

*Kertész Ádám<sup>1</sup> – Jakab Gergely<sup>1</sup> – Őrsi Anna<sup>1</sup> – Madarász Balázs<sup>1</sup> – Szalai Zoltán<sup>1</sup>*

## **ERÓZIÓ AZ ERDŐBEN?<sup>2</sup>**

### **BEVEZETÉS**

A talajerózió a jelenkori felszínfejlődés egyik legfontosabb tényezője. A talajerózió pusztítja a talaj legfelső termőrétegét, amely az értékes tápanyagokat tartalmazza (Farsang, A. et al. 2011, Borcsik, Z. et al. 2011). Ha a lepusztult talajréteg tavakba kerül, felgyorsul az eutrofizáció (Csathó, P. et al. 2007). A lepelerozió nagy területeket érint, domborzatra gyakorolt hatása azonban viszonylag lassan ható és kevésbé látványos folyamat. Az árkos erózió a felszínnek viszonylag kis részét érinti, ennek ellenére gyors és jelentős változásokat okoz a domborzatban (Kertész, Á. 2009). A lepelerozió és az árkos erózió együtt formálják a domborzatot (Jakab, G. et al. 2009). Az árkos erózió küszöb értékhez kötött folyamat (Poesen, J. et al. 2003), de a küszöbérték meghatározása nagyon bonyolult (Poesen, J. et al. 2003, Kirkby, M. és Bull 2000). Az árkos, illetve a lepel erózió dominanciája adott területen periódikusan is változhat. A pleisztocén glaciális időszakában valószínűleg az árkos erózió volt a jellemző, míg az interglaciálisokat inkább a lepelerozió jellemezte (Pécsi, M. 1997). Az éghajlaton kívül számos más környezeti tényező is szabályozza a talajeróziót (Kertész, Á. 2006, Smolska, E. 2007). A geológiai és talajadottságok, a domborzat és a földhasználat szintén fontos befolyásoló szerepet játszanak (Kertész, Á. 2008). Sok szerző kiemeli a földhasználat változás fontosságát (Grace, J.M. 2004, Gábris, Gy. et al. 2003, Galang, M.A. et al. 2007, Centeri, Cs. et al. 2009). A már megindult árkos eróziót, egy már bevágódott árok továbbfejlődését csak rendkívül költséges, radikális beavatkozásokkal lehet megállítani (Kirkby, M. és Bracken L.J. 2009) és a már mélyen bevágódott árkok eltávolítása pedig úgyszólván megoldhatatlan feladat.

A vízmosságok főként laza, konszolidálatlan kőzeteken, például löszön vagy löszszerű üledékeken (Poesen, J. et al. 2003, Zglobicki, W. és Baran-Zglobicka, B. 2011), valamint mediterrán területek tengeri üledékein (Poesen, J. et al. 2006) és homokköveken (Hegedűs, K. et al. 2008) alakulnak ki. A viszonylag laza vulkáni kőzeteken kifejlődött vízmosságok az eróziós árkok egy speciális típusát képviselik (Pintér, Z. et al. 2009). A riolittufán kialakult kazári badland jó példa erre (Horváth, G. et al. 2010).

Az árkos erózió még viszonylag kevésbé kutatott tudományterület. (Valentine, C. et al. 2005), mindazonáltal szükség lenne az árkos erózióra való érzékenység előjelzésére a talajpusztulás megfékezése céljából (Conforti, M. et al. 2011).

Nincs olyan kőzet- vagy talajtípus, földhasználati mód, illetve domborzati adottság, amely önmagában elegendő volna ahhoz, hogy egy térségben árkos erózió induljon meg. Ehhez az árkos eróziót befolyásoló tényezők kölcsönhatására van szükség (Muñoz-Robles, C. et al. 2010). A tényezők közül természetesen kettőt, mint kiváltó tényezőt hagyományosan ki szoktunk emelni, nevezetesen az erozivitást és az erodibilitást, tehát magyarul az eső energiáját, amely a felszínt támadja és a felszínt borító talaj, illetve kőzetréteg támadhatóságát.

A felszín erodálhatóságának, az eső általi támadhatóságának fontos tényezője a felszín borítottsága. Közismert, hogy egy növényzettel borított felület kevésbé támadható, mint a borítás mentes. Ha pedig a felszín fölött alkalmasint több szintű lombkorona helyezkedik el, akkor az erózió, ezen belül az árkos erózió elleni védelem abszolút biztosnak látszik. Azt szokás mondani, hogy az erdőben e fokozott védelem miatt nincs erózió.

<sup>1</sup>Kertész Ádám, Jakab Gergely, Őrsi Anna, Madarász Balázs, Szalai Zoltán

*MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földrajztudományi Intézet*

E-mail: kertesza@helka.iif.hu

<sup>2</sup>A kutatást az OTKA K76434 számú pályázata támogatta.

Tanulmányunk célja annak bemutatása, hogy egyrészt van az erdőben erózió, méghozzá jelentős mértékű, majd ennek demonstrálása után megvizsgáljuk azokat az okokat, amelyek az erdőben eróziós árkok megjelenéséhez és fejlődéséhez vezetnek. Egy további cél, hogy az erdőben kialakult eróziós árkok fejlődését egy konkrét mintaterületen, nevezetesen a Börzsöny-hegyég térségében is bemutassuk és megvizsgáljuk azokat a tényezőket, amelyek az árkok megjelenéséhez vezetnek és továbbfejlődésükhöz hozzájárulnak.

#### A MINTATERÜLET

Tanulmányunkban a Börzsöny hegység árkos eróziós formáival és folyamataival foglalkozunk. A Börzsöny vulkanikus eredetű, erdővel borított, meredek lejtőkkel tagolt hegység, nagy relatív relief értékekkel. A mintaterület kiválasztását a vonatkozó korábbi kutatási eredmények indokolták (Madarász, B. 2009, Madarász, B. és Jakab, G. 2009). A mintaterület pontos lehatárolása Magyarország kistájainak katasztere alapján történt

A Börzsöny (447 km<sup>2</sup>) egy paleovulkán, amely a miocénban képződött 16,5–13,5 millió évvel ezelőtt (Pécskay, Z. et al. 1995; Karátson, D. 2007). Az idősebb vulkáni kőzetek, amelyek csak néhány helyen tárnak fel a hegység peremén, többnyire fiatalabb vulkáni eredetű üledékekkel fedettek. A pliocén és a negyedidőszak folyamán az erózió és a tektonikus folyamatok voltak a legfőbb felszínformáló erők a Börzsönyben (Láng, S. 1955). A jelenlegi felszín és a völgyrendszer a majdnem 800 m vastag vulkanikus eredetű rétegek eróziójával jöttek létre (Karátson, D. 2007). A mintaterület tengerszint feletti magassága 120–939 m között változik. A terület legjellegzetesebb felszíni formái a viszonylag fiatal, V-alakú völgyekkel szabdalt, meredek hegyoldalak. A relatív relief értékek fokozatosan csökkennek a hegység peremvidéke felé, 350–370 m km<sup>-2</sup> –ről 100–150 m km<sup>-2</sup> –re (Madarász B. 2009). A mintaterület klímája hűvös és nedves. Az átlagos évi középhőmérséklet nem haladja meg a 8–8,5 °C-ot, a legmagasabb régiókban pedig csupán 7–8 °C. Az évi csapadék mennyisége 600 és 800 mm között változik, a legmagasabb értékekkel természetesen a legmagasabb régiókban találkozhatunk (Dövényi, Z. (szerk.) 2010).

#### MÓDSZEREK

A mintaterület vízmosásait 1:10 000 méretarányú topográfiai térképekről digitalizáltuk. Földrajzi információs rendszert hoztunk létre, amely tartalmazza a vízmosások digitális térképét, valamint a mintaterület talajtani, földhasználati és topográfiai térképeit. A talajtani térképet az AGROTOPO talajtani adatbázis (1:100 000, RISSAC 1991) felhasználásával hoztuk létre. Ez az adatbázis a talajtípusról, az alapkőzetről, a textúráról, az agyagásvány összetételről, a vízrajzról, a pH-ról, a talaj szervesanyag-tartalmáról és a talajvastagságról ad információt.

Az eredeti CORINE adatbázis több mint 60 földhasználati típust tartalmaz. Ezeket generalizáltuk és így 5 földhasználati típust különítettünk el. Az osztályozás a talajvédelem, a talajerózióval való veszélyeztettség szempontjából történt. Ez alapján a mezőgazdasági művelés alatt álló területeken belül a szántók, szőlők és gyümölcsösök kategóriáját, az állandó növényborítással rendelkező területeken belül pedig az erdőket és a vizenyős területeket különítettük el. A tengerszint feletti magasságot 90 méteres felbontású SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, Rabus B. et al. 2003) adatbázisból származtattuk. Az öt kategóriát tartalmazó lejtőkategória térkép (Pécsi, M. 1991) digitális domborzatmodell alapján készült. Minden egyes vízmosáshoz talaj, földhasználati és topográfiai adatokat rendeltünk. Ha a vízmosás nagyobb területet foglalt el két pixelnél, akkor a vízmosás osztályba történő besorolása a legnagyobb arányban előforduló érték alapján történt. A vízmosásokat a szóbanforgó pixelek számtani középértékének segítségével osztályoztuk.

**EREDMÉNYEK**

A talajképző kőzetek és a talajtípusok megoszlását az 1. táblázat mutatja. A Börzsöny vulkanikus eredetű, felszínét főként agyagbemosódásos barna erdőtalajok borítják. Cambisol és Feosem kisebb arányban fordul elő a területen. A Feosem egy speciális típusával, a vulkanikus talajon előforduló erubáz talajjal (Madarász B. 2009) találkozhatunk a területen. A völgyfenéken és a Duna mentén Fluvisol fordul elő.

*1. táblázat: Talajtípus és talajképző kőzet*

	Talajtípus (%)			Talajképző kőzet (%)		
	Feosem	Luvisol	Cambisol	Lösz	Harmadkori és idősebb üledékek	Andezit, bazalt, riolit
Börzsöny	4	81	15	1	33	66

A talajok textúrájáról és a szerves anyag tartalmáról a 2. táblázatban, a talajvastagságról pedig a 3. táblázatban találunk adatokat.

*2. táblázat: Textúra és szerves anyag eloszlás*

	Textúra (%)		Szerves anyag (%)				
	Vályog	Agyag, agyagos vályog	50–100 t ha <sup>-1</sup>	100–200 t ha <sup>-1</sup>	200–300 t ha <sup>-1</sup>	300–400 t ha <sup>-1</sup>	400 t ha <sup>-1</sup> <
Börzsöny	23	77	0	96	4	-	-

*3. táblázat: Talavastagság eloszlás*

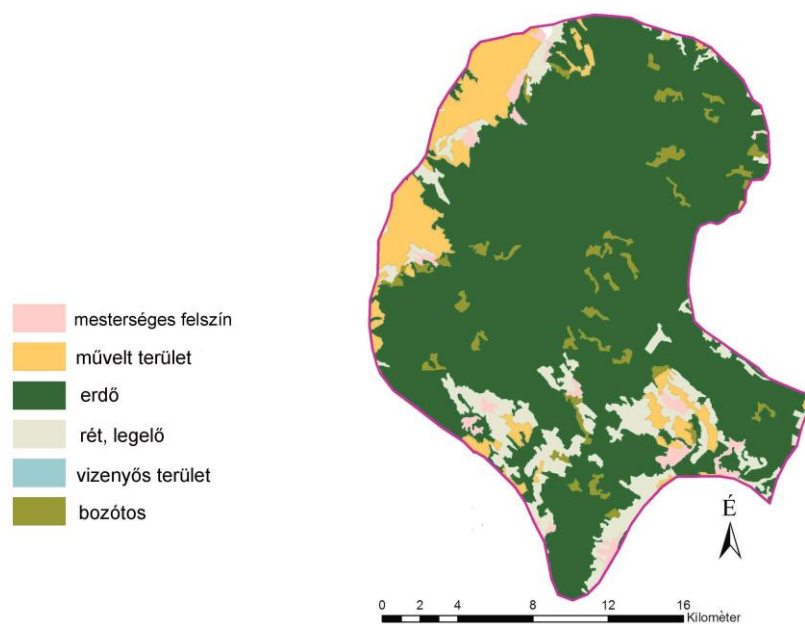
	Talajvastagság(%, cm)			
	20–40	40–70	70–100	100<
Börzsöny	4	62	-	34

A Feosem a Börzsönyben sekély (40 cm-nél kisebb vastagságú) talaj, más talajtípusok vastagabbak, akár 70 cm-es vastagságot is elérhetnek (3. táblázat). A terepbejárások során találoztunk kemény vulkáni kőzetekbe vágódott, meredek oldalú, mély völgyekkel. Ezek a völgyek idősebbek lehetnek, valószínűleg a pleisztocén során fejlődtek ki. Előfordulnak egymással párhuzamosan futó, kevésbé meredek eróziós völgyek is, amelyek emberi tevékenység (a kitermelt fa elszállítására használt erdei utak, katonai kiképzések során kialakított nyomvonalak) hatására alakultak ki. A múlt század második felében a Börzsöny központi részét katonai kiképzőterületként használták.

A mintaterületen jellegzetes a földhasználat-megoszlás (4. táblázat és 1. ábra). A Börzsöny szinte egész területe erdővel borított. A mesterséges felszínborítású területek többnyire beépített területek és külszíni bányák.

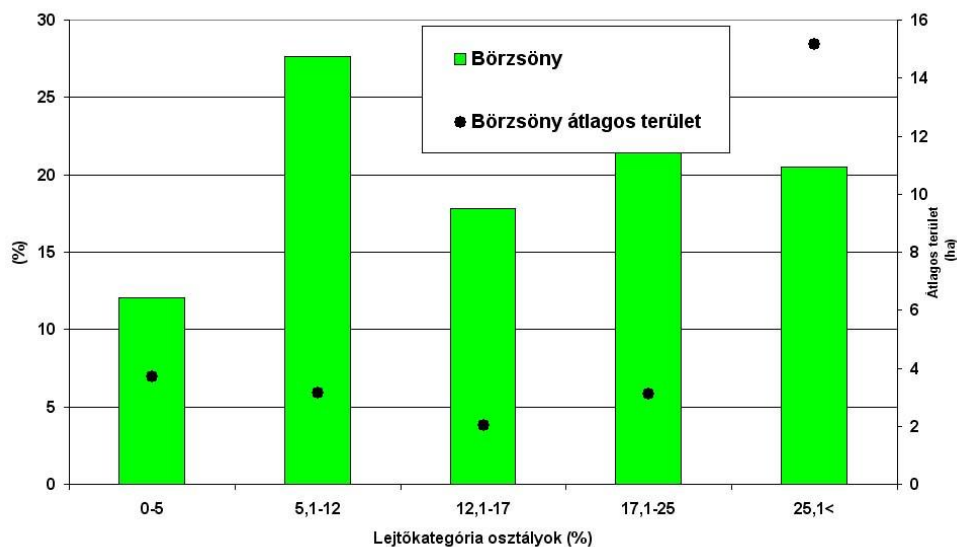
4. táblázat: Földhasználat a CLC50 (2000) adatbázis alapján

Földhasználat	Börzsöny		
	Teljes terület (ha)	Eloszlás (%)	Átlagos terület (ha)
Mesterséges felszín	985	2	47
Művelt terület	4,235	9	132
Erdő	33,928	76	1,696
Rét, legelő	4,134	9	63
Vizenyős terület	1	0	0
Bozótos	1,447	3	39

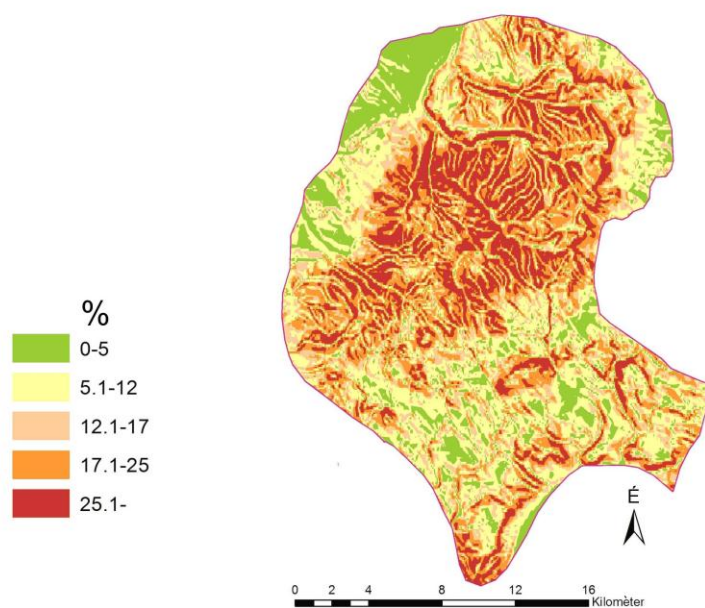


1. ábra: A Börzsöny egyszerűsített földhasználati térképe

A mintaterület jellegzetes földhasználati szerkezetét az alapkőzet és a domborzati viszonyok magyarázzák. A Börzsönyben a legnagyobb homogén területek erdővel borítottak és a legnagyobb lejtőkategóriába esnek (2. és 3. ábra).



2. ábra: Lejtő kategóriák eloszlása az SRTM adatbázis alapján (RABUS B. et al. 2003)



3. ábra: A lejtőkategóriák eloszlása a Börzsönyben

A vízmosások fő jellemvonásait az 5. táblázat összegzi. Az átlagos hossz és középérték közötti eltérés rámutat az adatok nem normális eloszlására (Jakab, G. et al. 2005). A minimum vízmosáshossz érték (2 m) nem a tényleges vízmosáshosszt jelenti, hanem annak csak egy részét, hiszen a kistájak határai a vízmosásokat kisebb darabokra szabdalják.

5. táblázat: A vízmosások főbb paraméterei

	Börzsöny
Vízmosások száma	2260
Felszabdaltsági index (km km <sup>-2</sup> )	1.43
Teljes hossz (m)	638309
Átlagos hossz (m)	282
Minimális hossz (m)	2
Maximális hossz (m)	7308
Medián (m)	126

A vízmosások megoszlását vizsgálva a Börzsöny különféle talajtípusain arra az érdekes megállapításra jutottunk, hogy Feosem talajon viszonylag kevés vízmosás fordul elő. Ennek a csekély talajvastagság az oka, amint az már említésre került. Egy másik ok lehet ezen talajok geomorfológiai helyzete, ugyanis főként a hegység legmagasabb részén, a kaldera peremén alakultak ki, ami nem kedvez a vízmosások megjelenésének megfelelő vízgyűjtőterület híján. Szembetűnő, hogy a Luvisolon kialakult vízmosások aránya egy kicsit nagyobb, mint amennyit e talajtípus területi aránya alapján várnánk. A Cambisollal összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a Cambisolon kialakult vízmosások aránya kisebb, mint e talajtípus területi részesedése. A Luvisol jobban ellenáll az árkos erózióknak, mint a Cambisol (Nachtergaele, J. és Poesen, J. 2002). A különbség a vízmosások morfológiai helyzetével magyarázható.

A talajtextúra szerepét elemezve felmerül egy probléma: az AGROTOPO adatbázis textúra adatai csak egyetlen értéket rendelnek az egész talajszelvényhez és az egyes talajszintek közötti különbségeket nem veszik figyelembe. Az agyag felül reprezentált, a vízmosások nagyobb arányban fordulnak elő, mint amekkora az agyag területi részesedése.

A szerves anyag tartalom szerepét vizsgálva arra a már ismert megállapításra jutottunk, hogy a szerves anyag mennyiségének fontos szerepe van az árkos erózió megelőzésében.

6. táblázat: A Börzsöny vízmosásainak tulajdonságai

Tulajdonság	Az árkok száma szerinti százalékos arány (%)	Az árkok hossza szerinti százalékos arány (%)	Az árkok átlagos hossza (m)
<b>Talajtípus</b>			
Feosem	1.1	0	118
Luvisol	86.9	88	283
Cambisol	11.5	11	279
Chernozem	0.4	1	808
<b>Anyakőzet</b>			
Löss	1.9	3	441
Harmadkori és idősebb üledékek	36.4	31.0	241
Vulkáni Kőzetek	61.7	66.0	302
<b>Textúra</b>			
Hommos vályog	0	1	110
Vályog	30	26	242
Agyagos vályog	70	73	297
<b>Szerves anyag tartalom t ha<sup>-1</sup></b>			

100 - 200	98.9	100	284
200 - 300	1.1	0	118
Talajvastagság (cm)			
20 - 40	1	0	118
40 - 70	61	66	305
> 100	38	34	251

A földhasználatra vonatkozóan összehasonlítottuk az 1985-ös adatokat a 2000-es adatokkal, így tehát egy 15 évre vonatkozó időbeli elemzést is készítettünk.

7. táblázat: Az eróziós árkok megoszlása földhasználat szerint (1985)

	Börzsöny		
	Szántó	Rét, legelő	Erdő
Teljes hossz (m)	11343	76619	550347
Teljes hossz (%)	2	12	86
Árkok száma	37	266	1959
Árkok aránya (%)	2	12	86
Átlagos hossz	307	290	281
Median (hossz)	161	131	124
Minimális hossz	14	22	2
Maximális hossz	2558	6990	7308

A Börzsöny túlnyomó részét erdő borítja. 1985-ben elhanyagolható különbségeket találunk az átlag vízmosás hossz értékei között a különféle földhasznosítási kategóriákat vizsgálva.

A vízmosásokhoz tartozó földhasználat típusokat 2000-ben a 7. táblázat tartalmazza. A szántóföldön előforduló vízmosások aránya nőtt 1985 óta: 2 %-ról 6 %-ra. Az átlagos vízmosás hossz értéke is nőtt: 2 %-ról 13 %-ra. A mezőgazdasági művelés intenzívebbé válása növeli a lepelerozió és az árkos erózió arányát (Centeri, Cs. 2002). Ugyanez igaz a földhasználat változása esetén, amikor az erdők és legelők helyét szántóföldek veszik át.

	Börzsöny			
	Művelt terület	Erdő	Rét, legelő	Bozót
Teljes hossz (m)	82968	455933	81718	6247
Teljes hossz (%)	13	73	13	1
Árkok száma	126	1812	242	33
Árkok aránya (%)	6	82	11	1
Átlagos hossz	658	252	339	189
Median (hossz)	265	119	150	115
Minimális hossz	22	2	17	20
Maximális hossz	6990	5561	7308	1078
Felszabdaltsági index (km km <sup>-2</sup> )	2,0	1,3	2,0	

8. táblázat: Az eróziós árkok földhasználat szerinti megoszlása a 2000 CLC50 adatbázis alapján

A felszabdaltsági index értékei 1,3 és 2,0 között változnak. A szántók és a legelők hasonló értékeket mutatnak, holott a szántóföldön sokkal magasabb értékeket várhatnánk. A magyarázatot az adja, hogy az időszakos vízmosások nem kerültek felvételre, ahogy az már korábban is említésre került (Jakab, G. et al. 2010b). Az erdőt is felszabdalták az öt behálózó

mélyutak, az erdő feletti szántó területen végbemenő barázdás és árkos erózió formái az erdőben tovább folytatódnak (Jakab, G. et al. 2010a).

A változások trendjeit elemezve a következő megállapításokra jutottunk: a vízmosások 50 %-a, amely az erdőkhöz volt sorolva 1985-ben, a szántóföld kategóriájába került 2000-ben. Nehéz értékelni a lejtés hatását a vízmosás-képződésre, mivel a hosszban elnyúló, néha 10 km-nél is hosszabb vízmosásokhoz csak egyetlen lejtés érték rendelhető.

#### **KÖVETKEZTETÉSEK**

Az egyes környezeti tényezők árkos erózióra gyakorolt hatása nehezen mérhető, hiszen azok nem függetlenek egymástól, komplex rendszert alkotva határozzák meg a vízmosások kialakulásának körülményeit. Ennek figyelembevételével feltételezzük, hogy a vizsgált tényezők közül valószínűleg a talajtulajdonságoknak van a legkisebb hatása a vízmosások kialakulására, hiszen e változóknál jelentős aránytölődásokat észleltünk a Luvisol javára, amely közismerten jól ellenáll a mélységi erózióknak. Ennél fontosabb az alapkőzet szerepe. A legjelentősebb szerepe a domborzatnak és a területhasználatnak van. A két változó csak nagyon nehezen és csak kis területen és időtávon választható szét és vizsgálható egymástól függetlenül. Menéndez-Duarte, R., et al. (2007) megállapításaival egybehangzóan a meghatározó a kettő közül a domborzat, hiszen ennek függvényében változik a felszínborítás is. Ugyanakkor az alkalmazott módszer nem tökéletes, mert erdőben lévőnek tekinti a vízmosást, ha benne fák vannak, függetlenül attól, hogy a vízgyűjtőterület esetleg szántóföldre esik. A vízmosások lejtésének itt használt számszerűsítése nem teszi lehetővé az egyedi, vagy nagy léptékű vizsgálatokat, ezért megítélésünk szerint a bemutatott vizsgálati módszer kisebb léptékű, regionális elemzéseknél használható leginkább.

A Börzsönyben mély árkokat találunk, amelyek gyakran völgyekké fejlődnek. Ezek pleisztocén, vagy holocén eredetűek, hiszen mélyen bevágódnak a kemény kőzetbe.

A mintaterület vizsgálata az árkos eróziós folyamatok fontos jellemzőit tárta fel. A jövőbeli kutatások az időszakos árkok szerepét és fejlődését kell, hogy feltárják.

#### **KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS**

A szerzők köszönik az OTKA K76434 támogatását és Varga E. munkáját az adatrögzítésben.

#### **FELHASZNÁLT IRODALOM**

- BORCSIK Z, FARSANG A, BARTA K, KITKA G. 2011. Humuszanyagok mennyiségi és minőségi eróziójának mérése a Tolna megyei Szálka település melletti vízgyűjtőn. *Talajvédelem* különszám: 127-137.
- CENTERI CS. 2002. The role of vegetation cover in the control of soil erosion on the Tihany peninsula *Acta Botanica Hungarica* 44(3-4): 285-295.
- CENTERI, CS., HERCZEG, E., VONA, M., BALÁZS, K., PENKSZA, K. (2009): The effects of land-use change on plant-soil-erosion relations, Nyereg Hill, Hungary. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172(4): 586-592.
- CONFORTI, M., AUCELLI, P., ROBUSTELLI G., SCARCIGLIA, F. 2011. Geomorphology and GIS analysis for mapping gully erosion susceptibility in the Turbolo stream catchment (Northern Calabria, Italy). *Natural Hazards* 56:881-898
- CSATHÓ, P. SISÁK, I. RADIMSZKY, L. LUSHAJ, S. SPIEGEL, H. NIKOLOVA, M. T. NIKOLOV, N. ČERMÁK, P. KLIR, J. ASTOVER, A. KARLINS, A. LAZAUSKAS, S. KOPINSKI, J. HERA, C. DUMITRU, E. MANOJLOVIC, M. BOGDANOVIĆ, D. TORMA, S. LESKOŠEK, M., KHRISTENKO A. 2007. Agriculture as a source of phosphorus causing eutrophication in Central and Eastern Europe. *Soil Use and Management* 23: 36-56
- DÖVÉNYI Z. (ed.) 2010. Magyarország kistájainak katasztere (Inventory of Natural Micro-regions of Hungary). Budapest, MTA FKI, 876 p.



- FARSANG A, KITKA G, BARTA K. 2011. Mezőgazdaságilag hasznosított kisvízgyűjtők talajerózióhoz kötődő elemdinamikája. *Talajvédelem különszám*: 339-349.
- GÁBRIS GY., KERTÉSZ Á., ZÁMBÓ L. 2003. Land use change and gully formation over the last 200 years in a hilly catchment. *Catena* 50: 151-164.
- GALANG, M.A., MARKEWITZ, D., MORRIS, L.A., BUSSELL, P. 2007. Land use change and gully erosion in the Piedmont region of South Carolina. *Journal of Soil and Water Conservation* 62: 122–129.
- GRACE, J.M. 2004. Soil erosion following forest operations in the Southern Piedmont of central Alabama. *Journal of Soil and Water Conservation* 59: 180–185.
- HEGEDŰS K., HORVÁTH G., KARANCSI Z., PRAKFULVI P. 2008. Eróziós vizsgálatok a Medves-vidék egy homokkőszurdokában. *Geographical Review* 132(2): 157-173.
- HORVÁTH G., PINTÉR Z., PRAKFULVI P. 2010. Erosional micro-, meso- and macroforms of the Medves Area with special respect to the development of the sandstone gorges. OTKA munkabeszámoló <http://real.mtak.hu/2254/>
- JAKAB G., KERTÉSZ Á., MADARÁSZ B., RONCZYK L., SZALAI Z. 2010a. The role of relief in soil erosion with special emphasis on tolerable soil loss. *Hungarian Journal of Landscape Ecology* 8(1): 35-45.
- JAKAB G., KERTÉSZ Á., PAPP S. 2005. Gully erosion in the Tetves catchment. *Hungarian Geographical Bulletin* 54(1-2): 149-165.
- JAKAB G., KERTÉSZ Á., SZALAI Z. 2010b. Scale dependence of gully investigations. *Hungarian Geographical Bulletin* 59(3): 319-330.
- JAKAB G., MADARÁSZ B., SZALAI Z. 2009. Gully- or sheet erosion? A case study at catchment scale. *Hungarian Geographical Bulletin* 58(3): 151-161.
- JAKAB G. 2006. Gully types and possibilities of their investigation. *Hungarian Journal of Landscape Ecology* 4(1): 17-33.
- KARÁTSÓN D. 2007. A Börzsönytől a Hargitáig. Typotex, Budapest. 463 p.
- KERTÉSZ, Á. 2006. Az éghajlati tényezők szerepe a lineáris erózióban. *Földrajzi Közlemények* 130(3-4): 115-122.
- KERTÉSZ, Á. 2008. Water and wind erosion in Hungary. In: KERTÉSZ, Á. – KOVÁCS, Z. (eds.) *Dimensions and trends in Hungarian geography. Studies in Hungarian Geography* 33. MTA FKI, Budapest. pp. 47-54.
- KERTÉSZ, Á. 2009. Environmental conditions of gully erosion in Hungary. *Hungarian Geographical Bulletin* 58(2): 79-89.
- KIRKBY, M.J., BRACKEN, L.J. 2009. Gully processes and gully dynamics. *Earth Surface Processes and Landforms* 34: 1841–1851.
- KIRKBY, M.J., BULL, L.J. 2000. Some factors controlling gully growth in fine-grained sediments: a model applied to southeast Spain. *Catena* 40: 127–146.
- LÁNG S. 1955. Mátra és a Börzsöny természeti földrajza. Akadémiai Kiadó, Budapest. 512 p.
- MADARÁSZ B., JAKAB G. 2009. Volcanic soils of the High Börzsöny and their relationship with geomorphological conditions. *Hungarian Geographical Bulletin* 58(4): 227-242.
- MADARÁSZ B. 2009. A magyarországi erubáz talajok komplex talajtani vizsgálata, különös tekintettel agyagásvány-összetételükre. Egyetemi Doktori Értekezés, ELTE, 134p.
- MENÉNDEZ-DUARTE, R., MARQUÍNEZ, J., FERNÁNDEZ-MENÉNDEZ, S., SANTOS, R. 2007. Incised channels and gully erosion in Northern Iberian Peninsula: Controls and geomorphic setting. *Catena* 71: 267–278.
- MUÑOZ-ROBLES, C, REID, N., FRAZIER P., TIGHE, M., BRIGGS, S., WILSON, B. 2010. Factors related to gully erosion in woody encroachment in south-eastern Australia. *Catena* 83: 148–157.

- NACHTERGAELE, J., POESEN, J. 2002. Spatial and temporal variations in resistance of loess-derived soils to ephemeral gully erosion. *European Journal of Soil Science* 53(3): 449–463.
- PÉCSI M. 1991. Geomorfológia és domborzatminősítés. MTA FKI, Budapest.
- PÉCSI M. 1997. Szerkezeti és váztaíaj képződés Magyarországon. Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest, pp. 90-99.
- PÉCSKAY, Z., LEXA, J., SZAKÁCS, A., BALOGH, K., SEGHEDI, I., KONECNY, V., KOVACS, M., MÁRTON, E., KALICIAK, M., SZÉKY-FUX, V., PÓKA, T., GYARMATI, P., EDELSTEIN, O., ROSU, É., ZEC, B. 1995. Space and time distribution of Neogene–Quaternary volcanism in the Carpatho–Pannonian Region. *Acta Vulcanologica* 7(2): 15–28
- PINTÉR Z., PRAKFALVI P., KARANCSI Z., HORVÁTH G. 2009. Medves-vidéki riolituffák eróziós formakincse. *Földrajzi Közlemények* 133(3): 219–238.
- POESEN, J., VANWALLEGHEM, T., DE VENTE, J., KNAPEN, A., VERSTRAETEN, G., MARTÍNEZ-CASANOVAS, J. 2006. Gully erosion in Europe. In: BORDMAN, J.; POESEN, J.: *Soil erosion in Europe*. Wiley, England. pp. 515-536.
- POESEN, J., NACHTERGAELE, J., VERSTRAETEN, G., VALENTIN, C. 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena* 50: 91–133.
- RABUS, B., M. EINEDER, A. ROTH, R. BAMLER. 2003. The shuttle radar topography mission- a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar, *Photogramm. Rem. Sens.* 57: 241-262.
- RISSAC 1991. <http://www.mta-taki.hu/hu/osztalyok/gis-labor/agrotopo>
- SMOLSKA, E. 2007. Extreme Rainfalls and their Impact on Slopes—Evaluation Based on Soil Erosion Measurements (As Exemplified by the Suwałki Lakeland, Poland) *Geographia Polonica* 80(2): 151-164.
- ZGLOBICKI, W., BARAN-ZGLOBICKA, B. 2011. Gullies as an indicator of human impact on loess landscape (Case study: North Western Part of Lublin Upland, Poland). *Zeitschrift für Geomorphologie* 55: 119-137.