

A VONALAS ERÓZIÓ MEGJELENÉSI FORMÁI ÉS MÉRÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

JAKAB GERGELY

MTA Földrajztudományi Kutató Intézet Természetföldrajzi Osztály
1112 Budapest, Budaörsi út 45.
jakabg@mtafki.hu

Kulcsszavak: vonalas erózió, vízmosás, eróziós barázda

Összefoglalás: A talajerózió a jelenkori felszínfejlődés egyik legmeghatározóbb folyamata különösen mezőgazdasági területen. A nemzetközi tudományos közvélemény kezdetben a felületi rétegerózió hatását vizsgálta elsősorban, mivel úgy tűnt, hogy ennek lepusztító hatása a legjelentősebb. A nyolcvanas évektől kezdve a figyelem fokozatosan a vonalas erózió felé fordult, mivel bizonyítottá vált, hogy a vonalas erózió romboló, anyagmozgató és domborzatalakító szerepe az esetek egy részében lényegesen nagyobb lehet, mint a felületi rétegerózióé. Arid és szemiarid területeken ez régóta nyilvánvaló volt, a humid, illetve szubhumid területeken azonban csak az utóbbi időben vált bizonyítottá. A vonalas erózió részletekbe menő vizsgálata háttérbe szorult. Magyarországon jelentős területeken található a felszínen olyan üledék, mely érzékeny a vonalas eróziós kártételre. E területek nagy részén a domborzati és éghajlati adottságok is kedveznek a vonalas eróziós formák kialakulásának. A már kialakult vízmosások elvesztik eredeti funkcióikat, kiesnek a használatból. Mivel „rekultivációjuk” nagyon költséges, az ember inkább másik utat vág, csökkenti a szántó, vagy legelő területét. A vízmosások kialakulásában is elsődlegesen az emberi tevékenység a meghatározó, azok fejlődése és szaporodása „magától” nem szűnik meg. Legjobb védekezés a kiváltó okok megszüntetése, ám a meglévő vízmosások gondjaira ez sem ad megoldást. Mindenesetre a vízmosások napjainkban alkalmazott háztartási hulladékkal történő feltöltése a lehető legrosszabb megoldás, mivel ezzel közvetlenül az élővizek kerülnek veszélybe.

Bevezetés

A talajok lepusztulása természetes folyamat, a felszínfejlődés egyik legmeghatározóbb eleme. Természetes körülmények között a talajpusztulás arányban áll a talaj képződésével, ezzel biztosítva a földfelszín folyamatos megújulását. Napjainkban, az emberi tevékenység hatására a talajerózió folyamata olymértékben felgyorsult, hogy komolyan veszélyeztetheti a mezőgazdasági termelést. KERTÉSZ és CENTERI (2006) rámutatnak, hogy egészen a közelmúltig a hazai felfogás szerint is a talajelhordásban a felületi rétegerózió szerepét tartották meghatározónak.

A vonalas eróziót a talajfelszínen összefolyó víz mozgása idézi elő. Így az összefüggő vízlepelnél nagyobb tömegű és energiájú vízfolyások alakulnak ki, amelyek belevágódnak a felszínbe (STEFANOVITS 1971). A már egyszer kialakult barázdák bevágódása minden újabb csapadékesemény alkalmával folytatódik, illetve talajművelést követően előlről kezdődik.

A vonalas formák szerepe az erózió folyamatában nem csak a hordalék forrásaként, hanem sokkal inkább a máshonnan származó hordalék (felületi rétegerózió) szállításában nyilvánul meg (PINCZÉS 1968, WISCHMEIER 1977). FITZPATRICK (1986) arra hívja fel a figyelmet, hogy míg a felületi rétegerózió által szállított hordalék általában lerakódik a lejtő alján, addig a vonalas erózió által szállított hordalék gyakran eljut a vízfolyásokba és tavakba, felgyorsítva ezzel azok eutrofizációját. Emiatt a folyamat kiemelt fontossággal bír a környezet-, természet- és tájvédelem szempontjából.

Fontos azonban tisztázni, hogy a felszínen lefolyó víz csak időszakosan, csapadékok után jelenik meg a talaj felületén, vagy állandó vízfolyással állunk szemben. E második esetben – különösen a nagyobb folyóknál, folyamoknál – az egyes csapadékesemények befolyásolják ugyan a vízhozamot, de nagyobb változást nem jelentenek a vízfolyás életében (POESEN és HOOKE 1997). Az állandó vízfolyások folyamatosan alakítják medrüket. Pusztító munkájuk szorosan véve szintén a vonalas erózió fogalomkörébe tartozik, azonban ezt az összetett és meglehetősen bonyolult folyamatot inkább folyóvízi meder-erózióként definiálják, és külön témakörként kezelik a hazai kutatók csakúgy, mint a külföldiek. Vizsgálatával sokan és foglalkoztak (KÁDÁR 1954a, LOVÁSZ 1972, SOMOGYI 1974, POESEN és HOOKE 1997, THOMA et al. 2005).

A vonalas erózió megjelenési formái

A vonalas eróziót kiváltó hatások tehát lényegében ugyanazok a mikrobarázdánál, mint egy több száz méter hosszú vízmosásnál, azonban az elhordott talajmennyiség, illetve az ellenük való védekezés alapján fokozatokat különíthetünk el.

STEFANOVITS et al. (1999) szerint, amíg a kialakult vonalas eróziós forma szintvonal menti talajműveléssel eltüntethető, addig barázdának hívjuk. A vízmosásos erózió már nem csak, hogy nem tűntethető el művelő-eszközökkel, hanem a gépek számára is átjárhatatlan.

THYLL (1992) csak zárójelben nevezi a folyamatot vonalas eróziónak, tanulmányában az – igen találó – mélységi erózió kifejezést használja. Felosztása szerint három kategóriát különböztethetünk meg. A barázdák nem érik el a 0,5 m mélységet, míg az eróziós árkok meghaladják ezt és akár 3 m mélyek és 8 m szélesek is lehetnek. Megítélésem szerint ezek az értékek sokkal inkább a vízmosásokra jellemzőek, bár e legfejlettebb forma, a vízmosás és az árok közötti határ nem definiált a tanulmányban.

KERÉNYI (1991) a Bodrogkeresztúri-félmedence vonalas eróziós formáinak térképezésekor szintén három kategóriát állított fel. Barázdának nevezi az 50 cm-nél sekélyebb formákat, az ezt meghaladókat eróziós ároknak és eróziós szakadéknak. Az árok és a szakadék közötti választóvonalat gazdaságossági alapon húzza meg. Eszerint az árok megszüntetése (falak bedöntése, feltöltés) még gazdaságos, a szakadékos formát azonban már nem lehet rentábilisan eltüntetni (KERÉNYI 1986). Ez az osztályozás csaknem megegyezik SALAMIN (1980) rendszerével. Utóbbi azonban egy negyedik kategóriát is meghatározott, melyet mikrobarázdás eróziónak nevez. Ez a legkisebb – közelebről nem definiált – vonalas eróziós forma a szerző szerint magától megszűnik, záródik. E ki-jelentés vitatható és szemben áll a többi szerző által ismertetett folyamatokkal.

BOROS és BOROSNÉ (1980) a Nyírségről megjelent munkájában eróziós barázdákról ír, a 140 cm széles és 57 cm mély forma esetében pedig az óriásbarázda kifejezést használja.

BUTZER (1986) szerint a legkisebb vonalas forma az eróziós barázda, mely 1–2 m széles és fél méter mély. Általában nincsenek határozott falai és – szántóföldek kivételével – növényzettel borított. Eróziós árokként azokat a formákat említi melyek kellően nagyok ahhoz, hogy légifotón is azonosíthatóak legyenek. Ez szerinte 1–15 m-t jelent mind szélességben, mind mélységben. Meglepő módon a vízmosás fogalmát a folyamatos vízfolyáshoz köti, vagyis gyakorlatilag patak völgyként definiálja. Megállapítása

szerint e formák elkülönítése a gyakorlatban nehézséget okozhat, de támpontként közli, hogy míg az eróziós árkok és vízmosások a vonalas erózió alá tartoznak, addig a barázdák átmenetet képeznek a vonalas- és a felületi rétegerózió között. A tanulmányban még felbukkan az öregbarázda kifejezés, mely a barázdánál nagyobb formát jelöl, ám pontosabb leírása nincs.

LÓCZY és VERESS (2005) szintén a barázda, árok, vízmosás rendszert használja, ám a kategóriák egyértelmű elkülönítése itt sem megoldott. Alkalmazzák viszont a külföldi irodalomból átvett „badland” kategóriát, melyet „felárkolt földek”-nek fordítottak. E kategóriában a – főként vonalas – erózió kártétele olyan méreteket ölt, hogy nagyobb területek válnak felaprózott, kopár, gyorsan pusztuló felszínekké. E meglehetősen összetett folyamat csak közvetve kapcsolható a vonalas erózió tárgykörébe, ezért itt csak a megemlítésére szorítkozom.

GÁBRIS et al. (2000) angol nyelvű tanulmányukban a vonalas eróziós formák fejlődésében a vízmosás utáni stádiumot „ravine”-nak, azaz szakadéknak nevezik. Megállapításuk szerint a határ a két forma között a bevágódás mélysége, pontosabban, hogy a bevágódás elérte-e a kb. 10 m vastag löszréteg alatt található homokkővet.

A SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (2001) a következőképpen definiálja a vízmosást: „Egy erózió által kialakított csatorna, melyet a felszínen koncentráció, időszakos vízfolyás hoz létre, általában heves esőzések alatt, vagy közvetlen utána. Elég mély ahhoz, hogy akadályozza a hagyományos talajművelést, és ezen eljárásokkal meg sem szüntethető.”

A külföldi szakirodalom a vízmosásokon belül megkülönböztet még egy kategóriát, mely mélységét tekintve az eróziós barázdák csoportjába tartozhatna, de egyéb paraméterei, szélessége és főleg a talajelhordásban játszott kiemelkedő szerepe miatt a vízmosások egy változata. Az angolul ephemeral gully-ként ismert vízmosást magyarra időszakos vízmosásként fordíthatjuk. A SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (2001) megfogalmazása szerint az időszakos vízmosás: „A felszínen koncentráció vízfolyás által létrehozott kicsi csatorna, mely a hagyományos talajműveléssel könnyen eltüntethető és csak újabb csapadék hatására formálódik újra, ugyanazon a helyen.” A legfontosabb különbség az időszakos vízmosás és a klasszikus vízmosás között, hogy az előbbi csak időlegesen létező forma.

Ugyancsak a vízmosások csoportjába tartozik a vonalas erózió azon megjelenési formája, mely a bevágódott, közel függőleges falú felszíni formákhoz (mélyút, terasz, folyópart) kötötten jön létre. A klasszikus vízmosásokkal ellentétben (ahol a felszíni lefolyás nyírófeszültsége meghaladja a talajra jellemző kritikus értéket és ezért indul meg a bevágódás) kialakulásában a nagy szintkülönbség és az ebből adódó nagy energiájú felszíni lefolyás játssza a főszerepet, jellemzően hátravágódással fejlődnek a lejtőn felfelé haladva (VANDEKERCKHOVE et al. 2000.). Az ebbe a típusba tartozó vízmosásokat angolul „bank gully”-nak nevezik, ami magyarra parti vízmosásként fordítható.

BERGSMAN (2000) az eróziós barázda maximális mélységét 20–30 cm-ben határozza meg. Az elfogadott definíció szerint a határvonal a hagyományos művelés mélysége. Az azonban nem tisztázott, hogy pontosan ki mit ért hagyományos talajművelés alatt. BOCCO (1991) a vízmosás és a barázda közti határt 50 cm mélységben adja meg. Az angolszász irodalomban megtalálható az a szemlélet is, mely szerint az eróziós barázda és a vízmosás a keresztmetszvény mérete alapján különíthető el. POESEN (1989) szerint a határérték a két kategória között 1 négyzetláb (=929 cm²). Mindezek ellenére és a

folyamat összetettsége miatt a mai napig sincs széles körben elfogadott határozó bélyeg, vagy határérték a barázda és az időszakos vízmosás elkülönítésére (NACHTERGAELE et al. 2002).

Az eróziós árkok kategorizálását LÓCZY és VERES (2005) a keresztmetszet alakja szerint végzi. A négy altípus: a „V”, „U”, tál és trapéz alakú keresztmetszettel rendelkező árkok. A szerzők szerint a keresztmetszet alakja a kőzet, vagy talaj függvénye. Ennek ellentmond, hogy a vízmosások egy részénél a keresztmetszet alakja szakaszonként változik, illetve nem ritkák az azonos kőzeten, egymás mellett megjelenő, eltérő morfológiájú vonalas eróziós formák (TÓTH et al. 2001).

Külön kategóriaként kell megemlíteni az ember által létrehozott, vagy az emberi tevékenység hatására létrejött vonalas felszíni formákat. A múltban jelentős szerepe volt az állatok vonulási útvonalának, a csordajárás komoly veszélyforrást jelentett a meredek hegyoldalokon (STEFANOVITS et al. 1999). A másik, a múltban is jelentős szereppel bíró, ember által előidézett vonalas eróziós forma a földutakhoz kapcsolódik (GÁBRIS et al. 2000). VANWALLEGHEM et al. (2003) a lejtőbe többé-kevésbé bemélyülő földutakat külön vízmosástípusként vizsgálják.

OLIVEIRA (1990) a vízmosásokat kialakulásuk típusa szerint osztályozta. Eszerint megkülönböztetett:

1. Bevágódó típust, ahol a felszíni, koncentrált vízfolyás energiája meghaladja a feltalaj nyírófeszültségét, miáltal a vízfolyás belevág a talajfelszínbe.
2. Alagosodásos típus, mely esetben a felszín alatti lefolyás oldó és hordalékszállító hatása miatt szuffóziós járatok jönnek létre. Lösszterületen ezek hordalékszállítása kisvízgyűjtőn belül elérheti a 80%-ot (ZHU et al. 2002). E járatok előbb-utóbb beszakadnak és ezzel vízmosássá alakulnak (KÁDÁR 1954b, ÁDÁM 1969, KERÉNYI és KOCSISNÉ 1990) (1. ábra).
3. Vegyes típus, ahol mindkét folyamat párhuzamosan zajlik a lejtő eltérő szakaszain, majd a kialakult formák egy egész vízmosássá fejlődnek.

BETTS et al. (2003) Új-Zélandon végzett kutatásaik során újabb kategóriát állítottak fel a kialakulás szempontjából. Az általuk vizsgált vízmosások jelentős részénél a felszíni bevágódás csak másodlagos folyamatként jelentkezett, a meghatározó a csuszamlás, illetve a szoliflukció volt.

A vízmosások a talajpusztulásban elfoglalt szerepük, általánosabban a szállított hordalék mennyisége alapján lehetnek aktívak vagy inaktívak. Ez az osztályozás csak időben bontja a vízmosásokat, hiszen minden egyes vonalas eróziós formának szükségszerűen kell lenni aktív periódusának. SIDORCHUK (1999) szerint egy átlagos vízmosás élettartamának kb. 5%-át tölti aktívként mielőtt átlépne az inaktív periódusba. Az irodalomból jól ismert tény a vízmosások aktivitásának periodikus, vagy rendszertelen változása (GÁBRIS et al. 2000). Az inaktív forma hordalékszállítása jelentősen lecsökken, ezért megindul a növények megtelepedése a vízmosásban. Az élő és holt növények tovább szűrik a vízmosásban mozgó vizet, azaz a hordalékszállítás jellemzően az oldott anyagok szállítására korlátozódik. OOSTWOUDE WIJENES et al. (2000) meghatározták a vízmosás, közelebről a vízmosás völgyfőjének aktivitását jelző szimptómákat (1. táblázat).



1. ábra Beszakadt szuffúziós járat a Tetves-patak vízgyűjtőjén.
Figure 1. Collapsed tunnel on the Tetves catchment

I. táblázat Vízmosás völgyfők aktivitásának ismérvei
(OOSTWOUW WIJDENES et al. (2000) nyomán)
Table 1. Symptomes of gully head activity
(after OOSTWOUW WIJDENES et al. (2000))

<i>Aktív völgyfő jellemzői</i>	<i>Inaktív völgyfő jellemzői</i>
Éles peremek	Lekerekített peremek
Üst megléte	Üst hiánya
Alávágódás	Egyenletes lejtésű fej
Repedések megléte	Nagyon kicsi vízgyűjtő terület
Friss szediment	Vegetáció a falakon, a fejen
Vízfolyás nyomai	
Szuffózió	

BILLI és DRAMIS (2003) Etiópiában végzett kutatásaik alapján a vízmosások morfológiája alapján dolgoztak ki egy osztályozási rendszert, mely az alábbi két csoportra osztja az általuk mért vízmosásokat:

- Folyamatos
- Szakaszos

DUCK (1969) a vonalas erózió egyik típusaként jelöli meg a talpas eróziót. E folyamat a szántott réteg teljes átázás utáni lepusztulását jelöli, a barázdák oldalazásának hatására, ezzel az eketalpréteg kerül a felszínre. Igaz, hogy a talpas erózió esetében a talajpusztulás nem csak a felszínen, hanem a mélyebb rétegekben is hat, azonban a jellemzően felületi megjelenése miatt inkább a felszíni erózió részeként fogható fel (THYLL 1992).

Külön kategóriát lehet felállítani a vonalas eróziós formák kialakulásának helyszínei alapján is. Eredetileg a Pico de Teyde vulkán lejtőin kialakult vízmosásokat nevezték barrankónak. Ma már a világon mindenütt így nevezik a vulkáni hegyek oldallejtőit felszabdalo vízmosásos eredetű árkokat (VERESS 1997).

Ahogy a vázolt definíciókból is kitűnik nincs elfogadott, mindenki által használt nevezéktan a vonalas erózió terén. Az eróziós barázda és a vízmosás kifejezéseket nagyon gyakran egymással felcserélhető értelemben használják mind a nemzetközi (BULL és KIRKBY 1997), mind a magyar irodalomban.

A vonalas erózió mérésének lehetőségei

LIGETVÁRI és SZALAI (1994) a következő mondatokkal indokolja az országos eróziós megfigyelő rendszer létesítésének jelentőségét: „Magyarországon is, a világ sok országához hasonlóan, az erózió károsító hatásának vizsgálata megrekedt részben az elméleti munkánál, részben a jelenségek regisztrálásánál, érzékelésénél. Így a számszerű információk is korlátozottan állnak rendelkezésre, mind az erózió mértékére, mind a lehordott talaj mennyiségére vonatkozóan”. Megállapításaik különösen igazak a vonalas erózió tekintetében.

A mérések elsődleges célja, hogy a lejátszódó folyamatokat megértsük, és számszerűsíteni tudjuk (KIRKBY et al. 2003). A már megismert folyamatok alapján jó közelí-

téssel becsülhetővé válnak a vonalas eróziós formák valószínű megjelenési helyei (DEMSET et al. 1999, VANDAELE et al. 1996). A kulcsmozzanatok törvényszerűségeit felhasználva számítógépes modellek is születtek a vonalas erózió előre jelzésére és mértékének becslésére (SIDORCHUK 1999, KIRKBY és BULL 2000, SOUCHÉRE et al. 2003). Napjainkig csak az EGEM (Ephemeral Gully Erosion Model) (USDA SOIL CONSERVATION SERVICE 1992, CAPRA et al. 2005) – egy, az időszakos vízmosások folyamatainak becslésére kidolgozott modell – és a LISEM (Limburg Soil Erosion Model) (STOLTE et al. 2003, HESSEL és VAN ASCH 2003) használata terjedt el széles körben. Magyarországon a talajeróziós mérésekkel kapcsolatban a MSZ/T 20133:2000 adott iránymutatást visszavonásáig. E szabvány a felületi rétegerózióval kapcsolatos parcellás méréseket egyégsítette, azonban a vonalas erózió mérésével kapcsolatban semmilyen támpontot nem adott. Nemzetközi szinten sincs standardizált mérés technika a vízmosások viselkedésének és fejlődésének vizsgálatára (POESEN et al. 2003). Az alábbiakban röviden összefoglalom az irodalomban fellelhető fontosabb kutatási módszereket.

Alapvetően két csoport különíthető el: az „in situ” és a modellezett vizsgálatok. Az „in situ” vizsgálatok során a természetben lejátszódó folyamatokat próbáljuk meg leírni. E módszerek az átfogott időtávot illetően három nagy csoportra bonthatók, úgymint:

- Rövidtávú vizsgálatok (5 évnél rövidebb)
- Középtávú vizsgálatok (5–50 év)
- Hosszútávú vizsgálatok (50 évnél hosszabb).

Rövidtávú vizsgálatok

A rövidtávú vizsgálatok nagy előnye, hogy a megválasztott mérés technika használatával mérhetőek a vonalas eróziós folyamatok, a legtöbb esetben saját mérési eredményeket hasonlíthatunk egy más időpontban, de ugyanolyan körülmények között végzett saját mérés eredményeikhez. Hátrányuk, hogy a kevésbé gyors változásokat a rövid időtáv miatt csak nehezen és jelentős hibával tudják leírni. E csoportba sorolható az egy csapadékesemény, vagy pár hónapos időszak által létrehozott barázdák és időszakos vízmosások leírása, térképezése (BOROS és BOROSNÉ 1980) és mérése (VANWALLEGHEM et al. 2003), vagy közvetlenül az erodált talaj mennyiségének mérése (GYSEL et al. 2002). A vízmosáson belül felállított csapdákkal mintázhatóvá válik a vízmosás különböző szakaszain áthaladó felszíni elfolyás és talajelhordás (TÓTH et al. 2001, MADARÁSZ et al. 2003).

A vízmosás kitüntetett pontjainak relatív vagy abszolút mérése adott időközönként képet ad a morfológiai változásokról. Ilyen kitüntetett pont lehet a legaktívabb hátravágódás helye, a völgyfő, illetve az oldalfalak felső élei stb. (VANDEKERCKHOVE et al. 2003). Relatív mérés esetén a közvetlen környezetben található viszonyítási alaphoz végezhető a mérés, pl. vízmosás szélessége, mélysége, keresztmetszvény nagysága stb. (VANDEKERCKHOVE et al. 2000). Elfogadott relatív mérési módszer szerint a vízmosás falába közel vízszintesen rudakat rögzítenek, amelyekre pontosan ismert a talajból kilógó rész hossza. A fal pusztulásával, illetve hátravágódással ez a hossz folyamatosan növekszik és egyértelműen mérhetővé teszi a lepusztulás nagyságát (OOSTWOUD WIJDENES et al. 2000, HESSEL és VAN ASCH 2003, BETTS et al. 2003). Az abszolút mérés-

sek esetében a kitüntetett pontok helyét egy széles körben elfogadott, nagyobb területet lefedő térképészeti rendszerben adják meg. E módszer nagy előnye, hogy lehetőséget nyújt akár évtizedekkel későbbi, vagy más kutatók által végzett mérésekkel történő összehasonlításra. E méréseket leggyakrabban geodéziai műszerekkel (lézeres totálmérő állomás) vagy nagy pontosságú GPS használatával végzik. Elterjedt a távérzékelés, a nagy-felbontású légifelvételek alapján történő fotogrammetriás eljárások alkalmazása a vonalas eróziós formák leírására (PROSSER és ABERNETHY 1999, DABA et al. 2003, BETTS et al. 2003) vagy az azokból hiányzó talaj (és/vagy az alapkőzet) mennyiségének meghatározására (RIES és MARZOLFF 2003).

A fent vázolt technikákon kívül számos megoldást alkalmaztak a vonalas erózió folyamatának rövid távú mérésére, de ezek egyelőre nem váltak széles körben elfogadottá.

Középtávú vizsgálatok

A középtávú vizsgálatok eredményeként olyan folyamatokat is nyomon lehet követni, melyek csak rövidtávú mérések esetén rejtve maradnának. Itt már megmutatkoznak a klimatikus szélsőségek, a vízgyűjtő területet érintő területhasználat és felszínborítás változásának hatásai. Az ilyen időtávú vizsgálatoknál a mai állapotot szeretnénk hasonlítani egy múltbeli állapothoz, amelyről csak részleges információkkal rendelkezünk. Ezeknek az információknak a jelentős része csak grafikusán, térképen, vagy légifotón érhető el. Ez esetben tehát elsődlegesen a légifotók, régebbi térképek és a belőlük alkotott domborzatmodellek alapján lehet változásokat kimutatni a vonalas eróziós formák hosszúságában, szélességében, elterjedésében stb. (MARTÍNEZ-CASASNOVAS 2003, MARTÍNEZ-CASASNOVAS et al., 2004, VANDEKERCKHOVE et al. 2003).

A vízmosások középtávú múltjáról a közvetlen környezetében található fák, cserjék vizsgálatával is információk gyűjthetők. A dendrokronológiai módszer (VANDEKERCKHOVE et al. 2001) segítségével jó közelítéssel becsülhető a vonalas erózió miatt a kitakart gyökerek levegőre kerülésének ideje, a bedőlt fák hajtásaiból a bedőlés ideje. A fattyúhajtások, az esetleges sebzések és a vízmosás alján, illetve oldalán nőtt fás szárúak szintén fontos támpontot adhatnak a középtávú múlt leírásában.

Ha nem csak egyes vízmosások, hanem nagyobb területek, kisvízgyűjtők tekintetében vizsgáljuk a vonalas erózió szerepét, megbízható eredményeket kaphatunk a Cs-137 módszer alkalmazásával. E módszer segítségével elkülöníthető, hogy a terület kifolyásánál felhalmozott hordalék mekkora hányada származik felületi réteg-, illetve vonalas erózióból (PLATA BEDMAR et al. 1997, LI et al. 2003). Mivel ez az izotóp csak az atomkísérletek, illetve a csernobili baleset óta található meg a feltalajban és migrációja a hazai talajokon nagyon lassú folyamat (KOBLINGERNÉ et al. 1995) kiváló nyomjelzője a feltalajnak (HIGGITT 1993).

Hosszútávú vizsgálatok

A hosszú távú vizsgálatoknál elsősorban a múltbeli dokumentációkra és térképekre támaszkodhatunk (GÁBRIS et al. 2003, STANKOVIANSKY 2002), illetve a terepen feltárt szelvények szintjeinek kormeghatározása alapján becsülhetjük a lejátszódott folyamatokat (DOTTERWEICH et al. 2003).

A **modellezett** vonalas eróziós vizsgálatok esetében egy vagy több tényezőt a megfigyelő határoz meg és általában ennek hatását próbálja mérni az egész folyamatra. Az ilyen vizsgálatok történhetnek terepen, vagy laboratóriumban. A terepi vizsgálatok során leggyakrabban a csapadék (CSEPINSZKY és JAKAB, 1999), vagy a koncentrált felszíni lefolyás az a tényező, amelyet a megfigyelő határoz meg és idéz elő.

A fent vázolt kutatási módszereken kívül – melyek közvetlenül a vonalas erózió folyamatát vizsgálják – elfogadott módszer a talajok fizikai, kémiai tulajdonságainak, a domborzat, általában véve a vízmosás szűkebb környezetének vizsgálata. A nyert eredmények összevethetőek a területen jellemző vonalas eróziós formák gyakoriságával és tulajdonságaival. E közvetett módszerek segítségével előrejelezhetővé válik a vonalas erózió.

Hazai kutatások

PÉCSI (1955) Dunaalmás és Nyergesújfalu között tanulmányozta a völgyfejlődést, külön figyelmet fordítva a vonalas eróziós formákra, amelyeket elhelyezkedésük és morfológiájuk alapján két nagy csoportba sorol. Az első csoportba tartozók nagyobb völgyekbe, vagy a Dunába vezetik a kisvízgyűjtők vizeit. Ezeknek a völgyfőjüktől a torkolatukig összefüggő, több méter mély árkok van, és mivel általában löszben keletkeztek, meredek falúak. A második csoportba tartozó vízmosásos árkok nem kapcsolódnak közvetlenül valamely völgyhöz, hanem csak a nagyeresű lejtőszakaszokon, hosszabb-rövidebb darabokon lelhetőek fel.

A Tokaj-hegy vonalas eróziós formáit és a talajpusztulás mértékét vizsgálta PINCZÉS (1968). Munkájában hossz-szelvényt közöl egy vonalas erózió által kialakult aszóvölgyről. Az ábrán feltünteti a löszvölgy talpát és peremét. A völgytalpon megjelenő 1-10 méteres lépcsőkkel kapcsolatban kijelenti, hogy azok mérete nem elsősorban a lefolyó víz mennyiségével, hanem főleg az esésviszonyokkal függ össze. A Tokaj-hegy löszére települt szőlő ültetvények felületi eróziós térképezése során a talajerózió fokozatait a felszín borító barázdák száma és kiterjedése alapján különíti el (PINCZÉS 1980).

A Nyírség területén végzett térképezések során az 1979. évi hóolvadás hatására létrejött vonalas eróziós formákat vizsgálták (BOROS és BOROSNÉ, 1980). Tanulmányukban rámutatnak, hogy a lejtőkiettség jelentősen befolyásolja az eróziós barázdák fejlődését. Méréseik szerint a barázdák megjelenése szoros összefüggést mutat a növényi fedettséggel és a felszín érdességével. A barázdák kialakulását csak fedetlen és kis érdességű területeken tapasztalták. A barázdák térképezése során mérték azok hosszát és kereszt-szelvényeit, vagyis a térfogatos talajvesztéséget. Az erózió mértékét területegységre vetített térfogatos talajvesztéségekben, azaz a felületi rétegerózióhoz hasonlóan méterben adják meg (2. táblázat). Fontos megállapítás, hogy a Nyírség általuk vizsgált területein a nyári talajpusztulás mértéke csupán 10–15 %-a volt a téli eróziós károsodásnak.

BOROS (1980) nevéhez fűződik a hazai irodalomban a vonalas eróziós formák térképezésének bevezetése. Térképen ábrázolja a barázdák pontos elhelyezkedését, egymáshoz viszonyított futásirányukat, 5–10 méterenként közli a barázda szélességét és mélységét. Helyenként ábrázolja a felszín lejtését és a hordalékkúpok pontos elhelyezkedését és formáját is.

2. táblázat A vonalas olvadákvíz erózió pusztításának mértéke a Nyírség ÉNy-i részén 1979-ben (BOROS és BOROSNÉ, 1980 nyomán)
 Table 2. Soil loss in the Nyírség due to rill erosion by snowmelt (after BOROS és BOROSNÉ, 1980)

Mérés helye	Kitettség	Lejtés	Térképezett terület m ²	Talajveszteség m ³	Erózió mértéke m
Tímár parabolabucka	Ny	7–9	400	0,56	0,00140
Tímár parabolabucka	É	7–9	2376	2,55	0,00107
Tímár szélbarázda	K	7–10	2304	3,50	0,00151
Tímár parabolabucka	D	7–9	2280	0,45	0,00019
Tímár – Szabolcs között	D	5–8	3250	0,35	0,00010
Tímár – Szabolcs között	Ny	3–6	3564	1,59	0,00044
Görög szállás szélbarázda 1	K	3–5	1836	0,04	0,00002
Görög szállás szélbarázda 2	É	2–3	3600	0,85	0,00023
Görög szállás szélbarázda 3	Ny	3–4	3380	0,61	0,00018
Görög szállás szélbarázda 4	D	2–3	2484	0,51	0,00020
Nyírtelek	ÉK	2–3	3168	1,71	0,00053
Tímártól D-re	ÉNy	3–6	1375	2,10	0,00152

STEFANOVITS és VÁRALLYAY (1992) a terület egységre jutó vízmosások hosszát vizsgálva három kategóriát állított fel a terület vízmosások általi szabdaltságát illetően:

- Gyengén szabdalt: < 200m vízmosás/km²
- Közepesen szabdalt: 200–500m vízmosás/km²
- Erősen szabdalt: > 500m vízmosás/km²

THYLL (1992) a terület vonalas erózió általi erodáltságára, osztályozási rendszert dolgozott ki, mely a hiányzó talajmennyiség alapján kategorizál. A vizsgálatot egy 10 10m-es mintaterületen kell elvégezni. Eszerint:

- Gyengén erodált: < 40t/ha
- Közepesen erodált: 40–100t/ha
- Erősen erodált: >100t/ha

Megítélésem szerint a mintaterület mérete kicsi, ezért ugyanazon területről a mintaterület kijelölésének függvényében nagyon szélsőséges eredményeket kapunk. Célszerű lenne a vizsgált terület növelésével a mérést objektívabbá tenni.

GÁBRIS et al. (2000) Szekszárd környékén vizsgálták az 5–10 m vastag lösztakaróba vágódó vonalas eróziós formákat. Az alábbi két alapvető formát különítették el:

1. Függőleges falú vízmosás, amely még nem érte el a lösz alatt fekvő homokkő réteget.
2. Továbbfejlődött „V” keresztmetszetű szakadék, mely már belevágott a homokkőbe is.

Vizsgálataik szerint a mért vízmosások mintegy 10%-a természetes eredetű, a 90% létrejöttében, illetve fejlődésében jelentős szereppel bír az emberi tevékenység hatása. Első helyen említik a hegyre vezető földutak szerepét. Méréseik alapján kijelentik, hogy a gumikerék a vasabroncsos kerekkel szemben mintegy 100-szor kisebb eróziós hatással bír. E hatásokon kívül a területen a lejtésnek, a csapadékmennyiségnek és az intenzitásnak volt meghatározó szerepe. Megállapításuk szerint a vízmosások fejlődése szakaszos, csapadékeseményekhez kötött. Egy adott vízmosás a csekély visszatérési valószínűségű csapadékok közt eltelt időben stabil is lehet.

GÁBRIS et al. (2003) a Rakaca vízgyűjtőjén végzett kutatásokban a hosszú távú fejlődésmenetet vizsgálják. A II. József kori térképektől egészen napjainkig követik nyomon a területen található, és kialakuló vonalas eróziós formákat. Eredményeik szerint a hosszú távú fejlődés a területen megjelenő földhasználat, illetve felszínborítással áll a legszorosabb összefüggésben.

TÓTH (2004) barnaföldön vizsgálta a vonalas erózió és a felületi rétegerózió arányát a teljes talajlepusztulásban. A MEDRUSH (McMAHON és HAWKES 1999) modell alkalmazásával fedetlen felszínen szimulálta a csapadékok erodáló hatását. Eredményei szerint a vizsgált területen a modell 11/89%-osra becsülte a barázdás/felületi rétegerózió arányát. A szimulált katéna szélességéből adódóan e módszerrel a vonalas eróziós formák közül csak a barázdák talajpusztító hatását lehet számszerűsíteni, hiszen szélsőséges esetben az egész katéna helyén egy vízmosás szerepelhetne.

Csepinszky talajeróziós vizsgálatait egy 12m² nagyságú parcellát öntöző eső-szimulátorral végezte (CSEPINSZKY et al. 1998, 1999). A mérések elsősorban a felületi rétegerózió szerepét, illetve a különböző talajok „K” tényezőjének meghatározását célozták (CENTERI 2002a, b; CENTERI és PATAKI 2003, 2005), ám a parcellán esetlegesen kialakuló vonalas eróziós formákat szintén leírták. Vizsgálataik szerint a könnyen erodálódó felszíneken – különösen nagy lejtés esetén – meghatározó jelentősége van a mikrodomborzatnak.

Az 2. ábrán látható mesterséges, döngölt lösz felszínen az esőztetés megkezdése előtt 0,5–1mm mély mikrobarázdákat írtak le, melyek a felszín egyengetésekor keletkeztek. A létesített rézsű lejtése 25% volt. Az esőztetés ideje alatt az egyenetlen felszínen található mikrobarázdákból kiindulva a képen látható barázdahálózat fejlődött. A parcelláról erodálódott talaj mennyiségét összevetve a barázdákból hiányzó anyagmennyiséggel azt tapasztalták, hogy a mért talajpusztulás 86%-áért a vonalas erózió a felelős.

JAKAB et al. (2005) a Tetves-patak vízgyűjtőjén végezték el a vonalas eróziós formák felmérését. A 140db felmért és térképezett vízmosás adatait adatbázisba szervezték, melyben szerepelnek a vízmosások 1968-as és 1984-es, térképről és légifotókról megállapított adatai is. Megállapították, hogy a vizsgált vízgyűjtő legnagyobb talajvesztést okozó vízmosásai az időszakos vízmosások, a vízmosások növekedése pedig felgyorsult az 1984 utáni időszakban.

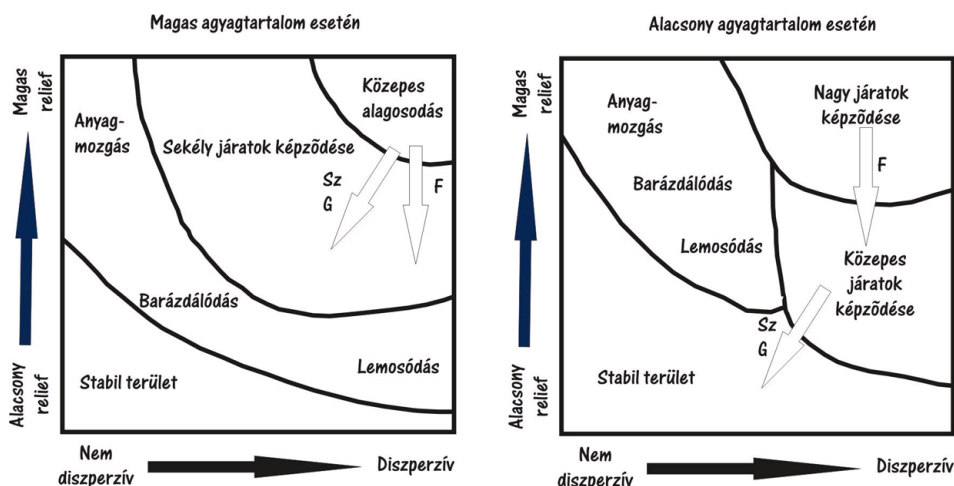
Bár egyes pannóniai összletek és különösen a lösz sajátos geomorfológiai formakincssel rendelkezik és e formák leírása is megtörtént több szerző által (KÁDÁR 1954b, BORSY 1992) az alagosodás és a vonalas erózió kapcsolata még viszonylag kevésbé tisztázott terület a hazai tudományos életben (BORSY 1992). Több szerző is beszámol a szuffúziós járatok beszakadásával keletkező vízmosásokról (KÁDÁR 1945b, ÁDÁM 1969, KERÉNYI és KOCSISNÉ 1990). A nemzetközi szakirodalom az alagosodás folyamatát a diszperzív és az omlékony üledékekhez köti, vagyis a talajok és kőzetek kémiai tulajdonságai alapján tesz különbséget (3. ábra).

Míg az omlékony talajoknál és kőzeteknél – mint például a lösz – a mésztartalom és annak mozgása játszik jelentős szerepet (KERTÉSZ 2003), addig a diszperzív talajok tulajdonságait elsősorban a Na ion koncentrációja határozza meg (FAULKNER et al. 2003). KERTÉSZ (2004) szoros összefüggést írt le a diszperzív talajok és a vízmosások megjelenése között.



2 ábra Mesterséges esőztetés hatására kialakult barázdák döngölt löszön,
25% lejtésnél.

Figure 2. Rills on a 25% artificial loess slope after rainfall simulation



3. ábra A talajerózió megjelenési formái a talaj diszperzivitásának és a reliefenergia nagyságának függvényében, valamint a védekezés lehetőségei F: felszín egyengetés, földmunka, Sz: Szervesanyag pótlás, G: gipszezés FAULKNER et al. (2000) után

Figure 3. Different erosion process dominance depends on crucial site regulators after FAULKNER et al. (2000)

Összefoglalás

A vonalas erózió kutatása Magyarországon még nem érte el azt a nagyságrendet, amit a talajerózió folyamatában betöltött szerepe indokolna. A hazai nevezéktanban még mindig egymással felcserélhetően, illetve nem következetesen használják az egyes fogalmakat. E fogalmak egységesítése a jövő feladata. Ehhez azonban szükségesnek látszik a vonalas eróziós vizsgálatok számának növelése, ugyanis a nemzetközi eredmények és tapasztalatok nem ültethetőek át fenntartások nélkül a hazai gyakorlatba. A hazai kutatások feldolgozása és saját mérési eredmények alapján a szerző az alábbi javaslatot teszi a legfontosabb elnevezések egységesítésére:

Barázda: a víz koncentrált lefolyása által létrehozott negatív felszíni forma, melynek legnagyobb mélysége és szélessége sem éri el az 50 cm-t. Bármilyen felszínborítás alatt kialakulhat. Vonalvezetését a mikrodomborzat szabja meg.

Vízmosás: a barázdából továbbfejlődött forma, melynek legnagyobb mélysége, vagy szélessége meghaladja az 50 cm-t.

Időszakos vízmosás: kizárólag művelt felszínen (szántóföldön) jelenhet meg. A folyamatos művelés miatt a forma fejlődése általában nem jut túl a barázda fázison, de a talajmunka után a domborzat által előrejelzett esésvonalon újra megjelenik. (A bevágódás és a talajmunka periodikus változásával deráziós völgyöz hasonló formák, dellék jönnek létre, melyekből azonban a hiányzó anyagot kizárólag a vonalas erózió szállította el.)

Mélyút: az általában keskeny, de mély barázdák bevágódását az út felszínébe az utat egyengető munkagépek mélyítő hatása egészíti ki. Az út mélyülésének jelentős része a gépek hatására következik be.

Irodalom

- ÁDÁM L. 1969: A Tolnai-dombság kialakulása és felszínaktana. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 83.
- BERGSMAN E. 2000: Terminology for soil erosion and conservation. Grafisch Service Centrum, Wageningen.
- BETTS H. D., TRUSTRUM N. A., DE ROSE R. 2003: Geomorphic changes in a complex gully system measured sequential digital elevation models, and implications for management. *Earth Surface Processes and Landforms* 28: 1043–1058.
- BILLI P., DRAMIS F. 2003: Geomorphological investigation on gully erosion in the Rift Valley and the northern highlands of Ethiopia. *Catena* 50: 353–368.
- BOCCO G. 1991: Gully erosion: processes and models *Progress in Physical Geography* 15(4): 392–406.
- BOROS L. 1977: A tokaji Nagy-hegy lösztakarójának pusztulása. Doktori disszertáció, Debrecen, p. 134
- BOROS L., BOROS L.NÉ 1980: Hóolvadékvíz által előidézett talajpusztulás a Nyírség északnyugati részén. *Földrajzi Értesítő* 1980: 217–232.
- BORSY Z. (szerk.) 1992: Általános természetföldrajz. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, p. 613.
- BULL, L. J., KIRKBY, M. J. 1997: Gully processes and modelling. *Prog. Physical Geography* 21(3): 355.
- BUTZER, K. W. 1986: A földfelszín formakincse. Gondolat, Budapest, p. 128.
- CAPRA A., MAZZARA L. M., SCICOLONE B. 2005: Application of the EGEM model to predict ephemeral gully erosion in Sicily, Italy. *Catena* 59: 133–146.
- CENTERI, Cs. (2002a): Importance of local soil erodibility measurements in soil loss prediction. *Acta Agronomica Hungarica*, 50(1): 43–51.
- CENTERI Cs. (2002b): A talajerodálhatóság terepi mérése és hatása a talajvédő vetésforgó kiválasztására. *Növénytermelés* 51(2): 211–222.
- CENTERI Cs., PATAKI, R. (2003): A talajerodálhatósági értékek meghatározásának fontossága a talajvesztésig tolerancia értékek tükrében. *Tájökológiai Lapok* 1(2): 181–192.
- CENTERI Cs., PATAKI R. (2005): Soil erodibility measurements on the slopes of the Tihany Peninsula, Hungary. In: A. Faz Cano, R. Ortiz Silla & A. R. Mermut (eds). *Advances in GeoEcology* 36: 149–154.
- CSEPINSZKY B., CSISZÁR B., JAKAB G., JÓZSA S. 1998: A Balaton három vízgyűjtő-területén domináns talajok vizsgálata eső-szimulátorral. Jelentés FVM 22.626/96
- CSEPINSZKY B., JAKAB G. 1999: Pannon R-02 eső-szimulátor a talajerózió vizsgálatára. = XLI. Georgikon Napok Keszthely. Agrárjövők Alapja a Minőség. Keszthely: PATE GEORGIKON, pp. 294–298.
- CSEPINSZKY B., JAKAB G., KISFALUSI F. 1999: Measurement of infiltration and potential charging of initial erosion with rainfall-simulator – V. International congress on bioconversion of organic wastes and protection of environment, Ukraine p. 129.
- DABA S., RIEGER W., STRAUSS P. 2003: Assessment of gully erosion in eastern Ethiopia using photogrammetric techniques. *Catena* 50: 273–291.
- DESMET P. J. J., POESSEN J., GOVERS G., VANDAELE K. 1999: Importance of slope gradient and contributing area for optimal prediction of the initiation and trajectory of ephemeral gullies. *Catena* 37: 377–392.
- DOTTERWEICH M., SCHMITT A., SCHMIDTCHEN G., BORK H. R. 2003: Quantifying historical gully erosion in northern Bavaria. *Catena* 50: 135–150.
- DUCK T. 1969: Alapfokú talajvédelem a mezőgazdasági üzemekben. *Mezőgazdasági Kiadó, Bp.*, p. 191
- FAULKNER H., RUIZ J., ZUKOWSKYJ P., DOWNWARD S. 2003: Erosion risk associated with rapid and extensive agricultural clearances on dispersive materials in southeast Spain. *Environmental Science & Policy* 6: 115–127.
- FAULKNER H., SPIVEY D., ALEXANDER R. 2000: The role of some site geochemical processes in the development and stabilisation of three badland sites in Almería, Southern Spain. *Geomorphology* 35: 87–99.
- FITZPATRICK E. A. 1986: An introduction to soil science Second Edition. Longman Scientific & Technical Harlow, UK. p. 147.
- GÁBRIS GY., KERTÉSZ Á., SÓLYOM P., ZÁMBÓ L. 2000: Ravine and gully erosion in the hilly headwater areas of Hungary In: HAIGH M. J., KRÉCEK J. (eds.) *Environmental reconstruction in Headwater Areas*. Kluwer Academic Publishers Dordrecht, NL, pp. 137–145.
- GÁBRIS GY., KERTÉSZ Á., ZÁMBÓ L. 2003: Land use change and gully formation over the last 200 years in a hilly catchment. *Catena* 50. p. 152.
- GYSSELS G., POESSEN J., NACHTERGAELE J., GOVERS, G. 2002: The impact of sowing density of small grains on rill and ephemeral gully erosion in concentrated flow zones. *Soil & Tillage Research* 64: 189–201.
- HESSEL, R., VAN ASCH T. 2003: Modelling gully erosion for a small catchment on the Chinese Loess Plateau. *Catena* 54: 131–146.
- HIGGITT, D. 1993: Soil erosion and soil problems. *Progress in Physical Geography* 17: 461–472.

- JAKAB G., KERTÉSZ Á., PAPP S. 2005: Az árkos erózió vizsgálata a Tetves-patak vízgyűjtőjén Földrajzi Értesítő 54(1–2): 149–165.
- KÁDÁR L. 1954a: Az eróziós folyamatok dialektikája. Közlemények a Debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem Földrajzi Intézetéből. 18: 1–16.
- KÁDÁR L. 1954b: A lösz keletkezése és pusztulása. Közlemények a Debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem Földrajzi Intézetéből. 19: 12–14.
- KERÉNYI A. 1986: A talajerózió és a lejtőfejlődés kapcsolatáról mérési eredmények alapján. Földrajzi Értesítő 35: 43–56.
- KERÉNYI A., KOCSISNÉ HODOSI E. 1990: Löszpusztulási formák és folyamatok kvantitatív vizsgálata szőlőterületen. Földrajzi Értesítő 39(1–4): 29–54.
- KERÉNYI A. 1991: Talajerózió. Térképezés, laboratóriumi és szabadföldi kísérletek. Akadémiai Kiadó, Budapest
- KERTÉSZ Á. 2003: Geomorphic processes and forms on dispersive and collapsible soils in Hungary: a review. Book of Abstracts COST 623 Final meeting and Conference, Budapest, Hungary p. 38.
- KERTÉSZ Á., CENTERI Cs. 2006: Soil erosion in Hungary In: BORDMAN J., POESEN J.: Soil erosion in Europe. Megjelenés alatt
- KERTÉSZ Á. 2004: Az árkos erózió felszínalakító szerepe Dél-Afrikában. Földrajzi Értesítő 53(3–4): 203–218.
- KIRKBY M. J., BULL L. J., POESEN J., NACHTERGAELE J., VANDEKERCKHOVE L. 2003: Observed and modelled distributions of channel and gully heads—with examples from SE Spain and Belgium. Catena 50: 415–434.
- KIRKBY M. J., BULL L. J. 2000: Some factors controlling gully growth in fine-grained sediments: a model applied in southeast Spain. Catena 40: 127–146.
- KOBLINGERNÉ BOKORI E., SZERBIN P., KOBLINGER L., UGRON Á., STÚR D. 1995: Cs¹³⁷ és Sr⁹⁰ izotópok vándorlásának vizsgálata különböző hazai talajtípusokon. Agrokémia és Talajtan 44: 125–137.
- LI Y., POESEN J., YANG J.C., FU B., ZHANG J. H. 2003: Evaluating gully erosion using ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb/¹³⁷Cs ratio in a reservoir catchment. Soil & Tillage Research 69: 107–115.
- LIGETVÁRI F., SZALAI Gy. 1994: Az első országos eróziós megfigyelő rendszer. Vízügyi Közlemények 76: 313–331.
- LÓCZY D., VERESS M. (szerk.) 2005: Geomorfológia I. Földfelszíni folyamatok és formák. Dialóg Campus Kiadó Budapest-Pécs. pp. 28–33.
- LOVÁSZ Gy 1972: A Duna és Tisza Kárpát-medencei szakaszának medereróziós folyamatai. Földrajzi Értesítő 21: 207–216.
- MADARÁSZ B., KERTÉSZ Á., JAKAB G., TÓTH A. 2003: Movement of solutes and their relationship with erosion in a small watershed. In: NESTROY O., JAMBOR P. (eds.) Aspects of the Erosion by Water in Austria, Hungary and Slovakia. Soil Science and Conservation Research Institute, Bratislava. pp. 99–110.
- MARTÍNEZ-CASASNOVAS J. A., RAMOS M. C., POESEN J. 2004: Assessment of sidewall erosion in large gullies using multi-temporal DEMs and logistic regression analysis. Geomorphology 58: 305–321.
- MARTÍNEZ-CASASNOVAS J. A. 2003: A spatial information technology approach for the mapping and quantification of gully erosion. Catena 50: 293–308.
- MCMAHON M., HAWKES C. 1999: The MEDRUSH model. Technical description
- NACHTERGAELE J., POESEN J., GOVERS G. 2002: Ephemeral gullies A spatial and temporal analysis of their characteristics, importance and prediction. BELGEO 2. pp. 159–180.
- OLIVEIRA M. A. T. 1990: Slope geometry and gully erosion development: Bananal, Sao Paulo, Brazil. Zeitschrift für Geomorphologie 34(4): 423–434.
- OOSTWOUW WIJDENES, D., POESEN, J., VANDEKERCKHOVE, L., GHESQUIERE, M. 2000: Spatial distribution of gully head activity and sediment supply along an ephemeral channel in a Mediterranean environment. Catena 39: 147–167.
- PÉCSI M. 1955: Eróziós és korráziós völgyek és vízmosások képződése a Duna völgyében Dunaalmás és Nyergesújfalu között. Földrajzi Értesítő 4(1): 41–54.
- PINCZÉS Z 1968: Vonalas erózió a Tokaj-hegy löszén. Földrajzi közlemények 16(2): 159–171.
- PINCZÉS Z. 1980: A művelési ágak és módok hatása a talajerózióra. Földrajzi Közlemények 38: 357–374.
- PLATA BEDMAR, A., COBO RAYAN, R., SANZ MONTERO, E., GÓMEZ MONTANA, J. L., AVENDANO SALAS, C. 1997: Influence of the Puentes reservoir operation procedure on the sediment accumulation rate between 1954–1994. Proceedings of the 19th Congress Grands Barrages, Florence, Italy, pp. 835–847.
- POESEN J. W. A. 1989: Conditions for gully formation in the Belgian Loam Belt and some ways to control them. In: Schwertmann U. – Rickson R. J. – Auerswald K. (Eds.) Soil erosion protection measurements in Europe. Catena Verlag, Cremlingen-Destedt. pp. 39–52.

- POESEN J., HOOKE J. M. 1997: Erosion, flooding and channel management in Mediterranean environments of southern Europe. *Progress in Physical Geography* 21(2): 157–199.
- POESEN J., NACHTERGAELE J., VERSTRAETEN G., VALENTIN C. 2003: Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena* 50: 91–133.
- PROSSER I. P., ABERNETHY B. 1999: Increased erosion hazard resulting from log-row construction during conversion to plantation forest. *Forest Ecology and Management* 123: 145–155.
- RIES J. B., MARZOLFF I. 2003: Monitoring of gully erosion in the central Ebro Basin by large scale areal photography taken from a remotely controlled blimp. *Catena* 50: 309–328.
- SALAMIN P. 1980: A víz szerepe a magyarországi sík-, domb-, és hegyvidéki felszínek alakulásában. *Földrajzi Közlemények* 28(4): 308–330.
- SCHMIDT R. G. 1979: Probleme der Erfassung und Quantifizierung von Ausmass und Prozessen der aktuellen Bodenerosion (Abspülung) auf Ackerflächen. *Physiogeographica*, Bd. 1., Basel
- SIDORCHUK A. 1999: Dynamic and static models of gully erosion. *Catena* 37: 401–414.
- SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA 2001: Glossary of Soil Science Terms. Madison
<http://www.soils.org/sssagloss/>
- SOMOGYI S. 1974: Meder- és ártérfejlődés a Duna sárközi szakaszán az 1782–1950 közötti térképfelvételek tükrében. *Földrajzi értesítő* 23(1): 27–36.
- SOUCHÉRE V., CERDAN O., LUDWIG B., LE BISSONNAIS Y., COUTURIER A., PAPPY F. 2003: Modelling ephemeral gully erosion in small cultivated catchments. *Catena* 50: 489–505.
- STANKOVIANSKY, M. 2002: Historical evolution of permanent gullies in the Myjava Hill Land, Slovakia. *Catena* 723: 1–17
- STEFANOVITS P., FILEP GY., FÜLEKY GY. 1999: Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- STEFANOVITS P., VÁRALLYAY GY. 1992: State and management of soil erosion in Hungary. In *Proceedings of the Soil Erosion and Remediation Workshop, US – Central and Eastern European Agro-Environmental Program*. Budapest, April 27 – May 1 1992, Budapest. 79–95.
- STEFANOVITS P. 1971: Brown forest soils of Hungary. Akadémiai Kiadó, Budapest
- STOLTE J., LIU B., RITSEMA C. J., VAN DEN ELSEN H. G. M., HESSEL R. 2003: Modelling water flow and sediment processes in a small gully system on the Loess Plateau in China. *Catena* 54: 117–130.
- THOMA D. P., GUPTA S. C., BAUER M. E., KIRCHOFF C. E. 2005: Airborne laser scanning for riverbank erosion assessment. *Remote Sensing of Environment* 95: 493–501.
- THYLL SZ. (szerk.) 1992: Talajvédelem és vízrendezés dombvidéken. Mezőgazda, Budapest, pp. 14–15.
- TÓTH A., JAKAB G., MADARÁSZ B., MÉSZÁROS E. 2001: Csapadékok által oldott anyagok mozgása egy kisvízgyűjtőn és szerepük az erózió folyamatában – Magyar Földrajzi Konferencia Szeged, A földrajz eredményei az új évezred küszöbén. A Magyar Földrajzi Konferencia tudományos közleményei CD kiadvány ISBN 963482544–3
- TÓTH A. 2004: Egy dél-balatoni vízgyűjtő (Tetves-patak) környezetállapotának vizsgálata a természeti erőforrások védelmének céljából. Doktori értekezés ELTE
- USDA SOIL CONSERVATION SERVICE 1992: Ephemeral gully erosion model EGEM, Version 2.0 DOS User Manual.
- VANDAELE K., POESEN J., GOVERS G., WESEMAEL B. 1996: Geomorphic threshold conditions for ephemeral gully incision. *Geomorphology* 16: 161–173.
- VANDEKERCKHOVE L., POESEN J., OOSTWOUW WIJDENES D., GYSSELS G., BEUSELINCK L., LUNA DE E. 2000: Characteristics and controlling factors of bank gullies in two semi-arid mediterranean environments. *Geomorphology* 33: 37–58.
- VANDEKERCKHOVE, L., MUYS, B., POESEN, J., DE WEERDT, B., COPPE, N. 2001: A method for dendrochronological assessment of medium-term gully erosion rates. *Catena* 45: 123–161.
- VANDEKERCKHOVE, L., POESEN, J., GOVERS, G. 2003: Medium-term gully headcut retreat rates in Southeast Spain determined from aerial photographs and ground measurements. *Catena* 50: 329–352.
- VANWALLEGHEM T., EECKHAUT VAN DEN M., POESEN J., DECKERS J., NACHTERGAELE J., OOST VAN K., SLENTERS C. 2003: Characteristics and controlling factors of old gullies under forest in a temperate humid climate: a case study from the Meerdaal Forest (Central Belgium). *Geomorphology* 1333 pp. 1–15.
- VERESS M. 1997: A barrankókról. *Földrajzi közlemények* 45(1–2): 90–95.
- WISCHMEIER W. H. 1977: Soil, erodibility by rainfall and runoff. In: Bergsma 1996. Terminology for soil erosion and conservation. p. 25. Grafisch Service Centrum, Wageningen
- ZHU T. X., LUK S. H., CAI Q. G. 2002: Tunnel erosion and sediment production in the hilly loess region. North China. *Journal of Hydrology* 257: 78–90.

GULLY TYPES AND POSSIBILITIES OF THEIR INVESTIGATION

G. JAKAB

Department of Physical Geography, Geographical Research Institute,
Hungarian Academy of Sciences
H-1112 Budapest Budaörsi út 45. e-mail: jakabg@mtafki.hu

Keywords: linear erosion, gully, rill

Summary: Soil erosion is one of the most important process in recent landscape evaluation, especially on agricultural field. In the first time mainly the process of sheet erosion was investigated because it was believed the most important cause of soil loss. From the early 1980s the attention was turned to linear erosion. It was proved that the role of gully erosion in mass movement could be much more effective than sheet erosion. The role of sheet erosion was overestimated in Hungary as well up to now. This is the reason of less attention to detailed investigation of linear erosion processes. Considerable parts of Hungary are covered by sediments which are vulnerable to erosion. On most of these parts the climatic and topographic conditions are also favourable from the point of view of gully appearance and development. The appeared gullies hinder tillage and the field around them has to be given up. Since recultivation is very expensive, the practice is to open a new dirtroad next to the former one, decreasing the area of the arable field. The most important factor in gully formation is human activity. The best defence is to stop the causes, collect and carry away the surface runoff from the slope although the problem of the formed gully still exists. The daily practice in Hungary – to fill the gullies with waste – is the worst “solution”, because this means the direct contamination of surface water.