti alapon nyugvó következtetések mérésekkel még nem igazolhatók, mivel a talajképződés ütemének becslésére eddig nem sikerült megbízható módszert kidolgozni. Másrészt a csapadékvizonyok jövőbeli alakulásáról sincs pontos ismeretünk. Ezen a téren is további kutatásra van szükség.

Nedvesebb, de egyenletesebb csapadéeloszlású éghajlathoz nagyobb éves csapadékösszegek tartoznak. Ha az éghajlatunk az óceáni klíma irányában változna, a gyakoribb és sokszor tartósabb esők átlagos intenzitása csökkenne,

ugyanakkor a havi csapadékösszegek nőnének. A nagy-csapadékokra feltehetően a kisebb átlagos cseppenergia lenne jellemző, ami nem zárja ki egy-egy szélsőségesen nagy energiájú zápor lezúdulását. Ugyanakkor még nem tudjuk megbecsülni a tartós nagycsapadékok eróziónövelő hatását, ami a lineáris erózió erősödése miatt következhet be.

A kétféle klímaforgatókönyv közül - ha csak a csapadékokban bekövetkezett változást vesszük figyelembe - hazánkban valószínűleg a jelenleginél szárazabb és melegebb éghajlaton nőne meg a talajerózió mértéke. A nedvesebb és óceánikusabb nyugati ország részben feltehetően kisebb lenne a változás, egyes területeken az erózió akár csökkenhetne is. (Megjegyezzük, hogy a jelenlegi óceáni éghajlatú területeken a csapadék további növekedése a talajerózió növekedéséhez vezetne. Így pl. Nagy-Britannia területére vonatkozóan a 15%-os csapadéktöbblet 27%-os talajvesztés-növekedést eredményezne a becslések szerint (KERTÉSZ Á. 2001).

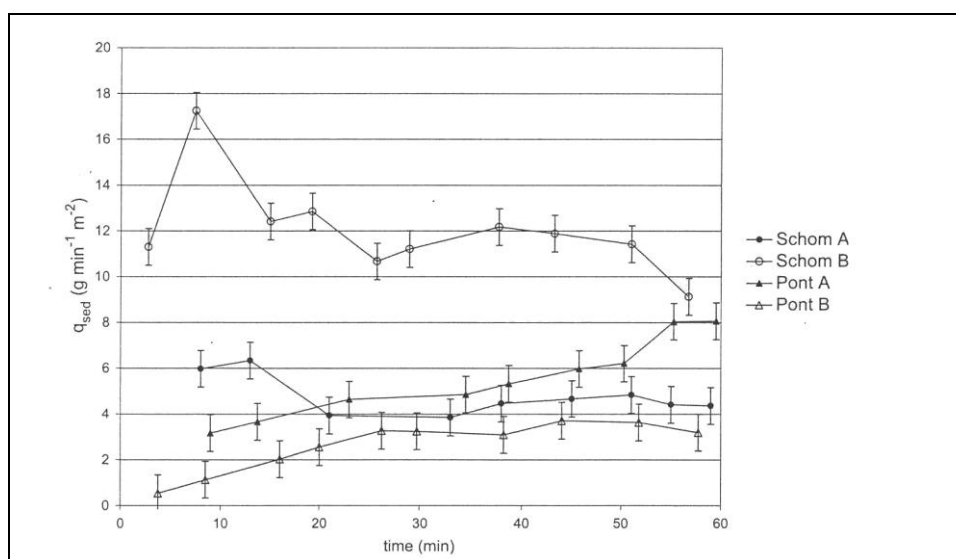
A talaj nedvességi állapotának szerepe az erózió mértékében

Az említett két klímaforgatókönyv esetén azonban a talaj átlagos nedvességtartalma is megváltozna. Szárazabb és melegebb éghajlaton a nyári félév nagy intenzitású záporai szinte törvényszerűen száraz talajra hullanak majd.

Stefanovits Pál (1999) elméleti megközelítésben a következőképpen értékeli a száraz talajnak az erózióra gyakorolt befolyását: „A száraz talajfelszín elsősorban a csepperózió tekintetében jelent veszélyt, mert az esőcseppek hatására a kiszáradt talajmorzsák szétrobbannak, szétesnek kisebb egységekre. Nedves talajfelszínen ez nem következik be, mert a talajra hulló csapadék a felszín víznyelő képességének megfelelő sebességgel jut a talaj mélyebb szintjeibe.”. E gondolatmenetet követve azt is megállapíthatjuk, hogy a száraz talajra hulló csapadék hatására széteső aggregátumokat már a felszínen lefolyó kis energiájú víz is el tudja szállítani.

A száraz talajállapotból kiinduló erózió, amely hirtelen lezúduló, nagy intenzitású csapadék hatására megy végbe, úgy tűnik, nagyobb mennyiségű talajt képes elszállítani, mint a nedves felszínről. Nincs azonban elég mérési adatunk arról, hogy a nedves felszínre érkező, akár kisebb intenzitású, de tartósabb nagycsapadékok milyen mértékben növelik meg a lineáris eróziót, s ezáltal a területegységről elszállított talaj mennyiségét.

A száraz és nedves talaj eróziót befolyásoló szerepének méréseken alapuló bizonyításához Kuhn, N. J. - Bryan, R. B. (2004) tanulmánya nagyban hozzájárult. Kutatási eredményeik lényegét tükrözi a (4.ábra). Kísérleteiket kétféle talajon végezték: agyagos vályogon (Schomberg) és homokos vályogon (Pontypool). Az ábrán a talajveszteség időbeli változásait követhetjük nyomon mindkét talaj esetében normál nedvességi állapotból (A), ill. száraz állapotból (B) kiindulva.



4. ábra: Talajveszteség „nem-száraz” (A) és száraz állapotú (B) Schomberg agyagos vályog és Pontypool homokos vályog talajon KUHN, N. J. - BRYAN, R. B. (2004) szerint

Látjuk, hogy az **agyagos vályog** (szekezetesebb) talajon igen jelentős a lepusztulási különbség a kétféle nedvességi állapot között. *Száraz kiindulási állapot* esetén az első 10 percben a

lefolyó vízben nagymértékben megnőtt a szállított hordalék, s ennek megfelelően az 1 m²-es felületről percenként lepusztuló talaj mennyisége is. Ez jó összhangban van saját kísérleteink eredményeivel (KERÉNYI A. 1991). (Megjegyezzük, hogy Kuhn, N. J. - Bryan, R. B. az ütközéses eróziót nem mérték, csak a lefolyó víz eróziós hatását.)

A *(4.ábrán)* az első percek jelentős hordalékszállítására után (a kísérlet kezdetétől számított 15-20. perc között) az erózió mértéke visszaáll a kezdeti szintre (ekkorra a csepperózióval termelt hordalék jó részét elszállította a víz), s kb. az 50. percig egyenletes marad. 50 perc után a szállított hordalék mennyisége ismét erősebben kezd csökkenni, s közelít a nedves állapotú lepusztuláshoz.

Ugyanerről az agyagos vályog talajról *nedves állapotból* kiindulva lényegesen kisebb és időben egyenletesebb a lepusztulás mértéke. (Itt is megfigyelhetjük a kezdeti szakaszra jellemző, de az előzőnél jóval kisebb mértékű többlethordalék-termelést.)

A **homokos vályog talaj** az előzőtől alapvetően eltérően viselkedik. A gyorsabb víznyelő képessége magyarázza a kisebb mértékű lefolyást, s ezzel függ össze a csekélyebb hordalékszállítás is. A *szárazabb homokos vályog* talajon tehát csekélyebb a lefolyás, mint a nedvesen, másrészt a kevésbé szerkezetes talajon kevésbé érvényesül az aggregátumok széteséséből fakadó többlethordalék-termelés. A *nedves homokos vályog talaj* hamarabb telítődik vízzel, mint a száraz, így 50 perc után lényegesen megnő a lefolyás, és ezzel fokozódik az erózió mértéke is.

Bár a kísérleteket csak kétféle talajon végezték, ezek egymástól lényegesen eltérő tulajdonságai azt az általánosítást megengedik, hogy a *talajok száraz vagy nedves állapota a szilárd alkotórészek szemcseösszetételétől és szerkezetességétől függően növelheti, vagy csökkentheti az erózió mértékét.*

Következtetések

A talajerózió várható alakulásának becslése szempontjából az éghajlati elemek közül a csapadék paramétereinek (mennyiség, intenzitás, cseppenergia, időtartam) ismerete a legfontosabb. Ezekből az adatokból meg lehet állapítani a csapadék eróziós képességét (erozivitását). A korábbi ilyen típusú hazai elemzések egyrészt régen készültek (a csapadékviszonyok azóta változhattak - éppen a száraz periódusok hosszának növekedése miatt), másrészt nem irányultak a jövőbeli változások becslésére.

A rendelkezésre álló adatok alapján *ellentmondásos eredményekre juthatunk*. A szárazabbá és melegebbé váló klímán a záporoszerű esők intenzitása megnőhet, ugyanakkor az éves csapadékösszeg csökken, és a nagyobb párolgás miatt a felszíni lefolyás ennél még nagyobb mértékben mérséklődik. Az előbbi növeli, az utóbbi csökkenti az erózió mértékét. A száraz melegben a talaj regenerációs képessége csökken.

A talaj nedvességi állapota másképp befolyásolja az eróziós folyamatot az agyagosabb, szerkezetes talajokon, mint a homokosabb, kevésbé szerkezetes talajokon. A kötöttebb szerkezetes talajokon száraz kiindulási állapot esetén megnő az erózió a nedves kiindulási állapothoz képest. Homokosabb, kevésbé szerkezetes talajon ezzel ellentétes a nedvesség hatása, de a lepusztulási különbség kisebb.

Mindebből az következik, hogy - egyébként hasonló feltételek esetén (pl. azonos földhasználat, talajvédelem hiánya) - **a szárazabbá és melegebbé váló klímán a talajerózió mértékének változása mozaikosan fog jelentkezni**: a csapadékviszonyok és a talajfizikai tulajdonságok függvényében *egyes területeken az erózió fokozódására, más területeken annak mérséklődésére lehet számítani*. E területi megoszlás becsléséhez és térképi ábrázolásához további kutatásra van szükség.

Mérsékeltlen nedvesebb, de a jelenleginél egyenletesebb csapadékeloszlású **éghajlat** valószínűleg **kisebb mértékű változást okozna a talajerózióban**. A lefolyás növekedése, de annak kisebb intenzitása, az esők mérsékeltőbb szerkezetromboló hatása többé-kevésbé kiegyenlítheti egymást. Emellett az egyenletesebben nedves talajállapot kedvezőbb a talaj regenerálódásához, ezért a **talajvesztesség: talajképződés** aránya előnyösebb lehet a mérsékleten nedves klímán, mint a szárazabb és melegebb éghajlaton.

Meg kell azonban állapítanunk, hogy *jelenlegi ismereteink nem elegendők a változások megbízható és a területi különbségeket is tükröző becsléséhez*, ezért a témával kapcsolatban további kutatásokat látunk szükségesnek.

További kutatási feladatok az erózió jövőbeli becsléséhez

- ***A hazai csapadékok áttekintő (az egész ország területére kiterjedő) elemzése az erozivitás szempontjából.***
Tekintettel arra, hogy az esők energiájának rendszeres meghatározása rendkívül munkaigényes, és a múltból csak alkalmi mérések állnak rendelkezésre, a 30 perces maximális intenzitások előtérbe helyezését javasoljuk. Fontosak a hosszú időtartamra vonatkozó trendelemzések, s az eredmények jövőbeli extrapolálhatóságát is meg kell vizsgálni.
- ***A talajerózió intenzitásának országos felmérése, új országos eróziós térkép készítése.***
Ehhez alapadatokat szolgáltathat az országos Talaj Információs és Monitoring Rendszer, amelynek keretén belül az eróziós méréseket kiterjeszteni kívánják.
- ***Talajaink fizikai állapotának egzakt felmérése, áttekintő térkép készítése - elsősorban lejtős területekről.***
A mechanikai összetételen kívül elsősorban a szerkezetesség (a porosodás mértéke és a szerkezeti elemek vízállósága)

egzakt meghatározására lenne szükség. Az adatokat térképre kellene vinni (területi típusok meghatározása).

➤ ***A fentebb felsorolt kutatási eredmények integrált értékelése a talajerózió jövőbeli alakulása szempontjából.***

Ki kellene dolgozni az integrált értékelés módszerét, amelyben az erozivitás és az erodálhatóság tényezőinek oly módon kellene szerepelnie, hogy ezek alapján legalább középtávú (10-20 éves) becsléseket tudjunk adni az erózió intenzitásának jövőbeli alakulásáról. Ez támpontot adhatna a talajvédelem tervezéséhez.

Szakirodalmi hivatkozások

- BUBENZER, G.D. – JONES, B.A. (1971): Drop Size and Impact Velocity Effect on the Detachment of Soils Under Simulated Rainfall. Transaction of the ASAE, pp. 625-628.
- HUDSON, N. (1973): Soil Conservation – BT Batsford, London, 320 p.
- KERÉNYI A. (1991): Talajerózió-Térképezés, laboratóriumi és szabadföldi kísérletek. Akadémiai Kiadó, Budapest, 219 p.
- KERTÉSZ Á. (2001): A globális klímaváltozás természetföldrajza. Holnap Kiadó, Budapest, 144 p.
- KUHN, N.J. – BRYAN, R.B. (2004): Drying, soil surface condition and interrill erosion on two Ontario soils. Catena, 57. pp. 113-133.
- LAL, R. (1981): Soil Conservation: Preventive and Control Measures. In: Soil Conservation, Problems and Prospects (ed.: R. P. C. Morgan), John Wiley & Sons. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, pp. 175-181.
- MORGAN, R.P.C. (1978): Field Studies of Rainsplash Erosion. Earth Surface Processes 3 pp. 295-299.
- MORGAN, R.P.C. (1986): Soil Erosion and Conservation. Longman Scientific Technical, Harlow, 298 p.
- STEFANOVITS P. (szerk.) (1977): Talajvédelem, környezetvédelem Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 244 p.
- STEFANOVITS P. – FILEP Gy. – FÜLEKY Gy. (1999): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 470 p.
- VÁRALLYAY Gy. (1992): Globális klímaváltozások hatása a talajra. Magyar Tudomány, 9 1071-...
- WISCHMEIER, W.H. – SMITH, D.D. (1978): Predicting rainfall erosion losses. USDA Agriculture Handbook 537 58 p.

A várható klímaváltozás, és hatása hazánk néhány jelenkori geomorfológiai folyamatára

Dr. Czigány Szabolcs – Dr. Lovász György

JPTE, Földrajzi Intézet, Pécs

A közelmúlt jelentős időjárási kilengései fokozottan előtérbe helyezték éghajlatunk változásának kérdését. Még nem tudunk pontos választ adni, hogy ezekben csupán a törvényszerűen előforduló, és az éghajlat legalapvetőbb „tulajdonságai” között említhető szélsőséges jelenségekről van-e szó, vagy évszázados folyamat jelenkori tanúi vagyunk?

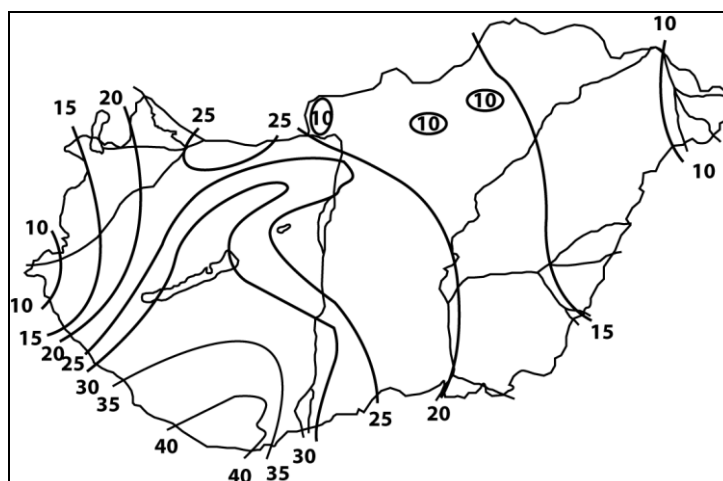
Az éghajlat ingadozása, ill. változása a társadalmi élet legkülönbözőbb szféráit érinti. Nem túlzás állítani, hogy a mezőgazdasági termeléssel kapcsolatos ágazatok „felkészülése” a legfontosabb, hiszen ezek biztosítják a lakosság ellátását a megváltozott körülmények között. A feladatok az agrár-ágazatokban fogalmazódnak meg a legeggyértelműbben: ha ui. feltételezzük éghajlatunk száraz-meleg irányban történő változását, akkor a növénytermesztés „feladata” a szárazságtűrő fajták mielőbbi előállítása. Ez mindenképpen szükségesnek látszik, hiszen már napjainkban is – nem beszélve a több évtizedes, sőt százados múlttól – gyakoriak a száraz évek.

A természeti földrajz feladata ebben a „felkészülési” időszakban nem fogalmazható meg ilyen egyértelműen. Tudományunk több feladata között az egyik, a jelenkori geomorfológiai folyamatok térbeli, és mennyiségi-minőségi tanulmányozása. Ezeket alapvetően a klíma befolyásolja, ill. határozza meg. A klímaváltozással kapcsolatban nekünk is vannak tennivalóink. A természeti földrajz a VAHAVA projekt három „jelszava” közül a (klíma) „változás”, és a (klíma) „hatás” témakörében tud a közös kutatások sikeréhez járulni (ZÁGONI M. 2005).

A változó természeti adottságok jelentős hatással vannak - többek között - a mezőgazdasági termelésre is. *Feladataink tehát a társadalmi-gazdasági élet számos területéhez kapcsolódnak, így időszerűnek látszik tennivalóink megfogalmazása.*

A jövőbe látás az élet minden területén rendkívül nehéz, ill. bizonytalan. A klimatológia évszázadokra előre mutató távprognózisa elsősorban, -- de nem kizárólagosan - a múlt eddigi folyamataira, ill. tendenciáira támaszkodik. Egyre erősödni látszik az a felfogás, hogy klímánk valószínűleg a száraz-meleg, azaz a mediterrán jelleg felé mozdul el. Ezt feltételezi a közelmúltban közzétett, és az MTA valamint a KvVM által indított 3 éves kutatási program-tervezet is (LÁNG I. et al. 2005).

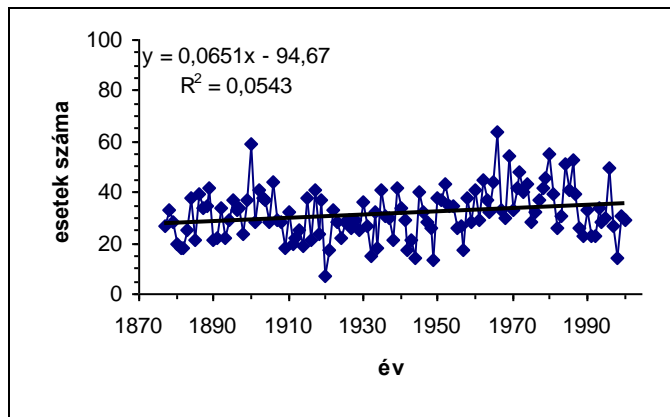
Ez a program az említett száraz-meleg irányba valószínűsíthető klímaváltozásról tesz említést. *Az utolsó több mint egy évszázad éghajlati és hidrológiai adatai ezt a feltételezést látszanak alátámasztani.* Hazánk a mediterrán éghajlati terület közvetlen É-i szomszédságában fekszik. Hatása tükröződik a D-i országterület növényvilágában is, amelyben a mediterrán elemek jelentősebb arányban vannak jelen, mint másutt az országban. A mediterrán hatás újabb bizonyítéka a sokévi átlagos csapadékjárásunk őszi másodmaximuma is. Kevésbé ismert azonban az évi csapadékjárásunk jellegében kimutatható jelentős változékonyság. (ZÓLYOMI B. 1958). E tekintetben ui. több típus ismerhető fel. Az egyik a szubmediterrán típus, amelyben a csapadékjárásnak nyári másodminimuma rajzolódik ki. Ennek a típusnak hazai 75 éves regionális előfordulás-gyakorisága egyértelműen igazolja, hogy *a szubtrópusi magasnyomású területnek az átlagosnál nagyobb mértékű É-ra tolódása következtében az eseteknek több mint 40%-ában mediterrán klímára jellemző nyári csapadékminimum van* (BORHIDI A. 1991) *(1.ábra)*. Ez hazánk D-i területén a leggyakoribb. Észak felé jelentős mértékben csökken. Északkelet Magyarországon, és a Ny-i határvidéken a déli országrésszel szemben már csak 10%-os a gyakorisága, ill. valószínűsége. Ezeknek a számoknak tükrében joggal feltételezhető ennek a magasnyomású területnek az egyre gyakoribb elmozdulása É-felé.



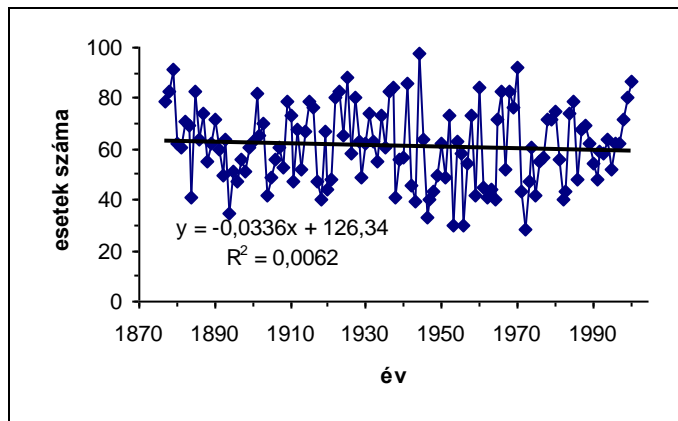
1. ábra: A szubmediterrán csapadékjárás típus %-os gyakorisága Magyarországon (Borhidi eredeti)

Klímánk változásának irányával kapcsolatosan újabb adatokat, ill. információkat szolgáltatnak a hosszú sorozatú meteorológiai, és hidrológiai jelenségek vizsgálata.

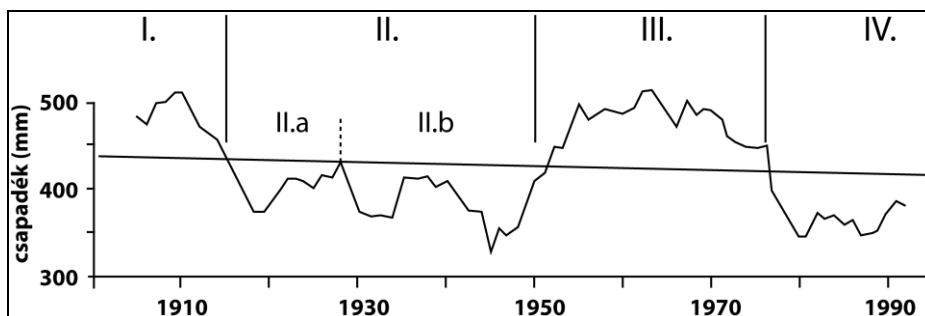
A hazai éghajlatunk jellegét figyelemre méltóan határozzák meg a mediterrán ciklonok. A Péczely által megfogalmazott makroszinoptikus helyzetek naponkénti előfordulásai ma már rendelkezésünkre állnak az 1877-2000 időszakra vonatkozóan (PÉCZELY Gy. 1957, 1983; KÁROSSY Cs. 1994, 1997, 2002). A több mint 120 éves sor elemzése, ill. feldolgozása újabb ismeretek megfogalmazására ad lehetőséget éghajlatunk változás-tendenciájára vonatkozóan. *A fenti időszakra számított regressziós egyenlet pozitív „y” együtthatója jelzi a mediterrán ciklonok gyakoriságának folyamatos növekedését (2.ábra). A katalógus adatainak további feldolgozása során megállapítható a mérsékeltövi ciklonok gyakoriságának visszaszorulása (3.ábra).* Úgy tűnik tehát, hogy az elmúlt 120 év alatt az Atlanti-óceán D-i térségéből származó légtömegek nagyobb szerepet kapnak éghajlatunk formálásában, mint az óceán É-i térségéből érkezők. Különösen a mediterrán ciklonok növekedő hatásában figyelhetők meg a kis időszakra terjedő, jelentős szélsőségeket produkáló szingularitások. Ez viszont a mérsékeltövi ciklonok változás-tendenciájában kevésbé rajzolódik ki.



2. ábra: A mediterrán ciklonok (Péczely-féle CMw+CMc makroszinoptikus helyzetek) gyakorisága Magyarországon 1877-2000 között



3. ábra: A mérsékeltövi ciklonok (Péczely-féle mCw+mCc makroszinoptikus helyzetek) évi gyakorisága Magyarországon 1877-2000 között



4. ábra: A nyári félév csapadékösszegeinek változás-tendenciája Abaliget 1901-1995
 1: A változás-tendencia irányára utaló regressziós egyenes (iránytrend)
 2: A félévi csapadékösszegek 10 éves átkaroló közepe (mozgótrend)

E szerepnövekedést azonban időszakokra is lehet bontani.. Példaként említhető a Mecsek-hegységi Abaliget nyári félévi csapadékösszegeinek, közel 100 évre terjedő vizsgálati eredménye (ld. 4.ábra). A magasnyomású terület fokozódó uralmát az évenkénti nyári csapadékösszegek csökkenő tendenciája, azaz a regressziós egyenlet együtthatójának negatív értéke, $a = -0,22$ igazolja (LOVÁSZ Gy., 2001). A sokévi átlag azonban jelentős ingadozásokat, ill. hosszabb-rövidebb időszakokat takar. A közel 100 éves változások négy szakaszra oszthatók. Az elmúlt évszázad első 15 évét (I. szakasz) az átlagon felüli nyári csapadékosság jellemzi (1.táblázat).

1. táblázat: A jellegzetes óceáni és a mediterrán hatás valószínűségének (%) tükröződése a nyári félévi csapadékösszegeiben, Abaliget 1901-1995

	Időszakok	Óceáni hatás	Mediterrán hatás
I.	1901-1915	67	26
II.a	1916-1930	33	59
II.b.	1931-1950	4	87
III.	1951-1975	56	12
IV.	1976-1995	33	59

¹: jellegzetes hatásnak minősítettük azt a nyári félévi csapadékösszeget, amely a sokévi átlagtól $\pm 5\%$ -al eltért.

A II. szakasz 34 éves időszak, amelyet a mediterrán hatás fokozatos erősödése jellemez, és ezért szükséges a két részre tagolása. A harmadik, 25 évi tartó periódust ismét az óceáni hatás (56%) uralja a mediterránnal szemben (12%). A hozzávetőlegesen 1976-tól számítható negyedik időszak nyári csapadékösszegei ismét a mediterrán uralomra utalnak.

A közelmúlt árvízmeteorológiai kutatásai is eléggé egyértelműen igazolják a mediterrán hatás hidrológiai szerepét. E tekintetben elegendőnek tartjuk a közelmúlt tiszai árvizeire utalnunk. Az árvízmeteorológiai vizsgálatok teljesen

egyértelműen a mediterrán ciklonok döntő szerepét igazolják nemcsak a Tisza, de a Duna árhullámainak túlnyomó részében is (BODOLAINÉ JAKUS E. 1983; BARTHA P.-NÉ - BARTHA P. 1981; HOMOKINÉ ÚJVÁRI K. 1999; BONTA I. 1998).

Korábbi vizsgálatok szerint a Duna nagymarosi szelvényében az 1883-1980 időszakban viszonylag jelentősen mérséklődött az évi vízszállítás (LOVÁSZ Gy. 1985). Ez a felső-Duna vízgyűjtőjének csökkenő évi csapadékbevételét, ill. lefolyását tükrözi. Ugyanebben az időszakban általában mérséklődött a legnagyobb árhullámokban szállított víztömegek mennyisége is (*2. táblázat*). A havi legnagyobb vízhozamok azonban természetesen nem minden esetben jelentenek árhullám-csúcsokban levonuló vízmennyiséget.

*2. táblázat: A havi legnagyobb vízhozamok változás-tendenciájára utaló regressziós egyenlet „y” együtthatói
Duna: Nagymaros 1883-1980*

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	év
-	1,36	-	-	0,14	-	0,30	-	-	-	0,31	1,65	-
3,35		0,27	0,07		0,99		2,15	7,38	3,62			1,41

Ezekkel az értékekkel kapcsolatban azonban meg kell jegyeznünk, hogy nem lehet kizárni a közel egy évszázaddal korábbi mérések nagyobb pontatlanságát és kisebb gyakoriságát a maiakkal szemben.

A fentebb idézett, és hosszú sorozatokra épülő elemzések minden esetben a mediterrán hatás fokozatos növekedését mutatják. Az ábrák némelyikén közölt 10 éves átkaroló közepek /mozgó-trend/ viszont a szekuláris változáson belüli szingularitásokat látszik igazolni.

Végeredményben tehát ezek a vizsgálatok is csupán a korábbi trendeket tárják fel. Ezekből nem következtethetünk a távolabbi jövő viszonyaira. Nem tudjuk, hogy a közelmúlt

szélsőséges folyamatai csupán szingularitások-e, a kétségtelenül kimutatható szekuláris változáson belül. A holocén klímátörténeti kutatások ui. már a több száz, esetleg ezer évig tartó éghajlattípusok több változatát tárták fel (KORDOS L. 1979; JÁRAINÉ KOMLÓDI M. 1969; RÁCZ L. 2001).

A természeti földrajz rész-diszciplináját képező geomorfológiai kutatások akkor tudnak részt venni a klímaváltozással kapcsolatos felkészülésben, ha prognosztizálják, és térben rögzítik a várható klímaváltozás hatására megváltozó jelenkori felszínformáló folyamatokat.

A térképezés és az ehhez csatlakozó térképmagyarázó az elmúlt évtizedek során jelentős közlési formájává alakult a geomorfológiának. A közelmúlt jelentős ezirányú kutatásai megfelelő terepi ismereteket gyűjtöttek a különböző időjárású években tapasztalható lepusztulási folyamatokról. *Ezek felhasználásával lehetőség nyílik a meleg-száraz jellegű években valószínűsíthető lepusztulási, ill. akkumulációs folyamatok reális prognózisának elkészítésére.* Ismerve a felszíni kőzetminőséget, a megváltozott folyamatok regionizálhatók is. *Az így készült ún. geomorfológiai prognózis térképeket a további terepi kutatásokkal pontosítani lehet.*

Feltételezve a száraz évek gyakoriságának növekedését *prognosztizálható a deflációs folyamatok növekedése.* Ez természetesen hazánk futóhomok térségeiben lesz a legjellemzőbb. Figyelembe véve az ország DNy-i területeinek mai csapadékosabb, tehát a homokmozgást kissé mérsékelő jellegét, *a legnagyobb változások a Belső-Somogy térségében várhatók,* hiszen a csökkenő csapadékmennyiségek következtében a nyári homokmozgás a mainál jelentősebbnek feltételezhető.

A gyakoribb, és hosszantartó homokmozgás következtében *a légszennyezettség figyelemre méltó romlása várható a futóhomok térségek kisebb településein, a nagyobbaknak pedig a peremterületein.*

A defláció azonban a mainál gyakoribb lesz a kötött talajú felszíneken is, hiszen napjaink száraz-szeles időjárási helyzeteiben tapasztalható ez a folyamat.

A gyakoribb deflációs folyamatok a futóhomok térségeken fokozott talajpusztulást okoznak, ami a jelenlegi különösebben jónak nem nevezhető talajminőséget tovább rontják. A talajminőség degradálódását elősegíti a szárazság következtében gyérülő természetes és kultúrnövényzet.

A várható klímaváltozás hatásait elemző tudományos közösség (International Panel on Climate Change, IPCC) megállapításainak egyike szerint a csapadék csökkenésével gyakoribbá válnak a szélsőségek, a rövid idejű nagycsapadékot szolgáltató események (ZÁGONI M. 2005). A csapadékviszonyok megváltozásának figyelemre méltó hatása lesz dombvidéki térségeink csapadék-okozta lepusztulás folyamataira. *A mainál lényegesen nagyobb mértékű lesz az árkos erózió felszínformáló szerepe.* Ez a tevékenység elsősorban azokon a dombvidékeinken lesz jelentős, amelyek a pleisztocénban magasra kiemelkedtek, és domborzatukat hosszú, viszonylag meredek, mezőgazdasági művelésű lejtők uralják. Ezeknek a viszonyoknak kialakulása elsősorban a lazább szerkezetű túlnyomóan lösszel, ill. löszhöz hasonló képződménnyel fedett Zselicben, a Tolnai- és D-baranyai dombságon, a Csereháton, valamint az Észak-Magyarországi-középhegység D-i lejtővidékén nagy a valószínűsége. Várhatóan az erdővel fedett igen meredek felszíneken ez a folyamat nem lesz jellemző. Hasonlóan kisebb lesz az árkos erózióképződés a kötött, csuszamlás veszélyes miocén képződményekbe vésődött löszmentes dombvidékeinken, az Észak-Magyarországi-középhegység É-i előterében.

A rövid idejű, nagy intenzitású csapadékhullás eredményeként keletkezett eróziós árkok dombvidéki szőlő területeinken is igen nagy kárt okoznak. Ennek következtében a szőlőtermesztés természeti feltételeinek jelentős romlása prognosztizálható.

Az intenzív eróziós árok képződések következtében a *lejtőlábak térségében képződő hordalék- ill. törmelék kúpok kialakulása is gyakoribb lesz.* Ezek a képződmények pedig a szárazság következtében amúgy is silány réti felszínnek csökkenését eredményezik. A réti felszínnek ilyen módon végbemenő csökkenése elsősorban azokban a dombvidéki völgyekben lesz jelentős, a melyeknek szűk, ill. keskeny a völgytalpa.

A laza szerkezetű lösz- ill. löszhöz hasonló képződménnyel borított dombvidéki felszíneinken várhatóan jelentős befolyásolja negatív irányban a felszíni vízgazdálkodást is az árkos erózió-képződéssel jellemezhető felszínfejlődési folyamat. Ezen a domborzattípuson ma már számos kicsiny komplex vízhasznosítású víztározó üzemel. Ez ezeket tápláló csapadékvíz mennyisége egyrészt csökkenni fog, másrészt a hordaléktöménység jelentősen növekedik. Ez viszont a tavak amúgy is gyors feltöltődését nagymértékben siettet.

Hazánk dombvidéki területein egyik uralkodó felszínfejlődési folyamat a csuszamlás. Jelentős az intenzitása a csapadékos időszakokban, legfőképpen a téli félévben, amikor fokozott a beszivárgás, és mérsékelt a párolgás. *A feltételezett meleg-száraz klímaváltozás során ez a felszínfejlődési folyamat veszt jelenlegi intenzitásából.* Különösen jelentős lesz ez a pannon rétegekbe vésődött dombvidékeinken, valamint a mészköves, ill. karbonátos kőzetekből épült területekhez csatlakozó térségekben, ahol a mozgás kiváltódásához szükséges víz a szomszédos hegységi térszín alól szivárog. *A sorozatosan negatív vízháztartású évek következtében ui. ez a felszínalatti vízmennyiség nagymértékű csökkenése feltételezhető, aminek egyik következménye a csuszamlás-hajlam mérséklődése.*

A feltételezetten meleg-száraz klímátípusban a hazai karsztosodási folyamatok is számottevően lelassulnak. A talaj biológiai élete a csapadékhiány következtében jelentősen mérséklődik, így a CO₂ termelés is csökken. Ez pedig az oldási folyamat lelassulását eredményezi (CZIGÁNY SZ. 1999).

A feltételezett felszínformálódást a talajokban bekövetkező változások is jelentős mértékben befolyásolják.

A klímaváltozás valószínűleg érezhető hatást gyakorolna hazánk talajainak fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságaira. Természetesen, ezek csak akkor következnek be, ha a felmelegedett levegő hőjét átadja a talajnak. A kutatások azonban még nem bizonyították be egyértelműen, hogy a talaj felmelegedése milyen mértékben követné a légkör felmelegedését. Rövidtávú, üvegházás, növényzettel borított modellkísérletek szerint ugyanis a talajok hőmérséklete mérsékelten melegszik fel a levegő hőmérsékletéhez képest (JONASSON, S. et al. 1993). Ez a megállapítás azonban némileg ellentmond az általános megfigyelésnek, mely szerint csupasz (növényzet nélküli) talaj évi középhőmérséklete megegyezik a talaj felett található levegő évi középhőmérsékletével, mindössze a napi és az évi hőingás amplitúdója csökken a mélységgel (HILLEL, D. 1998). A két megállapítás közötti eltérést a modellkísérlet equilibrium ideje, valamint a növényborítottsági különbség okozhatja.

A prognózisok szerint a hőmérséklet emelkedésével párhuzamosan csökkeni fog az éves csapadékmennyiség. Itt azonban egyes modellek +/- 11% hibahatárt adnak meg Nyugat-Európára. Az előrejelzés bizonytalansága tehát magas. Az évi csapadékmennyiségen belül is meghatározóbb lesz a nyári félévben lehulló csapadék mennyiségének csökkenése (MACDONALD, A. M. et al. 1994). Azonban Európa egyes területein, mint pl. Norvégiában a csapadék éves mennyiségének növekedését tapasztalják (gleccserelönyomulások). A bizonytalansági hibahatár a csapadékot illetően valószínűleg igaz lehet Közép-Európára is.

A légkör, valamint a talajok felmelegedése, valamint az éves csapadékmennyiség változása várhatóan az alábbi talajparamétereket és folyamatokat érintené: a talajok víztartalmának és hidrodinamikai tulajdonságainak változása, pH emelkedése, a talaj CaCO_3 tartalmának, valamint CO_2

kibocsátásának növekedése, a nitrogén, a szén és általában a biogeokémiai körforgalom intenzitásának, a talaj struktúrájának és textúrájának, valamint mikrobiális aktivitásának változása. A klímaváltozás következtében intenzívebb lenne a szikesedés is.

A felsorolt tulajdonságok közül várhatóan a *fizikai paramétereket érintené legkevésbé* az éghajlat várható felmelegedése, valamint az éves csapadékmennyiség csökkenése és időbeli eloszlásának megváltozása. Magyarország genetikai talajtípusai részben megváltozhatnak, s a ma területi kiterjedésében uralkodó barna erdőtalajok helyett a mezőségi (csernozjom) talajokat találhatnánk legnagyobb területen. A talajképző folyamatok szerepe közül az agyagosodás és az agyagvándorlás (lessivage) szerepe csökkenhet, s a legszárazabb területeken egyes talajoknál fizikai talajtípus-változást eredményezhet, homokosabb, s gyakran szerkezet-nélküli (aggregátum-mentes) talajtípusok jelenhetnek meg, amelyek már kevésbé ellenállóak a várhatóan uralkodóbb deflációs folyamatokkal szemben. A fentiek következtében a mainál jelentősebbé válna dombvidékeink areális lepusztulása, a nagy csapadékok hatására.

A durvább talajtextúra viszont módosíthatja talaj kapilláris és vízmegkötő tulajdonságait is, illetve az átlagos pórusnagyságot, ezáltal megváltoztatva a diszponibilis és a holtvíztartalmat (STEFANOVITS P. et al. 1999). Ezzel szemben, kevésbé száraz területeken - a pH növekedése szempontjából - hasznos lehet a Ca^{2+} ionok aggregátum-formáló szerepe (a CaCO_3 egyensúlyi pH-ja 8,2), mely mezőgazdasági szempontból kedvező, morzsás szerkezetet kölcsönöz a talajoknak (MILLER, R. W. - GARDINER, D. T. 1998). A talajok víztartalma az ország jelentős részén várhatóan alacsonyabb lesz, mint a mai átlagértékek. Ez csökkenti a vízbeszivárgás mértékét, mivel a talajok vízvezető-képessége a víztartalom csökkenésével (a talajok pórusainak egyre kisebb hányada lesz kitöltve vízzel) egyre kisebb lesz. Mivel Magyarországon végighúzódik az 1.0-ás ariditási index vonala, ezért az Alföld középső és ÉK-i területein nettó negatív talaj-vízháztartás várható, ami magával vonja az oldott

elektrolitok (főleg a talajszerkezet szempontjából hátrányos Na^+ felszín felé áramlását), szélsőséges esetekben a talajok szikesedését is.

Mezőgazdasági szempontból jelentősek lehetnek a talajkémia és talajbiológiai változások is. A kémiai és mikrobiális folyamatok várhatóan nagyobb mértékben változnak a klímaváltozás hatására, mint a talajfizikai paraméterek. A szárazabb éghajlat, s ennek következtében a kisebb mértékű kilúgozódás következtében a talaj felső szintjében több Ca^{2+} és Mg^{2+} ion marad, aminek következtében kisebb a valószínűsége a talajok elsavanyosodásának, így a túlzott műtrágya-felhasználás kevésbé éreztetheti hatását.

A talajlakó élőlények összessége (az edafon) számára, a két alapvető életfeltétel - a hőmérséklet és a víz - szerepe ellentétesen változik. Mivel az éghajlat következtében a növényzet is nagy valószínűséggel megváltozik, ez kihathat a talaj párolgási viszonyaira és a talaj felett elhelyezkedő levegő páratartalmára. A gyökérváladékok megváltoztatják a talaj mikro- és mezofaunáját, valamint mikroflóráját is. Ez pedig kihatással lehet a szén és egyéb tápelemek körforgására (pl. megnövekedett CO_2 kibocsátás), valamint az egész biogeokémiai ciklusra is (DIAZ, R. A. et al. 1997). A levegő megnövekedett széndioxid tartalma pedig úgynevezett „ CO_2 trágázást” idézhet elő, azaz a növényzet fokozottabb burjánzását a vegetatív időszak során. Azonban, a mikrobiális lebontó folyamatok intenzitását befolyásolja az is, hogy miként alakul a csapadék éves eloszlása, azaz a csapadék mekkora hányada hull a vegetációs időszakban. Ez nagy hatással lehet a talajok szervesanyag-ellátottsága, nitrogénellátottságára, valamint az ammonifikáció, nitrifikáció és a denitrifikáció folyamataira is (INESON, P. et al. 1998; HART, S. C. - PERRY, D. A. 1999).

A talajoldat pH-jának emelkedése befolyásolni fogja az egyes tápelemek és ionok felvételének intenzitását, valamint azok transzportját a talajban. A talajok pH-jának növekedésével ugyanis megnő a talajmátrix felszínén található negatív töltések

száma, ill. aránya a pozitív töltésekhez viszonyítva. Ez viszont megnövelheti a talajoldatban található anionok transzportjának nagyságát a negatív-negatív elektrosztatikus taszítás következtében. Ezáltal egyes anionok, mint pl. a NO_3^- vagy a foszfát-anionok (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}) nagyobb mértékben vesznek el a gyökérszónából, mint alacsonyabb pH esetén. Azonban a transzport mértékét befolyásolja az adott makro- és mikroelem oldhatósága is, ami szintén pH-függő jelenség, s meghatározza az adott elem felvehetőségét is a növényzet számára. Ez befolyásolja az adott tápelem mineralizálhatóságát, ill. immobilizációjának nagyságát, valamint azt, hogy milyen sebességgel távozik el a gyökérszónából (HAVLIN, J. L. et al. 1999). Ezzel szemben, egyes, a növények számára fontos kationok, mint pl. a NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , vagy K^+ - a megnövekedett számú negatív felületi töltések következtében - intenzívebb elektrosztatikus megkötése várható az agyagásványok felszínén, így azok nehezebben távoznak el a gyökérszónából az esetleges kilúgozódás során.

A fenti geomorfológiai és talajtani folyamatok társadalmi-gazdasági jelentőségük szerint különbözőképpen minősíthetők. Nyilvánvalóan a defláció, és a felszín csapadék általi lemosódása nagyjelentőségű folyamat, mivel figyelemre méltó az agrár-gazdasági, és népegészségügyi jelentősége.

Az ebben a témakörben végzett geomorfológiai kutatások, és térképezések egyik legfőbb célkitűzésként ajánlható azoknak a mikro- és mezokörzeteknek a térbeli megjelenítése és jellemzése, amelyekben a fentiekben csak nagyvonalúan vázolt folyamatváltozások végbe mennek.

A klímaváltozás során bekövetkező folyamatváltozások kivédése, azaz a „válaszadás” már a műszaki tudományok feladatkörébe tartozik. A geomorfológiai kutatáseredmények csupán csak azokra a területekre, és folyamatokra hívják fel a figyelmet, amelyben ki kell dolgozni a megfelelő műszaki védekezést. *Napjaink tapasztalata szerint már előfordulnak száraz*

periódusok, és az ezt jellemző felszínformáló folyamatok. A védekezés stratégiáját már időszerű kidolgozni.

Szakirodalmi hivatkozások

- BARTHA P.-NÉ - BARTHA P. (1981): Az 1979. évi tiszai árvíz hidrometeorológiai viszonyai. *Vízügyi Közlem.* pp. 204-216.
- BODOLAINÉ JAKUS E. (1983): Árhullámok szinoptikai feltételei a Duna és a Tisza vízgyűjtő területén. *OMSz. Hiv. Kiadv.* 56. Bp.
- BONTA I. (1998): Századunk nagy árvizei meteorológus szemmel. *Hidr.Közl.* pp. 33-39.
- BORHIDI A. (1991): Magyarország növénytakarójának néhány növényföldrajzi vonatkozása. In: Hortobágyi T. - SIMON T. (szerk.) *Növényföldrajz, társulástan, és ökológia. Egy. és Főisk. tankönyv, Második Kiadás.* Bp., pp. 365-372.
- CZIGÁNY SZ. (1999): A holocén talajalatti karsztosodás feltételrendszerei a Villányi-hegységben. In: Veress M. (szerk.) *Karsztfejlődés III.* Szombathely, pp. 153-167.
- DIAZ, R.A. - MAGRIN, G.O. - TRAVASSO, M.I. - RODRIGUEZ, R.O. (1997): Climate change and its impact on the properties of agricultural soils in the Argentinian rolling pampas. *Climate Res.*, 9:25-30.
- FEHÉR D. (1954): *Talajbiológia.* Akadémiai Kiadó, Budapest
- HART, S.C. - PERRY, D.A. (1999): Transferring soils from high- to low- elevation forests increases nitrogen cycling rates: climate change implications. *Glob. Change Biol.*, 5:23-32
- HAVLIN, J.L. - BEATON, J.D. - TISDALE, S.L. - NELSON, W.L. (1999): Soil fertility and fertilizers. Prentice Hall Inc., Upper Saddle River, NY, pp. 114-153.
- HILLEL, D. (1998): *Environmental Soil Physics.* Academic Press, San Diego, pp. 323-328.
- HOMOKINÉ ÚJVÁRI K. (1999): Őszi árvíz a Tiszán. *Légkör* pp. 2-6.
- INESON, P. - TAYLOR, K. - HARRISON, H.F. - POSKITT, J. - BENHAM, D.G. - TIPPING, E. - WOOF C. (1998): Effects of climate change on nitrogen dynamics in upland soils 1. A transplant approach. *Glob. Change Biol.*, 4:143-152.
- JAKUCS L. (1980): A karszt biológiai produktum. *Földr. Közl.* pp. 331-344.
- JÁRAINÉ KOMLÓDI M. (1969): Adatok az Alföld negyedkori klíma- és vegetációtörténetéhez. II. *Biol. Közl.* pp. 43-55.
- JONASSON, S. - HAVSTROM, M. - JENSEN, M. - CALLAGHNA, T.V. (1993): In-situ mineralization of nitrogen and phosphorus of arctic soils after perturbations simulating climate-change. *Oecologia*, 95:179-186.
- KÁROSSY Cs. (2002): A Péczely-féle makroszinoptikus helyzetek katalógusa 1997-2000. In: *A Szombathelyi Berzsenyi Dániel Főiskola Tudományos Közleményei. Természettudományi füzetek.* 9: 45-49.
- KÁROSSY, Cs. (1994): Péczely's Classifications of Macrosynoptic Weather Situations (1951-1992) In: Nowinszky L. (ed.) *Light Trapping of Insects*

- Influenced by Abiotic Factors Part. I. Savaria Press, Szombathely, pp. 117-130.
- KÁROSSY, Cs. (1997): Catalogue Péczely's Macrosynoptic Weather Situations (1993-1996) In: Novinszky L. (ed.) Light Trapping of Insects Influenced by Abiotic Factors. Part II. pp. 159-162. Savaria Univ. Press. Szombathely
- KORDOS L. (1979): A magyarországi paleoklímatológiai kutatások módszerei és eredményei. OMSz Hivatalos Kiadványai L. kötet, Budapest
- LÁNG I. - CSETE L. - JOLÁNKAI M. (2005): A globális klímaváltozás hazai hatása és az arra adandó válaszok. VAHAVA projekt, Budapest
- LOVÁSZ Gy. (1985): A lefolyás tendenciái a Duna nagymarosi szelvényében 1883-1980 között. Földr. Ért. pp. 47-57.
- LOVÁSZ Gy. (2001): A Nyugat-Mecseki karszt jelenkori fejlődésének klimatikus feltételei. In: Sásdi L. (szerk.) Barlangkutatók szakmai találkozója 2000. október 27-29. Pécs, PTE-MKBT Kiad.
- MACDONALD, A.M. - METTHEWS, K.B. - PATERSON, E. - ASPINALL, R.J. (1994): The impact of climate change on the soil moisture regime of Scottish mineral soils. Environ. Pollut., 83:245-250.
- MILLER, R.W. - GARDINER D.T. (1998): Soils in our environment. 8th ed., Prentice Hall Inc., Upper Saddle River, NY, pp. 172-173.
- PÉCZELY, Gy. (1957): Grosswetterlagen in Ungarn. Kleinere Veröffentl. Zentralanstalt Meteorol. Inst. Bp.
- PÉCZELY Gy. (1983): Magyarország makroszinoptikus helyzeteinek katalógusa 1881–1983. Orsz. Met. Szolg. Kisebb Kiadv. Budapest, 53 p.
- RÁCZ L. (2001): Magyarország éghajlattörténete az újkor elején. JFGY Kiadó, Szeged, 303 p.
- STEFANOVITS P. - FILEP Gy. - FÜLEKY Gy. (1999): Talajtan. 4. kiadás, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 131-141.
- ZÁGONI M. (2005): VAHAVA Hírlevél. MTA Természettudományi Főosztály K. Budapest
- ZÓLYOMI B. (1958): Budapest és környékének természetes növénytakarója. In: Pécsi M. (szerk.) Budapest természeti képe. Akadémiai Kiadó, Budapest

A tömegmozgások lehetséges változásai és hatásai klímaváltozás esetén

Dr. Szabó József

DE, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debrecen

1. Bevezetés

Mivel a tömegmozgások a felszínt alakító külső erők azon csoportját alkotják, amelyek jelentős része hatását hirtelen fellépve és viszonylag rövid idő alatt fejti ki, ezért tipikusan a katasztrófával fenyegető jelenségek közé sorolhatók. Társadalmi szempontból kifejezetten és egyértelműen káros folyamatoknak minősíthetők. Fontos jellemzőjük, hogy kártételeik mértéke általánosságban növekvő (JONES, D. K. C. 1995). Ennek az egyik legfőbb oka, hogy a társadalom maga egyre nagyobb mértékben úgy nyúl bele a természetbe, hogy tevékenységével fokozza tömegmozgások megindulásának veszélyét. Mind gyakrabban vált ki ún. szemiantropogén tömegmozgásokat. Pedig a társadalom felelősségteljes működése esetén viszonylag jó hatásfokkal lehet(ne) védekezni ellenük. Ennek alapvető feltétele a mozgások természetének, feltételeinek megfelelő ismerete, mert csak így lehetséges egy, a várható fellépésekre vonatkozó, kellő pontosságú prognózis készítése.

A tömegmozgások jelentős mértékben éghajlatfüggő folyamatok, annak változásai érdemben befolyásolhatják fellépésük valószínűségét. Indokolt ezért - már csak a védekezés ésszerű tervezése érdekében is - a tömegmozgások okozta veszélyt, ill. annak változási tendenciáját különböző lehetséges éghajlati scenáriókra megbecsülni. Ez ma, a feltételezett - és legalább részben a társadalom tevékenysége által kiváltott - globális klímaváltozások miatt különösen aktuális.

Magyarország ugyan nem tartozik a tömegmozgásokkal leginkább veszélyeztetett területek közé, de az 1970-es években elvégzett felszínmozgás (csuszamlás) kataszterező munkák (FODOR T.-NÉ - KLEB B. 1986) az ország területén kerekén 1000 fontosabb csuszamlásos körzetet mutattak ki, és a magyarországi kistájak 47%-ában előfordulnak. Regionális elterjedésükben jelentős differenciák vannak, mert a viszonylag kisméretű országban is meglehetősen eltérőek a feltételeik. Különösen a laza üledékekből épült dombságok, folyómenti és tavi magaspartok valamint a vulkánikus hegységek peremi zónái tűnnek ki nagy felszínmozgás sűrűségükkel. A mozgások társadalomtól való viszonylagos függőségét mutatja, hogy a statisztikák szerint (SZABÓ J. 1996) mintegy 44%-uk legalább részben antropogén eredetű.

2. A tömegmozgások és hatásaik klímaváltozáshoz kötött prognosztizálása

2.1. Az éghajlatváltozások lehetséges irányai (szcenáriók)

A kérdéskörnek robbanásszerűen növekvő szakirodalma van. Nem célunk ennek áttekintése, hanem a **különböző** jellegű változások hatásainak mérlegelése. Az egyes scenáriók valóságtartalmát nem vizsgáljuk, ellenkezőleg azokat igyekszünk néhány olyan nagyobb csoportba összevonni, amelyek éghajlatunk néhány alapvető jellemzőjének valamilyen irányú, de nézetünk szerint nem irreális mértékű átalakulását jelzik.

Ma legáltalánosabbnak a globális **felmelegedés** prognózisa tekinthető. Ennek máris folyamatban lévő megvalósulására mérési eredmények mutatnak. Mindenesetre a jelenlegi tendencia jövőbeni kiterjesztése már nem nélkülözi a hipotetikus elemeket. Az ezzel alapvetően szemben álló, mérések helyett elméletileg is csak kevésbé kontrolált, logikai levezetésekkel - amelyek pl. szélesebb (csaknem félgömbi) környezetünk gyors és igen drasztikus lehűlését valószínűsítik - a tömegmozgásokra adódó lehetséges hatásokkal érdemben nem foglalkozunk. A

felmelegedés következményeinek árnyaltabb megítéléséhez külön vizsgáljuk a különböző évszakok eltérő mértékű hőmérséklet-változásának hatását.

A felmelegedés egyik leggyakrabban hangoztatott várható hazai következménye az éghajlat **ariditásának erősödése**. Ez esetben is különbséget kell tennünk nemcsak az eltérő mértékek között, hanem a tekintetben is, hogy egy generális csapadékcsökkenés milyen évszakai csapadékeloszlás változással párosul. Ezen variációk közül a mai prognózisok között a legáltalánosabb a mediterrán jellegű változások előrejelzése, ami a hőmérséklet emelkedése és a csapadék "bruttó" csökkenése mellett annak növekvő aszimmetriáját (téli félévi túlsúly!) feltételezi.

A különböző estekre vonatkozó prognózisok vázolója előtt még néhány körülményt kívánunk hangsúlyozni:

- A prognosztizált éghajlatváltozások esetleg helyesen felismert globális irányából meglehetősen nehéz a lehetséges **regionális következmények** megbecslése. Márpedig az általánostól eltérő, vagy azzal esetleg ellentétes tendenciák és következmények akár még egy Magyarország méretű területen, sőt azon belül sem zárhatók ki. Felettébb problematikus tehát pl. arra felelni, hogy egy általános változás keretei között hogyan viselkedik a Dunántúl vagy az Alföld.
- Adott éghajlatváltozás eredményeként beálló **"új" klímában** - jelenlegi példákból kiindulva - a folyamatok jellegére sok vonatkozásban helyes prognózis adható. Ennél **nehezebb dolog az átmenet időszakában bekövetkező változások felmérése**. Az éghajlat pedig többé-kevésbé állandó változásban, "átmenetben" van. Ha a változás határozottan és tartósan egy irányba tart, úgy a relatíve hosszú átmenet (és hatása) előbb jelentkezik, mint maga a "végeredmény". Tehát magára az átmenetre kell elsődlegesen készülni. **Az átmenetnek**

a korábbi tapasztalatok alapján legfőbb jellemzője, az **extremitások, a szélsőségek növekvő gyakoriságú jelentkezése**. Ez egyebek között - és témánk szempontjából igen fontos - azt jelenti, hogy, ha az éghajlat szárazabbá is válik, az egyáltalán nem zárja ki, hogy az átmeneti időszakban ne lépjenek fel nedves (esetleg különösen nedves) periódusok. **Megengedhetetlen és téves leegyszerűsítés lenne tehát azt mondani, hogy az ariditás növekedése miatt földcsuszamlásokkal a jövőben nem kell számolni**. Az ilyen gondolkodás más vonatkozásokban is, napjainkban is nagyon sok, olykor tragikus következményre vezetett.

2.2. Adott éghajlatváltozások lehetséges hatásai a tömegmozgásokra

A tömegmozgások változásait nem konkrét scenáriók szerint vázoljuk fel, hanem ellenkezőleg, a változásokat csoportosítjuk aszerint, hogy hatásaik a tömegmozgásokra alapvetően pozitív vagy negatív irányúnak.

2.2.1. A tömegmozgások (csuszamlások) szempontjából kedvező változások

❖ A klímaátmenet időszaka

A fentebb írtak alapján azt kívánjuk hangsúlyozni, hogy **a változó éghajlaton nő a rendkívüli időjárási helyzetek valószínűsége, tehát különböző konkrét irányú változások esetén sem csökken a csuszamlásos folyamatok veszélye**.

- Ha a változás a **humiditás irányába** tart, akkor ez úgyszólván magától értetődő. Ez esetben a mozgások gyakoriságának növekedése a legszembeötlőbb következmény, és a társadalom viszonylag könnyebben hangolható a különböző aktív és passzív védekezési

módok racionális alkalmazására. A humiditás általános növekedése valamennyi jelenlegi csuszamlásveszélyes övezetben éreztetné hatását, a különösen érzékeny területek kiterjedése valamennyi, tömegmozgásos tájtípusban megnőne. **A növekedés elsősorban a lankásabb és a tömegmozgásokra litológiaiilag kevésbé ideális lejtőkön lenne észrevehető.**

- **Összetettebb a probléma, ha a klíma az ariditás irányába változik.** Bár ez esetben a mozgások gyakorisága egészében véve csökken, de idő- és térbeli diszkontinuitásuk nő. Ez az a variáció, aminek sajátos következményeit újabban már konkrétan tapasztaljuk. A csapadékszegény kilencvenes években, a csuszamlásos körzetekben, egyértelműen a stabilizálódás jeleit lehetett látni. Több csereháti és Hernád-menti csuszamlásra kihelyezett mérőcövekeink esetében a mozgás a mérések hibahatárán volt. (Kivételt a Hernád sóstófalvai szakaszának egyik alámosott helyén kioldódott új csuszamlás jelentett, ahol 1992 és 94 között 37 cövekből a mozgások harmincat megsemmisítettek [SZABÓ J. 1996]). Az évtizedes fixálódás után a 90-es évek végén beállt csapadékosabb periódus által reaktiválódott mozgások ezért sok helyen azzal is kárt okoztak, hogy a stabilizálódás időszakában több területen megváltozott a földhasznosítás módja, s már korábban csuszamlásveszélyesnek minősített lejtőkön még beépítések is történtek (vö. pl. Hollóháza esetét!) (ZELENKA T. - TRAUER N. 1999; SZABÓ J. 2003, 2004). Az átmenetnek ebben a típusában tehát a tömegmozgások visszaszorulása látszólagos. Mindenképpen legalábbis a jelenlegi szinten kell számolni velük. Növekvő rendszertelenségük csökkenő gyakoriságuk miatt különleges óvatosságra int.

❖ **Növekvő csapadék a téli félévben**

A téli félév nagyobb csapadéka (mediterrán jelleg) általában **kedvező a csuszamlások számára**. Mivel az ilyen klímában a csapadék általában kisebb intenzitással érkezik, a talaj ill. a felszínközeli rétegek telítődésének esélyei a tavasz elejére akkor is javulnak, ha a nyári félév viszonylag száraz. Kétségtelen, hogy egy ilyen helyzet **fokozza a mozgások szezonális jellegét**. Ez ma is elég határozottan érzékelhető, de fellépésével a mozgásmaximum még határozottabb kirajzolódására kell számítani. A mozgásveszélyt a téli átlaghőmérséklet megváltozása is befolyásolja.

- **A téli hőmérséklet csökkenése** növeli a hó mennyiséget, ami késlelteti, de nem teszi lehetetlenné a vízzel való telítődést. A telítődés mértékét igazából az adott év olvadási jellemzői határozzák meg. Mindenesetre a mainál néhány (akár 2-3) fokkal **hidegebb telek** végén a talajfagy erősebb lehet, s a gyorsabb melegedési periódusban nehezítheti a nagyobb mennyiségű olvadék beszivárgást.
- **Enyhébb telek** egyenletesebb eloszlású téli esői viszont segíthetik a beszivárgást, ami vastagabb rétegekben eredményez vízzel való telítődést.

A **nedves telek** a mozgások típusát általában a folyások irányába (**folyásos csuszamlások, szőnyegcsuszamlások**) tolhatják el. Ezek Magyarországon elsősorban ott válnak jelentőssé, ahol jelenleg a sekélymélységű csúszópályák a gyakoriak (pl. Vasi-Hegyhát, Cserehát). Ny. Magyarországon ezt a tendenciát az is segítheti, hogy minden bizonnyal akkor is ott lesznek a nagyobb éves csapadékösszegű területek. Ez a változás tehát kiterjedtebb felszíneket érinthet, de viszonylag kisebb mélyégben. Ezért főleg a mezőgazdasági területek nem katasztrófa jellegű kárait növelhetik.

2.2.2. A tömegmozgások szempontjából kedvezőtlen változások

- **A hőmérséklet csapadék csökkenéssel párhuzamos általános emelkedése a vízellátás egyértelmű romlására vezet (csökkenő vízbevétel, növekvő párolgás). A tömegmozgások közül **csak az omlások** esélyei javulhatnak, de csak akkor, ha a csapadék csökkenése a nyári időszakban lesz a meghatározó. Mindenesetre ez a folyamat Magyarországon nem ítéltető különösebben jelentősnek. A lecsökkent csuszamlásaktivitás a nyugalomban lévő csuszamlásos formák területén lehetővé teszi az óvatos földhasználat-váltást, a korábbinál intenzívebb művelést. A melegebb szárazabb éghajlat csuszamlás visszafogó hatása legkevésbé azon **folyómenti területeken** érvényesül, ahol a csuszamlások erősen a folyó vízszintingadozásához kötődnek (pl. egyes Duna menti szakaszok). Amennyiben a folyó vízszállítás a távolabbi és nagyobb kiterjedésű vízgyűjtőterület miatt lényegesen nem változik, úgy a talpponti mozgások további kioldódásának csak kevéssé csökken a veszélye. Ilyen jellegű változás esetében valószínűleg jobban csökken az észak-magyarországi dombságok csuszamlás veszélyessége, mint a nedvesebbnek maradó dunántúliaké. Számos scenárió szerint éghajlatváltozásunk legvalószínűbben ebben az irányban halad. Mindenesetre a hozzá vezető átmenet időszakára az előző pontban tárgyaltak az irányadók.**
- **Melegebb éghajlat változatlan mennyiségű és eloszlású csapadékkal.** Ez az éghajlat is a mozgások visszaszorulását eredményezi. A lanyhulás mértéke a változás (a hőmérséklet-emelkedés) konkrét értékének a függvénye. Főleg a nyári félév mozgásainak csökkenése várható, mert a jelenleg is előforduló nagy intenzitású nyári esők ugyan megmaradnak, de azok csuszamlásgeneráló hatása a lefolyás magas értékei miatt ma sem jelentős. A változott körülmények miatt a talaj kisebb víztartalma még jobban visszafogja hatásukat.

Nem foglalkozunk érdemben olyan irreálisnak mondható esetekkel, amikor az átlagos hőmérséklet több fokos visszaesése miatt a tömegmozgások jelenleg alárendelt, a fagyott talajhoz és az erős fagyváltozékonysághoz köthető típusai válnának meghatározóvá. Ugyancsak figyelmen kívül hagyjuk a másik végletet, ami az ariditás olyan fokú megerősödését jelentené (esetleg a hőmérséklet egyidejű emelkedése mellett), hogy a tömegmozgásos felszínfejlődésben csak a száraz anyagok gravitációs mozgásai maradnának meg, és a felszíni formák konzerválódásának tendenciája lépne fel.

3. Összefoglalás

Summázva azt mondhatjuk, hogy **a közeljövőben a tömegmozgásos (csuszamlásos) folyamatok érdemi visszaszorulásával, veszélyének csökkenésével Magyarországon nem számolhatunk.**

- Ha éghajlatunk alapjellemzői nem változnak lényegesen, akkor a jelenlegi jellemzők fennmaradása természetes.
- Ha az éghajlat - a legtöbb scenáriónak megfelelően - melegszik és szárazabbá válik, de a mediterrán karakter (téli csapadéknövekedés!) erősödésével, úgy a csuszamlásos folyamatok veszélye nem csökken, **csak szezonálisuk erősödik.**
- Ha a változások egyértelműen a szárazabbá válás irányába mutatnak, a közvetlen jövő átmeneti évtizedei az időjárási **extremitások** miatt tartanak fenn nem elhanyagolható csuszamlásveszélyt. Ez esetben a csuszamlások idő- és térbeli diszkontinuitása jelentősen kiéleződik.
- Az éghajlati változások visszafogott mértékben hatnak a folyók vízszint-ingadozásához kötődő mozgásokra.

- Végül: egyértelmű veszélynövekedés prognosztizálható a ma legkevésbé valószínűnek tartott hőmérséklet-csökkenéssel párhuzamos humiditás-növekedés esetén.

Szakirodalmi hivatkozások

- FODOR T.-NÉ - KLEB B. (1986): Magyarország mérnökgeológiai áttekintése. Budapest, 199 p.
- JONES, D.K.C. (1995): The Relevance of Landslide hazard to the International Decade for Natural Disaster Reduction. In: Landslides Hazard Mitigation - Conference Proceedings, The Royal Academy of Engineering. London, pp. 19-33.
- SZABÓ, J. (2003): The relationship between landslide activity and weather: examples from Hungary Natural Hazards and Earth System Sciences (European Geosciences Union) 3, pp. 43-52.
- SZABÓ J. (2004): A hollóházi földcsuszamlások (1999) az időjárás és a társadalmi felelősség tükrében. In: Földtudományi tanulmányok - tiszteletkötet Dr. Justyák János 75. születésnapjára - Szerk. Tar K. Debrecen, pp. 173-180.
- ZELENKA T. - TRAUER N. (1999): A hollóházi földmozgások földtani okai. Földtani Kutatás, XXXVI/3, pp. 27-33.

Készült az OTKA 14948 és 042645 számú pályázati támogatásával.

A DEBRECENI EGYETEM
Tájvédelmi és Környezetföldrajzi, illetve
Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszéke,
valamint az MTA DAB Tájföldrajzi Munkabizottsága

MEGHÍVJA
Önt és munkatársait

A „Debreceni Földrajzi Disputa”

KVANTITATÍV GEOGRÁFIA
témában megrendezendő tudományos vitaulésre

A DISPUTA IDŐPONTJA:
2005. április 8. 11-14 óra között

HELYSZÍNE:
A Debreceni Akadémiai Bizottság székháza
1. em. C terem

VITAINDÍTÓKAT TARTANAK:

Dr. Kiss Tímea: egyetemi adjunktus (Szeged)
Terepi mérési lehetőségek

Dr. Szalai Zoltán: tudományos munkatárs (Budapest)
Laboratóriumi mérések

Ágoston Csaba: ügyvezető igazgató (Budapest)
Laboratóriumi mérési lehetőségek

Szabó Gergely: egyetemi tanársegéd (Debrecen)
Mérési lehetőségek távérzékelési eszközökkel

Összefoglaló a III. Debreceni Földrajzi Disputáról

Dr. Horváth Gergely – Dr. Csorba Péter

ELTE, Főiskolai Földrajzi Tanszék, Budapest -
DE, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debrecen

A vitaindítót **Kiss Tímea**, adjunktus tartotta „Terepi (geomorfológiai) vizsgálati módszerek” címmel. Bevezetőként rámutatott arra, hogy ha a 2004-ben megrendezett Magyar Földrajzi Konferencia kiadványkötetében megjelent cikkeket szemlélve megvizsgáljuk, milyen főbb tématerületeket ölelnek fel és milyen módszereket használnak a természetföldrajzi kutatások, akkor azt tapasztalhatjuk, legtöbbször folyóvizekhez kapcsolódó folyamatokat vizsgáltak, ill. tájöldrajzi kutatásokat végeztek. A felhasznált módszerek eloszlását megvizsgálva pedig kitűnt, hogy a legkedveltebb módszer (ezen alapult a kutatások 36%-a) a térképsorozatok, légi- és űrfelvételek digitális feldolgozása volt, ugyanakkor terepi mérésekre csupán a bemutatott kutatások 7%-a támaszkodott közvetlenül! Ez indította az előadót annak vizsgálatára, vajon mi lehet az oka a terepi mérések viszonylag szerény szerepének mind a hazai, mind a külföldi kutatások terén, előadásában azonban kitért a terepi mérések során felmerülő problémákra is.

A kutatás elején felmerül a kérdés, hogy „mit is mérünk”. Elméletileg a mérni kívánt folyamatok, paraméterek jól meghatározottak - valamiféle előzetes tudás alapján, ami persze alapulhat esetleg szintén hibákkal terhelt méréseken -, tehát elvileg a rájuk vonatkozó mérések is jól elkülöníthetők. Azonban a természetben a mérést más tényezők is befolyásolhatják (pl. egy egyszerű vízállás-leolvasásnál a hullámmozgás több centiméteres eltéréseket eredményezhet), ezért az adott műszerrel sokszor nem csak a mérni szándékozott paramétert mérjük! Másrészt a megismerni kívánt folyamatot azonban gyakran több tényező befolyásolja, melyek mindegyikét gyakran lehetetlen megfelelő

pontossággal mérni, ezért ki kell választani, pontosan mit is akarunk számszerűsíteni (vö. GOUDIE, A. [szerk.] 1990: *Geomorphological Techniques*). Erre utal Harvey, A. (1969) is *Explanation in Geography* c. munkájában a sikeres terepi mérésre utalva: „akkor érvényes a mérés, ha azt a tényezőt mérjük, amit akarunk”.

Másik fontos kérdés, „milyen eszközt használjunk”? A földrajz jellegéből adódóan nagyon sokféle eszköz áll rendelkezésre a terepi mérésekhez, amelyek zömét (mint pl. mérnöki, hidrológiai, geológiai, talajtani stb. műszerek) más tudományágak képviselői fejlesztettek ki. Manapság rengeteg új fejlesztésű műszer is elérhető; ezekkel az új, egyre pontosabb mérőeszközökkel lehetőség nyílik a mikro-méretarányú jelenségek mérésére is, így már olyan folyamatokat is tudunk számszerűsíteni, amit még meg sem tudunk magyarázni. Természetesen célszerű lenne, ha ebből a széles kínálatból mindenki azt a műszert, mérőeszközt használná, ami a legalkalmasabb, ám a kiválasztásnál mégsem mindig a fenti szempont érvényesül, hiszen hajlamosak vagyunk egyrészt „ismerős”, másrészt - mivel anyagi lehetőségeink a beszerzést erősen korlátozzák - megfizethető eszközöket kiválasztani.

Minden mérés, így a terepi mérések során is felmerül a kérdés, hogy az adott mérésnek mekkora a pontossága, milyen mértékben tükrözi vissza a valóságot. Amint ezt a továbbiakban látni fogjuk, a pontatlanságokat többféle tényező okozhatja, s ezek nem mindegyike számszerűsíthető, ahogy eredő hatásukat sem ismerjük, hiszen a hibák megsokszorozódhatnak, de akár ki is olthatják egymás hatását.

Elsőként megemlítendő, hogy saját terepi mérési eredményeink és a szakirodalomban megjelent értékek különbözőségét okozhatja az, ha különböző mérési technikákat alkalmaztunk. Ennek látványos példája volt, amikor egyazon ponton különböző eszközökkel mért talajkúszás mértékének értékeit összehasonlítva ugyanazon mélységekben akár kétszeres különbségeket is tapasztaltak a kúszás mértékében, ráadásul az

egyik módszer nem lejtőirányú elmozdulást mutatott. Hasonlóképpen nálunk az elmúlt időszak egyik vitatott kérdése a hullámtéri akkumuláció mértéke volt, ahol a nyilvánvalóan más módszerek alkalmazása igencsak eltérő eredményeket eredményezett.

Másodsorban hibák forrása lehet a mérés tér- és időbeli gyakoriságának helytelen megválasztása is. A mérések és a mintavétel helyének, térbeli gyakoriságának megválasztása okozza általában az egyik legnagyobb fejtörést a kutatóknak, hiszen kérdéses, hogy például az a néhány homokszem, aminek a görgetettségét meghatározzuk, mennyire jellemző a minta egészére, vagy akár a több száz tonnás homokbucka egészére. Ugyanakkor a mérések időbeli vetületének helyes meghatározása is gondot okozhat. Ezt megoldandó a mérés gyakoriságát a folyamat sebességéhez kell igazítanunk. Carson és Kirkby (1972) *Explanation in Geography* c. munkájukban rámutatnak arra az érdekes tényre, hogy „a ritka, hirtelen folyamatokhoz közel folyamatos megfigyelés szükséges, míg a nagy gyakorisággal előforduló eseményekhez elég kevésbé sűrű megfigyelés és mérés is”.

Harmadsorban gondot jelent, hogy magának a mérőeszköznek és a mintavételnek a pontossága is nehezen számszerűsíthető, illetve sokszor ez a pontosság nem kielégítő. Gondoljunk csak a Bagnold-féle homokfogókra, illetve azok módosított változataira! Ezeket a homokfogókat széles körben alkalmazzák az eolikus hordalékszállítás mérésére, holott bizonyos kutatások szerint csupán 20-40%-os hatásfokúak. Ugyanakkor nagyon sok műszer, eszköz pontossága, hatásfoka még nem is ismert.

Negyedsorban az aktuális környezeti feltételek is befolyásolhatják a mért értékeket, így előfordulhat az, hogy nem azt a tényezőt mérjük, ami a kutatás céljai között szerepel. Például az eső által okozott talajerózió mérése során eolikus mozgatott homok is kerülhet az üledékcsapdába egy szélsőségesen száraz időszakban.

Ötödik tényezőként a mérés menete, a mérőeszköz is befolyásolhatja a mért folyamatot magát. Erre szélsőségesen klasszikus példa: a talajerózió méréséhez szükség van a csapadék mérésére. Ám ahhoz, hogy a csapadék eloszlását pontosan meg tudjuk határozni, viszonylag sok csapadékmérőt kell elhelyezni egy kisvízgyűjtőn, azonban ekkor már nem jut a mért csapadékmennyiség a talajra, tehát az erózió mértéke is kisebb lesz, mint amennyit ugyanekkora csapadék okozhatott volna. Vagy ha eróziós tűkkel mérjük valamely felszín erózióját, ezek a tűk befolyásolhatják az áramlási viszonyokat, a beléjük akadó növényi törmelék pedig akár akkumulációt is okozhat az adott helyen.

Végül, de nem utolsósorban nem szabad elfeledkeznünk a mérést végző személyről, mint hibaforrásról sem!

Fontos kérdés az is, hogyan mérsékelhetők a mérési hibák? Bár a mérési technikák rohamosan fejlődnek, hibaszámítással alig találkozunk. A terepi mérések során a hibák mérsékelését elérhetjük a mérések gyakoriságának növelésével, azonban ez egy idő után feleslegessé válik. A térbeli hibák kiküszöbölhetők, ha az adatokat csak az adott mérési pontra vetítjük, míg az időbeliek a jelenség folyamatos vizsgálatával mérsékelhetők. Lényeges az is, hogy a vizsgálat során véletlenszerű (random) vagy szisztematikus mérési stratégiát választunk-e.

Mindezek után végül felvetődik a kérdés, hogy ha a terepi mérés már eleve hibákkal terhelt, mérjünk-e egyáltalán? Természetesen igen. Már csak azért is, mert lehetséges, hogy a hibák önmagukban nem is feltétlenül fontosak, ha a kutatás célja az eredmények egyszerű összehasonlítása; bármiféle további felhasználásuk (pl. előrejelzésre) azonban már helytelen lehet.

Ágoston Csaba, „Laboratóriumi mérési lehetőségek” címmel tartott előadásában legrészletesebben a mérések minőségbiztosításának fontosabb kérdéseivel foglalkozott. Előbb a megfelelő vizsgálati módszer kiválasztása a feladat. Annak eldöntéséhez, hogy egy vizsgálati módszer alkalmazható-e az adott mérési feladat elvégzésére, fontos ismernünk a módszer

főbb teljesítményjellemzőit. Ezek a kémiai analitikában az alábbiak.

- A megbízhatóság: egy analitikai módszer megbízható, ha helyes és precíz.
- A helyesség: azt mutatja meg, hogy egy mintát többször megvizsgálva a mért értékek átlaga mennyire egyezik a valódi értékkel.
- A precizitás: azt mutatja meg, hogy egy mintát többször megvizsgálva a mért értékek szórása mekkora. A precizitás számszerűen jellemezhető.
- A zavartűrés (robosztusság, állékonyság): a módszer azon tulajdonságát jellemzi, hogy a mért eredmények értékét a külső „zavaró” tényezők (pl. a hőmérséklet, más komponensek koncentrációja stb.) milyen mértékben befolyásolják.

A vizsgáló és kalibráló laboratóriumok által teljesítendő minőségi követelményeket az MSZ EN ISO/IEC 17025:2001 számú szabvány írja le. A laboratóriumnak egyéb követelmények mellett biztosítania kell a vizsgálatok végzéséhez szükséges környezeti feltételeket, a megfelelő jártasságú és végzettségű személyzetet és a nemzeti és nemzetközi etalonokra való visszavezethetőséget. A vizsgálatok során a környezetnek olyannak kell lennie, hogy az alkalmazott módszer tulajdonságait figyelembe véve rá zavarólag ható tényezők (páratartalom, hőmérséklet, szélereősség stb.) ne álljanak fenn, illetve azok hatását figyelembe lehessen venni.

A környezetvédelem tárgykörében az utóbbi években született hazai jogszabályok többsége előírja, hogy egyes vizsgálatokat kizárólag akkreditált laboratórium végezhet. Minthogy a geográfia útkereső törekvései az utóbbi években számunkra is aktuálissá tették az akkreditált laboratóriumok kérdését, nagy figyelem kísért a bonyolultnak tűnő akkreditációs

folyamat taglalását. Az akkreditálás annak hivatalos elismerése, hogy az adott személy/szervezet képes az adott vizsgálatot elvégezni. Az akkreditálással kapcsolatos kérdéseket törvényi szinten (1995. évi XXIX. törvény a laboratóriumok, a tanúsító és ellenőrző szervezetek akkreditálásáról) szabályozták (a törvényt 2005-ben módosították). A törvény rendelkezik a Nemzeti Akkreditáló Testület (NAT) felállításáról, és működésének főbb kérdéseiről. A NAT elsődleges feladata a hazai vizsgáló és kalibráló laboratóriumok felkészültségének, működésének vizsgálata az adott szakterületen jártas független szakértők bevonásával. A laboratóriumok kérésére a NAT egy eljárást folytat le, melynek során a független szakértőkből álló bizottság meggyőződik róla, hogy a laboratórium eleget tesz-e az MSZ EN ISO/IEC 17025:2001 számú szabványban leírt követelményeknek. Amennyiben igen, a laboratóriumot egyedi azonosító szám alatt nyilvántartásba veszi, és okiratot állít ki a számára, mellyel a laboratórium igazolni tudja, hogy megfelel a szakmai követelményeknek.

Szabó Gergely előadásának első részében rövid tudománytörténeti áttekintést adott, a távérzékelés - mai szemmel nézve megmosolyogtató - kezdeti lépéseitől napjainkig. A cél persze a száz évvel ezelőtti légifotókkal is ugyanaz volt, az információgyűjtés, és az egyik gondot akkor is az adatok megfelelő értelmezése, terepi azonosítása jelentette. A távérzékeléses adatgyűjtés terén élen járt a geológiai és a meteorológiai felhasználás, a szorosán vett természeti földrajz kezdetben kevésbé profitált az új technika előnyeiből. Kétségtelenül technikai fordulópontot jelentett az 1972-ben elindult ERTS program. Nagyjából ekkor kezdődtek a geográfiai kutatási célokhoz közelebb álló területhasználat-változásokkal foglalkozó mérések. Az erdőterületek, a degradált növényzetű felszínek, a mezőgazdasági területek időbeli változásának nyomon követésének nagy szerepe volt a globális léptékben jelentkező környezetszennyezési, erőforrás-gazdálkodási tendenciák felismeréséhez. Az utóbbi évekre a műholdfelvételek alkalmazási területe jelentősen kibővült. Pl. a felvételek felhasználhatók az

Európai Unió területhasználathoz kötött támogatásainak (vagy parlagon hagyási kötelezettség) ellenőrzésére.

Az előadó a dél-nyírségi mintaterület erdőborítottságával kapcsolatos vizsgálataiból mutatott be különféle interpretációs technikákat.

A SZERKESZTŐ MENTEGETŐZÉSE

Kétségtelenül szervezési hibát követtem el, amikor a Disputa szervezőjeként nem gondoskodtam az elhangzott negyedik előadás, ill. az azt követő - időhiány miatt egyébként elég rövid - vita során elhangzottak rögzítéséről. Az akkori hiányosságot jelen kötet összeállítása során sem sikerült pótolni, így szerkesztőként is, elnézést kérve kell útjára bocsátanom a debreceni földrajzi disputák első kötetét.

Laboratóriumi mérési lehetőségek

Dr. Ágoston Csaba

KVI-PLUSZ Környezetvédelmi Vizsgáló Iroda Kft., Budapest

A földtudomány létezése óta alkalmaz kvalitatív és kvantitatív vizsgálati módszereket, melyek közül jelentős területet a kémiai analitika tárgykörébe tartozó vizsgálatok ölelnek fel. A kezdetekben az ásványkincsek fellelhetőségének, minőségének megismerése volt ezen vizsgálatok célja. Korunk környezettudatos szemléletével összhangban ma nagyszámú vizsgálat a természeti környezet állapotának, szennyezettségének, a humán tevékenység hatásainak megismerésére irányul. Emellett napjainkban a kémiai analitikai (és egyéb) vizsgálatok esetén is alapvető feladattá vált a minőségbiztosítással kapcsolatos kérdések tisztázása, joghatással járó mérések esetén a vonatkozó szabványok, jogszabályok alkalmazása.

Ha egy mérési feladat elvégzése a célunk, akkor mindenképp előtt ki kell választanunk a megfelelő vizsgálati módszert. Annak eldöntéséhez, hogy egy vizsgálati módszer alkalmazható-e az adott mérési feladat elvégzésére, fontos ismernünk a főbb teljesítményjellemzőit. A kémiai analitikában alkalmazott fogalmak más mérési elven alapuló módszerek esetében is értelmezhetőek:

Megbízhatóság: Egy analitikai módszer megbízható, ha helyes és precíz.

Helyesség: azt mutatja meg, hogy egy mintát többször megvizsgálva a mért értékek átlaga mennyire egyezik a valódi értékkel. A helyesség számszerűen is kifejezhető. Ha az eltérés nagyobb az általunk elfogadhatónak tartott értéknél, a módszer nem helyes.

Precizitás: azt mutatja meg, hogy egy mintát többször megvizsgálva a mért értékek szórása mekkora. A precizitás számszerűen jellemezhető. Ha a szórás nagyobb az általunk elfogadhatónak tartott értéknél, a módszer nem helyes.

Zavartűrés (roboztusság, állékonyság): A módszer azon tulajdonságát jellemzi, hogy a mért eredmények értékét a külső „zavaró” tényezők, pl. hőmérséklet, más komponensek koncentrációja, stb. milyen mértékben befolyásolják. Ha a módszer a vizsgálat során várható zavaró tényezők esetén is megbízható, akkor roboztusnak tekinthető. Lényeges, hogy amíg egy módszer bizonyos körülmények között megbízható, más zavaró körülmények fennállása esetén nem az. Egy adott probléma megoldásához választott mérési módszer esetén ezért alapvető fontosságú a lehetséges zavaró tényezők feltárása, és módszerre gyakorolt hatásának ismerete.

A vizsgáló és kalibráló laboratóriumok által teljesítendő minőségi követelményeket az MSZ EN ISO/IEC 17025:2001 számú szabvány írja le. A laboratóriumnak egyéb követelmények mellett biztosítania kell:

- a vizsgálatok végzéséhez szükséges környezeti feltételeket,
- a megfelelő jártasságú és végzettségű személyzetet,
- a nemzeti és nemzetközi etalonokra való visszavezethetőséget.

A szükséges környezeti feltételek biztosításának igénye könnyen érthető a roboztusság definíciójának olvasásakor. A vizsgálatok során a környezetnek olyannak kell lennie, hogy az alkalmazott módszer tulajdonságait figyelembe véve, rá zavarólag ható tényezők (páratartalom, hőmérséklet, szélereősség, stb.) ne álljanak fenn, illetve azok hatását figyelembe lehessen venni.

A környezetvédelem tárgykörében az utóbbi években született hazai jogszabályok többsége előírja, hogy egyes vizsgálatokat kizárólag akkreditált laboratórium végezhet. Az akkreditálás annak hivatalos elismerése, hogy az adott személy/szervezet képes az adott vizsgálatot elvégezni. Az akkreditálással kapcsolatos kérdéseket törvényi szinten szabályozták: „1995. évi XXIX. törvény a laboratóriumok, a tanúsító és ellenőrző szervezetek akkreditálásáról” (a törvényt az előadás elhangzását követően módosították). A törvény rendelkezik a Nemzeti Akkreditáló Testület (NAT) felállításáról, és működésének főbb kérdéseiről. A NAT elsődleges feladata a hazai vizsgáló és kalibráló laboratóriumok felkészültségének, működésének vizsgálata az adott szakterületen jártas független szakértők bevonásával.

A laboratóriumok kérésére a NAT egy eljárást folytat le, melynek során a független szakértőkből álló bizottság meggyőződik róla, hogy a laboratórium eleget tesz-e az MSZ EN ISO/IEC 17025:2001 számú szabványban leírt követelményeknek. Amennyiben igen, a laboratóriumot egyedi azonosító szám alatt nyilvántartásba veszi, és okiratot állít ki a számára, mellyel a laboratórium igazolni tudja, hogy megfelel a szakmai követelményeknek.

Mérési lehetőségek fejlődése a távérzékelésben

Szabó Gergely

DE, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debrecen

A tágabb értelemben vett távérzékelés kialakulása és tudománnyá erősödése napjainkra már több mint egy évszázadot ível át, születését pedig két, addig különálló technológia összekapcsolódásához köthetjük. Kezdetben a vizsgálat tárgyától való eltávolodásban a repülés, a látottak-érzékeltek rögzítésében pedig a fényképezés technikai fejlődése játszotta az úttörő szerepet. Fejlődését külön korszakok láncolata jellemzi. Ezek mindegyikében a távérzékelés a kor technikai lehetőségéhez igazodva fejlődött, a következő korszakban új lehetőségek birtokában újabb vizsgálati módszerekkel gazdagodott, közben mindig megtartva (és továbbfejlesztve) az előző időszak módszereit.

Az első időszak gyenge minőségű, kezdetleges felvételei meglehetősen kevés információ-tartalommal bírtak, de már ekkor felmerült a tájékozódáson, felderítésen túl a mennyiségi és minőségi vizsgálatok igénye. Heim pl. 1898-ban már geológiai célból végzett légi fényképezést a Jura-hegységben (LÓKI J. 2002). A következő évtizedek fejlesztései inkább a repülést érintették, a látottak (adatok) rögzítése pedig jórészt a meglévő technikák fejlesztéséről és a lehetséges mérések pontosításáról szólt. A sztereoszkopikus fényképezőgépek, a repülőgépekre, majd rakétákra szerelt kamerák egyre jobb minőségű képet adva és egyre magasabbról fotózva elsősorban a geológia szolgálatában álltak (KŐHÁTI A. 1979). E fotók felbontása kilométeres nagyságrendű volt, de a **földtani nagyszerkezeti kutatásokhoz** már megfeleltek. Az 1950-es évekre ezekkel a technikákkal 200 km-es magasságból már meglepően sok földtani információt tudtak kinyerni a szakemberek.

Összességében elmondható, hogy a nagy magasságból készített fényképek legfőbb előnyei a nehezen megközelíthető területek felmérése, valamint egy nagyobb terület egységes, egyetlen képen történő megjelenítése volt főként **földtani** valamint **légköri** vizsgálatokhoz, globális vagy kontinentális szinten.

Az ötvenes évek végére és a hatvanas évek elejére egy új technológia, a televíziós kamera gyorsította fel a távérzékelés fejlődését. A kamerák nyújtotta képek a fotókénál lényegesen gyengébbek voltak, de egyre sűrűsödő periodicitásuk miatt alkalmasak voltak egyes **folyamatok, változások megfigyelésére** (pl. recens vulkanizmus). Az ilyen érzékelőkkel ellátott Meteor holdak segítségével tártak fel például a 60-as évek közepén Szibériában új kőolaj- és földgáz-mezőket (KŐHÁTI A. 1979).

A földtani alkalmazások mellett említést érdemelnek a légkört kutató meteorológiai műholdak is. Más szakterületek a hatvanas évek során jórészt kísérleti jelleggel használták az így kapott adatokat. Az 1960-ban induló műholdcsalád, a TIROS jelentése például Television and Infra-Red Observation Satellite, azaz Televíziós és Infravörös Megfigyelő Műhold. Tehát még a neve sem utalt valamely tudományterületre, hanem általánosságban a műhold és a földfelszín közötti szférák jelenségeit kutató berendezésekről beszéltek.

De nemcsak a műszaki oldal fejlődése érdemel említést ebből az időszakból: a hatvanas évektől mind többen hívták fel a figyelmet az erőforrások véges mennyiségére és a meglévő készletekkel való takarékosabb gazdálkodásra.

A technológiai fejlődés és a fejlett társadalmak szemléletében bekövetkezett változások tükrében a távérzékelési alkalmazások terén fokozatosan elvesztette addigi uralkodó szerepét a geológia és meteorológia. Az 1970-es évekre különösen az intenzív emberi behatás alatt álló **területek, táji elemek változásának nyomon követése**, különböző időpontokban készült **felvételek összehasonlítása** lett a vezető irányzat.

Az 1972-ben indult ERTS program már ezt a szemléletet tükrözte (ERTS = Earth Resources Technology Satellite - Földi Erőforrás (nyersanyag, energiahordozó) - Kutató Műhold). Egyes kutatók szerint (CURRAN, P. J. 1985) ez a felbocsátás adott döntő lendületet a nem fotografiai elvű távérzékelésnek. Az elérhető legjobb térbeli felbontás már a 100 méter alatti tartományban volt (kb.80m), az egyes pixelek területe 0,5 ha-ra zsugorodott (DOMOKOS GY.-NÉ 1984). Mindezt pedig egy adott területről (optimális esetben) rendszeresen (kb. kéthetente) tudta szolgáltatni a berendezés, ráadásul több hullámsávban, így lehetővé vált regionális-lokális változások vizsgálata. Mivel e felvételek segítségével már jól nyomon követhetőek voltak a **területhasználatban bekövetkező nagyobb változások**, az ehhez kötődő szakmák egyre nagyobb részt képviseltek a távérzékelés felhasználói közül. Az erdészet például napjainkig az egyik fő hasznélvezője a műholdas adatgyűjtésnek, hiszen az erdőterületek változásának követése mellett az erdőgazdálkodás sok egyéb ágában is elengedhetetlen segítséget kapnak. A későbbi, jobb felbontású műszerekkel a faállomány fajonkénti összetételére, egészségi állapotára, korára szintén utalnak a távérzékelés szolgáltatata adatbázisok. De az erdőterületek (és egyben minden más területhasználat) felmérése és változásának regisztrálása már ezen időszakról szerves része volt a környezetvédelmi kutatásoknak is. Megemlítendő, hogy egyes műszer-típusok, melyek a következő generációs holdak megjelenésére már elavultnak számítottak, mégis rákerültek az újabb platformokra, azért, hogy az adott folyamat megfigyelése, a környezeti változások követése összevethető legyen a korábbi adatokkal (*ld. 1.ábra*) (ilyen például a LANDSAT holdak esetében a multispektrális szkennerek).

A **mezőgazdasági célú távérzékelés** kezdetei ugyancsak erre a dekádra datálhatók, bár a felbontás ekkor még csak a nagytáblás műveléshez nyújtott segítséget. Az első termésbecslési módszerek kidolgozása viszont egyértelműen előre vetítette, hogy a későbbiekben szerepe a mezőgazdaságban csak nőni fog.

A **kartográfiai célú felhasználás** első jelentős lépései szintén a hetvenes évekre tehetőek. A gazdaságilag fejlett országok addigra már jóval nagyobb pontossággal feltérképezték területüket, így ezekben a 70-80m-es pixelekből álló felvételek felbontása még elmaradt a kartográfiai kívánalmaktól. Az elmaradottabb országok számára viszont egy új lehetőség jelent meg nagyobb léptékű térképeik frissítésére. Az is nyilvánvalóvá vált, hogy egy ország a távérzékelés segítségével a ráfordított összeg többszörösét kitevő nyereséget könyvelhet el.

A térképészeti célú távérzékelés ekkor még inkább csak a változás tényét tudta megállapítani egy adott területen, annak pontos kiterjedését, földrajzi helyzetét pedig csak hozzávetőlegesen adhatta meg.

A **széleskörű térképészeti alkalmazásokhoz** a 80-as évek közepén felbocsátott holdak jobb felbontású szenzorjaira volt szükség. A LANDSAT-4 új érzékelő rendszere, a Thematic Mapper 30 méteres, a francia SPOT-1 pankromatikus berendezése 10 méteres térbeli felbontással rendelkezik. Bár a részletes térképekkel rendelkező országok esetében még e felbontások sem minden esetben érik el a szükséges szintet, a térképezésben kevésbé fejlett országok esetében ezek a felvételek már jó alapját képezhették egy országos térkép-frissítésnek. Mindezekhez nagyban hozzájárult a 80-as években rohamosan fejlődő számítástechnika, mely megsokszorozza az adatfeldolgozás gyorsaságát és a kinyerhető információk mennyiségét egyaránt. Ez a felbontás-tartomány tette lehetővé, hogy elinduljanak olyan, nemzetközi programok, melyek a területhasználat változását nemcsak országos, hanem akár kontinentális szinten időről időre regisztrálja (pl. CORINE). A regionális-lokális változás-vizsgálatok ilyen felbontású felvételekkel már jól követhetőek voltak. Erre példa az általunk végzett felmérés, melynek során a Dél-Nyírségben végeztünk erdőterület-változás regisztrálását LANDSAT-5 TM űrfelvételek alkalmazásával (*ld. 2.ábra*). A vizsgálat segítségével kimutatható volt, hogy az ilyen térbeli felbontású űrfelvételek alkalmazásának komoly szerepe van a változás-vizsgálatokban, valamint a

hagyományos módszerek esetleges hibáinak kiküszöbölésében (pl. a mintaterülethez tartozó Nyírpilisen sokszorosára nőtt az erdők aránya a statisztikai kiadványok szerint. A hirtelen növekedést azonban a külterület változása okozta, magával vonva a szomszédos települések külterületeinek változását is. Az űrfelvételek segíthetnek az ilyen jellegű hibák megelőzésében).

A távérzékelés térképészeti felhasználásának külön ágaként megemlítendő, hogy a 70-es évektől folyamatosan készültek - katonai céllal, szigorúan titkos adatként kezelve - űrfotók (tehát hagyományos filmre, látható vagy infravörös tartományban), melyek térbeli felbontása mindvégig az adott időszak polgári célú műholdjainál lényegesen jobb volt. A 90-es évek közepétől az Egyesült Államok lehetővé tette, hogy ezen analóg képek jó része kereskedelmi forgalomba kerüljön, így megvásárolhatók legyenek a kémholdak régebbi felvételei (pl. CORONA, Keyhole).

Az ezredfordulón üzemelő távérzékelő műholdak közül több olyat is találunk, melyek térbeli felbontása 1 méter körüli, vagy jobb annál (PAPP-VÁRY Á. 2002). Ezek sokféle térképészeti alkalmazásra ideálisak, pl. a magyar EOTR 1:10'000-es méretarányú sorozat átlagos horizontális pontossága kb. 3-5 méter (WINKLER P. 1997), így az említett szenzorok felbontása az itt megköveteltnél jóval nagyobb. Elmondhatjuk, hogy a korszerű, nagy felbontású felvételek segítségével a térképészetben **már nem csak a változások mértéke, de azok pontos helye is mérhető.**

Ez a felbontás új lendületet adott más ágazatokban történő felhasználáshoz is. A fejlett országok mezőgazdaságában (és környezetvédelmében) napjainkban zajlik az a fejlődés, melynek során csak a szükséges helyeken és csak a szükséges mennyiségben használnak talajerő-utánpótlásra szolgáló, valamint növényvédő-szereket. Az ilyen típusú, „precíziós mezőgazdaság” néven összefoglalt ágazatokban a nagy felbontású távérzékelés létfontosságú.

Ugyancsak a mezőgazdaság körébe tartozik az Európa-szerte alkalmazott gyakorlat, melynek során a gazdák által igényelt uniós állami támogatások hitelességét - többek között - nagyfelbontású űrfelvételek segítségével mérik és ellenőrzik (MEPAR rendszer). A termésbecslés pontossága e felvételekkel szintén jelentősen megnőtt.

Napjainkra a távérzékelés felhasználási köre olyan mértékben kibővült, hogy az alkalmazási területek felsorolása is jelentős helyigényű. A számítógépek és speciális feldolgozó szoftverek fejlődése, valamint az újabb műholdak révén a távérzékelés egyre elérhetőbb a különböző szakterületek számára. A feldolgozó szoftverek bár egyre összetettebb működésűek és így növekszik a tanulás időszükséglete, de a feldolgozás sebessége lényegesen gyorsabb, akár csak a néhány évvel ezelőttinél is (pl. vetületi rendszerbe illesztés és geometriai korrekciók, kiértékelés), így a feldolgozásra több idő jut és az eredmények pontossága is nő.

Jövőkép

A távérzékelés fejlődésének - változásának tendenciáit figyelve a legfontosabb várható tendenciák a következők:

- Az újabb műholdak fejlesztésében és üzemeltetésében az állami szerepvállalás csökken és egyre nagyobb részben magánvállalatok végzik. Fontos, hogy megmaradjanak a „bevált” műholdcsaládok a hosszú távú mérésekhez. A műholdak technológiai fejlesztésében még mindig fontos szempont marad a térbeli felbontás javítása, de egyre nagyobb hangsúlyt kap a spektrális felbontás szélesítése (hiperspektrális, mikrohullámú távérzékelés) (BÜTTNER Gy. 2005). Egy műhold átlagos élettartama jelenleg 5-10 év (MUCSI L. 2004). A működési idő meghosszabbítása ugyancsak jelentős mértékben növelné a hatékonyságot.

- Az űrfelvételek ára csökken, a hozzáférhetőség pedig nő. A NASA honlapjáról már jelenleg letölthetők két időpontból a szárazföldek zömét lefedő LANDSAT-kompozíciók. Más szolgáltatók oldalain pedig már térképet, űrfelvételeket, valamint digitális domborzatmodelleket egymásra építve kereshetünk.
- A távérzékelés eredményeinek széleskörűvé válásával sok alkalmazásban már nem mint külön tudomány, hanem mint nélkülözhetetlen „segédeszköz” jelenik meg (pl. agrártámogatások, uniós irányelvek) (BÜTTNER Gy. 2005).
- Napjainkban a műholdfelvételek alig néhány százaléka kerül feldolgozásra. A számítási kapacitás növekedésével nőhet ugyan a feldolgozás mértéke, kérdés azonban, hogy nem fog-e gyorsabban nőni a műholdak és az általuk szolgáltatott adatok mennyisége.
- Végül megemlítendő, hogy nemcsak a földi, hanem az interplanetáris távérzékelés is egyre gyorsabban fejlődik. Az elmúlt néhány év során elismerésre méltó számú műhold került más bolygók körüli pályára, számuk pedig a jövőben emelkedni fog.

Szakirodalmi hivatkozások:

- BÜTTNER Gy. (2005): Környezetállapot értékelés távérzékelés segítségével, informatikai vonatkozások. www.kep.taki.iif.hu/file/Buttner-Corine.doc
- CURRAN, P.J. (1985): Principles of Remote Sensing. Longman, New York, 282 p.
- DOMOKOS Gy.-NÉ (1984): Távérzékelés a műszaki gyakorlatban. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 198 p.
- KŐHÁTI A. (1979): Az űrkutató a Föld szolgálatában. Gondolat, Bp., 266 p.
- LÓKI J. (2002): Távérzékelés. Egyetemi Kiadó, Debrecen, 113 p.
- MUCSI L. (2004): Műholdas távérzékelés. Libellus Kiadó, Szeged, 237 p.
- PAPP-VÁRY Á. (2002): Nagyfelbontású űrfelvételek In: Geodézia és kartográfia, Vol.: LIV/11, 39 p.
- WINKLER P. (1997): A távérzékelés térképészeti alkalmazásai a XXI. század küszöbén. In: Geodézia és Kartográfia Vol.: 1997/4. pp. 13-20.

A vegetáció-változások értékelésének módszertani nehézségei – sziki gyepek vizsgálata alapján

Dr. Novák Tibor József

DE, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debrecen

A vegetáció-változás vizsgálata: kauzalitás és fenológia

A földrajzi, vagy tájökológiai kutatások kapcsán az abiotikus környezeti faktorokhoz képest fokozottan merül fel a kvantitativ kontra kvalitatív geográfiai elemzés kérdése a vegetáció vizsgálatával kapcsolatosan.

Míg ugyanis az abiotikus faktorok térbeli heterogenitása jellegzetesen földrajzi problémákra hívja fel a figyelmet, térbeli eloszlásuk számos geomorfológiai elemmel, vagy földtani sajátossággal mutat szoros korrelációt, addig a vegetáció térbeli inhomogenitása a fenti faktorok hatása mellett legalább ugyanennyi biotikus tényezőnek is függvénye. Ráadásul az abiotikus faktorok és a vegetáció összefüggéseinek elemzése szűkebb értelemben az ökológia tárgykörébe tartozik, nem is beszélve a biotikus interakciók tanulmányozásáról, amelyeket a biológia más ágai (pl. etológia, élettan, populációgenetika) nélkül nem vizsgálhatunk hatékonyan.

Joggal merülhet tehát fel a kérdés, hogy a földrajzi elemzések kapcsán milyen részletességgel, vagy egyáltalán ki kell-e térni a vegetáció elemzésére? Szükségesek-e kvantitatív vizsgálatok a vegetáció-változások jellegének földrajzi célú jellemzéséhez?

A kérdés annál is inkább indokoltnak tűnik, mivel az abiotikus faktorok mérésével szemben a vegetáció-változások vizsgálata már terepi módszereiben, a vizsgálati egységek elkülönítésében is jelentős mértékben eltér a földrajzi kutatási módszerektől.

A vegetáció-változások jellemzése célfüggő. Nem mellékes, hogy a vizsgálatok egy folyamatos változás állapotában lévő növénytakaró helyreállítását szolgáló tanulmány keretében készülnek, vagy éppenséggel abiotikus faktorok változásainak vegetációra gyakorolt lehetséges hatásait szeretnénk hozzávetőlegesen felmérni. Sok esetben éppen az abiotikus faktorok térbeli eloszlása és a vegetációmintázat közötti összefüggéseket szeretnénk feltárni. Efféle kérdések kapcsán az elemi (növénypopuláció - abiotikus faktor közötti, növénypopulációk közötti, növény - herbivor közötti) interakciók vizsgálata nyilvánvalóan az ökológia tárgykörébe tartozik. A vegetációmozaikok, szigma-társulások azonban jellegzetes térbeli struktúrával rendelkeznek, amelyek jellemzésében az ökológia és a botanika által használatos vizsgálati szempontok mellett kiemelt szerephez juthat a földdinamika térbeli sajátosságainak elemzése.

A földrajzi és tájökológiai kutatások tehát éppen a **földdinamika elemzésével**, a mozaikstruktúra által meghatározott törvényszerűségek feltárásával jelentősen hozzájárulhatnak természet- és tájvédelmi, restaurációs ökológiai problémák megoldásához.

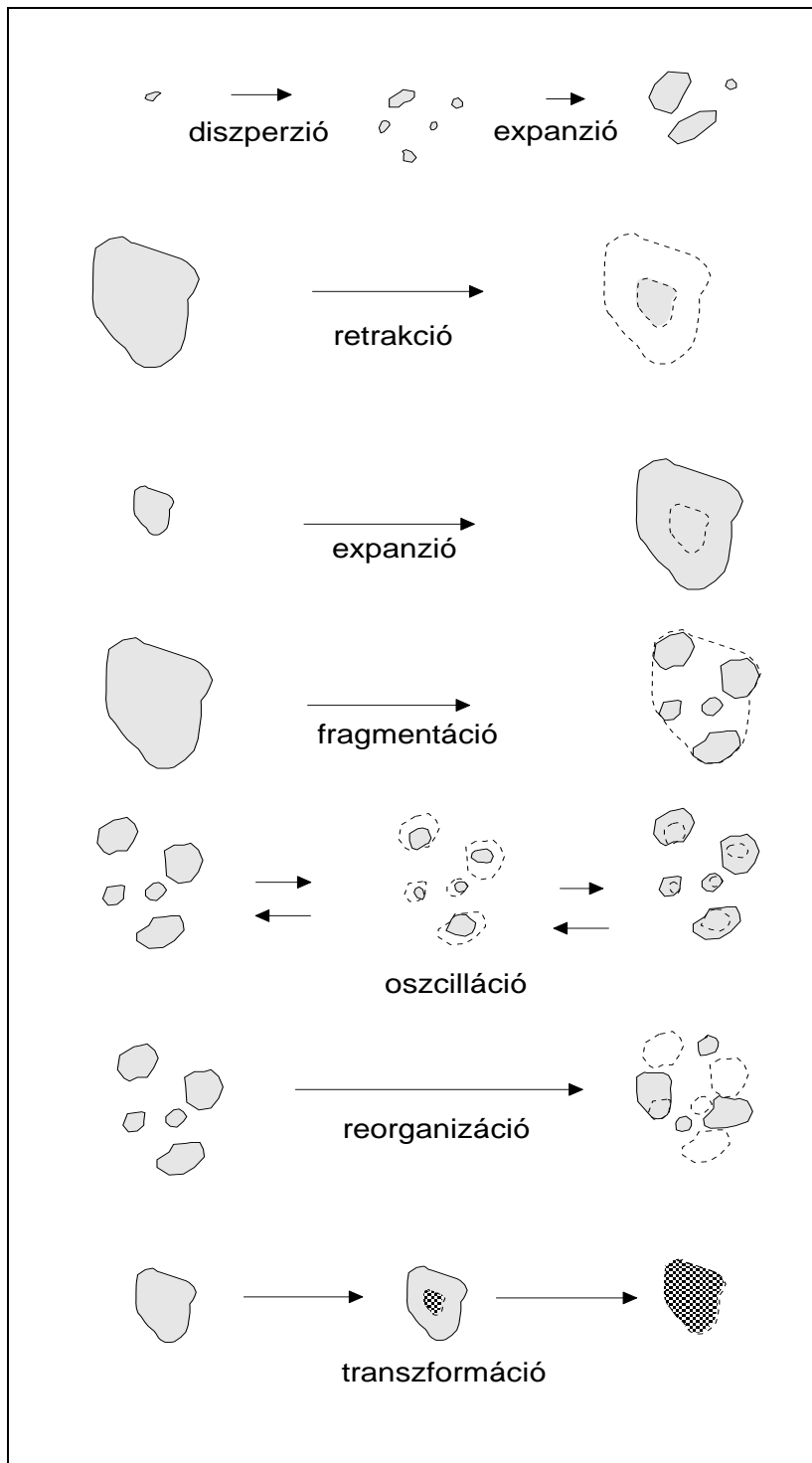
Ehhez azonban arra van szükség, hogy a földrajz az ökológiai vizsgálatok részletességével tárja fel a vegetációváltozások jellegét. A tájökológiai változásokat elemző hazai tanulmányok többsége a vegetáció változását a felszínborítás megváltozásának elemzésével jellemzi. Ilyen változások többnyire erőteljes emberi beavatkozás következtében zajlanak le, amelyek során a vegetáció szinte teljesen kicserélődik (pl. parlag-erdő, erdő-szántó stb.), a változásnak adekvát, rugalmas válaszreakcióról tehát nincs szó. Bár sok esetben már ez is elegendő lehet egy-egy természetvédelmi probléma alátámasztására, mégis **túl kell lépni azon a jellegzetes szemléletmódon, hogy a vegetáció változásait a felszínborítási kategóriák megváltozásával jellemezzük**. A fragmentáció, vagy az élőhely beszűkülése a távérzékeléssel elemzett felszínborítás-változás alapján is

megállapítható. Az egyes élőhelytípusok minőségi jellemzésére (pl. alkalmas élőhelyet jelent-e az adott erdőfolt bizonyos fajok, fajcsoportok számára) azonban az ilyen jellegű vizsgálatok elégtelennek bizonyulnak. Ritkábban találkozunk olyan jellegű vizsgálatokkal, amelyek a vegetáció rugalmas átalakulását elemeznék kevésbé látványos változások következtében. Az emberi tevékenység egyes vegetációmozaikokat fenntartó, vagy módosító hatásának időben eltérő intenzitású érvényesülése azonban jellegzetes változásokat generál látszólag érintetlen vegetációjú területeken is. Ezek sorából néhány nagy területet érintő, jellemző példa:

- középhegységi erdeink szukcessziós változásai a változó erősségű erdészeti beavatkozások következtében,
- dombvidéki felhagyott bozótosok által gátolt újraerdősülés,
- a legeltetés vagy kaszálás hiányában átalakuló gyepeket,
- ártéri erdők szerkezetátalakulása invázív fajok terjedése folytán.

Míg a fenti problémák okainak, közösségen belüli mechanizmusának értelmezése jellegzetesen ökológiai (kauzális) kérdés, addig térbeli elterjedésük, dinamikájuk (fenológiai) elemzése legalábbis a földrajzzal határos interdiszciplína, amely gyakorlati kérdések megoldása esetében földrajzi analitikai módszerek felhasználását is igényli.

Jól ismert és régóta használt foltdinamikai fogalmak az oszcilláció, expanzió diszperzió stb., amelyek egy foltmozaik térbeli változásainak alapeseteit írják le (1.ábra).



1. ábra: A foltdinamika alapesetei (a stabilitás és az extinkció nincs ábrázolva), és a folt határainak megváltozása nélkül lezajló transzformáció
BESTELMEYE, B. T. et al. (2005) alapján, módosítva

Gyakran azonban olyan jellegű változásokkal kell szembenéznünk, amelyek **a térbeli mintázat megváltozása nélkül, a folton belül zajló változások** eredményeként szervezik át a vegetáció jellemzőit. Az egyes vegetációfoltok belülről lezajló változásai nem feltétlenül rajzolják át a folt határait, ennek ellenére az azonos módszerrel tipizált vegetációegységek térbeli elrendezése megváltozik. Ilyen változásokat mind antropogén beavatkozások (pl. erdészeti, vagy természetvédelmi kezelés, lecsapolás stb.), mind a folt életközösségének elemei kiválthatnak. A kis területi kiterjedésben, sajátos térbeli struktúrával megjelenő biotikus vagy abiotikus tényezők által okozott diszturbanciák az életközösségek immanens jellemzői, és jelentős szerepet játszanak az életközösségek stabilitásában. Ugyanakkor egy-egy diszturbanciát okozó tényező dominánssá válása, illetve eltűnése olyan direkcionális folyamatokat indíthat el a közösség szerkezetében, hogy végeredményként a közösség másik közösséggé transzformációját eredményezheti.

A vegetáció térbeli mintázatának legeltetés elmaradása következtében átalakuló mintázatát mutatja be Somodi J. et al. (2004) tanulmánya. A mintegy 20 éves időintervallum alatt lezajlott változások elemzésének eredményei jól példázzák az egyes foltok belülről történő átalakulását, majd ennek következtében az egész mozaikstruktúra térbeli újraszerveződését.

Geoökológiai beállítottsággal könnyen eshetünk abba a hibába, hogy a vegetáció minden térbeli változatosságát valamely abiotikus faktor eloszlásával magyarázzuk. Gyakran azonban a mozaikosság valamely karakterfaj diszperziós vagy reprodukciós sajátosságával, a fogyasztó populációk térbeli inhomogenitásával, illetve táplálékszelekciójával, vagy éppenséggel parazita populációk diszperziós jellemzőivel függ össze. Az abiotikus meghatározottság mellett tehát a vegetáció-dinamika, és ezáltal a foltdinamika kulcsfaktorai között térben ugyancsak inhomogén biotikus sajátosságok is jelentős súllyal szerepelnek (2.ábra).

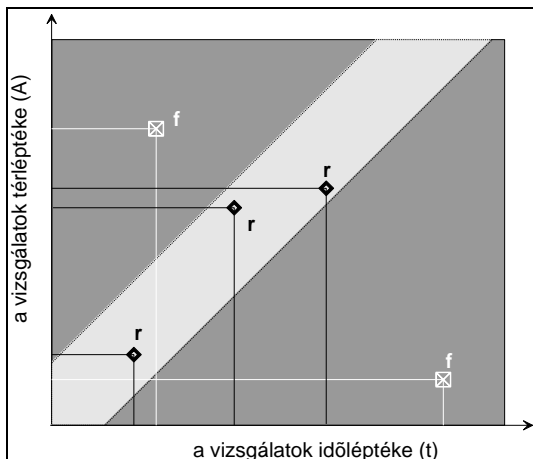
A fajkészlet megváltozása és a borításviszonyok átalakulása nem jelenti feltétlenül, hogy más típusú vegetációval kell számolnunk. A fitocönológia hagyományos fogalomrendszerét alapul véve egy-egy cönotaxonon belül is jelentős eltérésekkel számolhatunk a mérhető jellemzők terén és konkrét esetekben is elég nehéz meghúzni azt a határt, ahol a változások mértéke a cönotaxonomiai besorolás módosítását vonja maga után. Fokozottan jelentkezik ez a probléma éppen a restaurációs ökológiai beavatkozások célterületeit jelentő bolygatott, degradált növénytársulások esetében, ahol a cönotaxonomiai kategóriák sem minden esetben kidolgozottak.

A vizsgálatok céljától függően esetenként elegendőnek bizonyul néhány **nagy indikációs értékkel bíró faj**, a vagy a beavatkozások tekintetében célfajoknak számító csoport (pl. védett fajok) elterjedésének nyomon követése, hogy az indikandum (pl. magas sótartalom) megváltozásáról gyors áttekintést nyerjünk. Más esetekben a társuláson belüli **dominanciaviszonyok áttrendeződése** lehet az, amely a vegetáció valamely direkcionális megváltozásáról árulkodik. Mindkét utóbbi eset jó példa arra, hogy finomabb léptékű változások kimutatásakor a cönotaxonomiai egységek alkalmazása elégtelennek bizonyul, hiszen sem az abszens, illetve prezens fajok listájának megváltozása, sem a dominanciaviszonyok áttrendeződése nem jelenti okvetlenül, hogy a vegetációfoltot más cönotaxonba kellene átsorolni. Ugyanazon társulásba sorolható vegetáció-felvételek fajösszetétele, és borításviszonyai között jelentős eltérések lehetnek, ugyanakkor egy-egy differenciálisnak tekintett faj jelenléte miatt alapjában hasonló fajösszetételű és borításviszonyokkal rendelkező felvételek eltérő társulásba sorolhatók.

Ez mindenesetre arra hívja fel a figyelmet, hogy a vegetáció-változások vizsgálata során - legalábbis vizsgálati alapegységként - célszerű mellőzni a cönotaxonomiai kategóriákat, és inkább valamilyen statisztikai módszerrel (pl. klaszteranalízis) megállapított egységeket alkalmazni. Ez egyben

felmentést nyújt a gyakran vitatható, vagy nehezen megállapítható társulásrendszer-tani hovatartozás eldöntése alól.

A vizsgálatok helyes tér- és időléptéke



3. ábra: A tér- és időlépték egymáshoz viszonyított arányának helyes (r) és helytelen (f) kombinációi

Mint minden időben és térben heterogén jelenség vizsgálata esetén, a vegetáció változásainak nyomon követésénél is alapvető jelentőségű a kutatás céljának adekvát tér- és időlépték helyes megválasztása. Az egyszerű és magától értetődő alapkövetelmény betartása már csak azért sem ennyire egyszerű, mert a vizsgálatok gyakran éppen a

változások ütemének (időléptékének), illetve kiterjedésének (térléptékének) a megállapítását célozzák meg. A mintavétel tervezésekor tehát sem a szukcessziós változások pontos sebessége, sem az érintett terület mérete nem ismert. A túl nagy időközönként, túl kicsi mintaterületen ismételt vizsgálatok éppúgy evidenciák megállapítását eredményezik, mint ahogy a túl nagy mintaterületen túl gyakran ismételt felvételek (3.ábra).

Többszörös térléptékű heterogenitás (pl. nagyfokú mozaikosság) esetében a nagyobb és kisebb térléptékű változások megállapítása is kérdésként merülhet fel. Kétféle térléptéket ugyan kezelhetünk együtt, ezekhez azonban a vizsgálatok időléptékének is kétfélének kell lennie, ami vagy - a gyakorlatban nem tapasztalható mértékű vizsgálati előkészítési gondosságot - vagy pedig két különálló vizsgálat-sorozatot jelent, ahol az összehasonlíthatóság kérdése okvetlenül újra szóba kerül. Ilyen esetekben a rétegzett mintavétel jelenthet megoldást.

Sziki gyepekkel kapcsolatos tapasztalatok

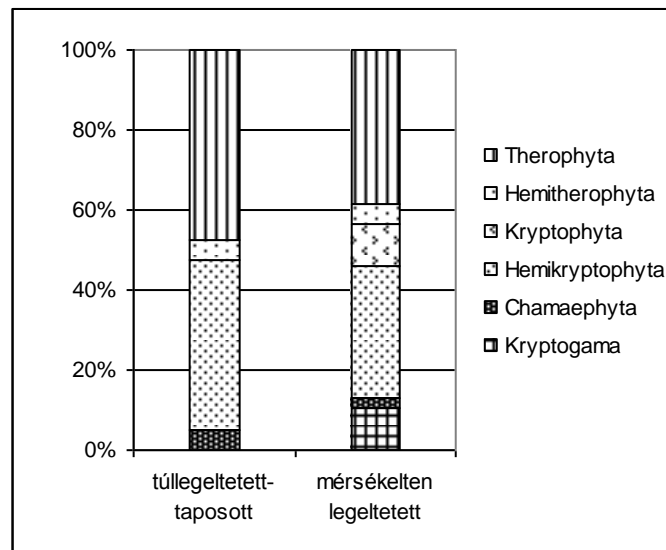
Sziki gyepek viszonylag fajszegény, abiotikus faktorok (sótartalom, időszakos vízborítás) által erősen meghatározott növényközösségeinek vizsgálata számos talaj- és vegetációtulajdonság közötti korrelatív összefüggés feltárására nyújtott lehetőséget (BODROGKÖZY Gy. 1965; TÓTH T. - RAJKAI K. 1994). A bolygatott, vagy talajadottságok tekintetében kevésbé mozaikos felszíneken azonban korántsem ilyen határozott az abiotikus faktorok és az egyes vegetációtípusok/növényfajok közötti összefüggés. Számos eddig nem, vagy ritkán vizsgált biotikus tényező meghatározó jelentőségű lehet az aktuális vegetációmintázat kialakulásában.

A sziki gyeptömbök és a szikes talaj abiotikus jellemzőinek (pH, sótartalom, fizikai sajátosságok, vezetőképesség stb.) összefüggéseit feltáró bőséges szakirodalommal ellentétben **kevés nyomát találjuk a vegetáció változásait a konzumens populációk sajátosságaival együttesen elemző szemléletnek.** Ez annál is inkább meglepő, minthogy a hazai gyepterületek esetében a jelenlegi tájképet és vegetációt alapvetően meghatározó korábbi időszakokban a mainál jelentősebb mértékű használat, erősebb, és módszerét tekintve diverzebb legeltetési rendszerekkel számolhatunk (STERBETZ I. 1995; PAPP J. 2001).

A gyepterületek legeltetés hatására történő átalakulása, illetve a legeltetés elmaradása a hagyományosan extenzív módon használt gyepek esetében számos oldalról jellemzett folyamat. Általában a legeltetés következtében a gyepek homogenizálódását, az életformaspektrum átalakulását szokták kiemelni (HAYES, G. F. - HOLL, K. 2003; CARMEL, Y. - KADMON, R. 1999; LOUCOGARAY, G. et al. 2002). Néhány szerző azonban a legeltetés más folyamatokkal együttesen - facilitációs, vagy inhibíciós kölcsönhatásban - érvényesülő hatására is rámutat (TESSIER, M. et al. 2003).

Sziki gyepek túllegeltetett, illetve mérsékelten vagy egyáltalán nem legeltetett állományainak vizsgálata kapcsán olyan fenológiai különbségeket tapasztaltunk, amelyeket a rendelkezésre álló bőséges irodalom alapján sem tudtunk a klasszikus indikandum-indikátor viszonyrendszerben abiotikus tényezők térbeli eloszlásával magyarázni. Példaként az *Achilleo-Festucetum* társulásba sorolható gyepek különbségeit emelnénk ki, amelyen belül a borításviszonyok és a prezens fajok alapján igen jelentős eltérések mutathatók ki. Jellegetes és szembetűnő példa az *Agropyron repens* lokális dominanciája, a *Kryptogámok* jelentős, vagy teljesen hiányzó borítása, illetve egyes markáns eltérések a nagy dominanciával megjelenő fajok összetételében (pl. *Kochia prostrata*, *Inula britannica*, *Plantago lanceolata*, *Achillea setacea*, *Podospermum canum*, *Koeleria cristata*), a *therophiton* fajok helyenkénti borításnövekedése stb.

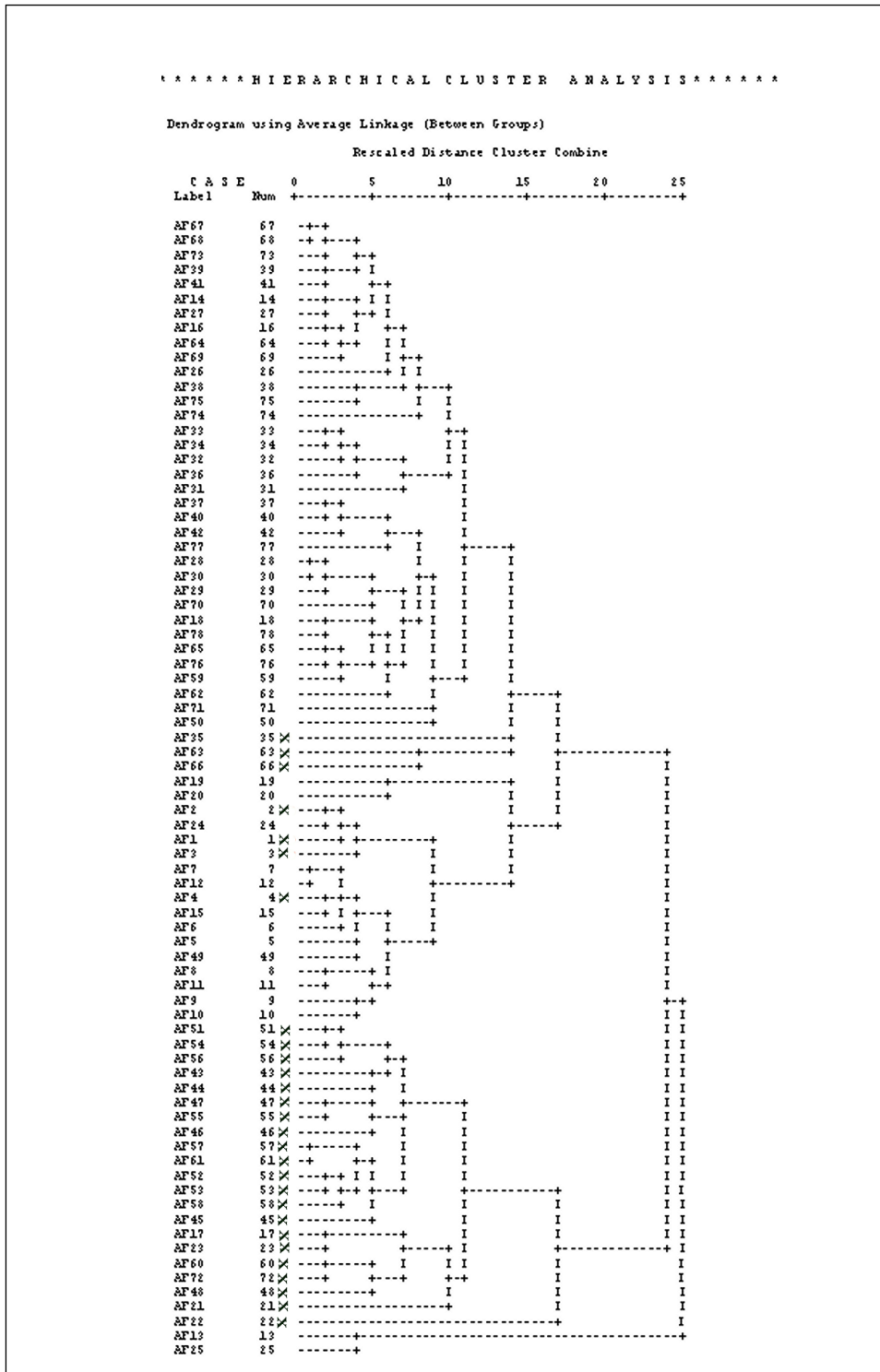
A túllegeltetett és nem legeltetett rövidfűvű sziki gyepek életforma spektruma jellegzetes különbségeket tükröz (ld. 4.ábra), a különbségek meghatározása céljából az egyes fajok borításértékei alapján végzett klaszteranalízis (ld. 5.ábra) azonban, csak részben magyarázta az eltéréseket a legeltetés mértékében mutatkozó különbségekkel: egyes klaszterekben mind a túllegeltetett, mind az egyáltalán nem legeltetett területekről származó felvételek előfordultak. A későbbiekben a felvételezési helyeket újra felkeresve helyenként jelentős, a legeltetéssel nem összefüggő **mikro-diszturbanciákat figyeltünk meg**. A szikes legelőterületek ilyen jellegzetes *gap*jei, amelyeken a természetes **növényevő populációk** (pl. pockok) az összefüggő gyeptakaró felszaggatásával pionír felszíneket alakítanak ki. Ugyancsak lokális jelentőségűek a hangyabolyok, vagy a darvak által felszaggatott gyepfoltok. A **pedoturbáció** mértéke, jellege és térbeli eloszlása hatással lehet az egész mozaikstruktúrára. Nagyobb kiterjedésű lékeket eredményeznek a természetes **tűzesetek**, de ebben az esetben is jellegzetes térbeli különbségek mutatkoznak.



4. ábra: Túllegeltetett és mérsékelten legeltetett *Achilleo-Festucetum pseudovinae* gyepek életformaspektruma

Gapként nem minősíthetők azok a csupasz talajfelszínek, amelyekeken a gyeptakaró a nagy sótartalom, vagy magas pH-érték miatt hiányos. Itt ugyanis a rendelkezésre álló szabad felszín abiotikus faktorok által predesztinált, így azt kizárólag halotoleráns specialisták képesek benépesíteni, és a rövidfűvű sziki gyepek kialakulásának szukcessziós feltételei hiányoznak.

A sziki gyepek jellegzetes „lékei” viszonylag hamar benépesülnek, de a domináns *Festuca pseudovina* szerepét valamely más (*Koeleria cristata*), gyakran egyéves fűféle (*Poa bulbosa*, *Hordeum hystrix*) veheti át. Időlegesen a gyeptakaró ilyen részleteit kétszikű fajok (*Inula britannica*, *Plantago lanceolata*, *Lepidium ruderale*, *Lepidium perfoliatum*) uralhatják. Pockok által okozott pedoturbációk következtében helyenként az *Agropyron repens* vált dominánssá. A nem legeltetett helyeken gyakran figyelhető meg jelentős borításértékű (akár 30-40%) moha- és zuzmósint, amely a legeltetett változatokban hiányzik, ugyanakkor nem legeltetett állományokban is gyakran tépkedik fel a nagy tömegben táplálék után kutató darvak. A feltépett fűcsomók, mohapárnák helyét a következő vegetációs periódusban többnyire *therophytonok* töltik ki.



5. ábra: Erősen legeltetett és nem legeltetett (x) rövidfűvű sziki gyepek dendrogramja a borításértékek alapján végzett klaszteranalízis alapján 78 db 1x1 m-es mintavételi négyzetben

Összegzésként, és a vázlatosan idézett hortobágyi példák tanulságaként mindenképpen a kvantitatív földrajzi vizsgálatok vegetáció-kutatás terén is jelentős szerepére szeretnénk rámutatni. Mint láttuk, nem csak az abiotikus faktorok térbeli eloszlásának elemzése az, amivel a földrajz a vegetáció-változások elemzéséhez regisztrálásához és értékeléséhez hozzájárulhat, hanem feltehetően egyre nagyobb szerephez jut majd egyes biotikus változók térbeli intenzitásának, mintázatának elemzése is. Hangsúlyozni kell, azonban, hogy csak akkor tud a földrajzi értékelés a gyakorlat számára is irányadó eredményekkel szolgálni, ha az elemzett vegetációváltozásokat, és az abban szerepet játszó tényezők térben inhomogén eloszlását, az adott tényezőknek megfelelő, kellő részletességgel teszi vizsgálatának tárgyává.

Szakirodalmi hivatkozások

- BESTELMEYER, B.T. - TRUJILLO, D.A. - TUGEL, A.J. - HAVSTAD, K.M. (2005): A multi-scale classification of vegetation dynamics in arid lands: What is the right scale for models, monitoring, and restoration? *Journal of Arid Environments* - article in press, www.elsevier.com 2005.09.11.
- BODROGKÖZY GY. (1965): Ecology of halophilic vegetation of the Pannonicum II. Correlation between alkali plant communities and genetic soil classification in the northern Hortobágy, *Acta Botanica Hungarica* 11: pp. 1-51.
- CARMEL, Y. - KADMON, R. (1999): Effects of grazing and topography on long-term vegetation changes in a Mediterranean ecosystem in Israel, *Plant Ecology* 145: pp. 243-254.
- DAVIS, M.A. - PERGL, J. - TRUSCOTT, A-M. - KOLLMANN, J. - BAKKER, J.P. - DOMENECH, R. - PRACH, K. - PRIEUR-RICHARD, A-H. - VEENEKLAAS, R.M. - PYSEK, P. - MORAL, R. DEL - HOBBS, R.J. - COLLINS, L.S. - PICKETT, S.T.A. - REICH, P.B. (2005): Vegetation change: a reunifying concept in plant ecology, *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 7: pp. 69-76.
- HAYES, G.F. - HOLL, K. (2003): Cattle Grazing Impacts on Annual Forbs and Vegetation Composition of Mesic Grasslands in California, *Conservation Biology* 17 (6): pp. 1694-1702.
- LOUCOGARAY, G. - BONIS, A. - BOUZILLÉ, J-B. (2002): Effects of grazing by horses and/or cattle on the diversity of coastal grasslands in western France, *Biological Conservation* 116: pp. 59-71.
- PAPP J. (2001): Hortobágy-puszta néprajza, *Daru füzetek, HNP*, Db. 42 p.

- SOMODI, I. - VIRÁGH, K. - ASZALÓS, R. (2004): The effect of the abandonment of grazing on the mosaic of vegetation patches in a temperate grassland area in Hungary, *Ecological Complexity* 2 (1): pp. 177-189.
- STERBETZ I. (1995): A legeltetett állatok és a legeltetés által fenntartott növénytársulások In: *Major I. (szerk.)(1995): Alföldi mozaik, A KTM Természetvédelmi Hivatalának Tanulmánykötetei 2., TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, pp. 115-126.*
- TESSIER, M. - VIVIER, J-P. - OVIN, A. - GLOAGUEN, J-C. - LEFEUVRE, J-C. (2003): Vegetation dynamics and plant species interactions under grazed and ungrazed conditions in a western European salt marsh, *Acta Oecologica* 24: pp. 103-111.
- TÓTH, T. - RAJKAI, K. (1994): Soil and plant correlations in a solonchic grassland, *Soil Science* 157 (4): pp. 253-262.

Települési hősziget-mérések jellegzetes méretű alföldi településén

Dr. Szegedi Sándor

DE, Meteorológiai Tanszék, Debrecen

Bevezetés

„Amint elhagytam Róma füstölgő kéményeinek bűzét, melyek ha fűtöttek, okádták magukból a dögvészes párát és kormot, megváltozott a hangulatom.” írta Licius Anneus Seneca a Kr. u. 1. században. Már előtte a Kr. e. 5-4. század fordulóján, az orvostudomány atyjaként tisztelt Hippokratész is megállapította egyik munkájában, hogy a városi levegő kedvezőtlen hatást gyakorol az emberi egészségre. A görögök és rómaiak számára tehát már ismert tény volt, hogy a városi levegő fizikai, kémiai jellemzőit tekintve különbözik a természetestől (e.g. KRATZER, P. A. 1956). A város saját klímát alakít ki: a mesterséges felszín felett, így a beépített területeken is a meteorológiai elemek módosulnak a környező természetes felszínhez képest. A változások többnyire kedvezőtlen hatásúak az emberi egészségre. A települések éghajlatmódosító hatásának erőssége szoros összefüggésben van azok méretével és beépítési szerkezetével. Napjainkban, az urbanizáció korában a városok dinamikus növekedésével párhuzamosan a városklíma hatásai egyre nagyobb népséget érintenek.

A Debrecen Egyetem Meteorológiai Tanszékének alapítója, Berényi Dénes által megkezdett városklíma kutatások (BERÉNYI D. 1930) folytatását jelentette a 1999 őszén útjára indított vizsgálati program, amely 2000 őszétől párhuzamosan és összhangban zajlott a Szegeden folyó kutatásokkal (e.g. UNGER J. et al. 2004; BOTTYÁN Z. - UNGER J. 2005). A Debrecen éghajlatmódosító hatásának részletes feltérképezését célzó kutatás első lépése - a Berényi professzor által megkezdett úton haladva - a városban a környező természetes felszínhez képest kialakuló hőtöbblet, az ún. városi hősziget kifejlődésének és

területi szerkezetének vizsgálata volt. Ezt követően kisebb településekre is kiterjesztettük a vizsgálatokat Debrecen környékén, hogy a településméret és a hősziget erőssége közötti összefüggéseket alaposabban feltárhassuk (SZEVEDI S. 2004).

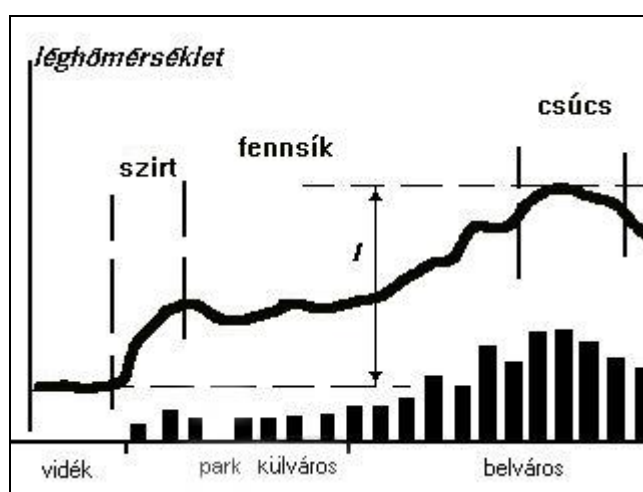
A városi hősziget kialakulásának alapfeltételeit a nagytérégi időjárási helyzetek jelentik. A város és környezete között a legerősebb hőmérsékleti különbség derült, szélcsendes éjszakákon anticiklonális helyzetekben alakul ki. A városi és vidéki területek eltérő borítású, beépítési, hőgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező felszínei okozzák az eltérő felmelegedést. A városban megnő a mesterséges borítású hőelnyelő felszín aránya és csökken a természetes párologtató felszín kiterjedése. A mesterséges felszín az éjszaka során a talaj feletti légkörbe sugározzák vissza a nappal elnyelt hőt, ami napnyugta után jelentősen melegebbé teheti a város levegőjét a környező beépítetlen területekhez képest (LANDSBERG, H. E. 1981a; KUTTLER, W. 2005). A városi hősziget fejlődése sajátos idő és térbeli jellegzetességeket mutat. A hőmérsékleti különbség (az ún. hősziget intenzitás) napközben minimális (nemritkán a városban hidegebb van a környezeténél), délután, napnyugta után kezd növekedni. A hősziget legerősebb kifejlődését rendszerint napnyugta után 3-5 órával éri el, majd újra gyengülni kezd (UNGER J. et al. 2000).

A város és környezete közötti hőmérsékleti különbség nagysága a települések méretével nő, a nagyobb városok erősebb hőszigettel rendelkeznek. A hősziget térbeli képét, vagyis a városon belüli hőmérséklet megoszlást az adott település beépítési viszonyai határozzák meg (FENG, J. Z. - PETZOLD, D. E. 1988). Ennek alapján általánosságban annyi állapítható meg, hogy a peremek felől a városközpont felé - a beépítés sűrűségével párhuzamosan - növekszik a hősziget intenzitása. A jelenleg is folyó vizsgálatok első fázisában a kutatásba bevont települések hőszigeteinek speciális területi jellegzetességeit állapítottuk meg. Azt is meg kívántuk határozni, hogyan hat a település-méret a hasonló szerkezetű településeken a hősziget intenzitás nagyságára.

Észak-amerikai kutatók vizsgálatai szerint az ottani beépítési szerkezet mellett hozzávetőleg 2-3000 fős lélekszám a határ, amely fölött a település már hőszigetet hoz létre (OKE, T. R. 1987). Paradox módon, a sűrűbb beépítésű, tehát elvileg erősebb hőszigettel rendelkező európai városokban ez a küszöb 5000 fő körül van (LANDSBERG, H. E. 1981b). Oke, T. R. (1973) empirikus formulát dolgozott ki a lakosságszám és a hősziget intenzitás közötti összefüggés leírására:

$$\Delta T_{(u-r)\max} = 2,01 \cdot \log P - 4,06 \quad (1)$$

ahol $\Delta T_{(u-r)\max}$ a maximális hősziget intenzitás, vagyis a városi (u) és a vidéki (r) területek között mérhető legnagyobb hőmérséklet különbség, P a település lakosságszáma. Oke (1987) az észak-amerikai nagy- és középvárosokban végzett hősziget vizsgálatok eredményei alapján a következőképpen vázolta a hősziget keresztmetszeti képét (*1.ábra*). A városi és a környező szabad területek természetes felszínének eltérő energia-háztartása következtében a városokban rendszerint magasabb a hőmérséklet, derült szélcsendes időjárás esetén kialakul a városi hősziget. Ennek erőssége alapvetően a mesterségesen behozott energiától és a városszerkezeti adottságoktól (beépítési intenzitás, laksűrűség, beépítési mód) függ (UNGER J. et al. 2001a).



1. ábra: A hősziget általános keresztmetszeti képe OKE T. R. alapján

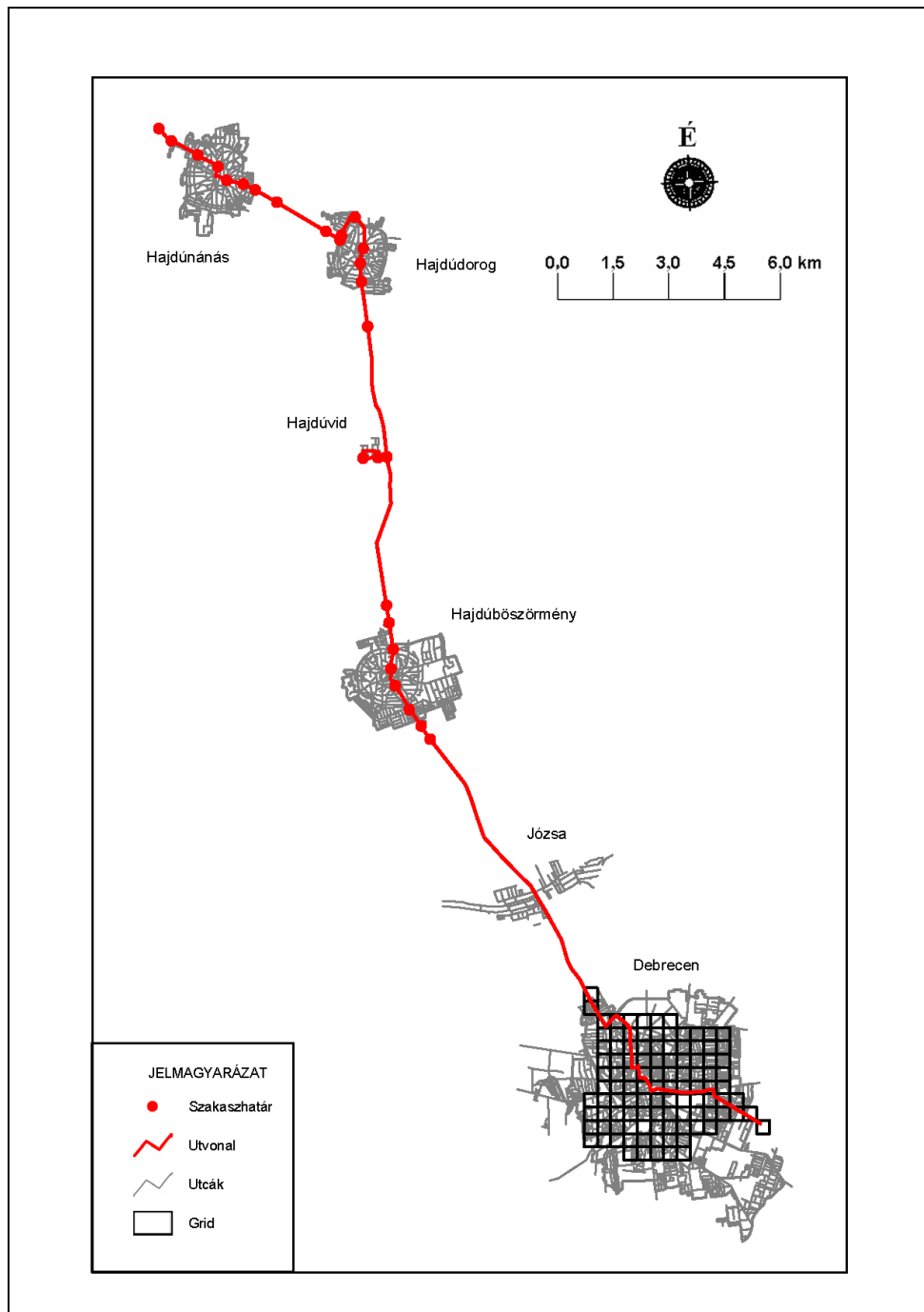
A külterületek felől a belváros felé haladva a külváros peremvidékén erőteljesen megemelkedik a hőmérséklet, itt a horizontális hőmérsékleti gradiens a 0,4 °C/100m értéket is meghaladhatja („szirt”). Ezt követően lassú, de viszonylag egyenletes az emelkedés („fennsík”), amelyet csak a közbeékelődő parkok, tavak, egyéb városi objektumok eltérő energiaegyenlege módosít valamennyire. A sűrűn beépített belvárosban mérhető a legmagasabb hőmérséklet („csúcs”) (OKE, T. R. 1987).

A kutatási terület

A vizsgálatokba Debrecen, Hajdúböszörményt, Hajdúnánást, Hajdúdorogot és Hajdúvidet vontuk be. Debrecen szolgált összehasonlítási alapul, mivel ott korábban már részletes hősziget méréseket folytattunk.

Debrecenhez közeli fekvésű, hasonló természetföldrajzi adottságokkal és szerkezettel rendelkező, az Alföldön gyakori 30 000, 20 000, 10 000 és 1 000 fő körüli lakossággal rendelkező településeket választottunk (2.ábra). A települések síksági fekvése, ahol a domborzat zavaró hatása nem érvényesül, valamint az, hogy egyiket sem szeli át folyó, kedvez a hősziget kifejlődésének. A mérési útvonal a Dél-Nyírség nyugati pereméről indul, a Tóció-patak allúviumán átkelve a Hajdúhát tengelyében halad. A tengerszint feletti magasság 103 és 124 méter között változik az útvonal mentén. Hirtelen magasság-ingadozások a Tóció allúviumától eltekintve nincsenek benne.

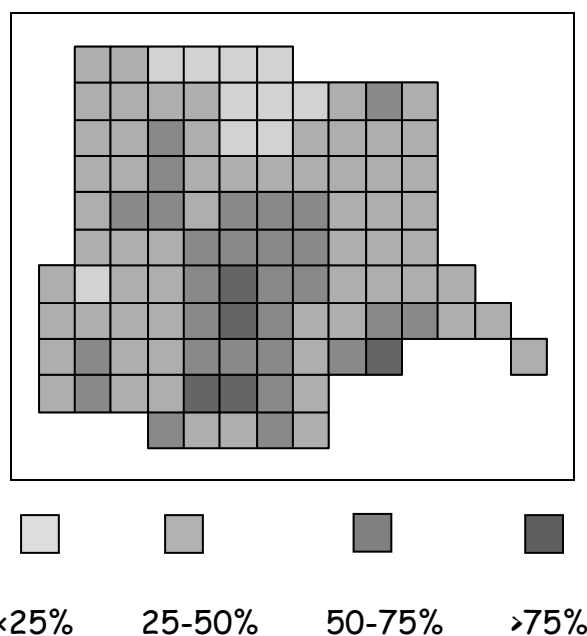
Mivel a településszerkezet alapvetően kihat a hősziget kialakulására, ezt is figyelembe kellett venni a vizsgálatok során.



2. ábra: A mérési útvonal a vizsgálatba bevont településekkel. A pontok a mérési szakaszok határait, a négyzetek a debreceni gridhálózatot mutatják.

Debrecen beépítési szerkezete sajátosan féloldalas, ami a hősziget kialakulása szempontjából is érdekes feltételeket teremt. A város keleti részén a kertés családi házas beépítés dominál, míg a nyugati oldalon a lakótelepek 4-14 emeletes panelházai uralkodnak. A mesterséges talajfedés aránya a keleti oldalon nagyrészt 50% alatt, míg nyugaton 50-75% között van.

A városközpont is jellegzetes képet mutat, mivel ott a legmagasabb a mesterséges talajfedés aránya (75% felett) (*3.ábra*), de az épületek csak 3-4 emelet magasak. Ez határozza meg a sugárzást elnyelő, a levegő felmelegedésében kulcsszerepet játszó ún. aktív felszínek arányát. A városközpontban a horizontális aktív felszínek vannak túlsúlyban, míg a lakótelepeken meghatározóak a függőleges aktív felszínek a viszonylag alacsonyabb mesterséges talajfedés mellett. A város déli részén elterülő ipari területeken szintén magas, 50% feletti a mesterséges felszínek aránya (*3.ábra*), a vertikális tagoltság ugyanakkor nem jelentős.



3. ábra: A mesterséges talajfedés aránya a vizsgálati területen Debrecenben (ld. 2. ábra)

A vizsgált területbe északon a Nagyerdei Park - az 1939-ben, hazánk első természetvédelmi területeként védetté nyilvánított Debreceni Nagyerdő városon belüli része - is beletartozik. Nagy kiterjedésű zöldfelületekkel rendelkező közintézmények, a strandfürdő, stadionok, állatkert, vidámpark, a Debreceni Egyetem és a klinikák találhatóak a területén. Ez az előző területek ellenpontjaként a mesterséges aktív felszínek kis arányával (a mesterséges talajfedés aránya 25% alatti) tűnik ki a várostól északi irányban elterülő Nagyerdővel teremtve kapcsolatot.

A vizsgálatba bevont vidéki települések közül Hajdúböszörmény, Hajdúnánás és Hajdúdorog jellegzetes hajdúváros, azok koncentrikus, körutas szerkezetével. A település belső részét egy körút övezi, ami az egykori körárok helyén keletkezett, ezen belül nagyobb a beépítés sűrűsége. Ez a sugárirányú utcákkal rendelkező történelmi településmag. A körúton kívül, az egykori kertészek területén lazábban, falusias jelleggel az utóbbi néhány évtizedben beépített területek helyezkednek el. A szerkezet itt már nem koncentrikus, inkább halmaz- vagy sakktáblaszerű, közel merőleges utcákkal (2.ábra).

A körhöz közeli szerkezet és az egyenletes beépítés szabályos formát adhat a hőszigetnek. A mesterséges talajfedés aránya a települések beépített területén döntően 25 és 50% között mozog, csak a városközpont környékén éri el az 50%-ot. A beépítés kisvárosi, a körúton kívül gyakran falusi jellegű, döntően földszintes és egyemeletes házakkal. Csak a városközpontban jelennek meg a legfeljebb 4 emeletes középületek és panelházak. Ezek azért fontosak, mivel itt a függőleges aktív, sugárzást elnyelő és sugárzó felszínek aránya kétszerezese a környező földszintes, egyemeletes beépítésű területének.

Hajdúvid az előbbiektől eltérő, sakktáblához hasonló szerkezettel rendelkező falusi beépítésű település földszintes és egyemeletes épületekkel. A mesterséges talajfedés aránya 25% körüli.

A vizsgált települések a jellemző alföldi településméret kategóriákat is jól reprezentálják: Hajdúböszörmény lakossága 31 993 fő (a belterületen 28 799 fő), Hajdúnánás lakossága 18 185 fő, Hajdúdorog lakossága 9 595 fő, míg Hajdúvidnek 809 lakosa van.

Alkalmazott módszerek

A mérések során az volt a cél, hogy megállapítsuk a városon kívüli viszonyítási területhez képest fennálló hőmérsékleti különbségeket a települések összefüggően beépített területén a hősziget maximális kifejlődése idején. Debrecenben a korábbi (2002-2003) városklíma mérések során egy, a város összefüggően beépített, közel 30 km² kiterjedésű részét lefedő gridhálózatot készítettünk. Az EOTR 1:10.000-es méretarányú térkép hálózatát negyedelve jutottunk 0,5x0,5 km méretű gridekhez, amelyeket DNY-ÉK irányban növekvő értékű négyjegyű kódokkal jelöltünk. Ebből egy keresztmetszetet választottunk ki úgy, hogy a várostra jellemző beépítési-területhasználati típusok mindegyikét érintse (2.ábra).

A többi településen a lehetőségekhez mérten É-D-i irányú keresztmetszeteket vettünk fel, amelyek áthaladnak a településen jellemző beépítési-területhasználati típusokon. Egy-egy beépítési típus jelent egy mérési szakaszt (2.ábra). Ezen kívül minden településen kívül kijelöltünk egy városon kívüli háttérként használható mérési szakaszt. Ezt lokális nulla értéként használjuk fel a hősziget intenzitás meghatározásához az adott településen.

A méréseket mobil technikával hajtottuk végre, hogy az egész vizsgált területre vonatkozóan kaphassunk eredményeket (e.g. UNGER J. et al. 2001b). A terepklíma mérések során elterjedt „stich próbák módszerét” alkalmaztuk, ami azon alapszik, hogy napnyugta után egyes meteorológiai elemek viszonylag lassan és egyenletesen változnak. Egy gépkocsi haladt végig az útvonalon oda, és a mérési szakaszok fordított

sorrendjében visszafelé. Ez lehetővé tette, hogy az oda és visszaúton mért eredmények átlagolása útján azonos időpontra, a mérés középidejére (az ún. referencia időre) vonatkozó, így összehasonlítható eredményekhez juthassunk.

A mérések 2003 szeptemberében kezdődtek és 2005 januárjában értek véget. A méréseket a hónapok első és harmadik dekádjának közepére időzítettük, hogy lehetőség szerint mindenfajta időjárási helyzetben történjék mérés. Eső esetén azonban nem folytattunk méréseket, mivel az eső - a párolgás okozta hőelvonás miatt - gyorsan megszünteti hőszigetet. 34 mérésből 24 esetben sikerült értékelhető hőszigetet mérnünk.

A gépkocsira Logit típusú digitális adatgyűjtővel összekötött, hővédő pajzzsal ellátott, 0,1 °C pontosságú ellenálláshőmérőt szereltünk fel, a tetőre előre egy rúdon kinyújtva. A műszer zaja méréseink szerint 0,1 °C, ezért a mérés során 0,2 °C-os mért különbséget tekintettünk elfogadható minimumnak. A műszer 10 másodperces mintavételre volt beállítva. A méréseket a kiválasztott napokon úgy kezdtük, hogy a város területén a város és külterület közötti legnagyobb hőmérsékleti különbség idején, napnyugta után 3-5 órával legyen a mérés középideje. Az adatok feldolgozása és megjelenítése Excel for Windows program segítségével történt.

Eredmények

A hősziget tér és időbeli jellegzetességei

Az Oke-féle (1) formula segítségével meghatározott, az adott településen lehetséges maximális hősziget intenzitások Hajdúböszörmény esetében 0,8 °C, Hajdúnánás esetében 0,4 °C. Mivel a képlet 11 481 fő alatt negatív eredményt ad, így Hajdúdorogra és Hajdúvidre irreális, negatív intenzitási értékeket kapunk, vagyis a települések belterületének hidegebbnek kellene lennie a külterületnél. A hibát az okozhatja, hogy a képletet főképp nagy- és középvárosokra dolgozták ki és azokon is tesztelték.

A vizsgálatok a kiválasztott települések mindegyikénél kimutatták a hősziget kialakulásának lehetőségét.

Településenként meghatároztuk a teljes mérési időszak, a fűtési és a nem fűtési félév során végzett mérések mindegyikénél legnagyobb hősziget intenzitások átlagait. A mérési időszak átlagos maximális hősziget intenzitása Debrecenben $2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt (ld. 4.ábra). A fűtési félévben ez az érték $1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, míg a nem fűtési félévben elérte a $3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot. A görbék teljesen együtt haladnak mindhárom időszakban és a példaként kiemelt 2004. június 23-i erős és szabályos hősziget esetében is. A megfigyelhető területi jellegzetességek tehát évszakoktól függetlenek. A nem fűtési félév kedvezőbb feltételeket teremtett a hősziget kialakulása számára a nagyvárosban. Ez azzal magyarázható, hogy a fűtési eredetű antropogén hőtöbblet alárendelt szerepet játszik a mesterséges és természetes felszínek eltérő hógazdálkodásából eredő energia bevételbeli különbségekhez képest a városi hőtöbblet létrejöttében. Másrészt, a nem fűtési félévben a nagytérségi meteorológiai feltételek (erős besugárzás, gyakoribb szélcsend) is kedvezőbbek a hősziget kialakulása szempontjából.

A debreceni hősziget általános jellegzetességeiben követi az Oke (1987) által leírt formát. Az általános morfológiai hasonlóságokon túl számos egyedi jellegzetességgel rendelkezik. A viszonyítási gridből indulva az első gridben az intenzitási görbe határozottan kezd emelkedni, majd a következő gridben egy törés jelentkezik, mivel a mérési útvonal itt a Kondoros eret keresztezi. Innen az intenzitási értékek újra emelkednek. A „szirtet” (4.ábra) hiába keressük, mivel a határ a beépített, szórványosan beépített és beépítetlen területek közt szinte teljesen elmosódik a mérési útvonal e szakaszán, csak a nem fűtési félév és a 2004. június 23-i példaként bemutatott görbén rajzolódik ki valamelyest.

A következő gridek a 3.-tól a 9.-ig „fennsíkot” alkotják. Az intenzitási görbe enyhén emelkedik a geometriai központ irányában. A külső gridek egyenletesen kis intenzitással

jellemzett kertés családi házas övezetben helyezkednek el, ahol a beépítés sűrűsége és a zöldfelületek aránya igen egyenletesen változik a kertés-családi házas beépítésű és zöldterületeken (3. és 4. ábra).

A következő két gridben az intenzitás továbbra sem nő jelentősen. Ezek egy kisebb kiterjedésű ipari területhez tartoznak, ahol a mesterséges talajfedés aránya nem haladja meg az 50%-ot.

A következő négy grid közepes és nagy beépítettségű lakóövezetben van. Innen központi gridig meredeken emelkedik az intenzitás. Ezek a gridek (4. ábra: 12-15. grid) a „csúcs” részei. A Nagytemplomtól a vasútállomásig a Piac utca tengelye mentén É-D irányban hosszan elnyúlik egy egységesen sűrű beépítésű övezet (3. ábra), ahol a mesterséges talajfedés aránya eléri a 90%-ot.

Észak felé távolodva a központtól az intenzitási görbe enyhén lejt a Nagyerdő irányába. Ez a terület közepes intenzitású lakóövezet 2-4 emeletes társasházakkal, a Debreceni Egyetem területével és kiterjedt zöldfelületekkel. A zöldfelületek aránya a következő gridek közt 25%-ról 75% fölé nő (3. ábra).

A hősziget térszerkezetében sajátos elemként jelennek meg az erdőterületek (18-as grid). A Nagyerdő északról nyúlik a városba és kis beépítési sűrűségű lakóterületek, közintézmények és sportpályák veszik körül. Méréseink szerint a Nagyerdő a hősziget maximális kifejlődése idején a központi grideknél átlag 1-2 °C-kal hűvösebb, a külterületnél átlag 1-2 °C-kal melegebb területként jelenik meg (4. ábra).

A következő két gridben az intenzitási értékek hasonlóak. Ezek egy nagy beépítési sűrűségű, 10-14 emeletes házakból álló lakótelep közepén vannak, ahol a mesterséges talajfedés aránya megközelíti az 50%-ot. Ez Debrecen sajátos beépítési szerkezetének a következménye: 6-14 emeletes panelházak csoportjai helyezkednek el szórطان, kis és közepes beépítési sűrűségű kertés-családi házas és belváros peremi területeken.

A két következő gridben erősen csökken az intenzitás, kialakítva a „szirtet”. A „szirt” a beépítés nélküli és beépített területek határán alakul ki. Ritka beépítésű, kertés-családirházas terület peremén található. A beépített területet elhagyva a hőmérséklet még a városkörnyékhez képest is jelentősen csökken. A mérési útvonal itt a Tócsó-patak allúviumán, egy igen sekély völgyben, 117 méteres tengerszint feletti magasságban vezet, míg a szomszédos pontok a völgyön kívül 2-4 méterrel magasabban helyezkednek el. Ezen a helyen világosan megmutatkozik a domborzat a mikroklímára gyakorolt hatása. Szélcsendes, derült éjszakákon a felszín közeli kisugárzással lehűlő levegő „lefolyik” a völgy lejtőin és „hideg légtavat” hozva létre megül a völgytalpon. Az Oke (1987) által alkalmazott terminológiát kibővítve ez a jelenség „völgy” alakját mutatja az intenzitási görbén (4.ábra). A völgyet elhagyva a városkörnyéki „háttér” hőmérséklet áll be.

Hajdúböszörményben az éves átlagos maximális hősziget intenzitás $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. A fűtési félévben ez $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, míg a nem fűtési félévben $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot ért el (ld. 5.ábra). A két félév között itt is jelentős az eltérés a nem fűtési félév javára. Ideális körülmények között az intenzitás akár $2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot is elérhet, amint az a (5.ábrán) látható.

Az intenzitási görbe meglehetősen sajátos alakot mutat. Az északi referencia szakasz (7.) felől az összefüggően beépített kisebb kiterjedésű ipari területre lépve (6. mérési szakasz) az intenzitás $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra ugrik (5.ábra). A kisvárosi beépítésű területen (5. mérési szakasz) a görbe igen enyhén emelkedik, az intenzitás $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra nő. A városközpontban (4. mérési szakasz) az intenzitás meredekebben emelkedve $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot ér el. Tovább haladva déli oldali kisvárosi és falusi beépítésű terület (3-2. mérési szakasz) irányába az intenzitás egyenletesen csökken $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot érve el. A nem fűtési félévben a görbe nem karakterisztikusabb, csak az amplitúdó nagyobb. A különböző beépítésű területek közötti határok nem rajzolódnak ki határozottan, mivel a mesterséges talajborítás aránya nem

növekszik jelentősen, inkább csak a geometriai központtól mérhető kisebb távolság erősítő hatása jelentkezik.

Hajdúviden a településtől keletre levő referencia szakaszhoz (1. mérési szakasz) képest a szórvány beépítésű részen (2. mérési szakasz) a mérési időszak átlagában $0,1\text{ °C}$ -ot sem ér el a mérhető átlagos maximális intenzitás (ld. 6.ábra), míg a nem fűtési félévben kismértékben meghaladja ezt. A fűtési félévben nem volt értékelhető különbség a külterülethez képest. A település falusias beépítésű központjában (3. mérési szakasz) évi átlagban $0,1\text{ °C}$, a nem fűtési félévben közel $0,2\text{ °C}$ volt az átlagos maximális hősziget intenzitás, míg a fűtési félév átlagában ez $0,1\text{ °C}$ volt. 2003. szeptember 23-án $0,5\text{ °C}$ körüli értéket mértünk (6.ábra), ami jelzi, hogy egy megközelítőleg ezer lakosú településen is kimutatható hősziget ideális körülmények között.

Hajdúdorogon az éves átlagos maximális hősziget intenzitás $0,4\text{ °C}$, a nem fűtési félévben $0,3\text{ °C}$ és a fűtési félévben $0,2\text{ °C}$ volt (ld. 7.ábra). Az északi referencia gridhez képest (7. mérési szakasz) a beépített terület határán az intenzitás gyengén emelkedik (6. mérési szakasz). Az egyenletesen kis beépítési sűrűségű falusias beépítésű övezetben a görbe stagnál (5. mérési szakasz), majd egy, a városon belüli beépítetlen szakaszon (4. mérési szakasz) kis mértékben visszaesik. Ez egy a környezeténél közel 1 méterrel alacsonyabb fekvésű vizenyős nádas terület. A városközpont (3. mérési szakasz) felé közel $0,1\text{ °C}$ -ot emelkedik az intenzitás (7.ábra). A városközpontot elhagyva (2. mérési szakasz), a már falusi beépítésű területen beáll a háttérhez közeli intenzitás. Az összefüggően beépített területen kívül (1. mérési szakasz) a referencia mérési szakaszhoz képest is alacsonyabb, negatív intenzitási érték jelenik meg. Ez a terület egy vizenyős mélyedés.

Hajdúnánáson az éves átlagos maximális hősziget intenzitás $0,4\text{ °C}$, a nem fűtési félévben $0,3\text{ °C}$ és a fűtési félévben $0,2\text{ °C}$ volt (ld. 8.ábra). Az észak-nyugati viszonyítási szakaszhoz képest (7. mérési szakasz) a falusias beépítésű területre lépve

(6. mérési szakasz) erősen emelkedik az intenzitás, már ezen a szakaszon $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot ér el. Innen a kisvárosi beépítésű területen (5. mérési szakasz) át a városközpontig (4. mérési szakasz) már kevésbé intenzív az emelkedés (*8.ábra*). Az előbbinél $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, az utóbbinál $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ a maximális hősziget intenzitás éves átlagos értéke. A görbe e szakasza igen hasonló az éves, a nem fűtési és a fűtési félévben is, csak mintegy $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os eltérés van a görbék amplitúdójában (*8.ábra*). A délkeleti kisvárosi beépítésű övezetben (3. mérési szakasz) az intenzitás meredeken csökken, az intenzitás évszakos különbségei itt eltűnnek. A falusias beépítésű területen (2. mérési szakasz) már $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os intenzitás mutatkozik, míg a külterületen (1. mérési szakasz) negatív intenzitási értékeket találunk. Szokatlan módon itt a fűtési félévben mérhető nagyobb intenzitások.

A mérési eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált települések azonos beépítési típusba tartozó részei között bizonyos hasonlóságokon túl jelentős eltérések mutatkoznak a mért hősziget intenzitás vonatkozásában (*1.táblázat*). Már a városperemi övezetben is határozottak a különbségek. Ezen a területen az intenzitás Debrecen és Hajdúböszörmény esetében eléri a Hajdúnánás és Hajdúdorog központjában mérhető értéket. A kertes családi házas beépítésű övezetben Hajdúböszörmény és Hajdúnánás mutat hasonlóságot $0,5\text{-}0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os intenzitással. Debrecenben ennek a kétszerese jellemző, míg Hajdúdorog és Hajdúvid esetében gyakorlatilag nincs értékelhető elmozdulás a városon kívüli területhez képest. Az ipari területek nehezen hasonlíthatók össze, mivel csak a két nagyobb településen lehetett külön ilyen mérési szakaszt kijelölni. A jelentős eltérés részben azzal is összefügg, hogy Hajdúböszörményben az ipari terület városperemi helyzetben van. A városközpontban érvényesül legerősebben a településméret hősziget generáló hatása, bár a hősziget intenzitásában jelentkező különbség jelentősen kisebb a lakosságámbeli eltérésnél.

1. táblázat: A különböző beépítési típusokra jellemző átlagos maximális hősziget intenzitási értékek a vizsgált településeken

Beépítés	Debrecen	Hajdúböszörmény	Hajdúnánás	Hajdúdorog	Hajdúvid
Város peremi	0,3-0,5°C	0,4-0,5°C	0,1-0,4°C	0,1°C	0°C
Kertes családiház	0,7-1,3°C	0,7-0,8°C	0,4-0,6°C	0,1°C	-
Zöldterület	1,3°C	-	-	0,1°C	-
Társasház	2,3-1,7°C	-	-	-	-
Lakótelep	1,3-2,3°C	-	-	-	-
Ipari terület	1,3-1,5°C	0,3-0,5°C	-	-	-
Városközpont	2,5°C	0,9°C	0,7°C	0,2°C	0,1°C

A meteorológiai feltételek alakulása és a hősziget kifejlődésének erőssége közötti összefüggések

A mérések alkalmával sor került a hősziget kialakulása szempontjából fontosabb meteorológiai paraméterek megfigyelésére és mérésére is. A hősziget mérés kezdetén és végén a referencia gridben, illetve félúton, a fordulónál megfigyeltük a felhőzet mennyiségét (okta) vonulási irányát és típusát. Ezen kívül kézi kanalas szélesebbségmérő segítségével szélesebbséget mértünk 2 m magasságban.

Ezt kiegészítettük a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrumának Agrometeorológiai Obszervatóriumában mért adatokkal. Az Obszervatórium mérési adatai jól hasznosíthatók viszonyítási adatként, mivel az a mérési útvonalhoz közel (attól kb. 500 m-re) Debrecen és Hajdúböszörmény közt helyezkedik el. Az értékelésnél figyelembe vettük az állomáson a városklíma mérések idején mért szélirány és szélesebbség-, illetve a megfigyelt felhőzet adatokat. A mérés előtti nap (48, 72 óra, esetenként pentád, dekád) paramétereit is felhasználtuk, mivel a hősziget kialakulása szempontjából fontos meteorológiai előzményeket is tekintetbe kell venni.

A nagytérségi meteorológiai feltételeket a mérés napjára és a megelőző napokra vonatkozó szinoptikus térképeken kísértük figyelemmel.

Az elemzés során a mért városi hőszigeteket az intenzitás alapján kategóriákba soroltuk. A közepesnél gyengébb, még kimutatható hőszigeteket a gyengén kifejlődött hősziget kategóriába soroltuk. Azokat a méréseket, ahol nem alakult ki hősziget egyik településen sem, nem vettük figyelembe, mivel nincsenek elemezhető idő és térbeli különbségek. A kategória határok a vizsgált települések esetében a következők voltak (2.táblázat).

2. táblázat: Hősziget intenzitás a vizsgált településeken

	Erősen kifejlődött hősziget (hősziget intenzitás- °C)	Közepesen erős hősziget (hősziget intenzitás- °C)
Debrecen	4,0	2,0
Hajdúböszörmény	2,0	1,5
Hajdúnánás	1,5	1,0
Hajdúdorog	1,0	0,5
Hajdúvid	0,4	0,2

Az időjárási feltételek vizsgálatánál a városi hősziget kialakulása szempontjából kedvező derült (felhőzet mennyisége 1-2 okta), szélcsendes (szélsebesség $1-2 \text{ ms}^{-1}$) feltételeket tekintettük alapnak. Ezen kívül megkülönböztettünk derült-szeles, borult-szélcsendes és borult-szeles körülményeket. Külön figyelembe vettük, hogy volt-e hótakaró a mérés idején, illetve eső a mérést megelőző 72 órán belül.

A nagytérségi időjárási helyzet vizsgálatánál azt vettük figyelembe, hogy magas, vagy alacsonynyomású légköri képződmény, illetve meleg, vagy hidegfront átvonulása határozta meg az időjárás alakulását a Kárpát-medence térségében. A vizsgálati időszak települési hőszigeteit települések szerint a fenti kategóriákba sorolva az előfordult hőszigetek száma alapján a következő kép alakult ki (3.táblázat).

3. táblázat: A vizsgált időszak hőszigeteinek csoportosítása

	Erősen kifejlődött hősziget (db)	Közepesen erős hősziget	Gyenge hősziget
Debrecen	5	8	11
Hajdúböszörmény	5	5	14
Hajdúnánás	4	12	8
Hajdúdorog	1	8	15
Hajdúvid	4	2	18

Látható, hogy szinte minden kategóriában 4-5 erős hősziget található. Hajdúdorog esetében mindössze egy alkalommal mértünk erősen kifejlődött hőszigetet, amit az magyaráz, hogy a település szerkezete nem kedvez a hősziget kialakulásának. A központ közelében a beépített területek közé egy időszakosan vízzel borított zöldfelület (nádas) ékelődik. Még az ezer fő alatti lakosságú, szabályos sakktábla alaprajzú Hajdúvid esetében is négy esetben alakult ki erős hősziget.

A közepesen erős hősziget esetében már nagyobb eltérések vannak, 2 és 12 között volt a számuk a vizsgált településeken a mérési időszakban. A gyenge hőszigetből fordult elő a legtöbb mindegyik településen. Ez jelzi azt, hogy a települések a napnyugta utáni órákban általában - legalább kismértékben - melegebbek a környezetüknél. Igaz ez a legkisebb, ezer fő alatti lélekszámú Hajdúvidre is. *Gyenge hősziget tehát viszonylag könnyen alakul ki a településeken, ugyanakkor csak számos feltétel megléte esetén tud erősen kifejlődni, ami már viszonylag ritka jelenség.*

Erős kifejlődésű települési hőszigetek a mérési időszakban

A fentiekben leírt erős kifejlődésű települési hőszigetek - a várakozásnak megfelelően - a derült-szélcsendes meteorológiai feltételekhez köthetők. 2003. 09. 23; 12. 17.; 2004. 04. 29; 06. 23.; 09. 07., vagyis az összes esetek közel negyede tartozik ide.

Ezek a mérések anticiklonális makroszinoptikus helyzetekben zajlottak, amikor magasnyomású légköri képződmény stabilizálódott a Kárpát-medence térsége felett. Erős hőszigetet csak abban az esetben tudtunk mérni, ha már legalább mérés előtti pentád során derült szélcsendes időjárás uralkodott.

Ugyanakkor egy esetben (2004. 07. 22) erős kifejlődésű települési hőszigetet detektáltunk borult szélcsendes körülmények között is, annak ellenére, hogy a mérést megelőző napon még 1,8 mm eső is esett. A mérést megelőző napokon ugyanakkor kedvező feltételek uralkodtak, 4 napon át anticiklon alakította országunk időjárását, amit a mérés napján gyenge hidegfront átvonulásához kapcsolódó felhősödés zavart meg. Ebben az esetben Debrecenben közepes erősségű volt a hősziget, míg a többi település mindegyikében erős. Ez azzal magyarázható, hogy Debrecenben a felhőzet mennyisége is 1-2 oktával nagyobb volt a kérdéses mérések idején, valószínűleg a nagyváros fölötti erősebb konvekciónak köszönhetően.

Ez rávilágít a meteorológiai előzmények jelentőségére, hiszen egy erős települési hősziget kifejlődése több napig tartó folyamat, a mesterséges felszínnek jelentős hőtároló képessége miatt a települési hőtöbblet jelentős része „öröklődik át” egyik napról a másikra. Ennek megfelelően egy erős hőszigetet egyetlen nap kedvezőtlen időjárása nem tüntet el. Másrészt kedvezőtlen előzmények után, 24 óra alatt kedvező feltételek között is legfeljebb közepes intenzitású hősziget alakulhat ki.

Közepesen erős hőszigetek

A 5 db közepes intenzitású hősziget közül az időjárási feltételek alapján mindegyik csoportba tartozó előfordult.

A 2003. 10. 01; 10. 28 és 09. 14-i mérések esetében derült, szélcsendes időjárási feltételek uralkodtak. A hősziget közepes kifejlődésének magyarázata itt is az előző napok borult, illetve

borult, szeles időjárásában keresendő. A mérést megelőző napon a második esetben 3,3 mm eső esett.

A 2004. 03. 31-i mérés derült szeles időjárási körülmények között hozott közepes intenzitású hőszigetet. Debrecenben gyenge, Hajdúnánáson erős hőszigetet mértünk. Hazánk időjárását egy Skandináviától a Fekete-tengerig húzódó magasnyomású gerinc alakította, a Kárpát-medencében ez a mérést megelőző pentádban gyakori kisugárzási felhőképződést idézett elő, ami rontotta a hősziget kialakulásának feltételeit.

Ugyanakkor, 2004. 03. 16-án, 08. 03-án és 08. 23-án a mérés idején borult szélcsendes körülmények uralkodtak. A megelőző napon mindkét esetben hidegfront vonult át az ország felett. 08. 21-én 34 mm csapadék is hullott. A hidegfront mögötti instabil légtömegben gyakori, de nem tartós a felhőképződés. Az előző napokon ugyanakkor kedvező, derült időjárás uralkodott a 08. 03-i mérés kivételével. *Ez arra utal, hogy egy gyorsan átvonuló hidegfront még csapadék esetén sem szünteti meg teljesen a jól kifejlődött települési hőszigetet, bár az intenzitást csökkentheti.*

2004. 06. 15-én borult, szeles körülmények közt mértünk közepes intenzitású hőszigetet, egy erős hidegfront átvonulását követően. Mivel a mérést megelőzően kedvező feltételek uralkodtak, a hősziget „átvészelté” a frontátvonulást.

Gyenge hőszigetek

Gyenge hőszigetet az esetek közel felében, tizenegy alkalommal mértünk.

A 2003. 10. 01-i, 12. 02-i, 2004 05. 17-i és 06. 08- i hősziget derült szélcsendes körülmények közt alakult ki. A megelőző nap mindegyik esetben borult, a két előbbiben kevésbé szeles, a két utóbbiban szeles időjárású volt. Az első esetben a mérés előtti napon 0,5 mm, a mérés napján csapadékyomnyi

mennyiség esett. Az előző napokon frontátvonulások, szeles borult körülmények jellemezték hazánk időjárását. Az első és a két utóbbi esetben hidegfront átvonulása előzte meg a mérést.

2003. 12. 09-én, 2004. 01. 14-én és 03. 02-án derült, szeles időjárás uralkodott a mérés idején. Az első esetben mediterrán ciklon átvonulását követően, stabilizálódó anticiklonális helyzetben történt a mérés. A megelőző napokon az utóbbi két esetben borult szeles volt az időjárás, a Kárpát-medence időjárását meridionális ciklonok meleg, vagy hidegfronti áramlásrendszere határozta meg.

2004. 01. 26-án és 02. 19-én borult szélcsendes körülmények között mértünk gyenge hőszigetet. Előzőleg borult szélcsendes, vagy borult szeles feltételek uralkodtak. Mindkét mérést egy mediterrán ciklon átvonulását követő, a települési hősziget kialakulása szempontjából nem túl kedvező helyzetben hajtottuk végre.

A 2003. 10. 16-i és 2005. 01. 07-i mérést egyaránt borult, szeles körülmények között hajtottuk végre. Az előbbi eset kissé „kakukktójást” jelent, mivel Debrecenben erős (5,0 °C-os), Hajdúnánáson közepes (0,5 °C-os) hősziget intenzitást mértünk. Ekkor az ország egy, központjával Dél-Norvégia felett elhelyezkedő, anticiklon uralma alatt állt. Térségünkben a nappali zavartalan besugárzást követően a mérés idején felhősödés és 3 ms⁻¹ sebességű ÉÉNy-i szél volt megfigyelhető. Ez a kisebb településeken megakadályozta a hősziget határozott kifejlődését, míg Debrecenben még kialakulhatott egy erős, bár szélirányban némiképp deformált hősziget. A második esetben tartós borult, szeles időjárás uralkodott a mérés előtti napokon is, a mérés előtti napon 6,2 mm eső esett. Ez magyarázza a gyengén fejlett hőszigetet.

A 11 gyenge hősziget a derült, szélcsendestől a borult, szeles körülményekig minden kategóriába tartozó helyzetben előfordult. A várakozástól eltérően a kedvezőtlen, borult feltételek mellett két esetben, míg a kedvező, derült és

szélcsendes körülmények között is öt gyenge hőszigetet mértünk. *Kedvező körülmények között tehát ugyanannyi gyenge hősziget fordult elő, mint erős.* A látszólag kaotikus helyzetet az magyarázza, hogy az erős hősziget minden esetben csak több napon át fennálló kedvező időjárási feltételek esetén tud kialakulni. A 11 gyenge hősziget közül 7 olyan esetben alakult ki, amikor a megelőző napokon borult- szeles, míg 3 borult-szélcsendes előzmények után alakult ki.

Megvizsgáltuk, hogy a hótakaró mennyiben módosítja a települési hősziget kialakulásának körülményeit. Három sikeresen végrehajtott mérés 2003. 12. 17., 2004. 01. 26. és 02. 19. alkalmával volt hótakaró a vizsgálati területen. Az első esetben 3 cm, a másodikban 5cm volt az egybefüggő hótakaró vastagsága, míg a harmadik esetben hófoltok fordultak elő. A kis mintaszám általános következtetések levonását nem teszi lehetővé, azt azonban megállapíthatjuk, hogy *a hótakaró nem módosította alapvetően a felhőzet és szélviszonyok által megszabott feltételekhez igazodó intenzitás értékeket.* Elvileg derült időben a hóval borított külterületek és a hóval nem fedett belterületi felszínek eltérő albedója erősítheti a külterület és belterület közötti hőmérsékleti különbségeket. Az egyetlen ilyen eset, annyiban mindenképpen alátámasztja ezt a hipotézist, hogy Debrecenben, ahol szinte alig volt hó a város belső részein, a hősziget erős volt, míg a kisebb településeken, ahol még a központ is havas volt, a hősziget közepesen, vagy gyengén tudott csak kifejlődni, az egyébként kedvező időjárási feltételek és előzmények ellenére is.

Megvizsgáltuk azt, hogy a felhőzet és a szél milyen mértékben csökkenti a hősziget intenzitását. A szél hatásának vizsgálatára a derült, szeles feltételek közt folytatott mérések alkalmasak. A felhőzet hatását a borult, szélcsendes körülmények közt végzett mérések eredményein vizsgáltuk. Így a másik paraméter nem módosította a vizsgált meteorológiai elem hatását.

Azon esetekben, amikor a 10 méteren mért szélesség elérte a 3 ms^{-1} -os értéket erősen kifejlődött hószigetet nem találtunk. Egy esetben (2004. 03. 31.) közepesen erős hószigetet mértünk 3 ms^{-1} -os szélességnél, a mérés idején derült időben, kedvező előzmények után. 2003. 12. 09-én, 2004. 01. 14-én és 03. 02-án derült időben gyenge hószigetet mértünk, az első és utolsó esetben 3, a második esetben 7 ms^{-1} szélesség mellett.

A 2004. 01. 14-i mérés jól rávilágít a szélesség változásai és a hósziget kialakulása közötti kapcsolatokra. Az állomás 10 méteren mért adatai szerint a mérés idején Debrecen közelében 7 ms^{-1} -os szél fúj. A kézi kanalas szélességmérő adatai szerint a mérés kezdetén és végén a referencia gridben 2 méter magasan 3 ms^{-1} sebességű volt a szél, Hajdúnánáson a fordulónál azonban mindössze 1 ms^{-1} szélességet mértünk. Ezzel összhangban Hajdúnánáson közepes, a többi településen gyenge volt a hósziget.

A mérés során végzett szélmérési adatok szerint azokban az esetekben, amikor a 2 méteren mért szélesség meghaladta a 3 ms^{-1} -ot, a vizsgált települések egyikében sem tudott erős, vagy akár közepes intenzitású hósziget kialakulni, még egyébként kedvező feltételek mellett sem. $1-1,5 \text{ m/s}$ szélesség esetén a 10.000 főnél népesebb településeken még kialakulhatott közepes intenzitású hósziget, azonban az alakja deformált volt, szélirányban elnyomódott.

A felhőzet hatásának vizsgálatánál szembe tűnik az, hogy a szélnél nagyobb a jelentősége a meteorológiai előzményeknek: ha a megelőző napokon derült időjárás uralkodott, akkor még a mérés idején közepesen felhős ég (4 okta) mellett is kialakulhat erős hósziget. Ilyen eset a 2004. 07. 22-i hósziget, ahol a mérés előtti pentádban, hazánk az Azori anticiklon hatása alatt állt, derült szélcsendes időjárás uralkodott. Ebben a helyzetben a mérés idején kialakult felhőzet sem akadályozhatta meg az erős hósziget kifejlődését. A 2004. 03. 16-i, 08. 03-i és 23-i mérés idején egyaránt 4-5 okta volt a felhőzettel való fedettség mértéke. Tartós, kedvező anticiklonális helyzet utáni hidegfront

átvonulást követő napon történt mindhárom mérés. Az intenzitási értékek is meglehetősen hasonló, közepesen erős hőszigetet jeleznek.

A 2004. 01. 26-i és 02. 19-i mérés 8 okta (borult), illetve 6 okta (erősen felhős ég) felhőzet mellett zajlott. A megelőző napon mindkét esetben hidegfront vonult át a Kárpát-medence felett. *Ha a felhőzet mennyisége elérte az 5 oktát erős hősziget már kedvező előzmények esetén sem tudott kialakulni. 6-8 okta esetén gyenge hősziget alakulhatott csak ki.*

A felhőzet hatása tehát jobban értelmezhető a települési hősziget kialakulására a vizsgált esetekben.

Következtetések

- A hősziget kifejlődése szempontjából a nem fűtési időszak, a nyári félév bizonyult kedvezőbbnek. A fűtési időszakhoz képest a nem fűtési időszakban átlagosan 25-50%-kal magasabb intenzitási értékek fordulnak elő, de Hajdúböszörmény esetében az eltérés háromszoros. Minden település estében megállapítható tehát, hogy a mesterséges felszínek eltérő hógazdálkodásából származó hőtöbblet és nem az antropogén települési hőterhelés a hősziget kialakulásának az oka.
- Az egyes települések intenzitási görbéi az általános hasonlóságokon túl olyan egyedi jellegzetességekkel rendelkeznek, amelyek leginkább az adott település beépítési szerkezetével magyarázhatók.
- A különböző települések azonos beépítési típusba tartozó részei között jelentős különbségek vannak a hősziget intenzitás nagyságában, ami az adott területnek a település geometriai központjától való távolsága, így közvetve a településméret által meghatározott. Ezért nem állapítható

meg az adott beépítési típusra a településmérettől függetlenül jellemző hősziget intenzitási érték.

- Az egyéves reprezentatívnak tekinthető mérési sor eredményei alapján meghatározható az egyes településméretnek különböző beépítési típusaira jellemző átlagos maximális hősziget intenzitás értéke, ami a várható hősziget intenzitás előrejelzésének alapját jelenti.
- A hősziget kialakulása szempontjából elsősorban a mérés idejének szélviszonyai, illetve a mérés napjának és a megelőző időszak besugárzási viszonyainak van meghatározó szerepe.
- Erős hőszigetet csak abban az esetben mértünk, ha a mérést megelőző legalább három napban derült időjárás uralkodott. A legerősebb hősziget esetében (2003. 09. 23.) a mérést megelőző 6 nap kedvező derült időjárású és gyengén szeles volt.
- Ha hosszabb időn át (5-10 nap) voltak kedvező a be- és kisugárzási viszonyok, akkor még egy frontátvonulás után is mértünk közepesen erős hőszigetet.
- Tartósan kedvezőtlen sugárzási viszonyok után azonban akkor sem fordult elő erős hősziget, ha a mérés napján kedvező feltételek uralkodtak.
- 3 ms^{-1} (2 m magasságban) szélesség esetén már nem alakulhatott ki erős hősziget egyik településen sem.
- 5 okta, vagy annál erősebb borultság esetén legfeljebb közepesen erős, 6-8 okta borultság esetén csak gyenge hősziget alakulhatott ki.

A kutatást az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA T/034161) és a Bolyai Ösztöndíj támogatta.

Szakirodalmi hivatkozások

- BERÉNYI, D. (1930): The effect of the building blocks on the nocturnal cooling (in Hungarian). *Időjárás* 34, pp. 46-49.
- BOTTYÁN, Z. - UNGER, J. (2003): A multiple linear statistical model for estimating mean maximum urban heat island. *Theor. Appl. Climatol.* 75, pp. 233-243.
- FENG, J.Z. - PETZOLD, D.E. (1988): Temperature trends through urbanization in Metropolitan Washington, D.C., 1945-1979, *Meteorol. Atmos. Phys.* 38, pp. 195-201.
- KRATZER, P.A. (1956): *Das Stadtklima*. F. Vieweg und Sohn, Braunschweig, 184 p.
- KUTTLER, W. (2005): *Stadtklima*. In Hupfer, P. and Kuttler, W. (Editors): *Witterung und Klima*. Teubner, Stuttgart-Leipzig-Wiesbaden, Germany, pp. 371-432.
- LANDSBERG, H.E. (1981a): City climate. In *World Survey of Climatology, General Climatology 3.*, Amsterdam-New York-Oxford, pp. 299-344.
- LANDSBERG, H.E. (1981b): *The urban climate*. Academic Press, New York-London-Toronto-Sydney-San Francisco, pp. 83-126.
- OKE, T.R. (1973): City size and the urban heat island. *Atmos. Environ.* 7, pp. 769-779.
- OKE, T.R. (1987): *Boundary layer climates*. Routledge, London-New York
- SZEGEDI S. 2004: A városi hősziget vizsgálata különböző méretű alföldi településeken. III. Természet-, műszaki- és gazdaságtudományok alkalmazása. Nemzetközi konferencia. 3rd International Conference on Application of Natural-, Technological and Economical Sciences
A nemzetközi konferencia előadásait tartalmazó kötet, Berzsenyi Dániel Főiskola. Szombathely (12 p. - CDROM).
- UNGER, J. - BOTTYÁN, Z. - SÜMEGHY, Z. - GULYÁS, Á. (2000): Urban heat island development affected by urban surface factors. *Időjárás* 104, pp. 253-268.
- UNGER, J. - BOTTYÁN, Z. - SÜMEGHY, Z. - GULYÁS, Á. (2004): Connection between urban heat island and surface parameters: measurements and modeling. *Időjárás* 108, pp. 173-194.
- UNGER, J. - SÜMEGHY, Z. - GULYÁS, Á. - BOTTYÁN, Z. - MUCSI, L. (2001a): Land-use and meteorological aspects of the urban heat island. *Meteorol. Applications* 8, pp. 189-194.
- UNGER, J. - SÜMEGHY, Z. - ZOBOKI, J. (2001b): Temperature cross-section features in an urban area. *Atmos. Research* 58, pp. 117-127.

A Tiszaújvárosi és a Mezőcsáti kistérségek tájhasználatának változása történelmi térképeken végzett mérések alapján

Kiss Anita

DE, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debrecen

Bevezetés

A tiszamenti települések nagy részét perifériális helyzet, műszaki, fizikai, társadalmi gazdasági és infrastrukturális hátrányok jellemzik. A folyómenti régió északi és középső része minden tekintetben igen rossz helyzetű, a városok innovációhiányosak, kivételt csak Tiszaújváros és Tokaj jelent.

Az általam vizsgált két kistérség, a tiszaujvárosi és mezőcsáti, a két szélsőséget képviseli, mert a tiszaujvárosi az iparnak köszönhetően az országos átlagnál jobb pozíciót szerzett meg gazdasági szempontból, míg a mezőcsáti a leszakadó és forráshiányos kistérségek sorába tartozik.

A Tiszamente Területrendezési Tervében hangsúlyos célkitűzésként a következők szerepelnek:

- A jellemző tiszai ökológiai rendszer védelme és egészséges fejlesztése.
- A hullámtérhasználat területrendezési szabályainak meghatározása.
- A térség vízgazdálkodással, természetvédelemmel, környezetvédelemmel, infrastruktúra- és vidék-fejlesztéssel kapcsolatos érdekeinek hangsúlyozása.
- A természeti adottságokra és értékekre alapozott extenzív gazdálkodás területi vetületének feltárása.
- A fenti célok és a lakosság, ill. a gazdaság tevékenységek összehangolása. (Tiszamente, 1999)

Korábban a települések többségében a megélhetés alapja a mezőgazdaság volt. A jelenlegi területrendezési tervekben újra egyre nagyobb szerepet kap a tájak és régiók adottságaihoz a táj ökológiai feltételeihez alkalmazkodó környezetkímélő multifunkcionális mezőgazdaság. A cél jelenleg olyan földhasználati rendszer megvalósítása, amely nem okoz erős környezet átalakítást, hanem illeszkedik az adott táj környezeti feltételeihez, agroökológiai, kulturális adottságaihoz és hagyományaihoz. Ezért fontos a tradíciók, a jellegzetes tájhasználati formák megismerése.

A tájak történetének megismerésében fontos szerep jut a történelmi térképeknek. E térképek összehasonlításával lehetőség nyílik a táj változásainak nyomon követésére (LŐRINCI R. - KRISTÓF D. 2002).

A vizsgált terület jellemzése

A Tiszaújvárosi és a Mezőcsáti kistérségek Borsod-Abaúj-Zemplén megye délkeleti részén, Alföld nagytáj északi peremén fekszik. 4 kistérség találkozik itt: a Borsodi-ártér, a Borsodi-Mezőség, a Sajó-Hernád-sík és a Taktaköz. A gazdasági és a politikai térszerkezeti felosztás alapján már az észak-magyarországi makrorégió része (ld. 1.ábra). A két kistérség területe közel 640 km². A térség síksági jellegű táj, a tengerszint feletti magassága 85-170 méter közötti. Gyakran keletkeznek belvizes részek, melyek megnehezítik a mezőgazdasági művelést.

A kistérség tájképileg meghatározó elemei a folyók és tavak, melyek közül a legjelentősebbek a Tisza és a Sajó. A tavak között egyaránt találhatunk mesterséges úton keletkezetteket (bányatavak, halastavak) és természetes tavakat is (1.kép). A bányatavak mélyedései (Hejőkeresztúr, Nagycsécs, Sajószöged) elsősorban a kavicsbányászatnak köszönhetőek, mely a Sajó kavicsos legyezőszerű hordalékkúpjára települt.



1. kép: Bányató Nagycsécse

Egykor a kisebb patakokhoz (Hejő, Rigós) tartozó formák jelentős mikrováltozatosságot vittek a táj képébe, de ezt az évszázadok óta jellemző mezőgazdasági művelés sok helyen szinte teljesen eltüntette. A talajtani változatosság stabilabb tájalkotó elem, az uralkodó réti talaj mellett vannak réti öntéstalajok és a szolonyeces réti talajok is. A felszín alatti vizeket tekintve egyre nagyobb jelentősége van a termálvíznek, mely Mezőcsát és Tiszaújváros környékén nagy mennyiségben található.

Az éghajlat mérsékelt meleg-száraz, a csapadék mennyisége évi 570-600 mm körüli, a szélirány döntően ÉK-i, de néhány hónapban gyakori a Ny-i és DNy-i szélirány is. A természetes növényzet már csak igen kis foltokban található meg a térségben, az erdőterület nagysága az összterülethez viszonyítva mindössze 7%.

A Tisza, a Sajó és a Hernád mentén természetvédelmi és turisztikai szempontból is értékes ártéri galéria erdők találhatóak. A Tisza itteni szakasza Közép-Európa egyik legépebben megmaradt zöldfolyosója (ld. 2. ábra), a Tiszával kapcsolatban lévő területeken sok „vöröskönyves” állat és növényfaj talál utolsó élőhelymaradványt. A kistérség biodiverzitása meglepően magas. Ennek megőrzése elsősorban a védett területek feladata (ld. 3. ábra).

Kesznyéteni Tájvédelmi Körzet: A Tájvédelmi Körzetet az 5/1990. (VI. 18.) számú KÖM rendelet nyilvánította védetté, 4070,4 hektáron. A védetté nyilvánítás célja a Taktaköz déli részén a Tisza szabályozás a következtében kialakult ligeterdők, bokorfüzesek, nádasok, mocsárrétek, holtágak fajgazdag növény- és állatvilágának, a tájképi értékek védelme. A tájvédelmi körzet jelenlegi területe 6083,9 hektár.

Kácsa-sziget - Ároktő: közigazgatásilag ároktőhöz tartozik, de a Tisza túloldalán található. Főleg madárvilága miatt érdekes. Ramsari vízvédelmi területként van nyilvántartva.

Tiszadorogmai erdő: A Göbe-morotva a Tisza szabályozásával keletkezett U alakú holtág. Főleg puhafa ligetei értékesek. A fekete nyár, szürke nyár, a fehér fűz szép példányai mellett a keményfaligetek kőris erdei is megtalálhatók. A morotvában tavorózsák telepedtek meg. Madárvilága is egyedülálló. A szalakóta, függőcinke, mezei poszáta és a sárgarigó nagy számban él itt.

Borsodi Mezőség Tájvédelmi Körzet: Kis Hortobágnak is szokták nevezni. E terület ugyanakkor jóval nedvesebb a Hortobágnál, mivel a Tisza szabályozása után sem száradt ki oly mértékben. A Bükk hegységből lefutó patakok vize még napjainkban is nedvesebben tartja a réteket a Hortobágyi legelőknél. A terület a korábbi tájhasználat, a legeltetés következtében alapvetően másodlagos táj.

Az erdészetileg megművelt területeket fiatal és középkorú, zömében lágymosásos erdők borítják. Az erdők átlagos évi folyónövedéke $3,0 \text{ m}^3/\text{ha}$ körül ingadozik (MAROSI S. - SOMOGYI S. 1990).

Az intenzív mezőgazdasági művelés mellett potenciális tájhasználati konfliktus, hogy a Tisza, a Sajó és a Hernád nagy kitermelhető kavicsvagyonnal rendelkezik. A védett területek rövidebb időszakok kivételével látogathatóak, de teherbíró képességük korlátozott.

A tájhasználat változása

A digitális tematikus térképkészítés menete

Az összehasonlítás érdekében a különböző méretarányú térképeket - I., II. és a III. katonai felméréseket, egyetlen közös koordinátarendszerbe (EOV) illesztettem.

Az I. katonai felmérés 1782-1785 között készült el. A felvétel méretaránya 1:28 800. A II. katonai felmérés 1819-1869 közötti időszakot jellemzi, szintén 1:28 800 méretarányban. A III. katonai felmérést 1869-1884 között készítették, már 1:25 000-es méretarányban.

Az I.-II.-III. katonai felmérés területemre vonatkozó térképeit a Hadtörténelmi Intézet és Múzeum Hadtörténelmi Térképtárában találhatók. Fekete-fehér fénymásolat készíthető róluk, majd ezeket lehet beszkenneálni, de a területi információk azonosítása, átrajzolása pontatlan és nehézkes. Éppen ezért digitális fényképeket készítettem (Canon Powershot A-60). A térképek minimális torzulása természetesen nem kerülhető el a fényképezés során sem, de ez a szkennelés esetében nagyobb mértékű lehet, különösen a lapszéleknél.

A felhasznált térképek:

I. Katonai felmérés: XXII-XIV, XXII-XV, XXII-XVI, XXII-XVII, XXI-XIV, XXI-XV, XXI-XVI, XXI-XVII;

II. Katonai felmérés: 45-XLI, 46-XLI, 45-XL, 46-XL, 47-XL, 48-XL, 46-XXXIX, 47-XXXIX, 48-XXXIX;

III. Katonai felmérés: 4766/3, 4865/4, 4866/1, 4866/2, 4866/3, 4866/4, 4965/2, 4966/1, 4966/2;

I. Katonai Felmérés

A térképezés felvételi méretaránya 1:28 800, (1 hüvelyk = 400 bécsi öl vagyis 2,634cm:758,594m= 1:28800). A térkép vetület nélküli, egységes geodéziai hálózat és koordináta rendszer nélkül készült. A tartomány közepé táján elhelyezett, pontosan tájolt kezdő szelvényhez folytatólagosan kapcsolták a szomszédos

szelvényeket. A vetület hiánya miatt nagyobb területen már nem lehetett pontosan illeszteni a szelvényeket, sok igazítást kellett végezni, ami torzulásokat eredményezett.

II. Katonai Felmérés

A felmérés un. „Cassini”-féle vetületben (négyzetes hengervetület) történt, amelynek geodéziai alapját többszintű háromszögelési hálózat képezte. A terepi felvétel 1:28 800 méretarányú. A Második katonai felvétel geodéziai megbízhatósága jobb, névanyaga, út és vízrajza, a felszínborítás elkülönítése pontosabb és bővebb, mint az előző felvételé.

III. Katonai Felmérés

A helyszíni felmérést 1: 25 000 léptékben készítették el, ez képezte az alapot a többi, kisebb méretarányú térképekhez. A felszínborítás ábrázolása pontos és részletes, ami a színes térképeken színezéssel, a fekete-fehér nyomatokon betűrövidítésekkel van jelezve.

Az elemzés első lépéseként a térképlapokat összeillesztettem Paint Shop Pro 6 szoftver használatával. Ahhoz, hogy korszerű térinformatikai eszközökkel kezelhetővé váljanak a térképek, digitális formába kell alakítani ezeket, majd transzformációt kell végrehajtani rajtuk, amely biztosítja a topográfiai egyezést a ma használatos térképekkel. Ennek a célja az, hogy a különböző korok térképei összehasonlíthatók legyenek egymással és a mai topográfiával. Az eredmény egy digitális történeti térkép (georeferenciával rendelkező raszterkép állomány), amely térinformatikai fedvényként topográfiailag többé-kevésbé egyezően kezelhető együtt más adatállományokkal. A "nyers" adatok egységes rendszerbe hozásakor cél az Egységes Országos Vetületi (EOV) rendszerbe transzformálás volt, amit a geometriai korrekció módszerével az Erdas 8.4 program segítségével végeztem el. Az illesztéshez a területről készült EOV 1:50 000 digitális állományú topográfiai térképeket használtam fel.

A katonai térképek koordinátába húzása elég idő- és munkaigényes folyamat. Az archív térképlapok georeferálását az EOVS 1:50 000 térképszelvényeken található közös azonosító pontok segítségével végeztem el. Pontosan igen nehéz dolgozni, az első katonai felmérésnél pedig nem is lehet igazán. Szerintem a legpraktikusabb megoldás, ha az 1:50 000-es topográfiai térképhez a harmadik katonai felmérést illesztjük, majd a harmadikhoz a második katonai felmérést, és végül a második katonai felmérés alapján húzzuk EOVS koordinátába az első katonai felmérést. Bár így sem kapunk teljesen pontos koordinátákat, de talán ez a legcélszerűbb eljárás.

A már koordinátával rendelkező térképeket Arc View 3.2 program segítségével dolgoztam fel. A földhasználati kiértékelése közvetlen módon, a képernyőn végzett digitalizálással történt. Külön-külön egységként történt a felszínborítás poligonhálózatának, a vízhálózat vonalhálózatának és a pontszerű objektumok digitalizálása. Így elkészítettem a három felmérés során jellemző területhasználati térképet.

A georeferálás pontossága

Az interpretációra előkészítés során a különböző méretarányú és vetületű, vagy vetület nélküli térképeket térinformatikai rendszerben egységes vetületűvé alakítottam. A kész állomány sohasem illeszkedik mindenütt pontosan a viszonyításhoz használt térképi alaphoz, kisebb-nagyobb eltérések mindenképpen előfordulnak. Az illeszkedést befolyásoló legfontosabb tényezők:

- a kiindulási térkép minősége, pontossága
- a viszonyítási alapként használt térkép pontossága
- az illesztési pontok azonosításának pontossága
- az illesztéshez használt algoritmusok és szoftverek
- fénymásolás, szkennelés stb. torzítása

Az illeszkedés az azonosító pontok környezetében jobb, ahol nem sikerült illesztőpontokat felvenni, ott rosszabb. Nagyobb eltérések az I. Katonai Felmérés anyagában vannak, mivel azt eleve jelentős elrajzolások terhelik és kevés az illesztőpont.

A digitalizálás és georeferálás során a különböző szoftverekkel végzett transzformációk „mellékhatásaként” a térképek minősége kis mértékben megváltozott. Ez a színárnyalatok eltolódásában és néhány széli terület torzulásában, élettelené válásában nyilvánult meg. Előfordulásuk néhány kicsiny területre korlátozódik, a térképek értelmezhetőségét lényegesen nem befolyásolják. (A kérdés technikai nehézségeiről ld. NAGY D. 2004)

Tájhasználat az I. katonai felmérés idejében

Ez a legelső felmérés még a folyószabályozás előtti állapotokat mutatja be, az ármentesítés előtti viszonyokról nyújt képet (ld. 4.ábra).

Mindenek előtt ki kell emelni a Tisza meanderező futását, a mocsaras és vizenyős területek nagy kiterjedését (23%). Az 1700-as években a folyók szabadon áraszthatták el ártereiket, így időszakos és állandóan vízzel borított területeket hagytak hátra. Ami érdekes, hogy ezen a területen már ekkor elég nagy területen szántóföldi művelés folyt, a terület 41%-án. Emellett jelentős területet foglaltak el a legelők és a mezők (31%), ahol elsősorban ártéri szarvasmarhatartás és tenyésztéssel foglalkoztak az itt lakók. Az erdők kiterjedése nem olyan számottevő (4%), csupán a folyókat és a holtágakat kísérték kisebb-nagyobb erdőfoltok.

Tájhasználat a II. katonai felmérés idején

Az első szembeötlő változás, a heterogenitás növekedése. A tájhasználat egyre mozaikosabbá vált (ld. 5.ábra). Ebben az időszakban már megkezdődtek a szabályozási munkálatok, az egykori folyókanyarulatok tavakká váltak. Az egykori összefüggő vizenyős terület szétszakadt, de még mindig jelentős területet foglalt el. A mozaikosság növekedése a kis magasságkülönbségek ellenére a mikrodomborzattal van összefüggésben, hiszen a terület nagy részére már nem jutott el az évenként ismétlődő áradás, így egyre több területet lehetett bevonni a művelésbe. Legnagyobb arányban szántókat (38%) és legelőket (31%) találunk. Még mindig jelentős kiterjedésűek a vizenyős területek (23%). A erdők területi aránya lecsökkent 2%-ra.

Tájhasználat a III. katonai felmérés idején

A III. katonai felmérés idején a tájhasználat, már a szabályozás, belvízelvezetés utáni állapotokat mutatja (ld. 6.ábra). A Tisza szabályozása nagymértékben járult hozzá ezen a terület gazdasági fejlődéséhez. A legfeltűnőbb változás a szántók területi növekedése, ezzel együtt a vizenyős területek illetve az egykori szarvasmarha tartás alapját szolgáló rét és legelő arányának csökkenése. Az erdőterületek kiterjedése csökkent, már csupán 1%-ot ért el, visszaszorult a gátakkal határolt hullámterekre, illetve megnőtt a tájidegen fajok aránya.

Itt újra megfigyelhető a homogenitás, bár ez már nem a természettel van összefüggésben, az emberi tevékenység, tájhasználat függetlenítette magát.

Továbbra is a szántók kiterjedése a legnagyobb 46%, illetve a legelőké, 32%-kal. Jelentős mértékben lecsökkent az időszakosan, vagy állandóan vízzel borított területek aránya, 15%-ra.

Tájhasználat 1998-ban

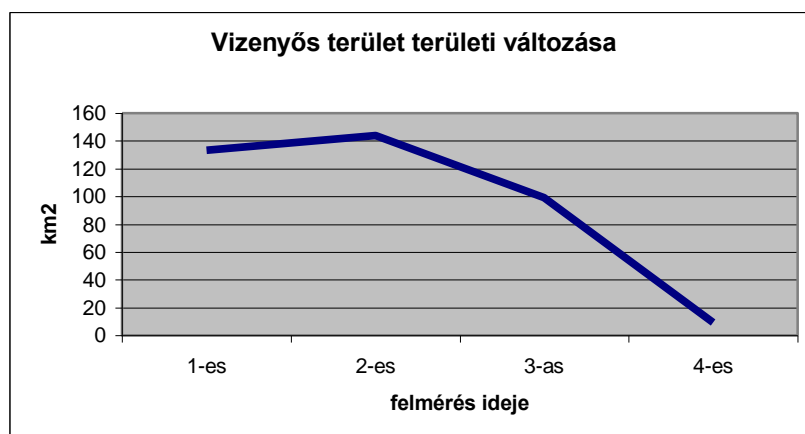
Tovább növekedett a szántók területe (54%), ami érdekes, megnőtt az erdők aránya is (10%), de csak a hullámtereken (ld. 7.ábra). Ezek az erdők azonban csak nagyon kis mértékben természetes állományúak, legnagyobb része telepített nyárfa és akác. A települések területe tovább növekedett, illetve egy új településsel bővült, Tiszaújvárossal.

Új „tájhasználat” az ipar is egyre nagyobb területet foglal el (4%), különösen az új település környékén. A rét és legelő területek teljesen háttérbe szorultak (26%), csak a gyéren lakott részeken alkotnak nagyobb egybefüggő foltot, ma ezek a területek Tájvédelmi Körzetek: Borsodi Mezőség T. K., és a Kesznyéteni T. K.

A vízzel borított területek szinte teljesen eltűntek a belvízelvezető rendszer kiépítésének következtében, jelenleg alig 1%-nyi területen találkozhatunk vele.

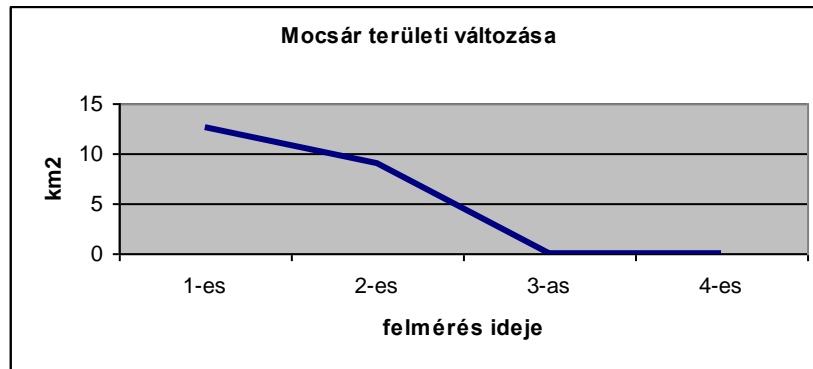
Összegzés

A földhasználat átalakulását jól mutatják ezek a térképek, és az ezekből származó adatok.



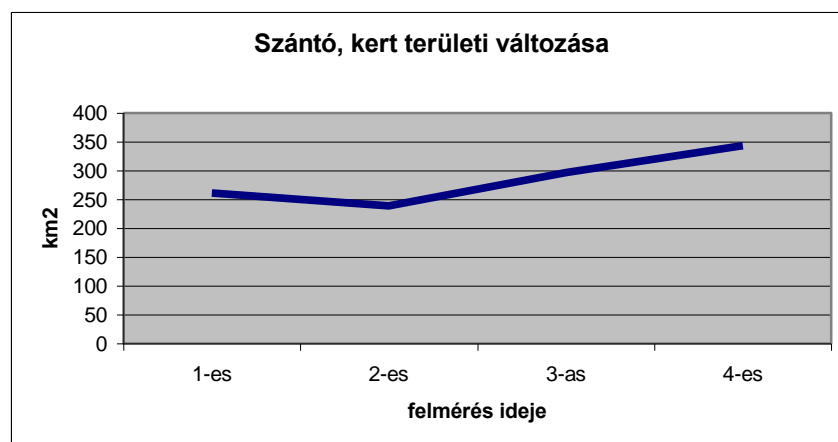
1. diagram

Mind a vizenyős (1.diagram), mind a mocsaras területek (2.diagram) aránya csökkent, a kifejezetten mocsárként szereplő területek napjainkra el is tűntek.

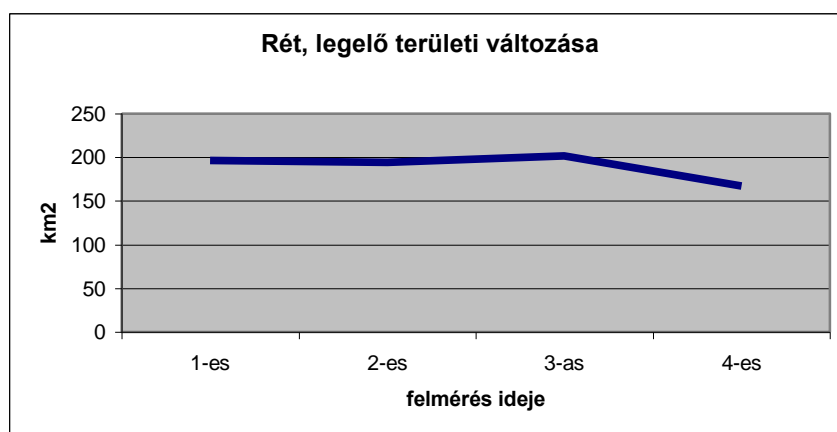


2. diagram

Mindez a folyószabályozás, és a belvízelvezetéssel van összefüggésben. A korábbi természetes vizes élőhelyeket feltörték, helyükön szántók létesültek. A szántók területi arány növekedése (3.diagram) azonban nemcsak innen származik, az egykori ártéri szarvasmarhatartás háttérbe szorulásával, nem lett szükség az egykori hatalmas rét és legelő területekre (4.diagram), így azokon is megindult a szántóföldi növénytermesztés.

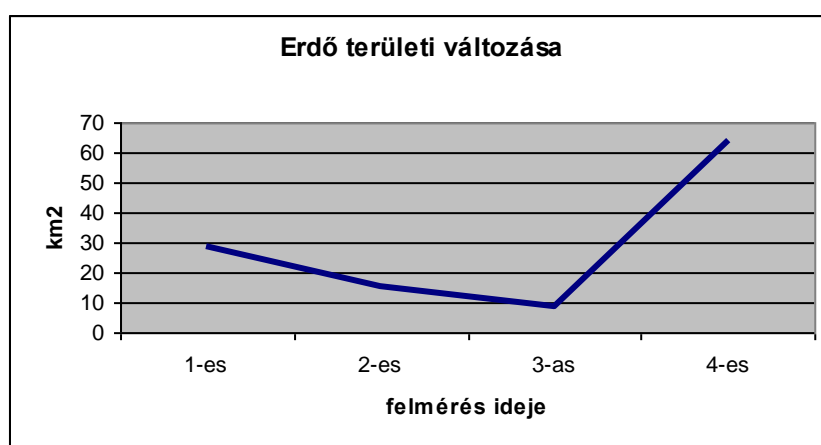


3. diagram



4. diagram

Érdekes az erdők helyzete (5. diagram). Az elmúlt évszázadokban sem volt jellemző nagy kiterjedésű, összefüggő erdőség a két kistérség területén.



5. diagram

A II. és III. katonai felmérés idején az erdők aránya fokozatosan csökkent, majd napjainkra ugrásszerűen megnőtt. Sajnos ezek nem természetesek, hanem nagyrészt telepített erdők, bár pozitívumnak mondható, hogy egy részük gyümölcsös, ami lehetőséget nyújt a korábbi ártéri gyümölcsstermelés újjáélesztésére.

Mindezekből látszik, hogy a korábbi természeti adottságokhoz alkalmazkodó tájhasználat napjainkra szinte teljesen eltűnt, a domborzati különbségek mára már nem határozzák meg, egy adott térszín használati módját, holott korábban néhol deciméteres magasságkülönbségek döntötték el ezt.

Elmondható, hogy a tájat egyre intenzívebben hasznosították. Ennek következtében az egykor jellegzetes élőhelyek összezsugorodtak (természetes ártéri erdők, legelő, rét), illetve eltűntek (mocsár, vizenyős terület). Megváltozott az egykori növény- és állatvilág a vízháztartás megváltozásával (árvízvédelem, belvízelvezető csatornák). Az intenzív mezőgazdasági földhasználat mind természeti, mind környezeti károkat okozott és okoz napjainkban is. Ehhez járul még hozzá az ipar megjelenése, ami tovább növeli a környezetet károsító kockázati tényezők sorát.

Szakirodalmi hivatkozások

- A Tiszamente integrált területfejlesztési, vidékfejlesztési és környezetgazdálkodási koncepciója; Budapest (2004)
- LŐRINCI R. - KRISTÓF D. (2004): A természetvédelmi szempontú mezőgazdálkodás földhasználati rendszerének fejlesztése Bonyhád külterületének példáján; Tájökológiai Lapok (2004)
- MAROSI S. - SOMOGYI S. (szerk.) (1990): Magyarország kistájainak katasztere. 1-2 kötet, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet
- NAGY D. (2004): A történeti tájhasználat és felszínborítás rekonstrukciójának lehetőségei archív térképek feldolgozásával; Környezetállapot értékelés Program, Pályázati tanulmányok (2003-2004)

A táji felszabdaltság (fragmentáció) mérése

Dr. Csorba Péter

DE, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debrecen

Bevezetés

Az ökológusok egybehangzó véleménye szerint ma a Föld élőközösséget fenyegető legveszélyesebb hatás az élőhelyek feldarabolódása (FAHRING, L. 2002; FARINA, A. 1998; FRÄNZLE, O. et al. 2003; FORMAN, R. T. T. 1995; INGEGNOLI, V. 2003; ROTH, M. et al. 1991). Minden populáció létét, működését alapvetően megkérdőjelezi, ha a rendelkezésére álló tér annyira összeszűkül, hogy az egyedek viselkedésében, táplálkozási szokásaiban és legfőképpen a szaporodásában zavar áll be. Az összezsugorodó élettérben csökken az egyedszám, s ha a szaporodási közösség nem ér el egy bizonyos számot, az törvényszerűen genetikai erózióhoz, az élőközösség végzetes leromlásához vezet (Farina, A. 1998; KRUESS, A. - TSCHARNTKE, T. 1994; WITH, K. et al. 1997).

Minden növény és állatfajnak más kiterjedésű fizikai élettérre van szüksége, és az élőközösségek, társulások szintén eltérő nagyságú térrészlet-igénnyel jellemezhetők (KOVÁCS - LÁNG E. et al. 1999; HAGENGUTH, A. 2000; MCGARIGAL, K. - MARKS, B. 1995). Ma még nem rendelkezünk kellő ismerettel ahhoz, hogy megmondhatnánk, mekkora minimális térigénye van pl. egy életképes gyöngyvirágos tölgyesnek, vagy egy alhavasi gyepnek. Az azonban nehezen cáfolható, hogy elsősorban a tartós beépítések és a vonalas infrastruktúra gyarapodásával mindenütt jellemző az élőhelyek feldarabolódása (JONGMAN, R. 1995; JONGMAN, R. - BRUNCE, R. 2000). Az Alpokban a kiépített turista utak hossza pl. elérte a 40 ezer km-t, vagyis az egyenlítő hosszát! A folyamatos, és egyre fokozódó taposás, bolygatás, szennyezés, zajhatás miatt egyre kisebb területekre szorulnak a természetes, vagy természetközeli élőhelyek. Pedig a turistaösvények élőhely-feldaraboló hatása meg sem közelíti azt,

amit a forgalmas utak, főképpen az autópályák kiváltanak! Az autóutak építésének komoly ökológiai következményei annyira nyilvánvalóak, hogy ezek a beruházások már sok országban elérték a társadalmi ingerküszöböt, és a közvélemény erős nyomása nehezedik a döntéshozókra, hogy keressék a leginkább környezetkímélő vonalvezetés lehetőségét. Az autóutak alatt és fölött kiépített átjárók ma már magától értetődően részei az építkezéseknek, bár ezeknek a kármentő létesítményeknek az ökológiai hatékonyságáról megoszlanak a vélemények (LODÉ, T. 2000; SCHREIBER, K-F. 1988). Természetesen nem lehet leegyszerűsített igen/nem választ adni; bizonyos élőközösségek számára valóban életmentő, mások számára kevésbé eredményesek ezek vadátjárók, alagutak, mesterségesen kialakított tájökológiai kapcsolatok.

A minimális élőhely nagyság megállapítása és a negatív hatásokat némileg ellensúlyozni igyekvő ökológiai kapcsolatrendszer eredményességét megítélni nem geográfiai feladat. A táj mesterséges felszabdaltságának jellemzése azonban igen, s e témakörben a modern tájféldrajz fontos alapadatokkal tud szolgálni az ökológia, a gyakorlati tájtervezés, a tájvédelem számára (CSORBA P. 1996, 1999; WASHER, D. - JONGMAN, R. 2000).

A táji mozaikossága vagy egyveretűsége függ a tájalkotó elemek - domborzat, vízrajz, talaj - változatosságától, s e tekintetben beszélhetünk természetes táji sokszínűségről, vagy viszonylagos homogenitásról (LORD, J. M. - NORTON, D. A. 1990). A Kelet-európai síkág pl. nyilvánvalóan kevésbé változatos élőhely, mint pl. a Balkán-félsziget, vagy egy skóciai erdei ökoszisztéma fajösszetétele is lényegesen elmarad egy közép-európai erdő faji gazdagságától. A trópusi erdők, hegyvidékek, tengerek magas faji diverzitását pedig már a nem szakmai közvélemény is ismeri. Ehhez a domborzati-éghajlati-vízellátottságbeli sokféleséghez azonban évszázadok, évezredek alatt sikeresen alkalmazkodott az élővilág. Bizonyos típusú élőhelyek természetes zsugorodása globális változásokra, pl. kontinensek mozgására, éghajlat-változásokra, evolúciós irányváltásra, természeti katasztrófákra

vezethető vissza. A gyakorlati célú tájelemzésnek, tájtervezésnek azonban gyakrabban kell foglalkozni az emberi tevékenység kiváltotta élőhely-feldarabolódással, a beépítések, valamint a vonalas műszaki létesítmények tájtagoló hatásával (TRESS, B. et al. 2003).

A geográfia a tér tudománya, s ennek a térnek a tulajdonságait mindig igyekezett mérésekkel is jellemezni (CSORBA P. 1997; KERTÉSZ Á. 2003; MANDER, Ü. 1993). A mérések szerepe az utóbbi évtizedekben a földrajzi kutatásokban is egyértelműen nőtt, a jelenségeket pusztán leíró tanulmányok száma határozottan visszaszorult. Az élőhelyek mesterséges feldarabolódásának elemzése mérések nélkül el sem képzelhető, vagyis ebben a témában a legtermészetesebb dolog, hogy a megállapításokat nagyszámú méréssel kell alátámasztani.

Az élőhely-fragmentációs mérések nálunk még nem jelentek meg a tájökológiai munkákban, holott néhány amerikai, német, holland folyóirat legalább 20 éve rendszeresen közöl ilyen cikkeket. Az elméleti tanulmányokat leggyakrabban a *Landscape Ecology* (pl. CULLINAN, V. et al. 1992; HARGIS, C. et al. 1998; JAEGER, J. 2000; LI, H. - REYNOLDS, J. 1993; RIITTERS, K. et al. 1995; TISCHENDORF, R. - FAHRIG, L. 2000), a *Conservation Biology* (SAUNDERS, D. et al. 1991; TROMBULAK, S. - FRISSELL, C. 2000), korábban a *Theoretical Population Biology* (DOAK, D. et al. 1992; MILNE, B. et al. 1992; PATTON, D. 1975) folyóirat közölte, a gyakorlatiasabb vizsgálatok eredményei pedig pl. a *Wildlife Society Bulletin* (BOGAERT, J. et al. 2000; DAVIDSON, C. 1998), az *Ambio* (LODÉ, T. 2000), az *Environmental Reviews* (UNDERHILL, J - ANGOLD, P. 2000), újabban a *Conservation Ecology* (BROOKER, L. et al. 1999) hasábjain jelennek meg. A német szakirodalom különösen gazdag e témába vágó tanulmányokban. Pl. a *Natur und Landschaft* (GAWLAK, C. 2001; GRAU, S. 1998; LASSEN, D. 1979, 1987, 1990; SIEDENTOP, S. 1999; ill. korábban a *Veröffentlichung Landesanstalt Naturschutz und Landschaftspflege BW* folyóirat néhány cikke (EICHHORST, U. - GERMAN, R. 1974; SCHÖNNAMSGRUBER, H. 1974) a legtöbbet idézett munkák közé tartozik.

A közlekedési utak fragmentációs hatásának vizsgálata

A sűrű úthálózat és a rekreáció konfliktusa már 50 évvel ezelőtt felbukkant a szakirodalomban. A német szakírók szerint a témában Beck, O. csaknem ötven éve publikált cikke játszott úttörő szerepet, aki a közutakat ökológiai fertőzés-csatornának ("Infektionskanal") nevezte (BECK, O. 1956). Újdonságot persze csak a probléma általános megközelítése jelentett, hiszen a forgalmas közutak közvetlen káros hatásáról már évtizedekkel korábban írtak (WHITE, F. B. 1927; CLARKE, H. 1930).

A közutak ökológia gát szerepét az 1970-es években egyes kísérletekkel bizonyították, amelyek közül kétségtelenül Mader, H-J. cikkét idézik a legtöbbet (MADER, H-J. 1979). A szerző egy nem túl forgalmas németországi hegyvidéki út mentén 742 futóbogarat (*Abax ater*) megjelölve igazolta, hogy az állatok közül több százszoros kísérlet ellenére csak kettő jutott át az úttest túoldalára, a többit visszariasztotta az útfelület betonfelszíne.

Hasonló eredményekről számoltak be francia, (BAUDRY, J. - BAUDRY-BUREL, F. 1982), és amerikai kutatók (BAUR, B.- ERHARDT, A. 1995; HARRIS, L. D. 1984; MERRIAM, G. 1984; OXLEY, D. J. et al. 1974), akik a vonalas műszaki létesítmények élőhely feldaraboló hatásának egyre több aspektusát vizsgálták (JAEGER, J. 2002; JOHNSON, K. 1995). Az eredmények tájökológiai szempontú összefoglalásának egyik kiemelkedő munkája volt az a kötet, amelyet 1988-ban a Nemzetközi Tájökológiai Társulás 2. kongresszusára állított össze a házigazda; K-F. Schreiber (SCHREIBER, K-F. 1988). Az „Összekapcsoltság a tájökológiában” címet viselő cikkgyűjteményben már a szigetbiogeográfiai megközelítéstől a fraktálgeometriai értelmezésig a téma kutatásának számos ága megjelent, s ez a sokszínűség azóta is jellemzi a szakterületet. Az utóbbi években megjelent tájökológiai munkák egyikéből sem hiányzik ez a téma (FARINA, A. 1998; FORMAN, R. T. T. 1995; INGEGNOLI, V. 2002; KLOPATEK, J. M. - GARDNER, R. H. 1999 stb.).

Az elméleti alapvonalak tisztázását az utóbbi 10-15 évben egyre határozottabban követte a probléma tájtervezési, tájvédelmi következményeinek elemzése. Az ilyen alapállású művek közül kiemelkedik Jaeger, J. (2002) könyve, amelyben a tájfeldarabolódás gyakorlati konzekvenciáit taglalja 14 mélyinterjú alapján, amit természetvédő, közlekedési és tájtervező mérnökökkel készített. A könyv elméleti részéből kitűnik, hogy a táj felszabdalódásának folyamatát nem csak a közlekedési utak, hanem pl. a beépítések következményeként tárgyalja, s felállít egy általános fragmentációs folyamatmodellt. Jaeger, J. a következő 6 fázisát különíti el a táj feldarabolódásnak:

- perforáció (Perforation / perforation)
- bevágódás (Inzision / incision)
- kettészelődés (Durchschneidung / dissection)
- feldarabolódás (Zerstückelung / dissipation)
- összezsugorodás (Verkleinerung / shrinkage)
- feloldódás (Auslöschung / attrition)

A tájak ökológiai feldarabolódásában, az élőhelyek összezsugorodásában nyilvánvalóan jelentős szerepet játszó beépítés fragmentációs hatásáról jóval ritkábban lehet olvasni a szakirodalomban (REICHHOLF, J. 1999; MÜHLENBERG, M. - SLOWIK, J. 1997). A településökológiai munkák inkább a településeken, mint sajátos élőhelyeken megtelepedő ill. innen kiszoruló élőlények vizsgálatával foglalkoznak, és kisebb figyelmet fordítanak arra, hogy a települések miként ölelik körül a különleges élőhelyeket, hogyan izolálódnak az érzékeny ökotopok, vagy milyen módon állják útját az élőlények mozgásának. A települések természetesen jóval kevésbé átjárhatóak, mint a vonalas létesítmények. A legkeskenyebb utcásfalú is szélesebb fizikai akadályt képez, mint akár egy 3x3 sávú autópálya. Az ökológiai gát szerepét erősségét összehasonlítva azonban nem biztos, hogy egy kis falú élőlény-migrációt gátló hatása erősebb, mint a kerítéssel elzárt autópályáé.

A települések és a vonalas létesítményekhez kötődő élővilág abban is különbözik, hogy a biológiai sokszínűségben egy település még fölül is múlhatja a korábban ott létezett élővilág fajgazdagságát. A vonalas létesítmények mentén pedig inkább egy elszegényedett élővilág alakul ki, az útmenti gyomvegetáció faji diverzitása általában igen alacsony.

Sajnos nálunk a tájökológiai szakirodalom alig érinti ezt a kérdést, az ökológiai elemzésektől pedig igen távol áll a téma tájfeldrajzi aspektusának tárgyalása.

A fragmentációs mérések módszere

A gyakorlati tájtervezés, tájvédelem és természetvédelem szempontjából hasznos alapadatokat nyújtanak azok a számítások, hogy milyen mértékű egy adott terület mesterséges felszabdaltsága, azaz vonalas műszaki létesítmények és a beépítések fajlagos sűrűsége. Ilyen jellegű mérésekre mégis kevés tájökológiailag jól hasznosítható példát ismerünk. Az újabb munkák közül hivatkozhatunk egy térképre (DOSCH, F. - BECKMAN, G. 1999), amelyet mi Wöbse, H. Landschaftsästhetik c. könyvéből ismerünk (2002). A térkép Németország teljes területének infrastrukturális tagoltságát mutatja be, a közutak, a vasutak, a víziutak és a nagyfeszültségű elektromos vezetékek km^2 -re vetített sűrűsége alapján. Az értékek 0,2 és 2,5 km/km^2 között szóródnak, s még ma is jól kirajzolódik a volt NDK határa.

Mi a Cartographia Kft. 1: 250 000 méretarányú autósatlasza alapján lemértük az ország szilárd burkolattal ellátott közútjainak és a vasútvonalak hosszát, s az eredményt a kistájak területére vonatkoztatva a következő térképen ábrázoltuk (*ld. 1.ábra*). A térképről jól látható, hogy a két legfontosabb vonalas infrastrukturális elem alapján az ország döntő részén 0,3-0,5 km/km^2 út- és vasútsűrűséggel számolhatunk. Az országos átlag 0,40 km/km^2 , nagytáji szinten pedig a következő értékek adódnak.

Alföld	0,32
Kisalföld	0,38
Nyugat-magyarországi peremvidék	0,44
Dunántúli-dombság	0,48
Dunántúli-középhegység	0,37
Északi-középhegység	0,39

Összesen 42 olyan kistájunk van, ahol az út- és vasútsűrűség meghaladja a $0,5 \text{ km/km}^2$ -t. Többnyire a hegységeinket elválasztó nagyobb kapuvölgyek (pl. Általér, Móri-árok, Galga-, Tarna-, Sajó-, Hernád-völgy stb.), a hegylábi övezet pl. a Vértes, a Mátra, a Balaton-felvidék stb., valamint a kisebb-nagyobb medencedombságok, a Soproni-medencétől a Bakony kismedencéin át a Nógrádi-medencéig tartoznak ide.

Sajnos ez az adatbázis nem tükrözi az ökológiai, tájökológiai szempontokat. Az utak és a vasutak adott területegységre vonatkoztatott adatai ui. nem differenciálnak pl. az adott közút forgalmi terheltsége alapján, nem mérlegelik pl. az adott infrastrukturális elem és a védett természeti területek topográfiai viszonyát.

Úgy gondoljuk, hogy az országos, regionális, megyeszintű stb. táj- és természetvédelmi tervekhez olyan térképekre van szükség, amely jobban megfelel az ökológiai tájtervezés igényeinek.

Saját méréseink alapján - mint ahogy már említettük, - a Cartographia Kft által 2004-ben kiadott 1: 250 000 méretarányú Magyarország autóatlaszát használtuk. A térkép feltünteti az erdővel fedett területeket, a nemzeti parkokat és a természetvédelmi területeket is, s ezek mind igen fontos tájökológiai támpontok. A mérésekkel a következő adatokat állapítottuk meg:

- a települések legnagyobb átmérőjének összege
- az autópályák hossza
- az elsőrendű főutak hossza
- a másodrendű főutak hossza

- a harmad és negyedrendű utak összevont hossza
- a burkolatlan utak azon szakaszainak hossza, amely erdőterületeket, vagy védett természeti területeket szel át
- vasúti pályák hossza

Tájökológiai célkitűzésünknek megfelelően ezeket az alapadatokat ökológiai megfontolások alapján a következő módon súlyoztuk.

A KÖZUTAK esetében:

csak a településeken kívül haladó útszakaszokat vettük számításba. Az élővilág mozgását, terjedését ugyanis a települési beépítettségénél nem korlátozza erősebben, ha ott még egy közút is áthalad, illetve egy kertvárosi területet átszelő autópálya - ami elég ritka eset - együttes barrier szerepének értékelésére ez a méretarány nem alkalmas.

A továbbiakban a következő rendszert dolgoztuk ki:

- ❖ Szorzószámot nem kap, ha a szilárd burkolat nélküli út erdőterületen halad át. A nyiladékok határozott ökológiai gát szerepét számos vizsgálat igazolta (HARRIS, L.D. 1984, FORMAN, R.T.T. 1995).
- ❖ A szorzószám 3, ha a szilárd burkolat nélküli út védett területen halad át (Védett erdőterület esetében a szorzószám szintén 3).
- ❖ Harmad és negyedrendű bekötőutak szorzószáma 2, ha azok védett területeken kívül haladnak.
- ❖ A harmad és negyedrendű utak védett területeket átszelő szakaszaira 5-ös szorzószámot alkalmaztunk.

- ❖ Az erdészeti kezelésben lévő, és a közforgalom számára csak időszakosan, pl. hétvégén megnyitott szilárd burkolatú utak esetében szükségesnek tartottunk egy 1,5, ill. 2,5-ös szorzószámot. (Utóbbi a védett természeti területeken áthaladó erdészeti utakra vonatkozik.)
- ❖ Másodrendű főutak szorzószáma a forgalomsűrűség függvényében 4,0-4,8, amit a Magyarország atlasza c. kiadvány (Cartographia 1999.) 87. oldalán levő „Az úthálózat forgalma 1996-ban” térképről olvastunk le.
 - 1000 személygépkocsi egység alatti forgalom esetében a szorzószám: 4,0
 - 1000-2000 közötti forgalomsűrűség esetén a szorzószám: 4,2
 - 2000-5000 közötti terhelésnél 4,4
 - 5000-8000 forgalmi terhelés esetén a szorzószám 4,6
 - 8000 fölötti fogalom sűrűségnél pedig 4,8.
- ❖ Elsőrendű főutak szorzószámai hasonlóan a másodrendűekéhez 4,0 és 4,8 közötti szorzószámot kaptak.
- ❖ Az országban viszonylag kevés első-, ill. másodrendű főút halad keresztül védett területen. A kevés ilyen szakaszra nézve forgalmi sűrűség függvényében 8,0 és 8,8-as szorzószámokat alkalmaztunk, a fenti személygépkocsi-egységre számított kategóriáknak megfelelően.
- ❖ Az autópályák 10-es szorzószámot kaptak. (Védett területen az országban nem halad át autópálya.)

A VASÚTVONALAK esetében:

- ✓ Kétvágányú vasúti fővonalaknál a szorzószám 5, amelyet 6-ra emeltünk, ha az adott vasúti pálya közvetlenül egy autópálya, ill. első- vagy másodrendű főútvonallal párhuzamosan halad. (Közvetlen közelség alatt 1km-nél kisebb térközt értünk.) Úgy gondoljuk, hogy az egymáshoz ilyen közel haladó forgalmi pályák esetében indokolt volt megemelni a szorzószámot, mert ilyen helyeken a migrációt erőteljesen korlátozza a vasút és a közút együttes jelenléte. Az ilyen módon közbezárt, néhány száz méter átmérőjű élőhelyeken többnyire nem tud kialakulni egy belső, viszonylag zavartalan magterület, azt nagyrészt a küzdelmi zóna, az átmeneti, ún. ökoton sáv foglalja el.
- ✓ Egyvágányú szárnyvonalak esetében a szorzószám 3, s 4-re emeltük az olyan szakaszokon, ahol a vasúti pálya 1 km-nél közelebb halad valamely autópálya, ill. első-, vagy másodrendű főútvonalhoz.
- ✓ Vasútvonalaink közül csak néhol halad át védett területen; pl. a Hortobágyi, az Őrségi és a Duna-Dráva NP, ill. Hajdúsági Tájvédelmi Körzet esetében. Mivel ezek mindegyike kislevegalmú szárnyvonal, emiatt a szorzószámot nem emeltük meg.

A TELEPÜLÉSEK esetében:

abból indultunk ki, hogy a település egy állandóan működő ökológiai gát. Ha megadjuk a települések legnagyobb átmérőjét, azzal kifejezzük azt, hogy milyen széles területsávot kell megkerülnie az élővilágnak egy település közelében. A falvak, kisvárosok kapcsán ez a mérőszám megfelelőnek tűnt. Később azonban azt tapasztaltuk, hogy minél nagyobb településről van szó, annál feltűnőbb a torzító hatás. Az olyan tájak esetében, amelynek jelentős részét elfoglalta valamely nagy kiterjedésű

város - pl. Kecskemét, Debrecen, Szombathely stb. - és emiatt a belterületi utak, vasutak ökológiai gát szerepét nem vettük számításba. Pusztán a település legnagyobb átmérőjével kalkulálva ui. olyan alacsony érték adódott, amely messze elmaradt a sűrű úthálózattal ellátott aprófalvas vidékeket jellemző értéktől. Márpedig nyilvánvaló, hogy pl. Budapest ökológiai fragmentációs mutatószáma nem lehet kisebb, mint pl. a baranyai aprófalvas tájaké. Ezért a települések ökológiai szerepét egy másik mérőszámmal is ki kellett egészíteni. Ennek a mérőszámnak a település nagyságát kell tükrözni. Egy kézenfekvő megoldás lehetett volna, ha figyelembe vesszük a települések kerületét. Ez ökológiai szempontból értelmezhető adat volna, mert megadja annak az ökológiai határfelületnek a hosszát, amely akadályt képez az élővilág terjedése, migrációja számára. Sajnos a települések kerületére nézve használható adatsort nem találtunk, a térképi mérés pedig ebben a méretarányban igen pontatlan lett volna.

Rendelkezésre állt azonban a FÖMI „Tájékoztató a Magyar Köztársaság településeinek földmérési alaptérképekkel való ellátottsága” c., 1997-ben kiadott anyaga. Ebben ui. megtalálható minden település kül- és belterületének nagysága hektárban. Mivel a települések legnagyobb átmérője adaton alapuló kalkuláció az apró falvak esetében reális végeredményt adott, több variáció kipróbálása után úgy találtuk, hogy a másik mutatószám a 100 hektárnál, azaz 1km²-nél nagyobb belterülettel rendelkező települések adatának felszorozása lehet. Az említett adatbázis szerint az országban 1664 olyan település van, amelynek belterületté nyilvánított részének kiterjedése nagyobb 1 négyzetkilométernél. Ez az adatbázisban szereplő 3703 település 45%-a, amelyet kielégítő aránynak tekintettünk, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy ez a 45% képviseli az összes beépített terület 82,9%-át.

Az a 2039 település tehát, amelynél nem nyúltunk egy belterületalapú korrekciós számhoz, az összes hazai települési beépítettségnek csak 17%-át képviseli. A korrekcióból kihagyott települések többnyire olyan aprófalvak, amelyek összesen 2-3,

néhány száz méter hosszú utcából állnak. Ezeknél csak a legnagyobb települési átmérőt vettük figyelembe.

Az ökológiai gát szerepet szem előtt tartva végül is a következő szorzószámokat találtuk a legmegfelelőbbnek, amelyek esetében úgy láttuk, hogy az út- és vasúthálózat alapján számított értékeket nem torzította el a települési adatsor.

- A települések legnagyobb átmérő adatát megszoroztuk 6-al, ami azt tükrözi, hogy a települési beépítettség ökológiai gát szerepét az elsőrendű főútvonalakéval hasonló nagyságúnak véljük, de véleményünk szerint elmarad attól az izoláló hatástól, amit pl. egy autópálya képvisel. Ezzel tehát azt állítjuk, hogy az élővilág mozgását egy utcásfalú kevésbé akadályozza, mint egy autópálya. Úgy véljük, hogy ez elfogadható alaptétel, hiszen az autópályákat kísérő kerítés barrier hatása igen erős, bár ez a növényvilágra nyilvánvalóan kevésbé hat.
- Olyan települések esetében, ahol a településhez 1 km-nél közelebb van egy védett terület, a szorzószám 8. Ilyen helyzetben ui. a település élővilágot zavaró hatása egyértelműen nagyobb súllyal esik latba.
- Egy esetben kellett még egy körülményt figyelembe venni, amikor a hegy- és dombvidéki apró településeknek nem volt 1 km²-t meghaladó belterülete, mégis a völgyben 2-3 km hosszan elnyúlva gyakorlatilag komolyabb tájökológiai gátként funkcionáltak, mint azt a legnagyobb átmérő 6-szoros szorzata kifejezte. Ilyen esetben, a 6-os szorzó 7-re módosult.
- Ugyancsak a 7-el történő felszorozásához folyamodtunk olyan esetekben, ahol 1,5-2 km átmérőjű falvak összeépülése folyik. Ökológiai szempontból a két szomszédos 1,5-2 km hosszú ökológiai gát között még meglévő 1 km-es kapu jelentősége igen nagy. A tájtervezési gyakorlatban a jogszabály 400 méter széles

beépítetlen sáv megtartását szorgalmazza (DUHAY G. 2004). Ez tehát egy agglomerálódási veszélyt kifejező korrekciós szám. Mivel az 1: 250 000 méretarányú munkatérképünkön a javasolt 400 méteres határérték érvényesítése nehézkes lett volna, a korrekciós értéket mi csak olyan esetekben alkalmaztuk, ahol a két település közötti ökológiai folyosó 1 km-nél szűkebb. (A legapróbb, 500-1500 méter legnagyobb átmérőjű települések agglomerálódása esetében nem alkalmaztuk ezt a korrekciót!)

- Az olyan településeknél, amelyek belterülete nagyobb 1km^2 -nél, a fenti adatot kiegészítettük egy másikkal, ami az adott település kiterjedésén alapul. Több variáció kipróbálása után, arra a meggyőződésre jutottunk, hogy a belterületi km^2 adatot 15-es megszorozva kapunk reális végeredményeket. A belterületi beépítettséget tehát kb. $1/3$ mértékben erősebbnek ítéljük, mint az autópályák indukálta fragmentációs hatást.

Úgy gondoljuk, hogy az összeállított súlyozási rendszer nem túl bonyolult, de kellően finoman differenciál, és alapvetően tükrözi az ökológiai, tájökológiai szempontokat. **A végeredmény mértékegysége a súlyozások miatt már nem valós km/km^2 adat, hanem annak az ökológiai megfontolások miatt módosított értéke.** Az tehát, hogy valamely kistájukra nézve pl. 3,5-es értéket adunk meg, nem azt jelenti, hogy valóban átlagosan minden négyzetkilométerre 3,5 km hosszú ökológiai gát jut a települések, a közutak és a vasútvonalak miatt. A nyers kiinduló érték ennél alacsonyabb, hiszen az ökológiai barrierszerep függvényében az egyes ökológiai gáttípusok eredeti kilométer adatát különböző mértékben felszoroztuk. Tehát valójában torzított km/km^2 adatokat képeztünk, amit már helyesebb **tájfragmentációs mutatónak nevezni.**

Magyarország kistájainak fragmentációs térképe

A mérési eredmények a Magyarország kistájainak katasztere c. könyvben szereplő tájhatárokra vonatkoznak (MAROSI S. - SOMOGYI S. 1990).

Az országos átlagokhoz viszonyítva, amely a következő:

	A települések ökológiai gátszerepe (korrigált km/km ² érték)	Az utak és vasutak ökológiai gátszerepe (korrigált km/km ² érték)	Tájökológiai fragmentáltság (korrigált km/km ² érték)
Magyarország	1,86	1,39	3,25

az Alföld mindkét paraméter esetében gyenge, a Dunántúli-dombság pedig erős tájökológiai feldaraboltságot mutat. A településhálózat nagyfokú különbségét jól tükrözi, hogy az átlagot meghaladó értéket egyedül a dél-dunántúli terület nagytája képviseli, az összes többi nagytájunk átlagos, vagy ettől alig elmaradó értékeket mutat.

NAGYTÁJ	A települések fragmentációs mutatója	Az utak és vasutak fragmentációs mutatója	Összesített tájökológiai fragmentáltsági érték
Alföld	1,49	1,00	2,49
Kisalföld	1,85	1,36	3,21
Nyugat- magyarországi peremvidék	1,63	1,55	3,18
Dunántúli-dombság	2,69	1,57	4,26
Dunántúli- középhegység	1,77	1,49	3,26
Északi- középhegység	1,72	1,40	3,12

Az összevont tájökológiai tagoltságot kifejező fragmentáltsági mutatószámok mozaikos területi elrendeződést mutatnak és az egymással szomszédos tájak adatai között is nagy eltérések vannak (ld. 2.ábra). Még az alföldi tájegységek esetén is előfordul, hogy egy kistájcsoporton belül jelentős eltérések vannak az egyes kistájakra vonatkozó adatok között. Ld. pl. a Duna-Sárvíz köze, a Pesti-síkság, a Bácskai-síkvidék adatait. Többségében mégis azt tapasztalhatjuk, hogy inkább a hegy-, ritkábban a dombvidéki tájaink esetében van példa az egymással szomszédos kistájak közötti adatok nagyobb szórására.

Az ökológiai értelemben a tíz legerősebben, ill. legkevésbé feldarabolt kistájuk a következő:

Legerősebben felszabdalt kistájaink	Legkevésbé felszabdalt kistájaink
Somogyi parti sík (21,1)	Szalonnai-hegység (0,2)
Visegrádi-Dunakanyar (15,9)	Kab-hegy - Agár-tető-csoport (0,5)
Budaörsi- és Budakeszi medence(13,6)	Tornai-dombság (0,6)
Balatoni-riviéra (12,3)	Alsó-hegy (0,6)
Vác-Pesti-Duna-völgy (11,8)	Szendrői-rögvidék (0,6)
Pécsi -síkság (11,0)	Vitányi-rögök (0,6)
Zagyva-völgy (10,2)	Illancs (0,7)
Soproni-medence (10,2)	Központi-Börzsöny (0,7)
Keszthelyi-riviéra (9,0)	Geresdi-dombság (0,8)
Tarna-völgy (8,5)	Nyugati-Cserehát (0,8)

A kistáji adatok felhasználásával készült térképen 6 kategóriát különítettünk el. Az egyes intervallumokba a következő számú kistáj került:

Fragmentációs intervallum	Kistájak száma
0,0-1,0	16
1,1-2,0	77
2,1-3,0	73
3,1-4,0	25
4,1-5,0	15
5,0-	23

A hazai kistájak kerekén $1/3$ részének tehát a fragmentációs mutatószáma 1,1-2,0 közé esik, és csaknem ugyanennyi jutott a 2,1-3,0 kategóriába. A 23 legkevésbé felszabdalt kistájból 19 az Északi-középhegységben található. Ezek közül a legnagyobb kiterjedésű a Központi-Zemplén (510 km²), a Keleti-Cserehát (420 km²) és az Illancs (250 km²). Többsége hegy- vagy dombvidéki táj, sőt alföldi viszonylatban az Illancs is a reliefgazdagabb tájak közé tartozik. Az átlagos magyarországi tájfelszabdaltság értéket nem éri el a legtöbb alföldi és kisalföldi tájunk fragmentáltsága, de ahol autópálya (M1, M5), vagy aprófalvas településhálózat van pl. a Beregi-, Szatmári-síkon, már erősen megközelíti a középértéket.

A középhegységeinket, dombvidékeinket elválasztó átjáró-völgyek közül jónéhány igen komoly ökológiai akadályt jelent az élővilág mozgása szempontjából. Ilyen pl. a Felső-Zala-völgy, a Móri-árok és az Általér-völgye, természetesen a Visegrádi-Dunakanyar, továbbá a Galga-, a Zagyva-, a Tarna- és a Sajó-Bódva-völgy. Az élővilág szempontjából antropogén akadályokkal túlterhelt tájak másik típusát a vízparti üdülőtájaink alkotják; a Balaton, ill. a Velencei-tó környéke. A Tisza-tó mellett kialakult üdülőövezetnek még nincs ilyen táji szinten jelentkező hatása. Végül van néhány sűrűn beépült kismedence - Pécs, Sopron, Budaörs-Budakeszi stb. - ahol az élővilág számára a táj települések, utak, vasutak általi feldaraboltsága kritikus szintet ért el.

Úgy gondoljuk, hogy ezek az adatok hasznos kiegészítői, jó indikátorai az élővilág potenciális tájökológiai mozgáslehetőségeinek. A számítások kellően differenciált képet nyújtanak a jelenlegi helyzetről, és reálisan mutatják a hazai kistájak tájökológiai terhelésének egy igen fontos oldalát.

Összefoglaló

A természetes életterek (habitat) feldarabolódása általános tájökológiai jelenség. A folyamatot a földi élővilágot fenyegető legnagyobb veszélyek közé sorolják. Az élőhelyek felszabdaldásához leginkább a beépítés és a közlekedési infrastruktúra járul hozzá. A települések igen erős ökológiai gátat képeznek, az élőlények mozgáslehetőségét, migrációját alapvetően korlátozzák. Az ökológiai izolátumok kialakulásában mégis inkább a forgalmas főutak, a kettős nyomtávú vasútvonalak játszanak döntő szerepet. Az autópályákat kísérő kerítések ökológiai barrier szerepe erősebb, mint a falvaké, kisvárosoké.

A hazai tájfeldrajzi kutatások még nem foglalkoztak kistájaink ökológiai fragmentáltságának meghatározásával. Ezt a tájtervezésben, tájvédelemben jól használható adatot állapítottuk meg a Cartographia Kft. 1: 250 000 méretarányú autóstérképe alapján. A térképre rávittük a kistájkezelésben szereplő kistájhatárokat, majd az így rögzített határok között megmértük a kisebb települések legnagyobb átmérőjét, valamint a közutak és vasutak hosszát. A nagyobb települések esetében figyelembe vettük a belterületek nagyságát, az utak forgalmi terhelését, a vasutak esetében pedig hogy egy, vagy két nyomtávú a vonal. A súlyozással finomítottuk a mérési adatokat annak függvényében, hogy az adott település, út vagy vasút hogyan helyezkedik el a védett természeti területekhez képest. A számítások során azzal is kalkuláltunk, ha a nagyobb települések agglomerációs folyamata miatt egyre kisebb ökológiai kapukat, folyosókat hagynak szabadon az élővilág mozgása számára. Nyilvánvaló, hogy nagyobb tájökológiai izoláltsággal jár, ha egy élőhelyet egymáshoz közel haladó magasabbrendű út és vasút egyszerre fragmentál.

A 230 magyarországi kistájra kiszámolt összesített tájfeldaraboltsági mutató km/km^2 re visszavezethető, de a súlyozás miatt torzított értékét térképen ábrázoltuk. A térképről kitűnik, hogy 23 kistájban 5-nél nagyobb a fragmentációs mutató. A legerősebb ökológiai barrierék a

középhegységeinket elválasztó völgyi tájakban, kismedencékben, a Balaton és a főváros környékén vannak. Úgy gondoljuk, hogy a kiszámított adatok hozzájárulnak az ökológiai szemléletű tájértékelés módszertani tökéletesítéséhez, illetve a gyakorlati tájtervezés során felhasználható adatbázis bővítéséhez.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány elkészítését jelentősen segítette az OTKA 030256, ill. a T 042638 programok anyagi támogatása.

Szakirodalmi hivatkozások

- BAUDRY, J. - BAUDRY-BUREL, F. (1982): La mesure de la diversité spatiale. Relations avec la diversité spécifique. Utilisation dans les évaluations d'impact. *Acta OEcologie Application* 3. pp. 177-190.
- BAUR, J. - ERHARDT, A. (1995): Habitat fragmentation and habitat alterations: principal threats to most animal and plant species. *GAI*A 4. pp. 221-226.
- BECK, O. (1956): Oasen der Ruhe für den Wanderer. Veröff. Landesanstalt Naturschutz und Landschaftspflege BW. 24. pp. 72-79.
- BOGAERT, J. - VAN HECKE, P. - SALVADOR-VAN EYSENRODE, D. - IMPENS, I. (2000): Landscape fragmentation assessment using a single measure. *Wildlife Society Bulletin* 28, pp. 875-881.
- BROOKER, L. - BROOKER, M. - CALE, P. (1999): Animal dispersal in fragmented habitat: measuring habitat connectivity, corridor use and dispersal mortality. *Conservation Ecology*
<http://www.consecol.org/vol3/iss1/art4>
- CLARKE, H. (1930): Birds killed by automobiles. *Bird-Banding* 32(4), 271 p.
- CULLINAN, V.I. - THOMAS, J.M. (1992): A comparison of quantitative methods for examining landscape pattern and scale. *Landscape Ecology* 7. pp. 211-227.
- CSORBA, P. (1996): Landscape-ecological change of the land-use patterns on the East Foothill Area of the Tokaj Mountains (Hungary). *Ekológia (Bratislava)* Vol. 15, No 1. pp. 115-127.
- CSORBA P. (1997): Tájökológia. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 113 p.
- CSORBA P. (1999): Tájszerkezeti változások a bodrogkeresztúri félmedencében (Tokaj-Hegyalja). *Földrajzi Közlemények* 123. (44) 3-4. pp. 109-128.
- DAVIDSON, C. (1998): Issues in measuring landscape fragmentation. *Wildlife Society Bulletin* 26, pp. 32-37.

- DOAK, D.F. - MARINO, P.C. - KAREIVA, P.M. (1992): Spatial scale mediates the influence of habitat fragmentation on dispersal success. *Theoretical population biology* 41, pp. 315-336.
- DUHAY G. (SZERK.) (2004): Tájvédelmi kézikönyv. KöVM, TVH, Budapest, 80 p.
- EICHHORST, U. - GERMAN, R. (1974): Zerschneidung der Landschaft durch das Straßennetz im Regierungsbezirk Tübingen. Veröff. Landesanstalt Naturschutz und Landschaftspflegung BW 42, pp. 66-84.
- FAHRIG, L. (2002): Effect of habitat fragmentation on the extinction threshold: a synthesis. *Ecological Applications* 12, pp. 346-353.
- FARINA, A. (1998): Principles and Methods in Landscape Ecology. Chapman and Hall, 235 p.
- FORMAN, R.T.T. (1995): Land Mosaics, The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, 632 p.
- FRÄNZLE, O. - BLUME, H-P. - KAPPEN, L. - DIERßEN, K. (EDS.) (2003): Ecosystem Organisation in a Diverse Landscape. *Ecological Studies* 168, Berlin
- GAWLAK, C. (2001): Unzerschnittene verkehrsräume Räume in Deutschland 1999. *Natur und Landschaft* 76, pp. 481-484.
- GRAU, S. (1998): Überblick über Arbeiten zur Landschaftszerschneidung sowie zu unzerschnittenen Räumen in der Bundes-Landes- und Regionalplanung Deutschlands. *Natur und Landschaft* 73, pp. 427-434.
- HAGENGUTH, A. (2000): Habitatzerschneidung und Landnutzungsstruktur - Auswirkungen auf populationsökologische Parameter und das Raum-Zeit-Muster mardeartiger Säugetiere. In: Zerschneidung als ökologischer Faktor. Bayerische Akad. für Naturschutz und Landschaftspflege, pp. 47-64.
- HARGIS, C.D. - BISSONETTE, J.A. - DAVID, J.L. (1998): The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape ecology* 13, pp. 167-186.
- HARRIS, L.D. (1984): The Fragmented Forest: Island Biogeography Theory and the Preservation of Biotic Diversity. Univ. of Chicago Press, Chicago IL
- INGEGNOLI, V. (2002): Landscape Ecology: A Widening Foundation. Springer Verlag, 357 p.
- JAEGER, J. (2000): Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape ecology* 15, pp. 115-130.
- JAEGER, J. (2002): Landschaftszerschneidung. Ulmer Verlag, Stuttgart, 447 p.
- JOHANSSON, K. (1995): Fragmentation index as a region based GIS operator. *International journal of geographical information systems* 9, pp. 211-220.
- JONGMAN, R. (1995): Nature conservation planning in Europe: developing ecological networks. *Landscape and Urban Planning* 32, pp. 169-183.
- JONGMAN, R. - BRUNCE, R. (2000): Landscape classification, scales and biodiversity in Europe. In: Mander Ü. - Jongman R. (eds.): Consequences of Land Use Changes. WIT Press, pp. 11-38.
- KERTÉSZ Á. (2003): Tájökológia. Holnap Kiadó Kft, Budapest, 166 p.

- KLOPATEK, J.M. - GARDNER, R.H. (EDS.) (1999): *Landscape Ecological Analysis, Issues and Applications*. Springer Verlag, 400 p.
- KOVÁCS-LÁNG, E. - MOLNÁR, E. - KRÖEL-DULAY, GY. - BARABÁS, S. (EDS.) (1999): *Long term Ecological Research in Kiskunság, Hungary*. KISKUN LTER, MTA-ÖKBI, Vácrátót
- KRUESS, A. - TSCHARNTKE, T. (1994): Habitat fragmentation, species loss, and biological control. *Science* 264, pp. 1581-1584.
- LASSEN, D. (1979): Unzerschnittene verkehrsarme Räume in der Bundesrepublik Deutschland. *Natur und Landschaft* 54, pp. 333-334.
- LASSEN, D. (1987): Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km² Flächengröße in der Bundesrepublik Deutschland. *Natur und Landschaft* 62, pp. 532-535.
- LASSEN, D. (1990): Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km² - eine Ressource für die ruhige Erholung. *Natur und Landschaft* 65, pp. 326-327.
- LI, H. - REYNOLDS, J.F. (1993): A new contagion index to quantify spatial patterns of landscapes. *Landscape Ecology* 8, pp. 155-162.
- LODÉ, T. (2000): Effects of a motorway on mortality and isolation of wildlife populations. *Ambio* 29, pp. 163-166.
- LORD, J.M. - NORTON, D.A. (1990): Scale and the spatial concept of fragmentation. *Conservational Biology* 4, pp. 197-202.
- MADER, H-J. (1979): Die Isolationswirkung von Verkehrsstraßen auf Tierpopulationen untersucht am Beispiel von Arthropoden und Kleinsäugetern der Waldbiozönose. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz*, Heft 19.
- MANDER, Ü. (1993): Impacts of landscape structure on the material cycling in agricultural areas. In: Punning J-M. - Hult J. (Eds.) *Human Impact on Environment. Pilot Study in Baltic*. Joensuu, pp. 36-60.
- MAROSI S. - SOMOGYI S. (1990): Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 1023 p.
- MCGARIGAL, K. - MARKS, B.J. (1995): FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. General Technical Report PNW-GTR-351, US Dept. Of Agriculture, Forest Service Pacific NW Research Station, Portland, OR.
- MERRIAM, G. (1984): Connectivity: a fundamental ecological characteristic of landscape pattern In: Brandt, J. - Agger, P. (Eds.) *Proceedings of the 1st international seminar on methodology in landscape ecological research and planning*. Roskilde Univ. pp. 5-15.
- MILNE, B.T. - TURNER, M.G. - WEINS, J.A. - JOHNSON, A.R. (1992): Interactions between the fractal geometry of landscapes and allometric herbivory. *Theoretical population biology* 41, pp. 337-353.
- MÜHLENBERG, M. - SLOWIK, J. (1997): Kulturlandschaft als Lebensraum. UTB 1947, Quelle und Meyer 321 p.
- OXLEY, D.J. - FENTON, M.B. - CARMODY, G.R. (1974): The effects of roads on populations of small mammals. *The journal of applied ecology* 11, pp. 51-59.

- PATTON, D.R. (1975): A diversity index for quantifying habitat „edge”. *Wildlife Society Bulletin* 3, pp. 171-173.
- RECK, H. - KAULE, G. (1993): Straßen und Lebensräume. Ermittlung und Beurteilung straßenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume. Bonn - Bad Godesberg, *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, Heft 654.
- REICHHOLF J. (1999): A települések ökológiája. Magyar Könyvklub, Bp., 223 p.
- RIITTERS, K. H. - O'NEILL, R.V. - HUNSACKER, C.T. - WICKHAM, J.D. - YANKEE, D.H. - TIMMINS, S.P. - JONES, K.B. - JACKSON, B.L. (1995): A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape ecology* 10, pp. 23-39.
- ROTH, M. - WALLISER, G. - HENLE, K. - HERTWECK, K. - BINNER, U. - WATERSTRAAT, A. - KLENKE, R. - SAUNDERS, D.A. - HOBBS, R.J. - MARGULES, C.R. (1991): Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conservation Biology* 5, pp. 18-32.
- SCHÖNNAMSGRUBER, H. (1974): Verteilte und zersiedelte Landschaft. Veröff. Landesanstalt Naturschutz und Landschaftspflege BW 42. pp. 106-114.
- SCHREIBER, K-F. (HRSG.) (1988): Connectivity in landscape ecology. Proceedings of the 2nd international seminar of the IALE in Münster, *Münstersche Geographische Arbeiten* 29. Schöningh, Paderborn
- SIEDENTOP, S. (1999): Kummulative Landschaftsbelastungen durch Verstädterung. *Natur und Landschaft* 74, pp. 146-155.
- TISCHENDORF, R.- FAHRIG, L. (2000): How should we measure landscape connectivity? *Landscape ecology* 15, pp. 633-641.
- TRESS, B. - TRESS, G. - VAN DER VALK - FRY, A. (EDS.) (2003): Interdisciplinary and transdisciplinary landscape studies: potentials and limitations. *Delta Series 2*. Wageningen, 192 p.
- TROMBULAK, S.C. - FRISSELL, C.A. (2000): Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14, pp. 18-30.
- UNDERHILL, J.E. - ANGOLD, P.G. (2000): Effects of roads on wildlife in an intensively modified landscape. *Environmental Reviews* 8, pp. 21-39.
- WASCHER, D. - JONGMAN, R. (2000): European landscapes, Classification, assessment and conservation. European Environmental Agency, Copenhagen
- WHITE, F.B. (1927): Birds and motor cars. *The Auk* 44, pp. 265-266.
- WITH, K.A. - GARDNER, R.H. - TURNER, M.G. (1997): Landscape connectivity and population distributions in heterogeneous environmental. *Oikos*, 78, pp. 151-169.
- WÖBSE, H.H. (2002): *Landschaftsästhetik*. Ulmer Verlag, 304 p.