

A vonalas erózió folyamatának vizsgálata dombosági vízgyűjtőterületen

Jakab Gergely

Bevezetés, célkitűzések

Gyorsan változó világunkban az emberiség egyre erőteljesebb hatást gyakorol környezetére. A területhasználat, illetve a klíma nagymértékű változásai jelentősen befolyásolják a talajpusztulás folyamatait is. Az élelmiszerválság küszöbén egy olyan kedvező agronómiai adottságokkal rendelkező országnak mint Magyarország elsődleges feladata természeti erőforrásainak – elsősorban a talajnak és a vizeknek – minőségi és mennyiségi védelme. Az ésszerű talajhasználat legfontosabb feladata a talajdegradációs folyamatok (pl. erózió) megelőzése, mérséklése (Várallyay 1999), hiszen napjainkban 80–110 millió m³ humuszos feltalaj erodálódik évente Magyarországon (Várallyay 2001).

Kertész és Centeri (2006) rámutatnak, hogy egészen a közelmúltig a talajelhordásban a felületi rétegerózió szerepét tartották meghatározónak. E megállapítás igaz trópusi és szubtrópusi körülmények között (Descroix et al. 2008), azonban szemiárid, mediterrán klíma estén a vízmosások által erodált hordalék lehet meghatározó (de Vente et al. 2008). A klímaváltozás valószínűsített irányának figyelembevételével, illetve az időjárási szélsőségek számának növekedésével hazánkban is egyre meghatározóbb szerepet jósolhatunk a vonalas erózióknak, kutatása tehát indokolt.

A teoretikus, illetve a jelenségek leírását célzó munkákon túl az egzakt méréseken alapuló vizsgálatok jelölik ki a fejlődési irányt. A mérések elsődleges célja, hogy a lejátszódó folyamatokat megértsük, és számszerűsíteni tudjuk (Kirkby et al. 2003). A már megismert folyamatok alapján jó közelítéssel becsülhetővé válnak a vonalas eróziós formák valószínű megjelenési helyei (Demset et al. 1999). A kulcsmozzanatok törvényszerűségeit felhasználva számítógépes modellek is születtek a vonalas erózió előre jelzésére és mértékének becslésére (Sidorchuk 1999; Souchère et al. 2003). Napjainkig csak az időszakos vízmosások folyamatainak becslésére kidolgozott EGEM (Ephemeral gully erosion model) (USDA Soil Conservation Service 1992; Capra et al. 2005) 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 – visszavonásáig

– a MSZ/T 20133:2000 adott iránymutatást. E szabvány a felületi rétegerózióval kapcsolatos parcellás méréseket egységesítette, azonban a vonalas erózió mérésével kapcsolatban semmilyen támpontot nem adott. Standardizált mérés technika a vízmosságok viselkedésének és fejlődésének vizsgálatára nemzetközi szinten sincs (Poesen et al. 2003). Az irodalomban fellelhető fontosabb kutatási módszereket Jakab (2006) rendszerezi az alábbiak szerint.

Az „in situ” módszerek az átfogott időtávot illetően három nagy csoportra bonthatók, úgymint:

Rövidtávú vizsgálatok (5 évnél rövidebb idő): Egy csapadékesemény vagy néhány hónapos időszak által létrehozott barázdák és időszakos vízmosságok leírása, térképezése és mérése (Vanwalleghem et al. 2003), vagy közvetlenül az erodált talaj mennyiségének mérése (Gyssels et al. 2002). A vízmosság kitüntetett pontjainak adott időközönként relatív vagy abszolút mérése képet ad a morfológiai változásokról (Vandekerckhove et al. 2000, 2003). Egy elfogadott relatív mérési módszer szerint a vízmosság falába és fenekébe rudakat rögzítenek, amelyek pontosan ismert a talajból kilógó rész hossza. A fal hátravágódásával és a vízmosság mélyülésével ez a hossz ill. a fenék feletti magasság folyamatosan változik, ezzel mérhetővé teszi a lepusztulás vagy felhalmozódás helyét és mértékét (Hessel és van Asch 2003; Betts et al. 2003). Az abszolút méréseket leggyakrabban geodéziai műszerekkel (lézeres totálmérő állomás) vagy nagy pontosságú GPS használatával végzik (Yongqiu és Cheng 2005). Elterjedt a fotogrammetriás eljárások alkalmazása a vonalas eróziós formák leírására (Daba et al. 2003; Betts et al. 2003) vagy az azokból hiányzó talaj (és/vagy az alapkőzet) mennyiségének meghatározására (Ries és Marzloff 2003).

Középtávú vizsgálatok (5–50 év): Ez esetben elsődlegesen a légifotók, régebbi térképek és a belőlük alkotott domborzatmodellek alapján lehet a vonalas eróziós formák hosszúságában, szélességében, elterjedésében stb. változásokat kimutatni. (Martínez-Casanovas et al. 2004; Vandekerckhove et al. 2003). A dendro-kronológiai módszer (Vandekerckhove et al. 2001) segítségével becsülhető a vonalas erózió által kitakart gyökerek levegőre kerülésének ideje, a bedőlő fák hajtásaiból a bedőlés időpontja. Kisvízgyűjtők tekintetében 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 (Li et al. 2003).

Hosszú távú vizsgálatok (50 évnél hosszabb idő): A hosszú távú vizsgálatok során a múltbeli dokumentációkra és térképekre támaszkodhatunk (Stankoviansky 2002), illetve a terepen feltárt szelvények szintjeinek kormeghatározása alapján becsülhetjük a lejátszódott folyamatokat (Lang et al. 2003; Dotterweich et al. 2003).

A *modellezett* vonalas eróziós vizsgálatok esetében leggyakrabban a csapadék (Torri et al. 1999; Dijck és Asch 2002), az a tényező, amelyet a megfigyelő határoz meg és idéz elő, és általában ennek az egész folyamatra gyakorolt hatását méri.

Az alább részletezett vizsgálatok során elsődleges célom volt a vonalas erózió által lehordott talajmennyiség becslése, illetve a vonalas és a felületi rétegerózió arányának meghatározása vízgyűjtő léptékben. Tekintve, hogy ez az arány – mind térben, mind időben – folyamatosan változik, célszerűnek ítélttem egy hosszabb időintervallumban végezni a vizsgálatokat. Ezáltal az időszak egységes megítélésén túl lehetőség nyílt az időszakon belüli változások, ingadozások feltárására is.

Módszerek és mintaterület

Vizsgálataimhoz olyan mintaterületet kerestem, ahol jelentős talajerózió van, számottevő a vonalas erózió hatása és a vízgyűjtőt elhagyó hordalék mennyisége ismert. Ezen feltételeknek eleget tett a Tetves-patak vízgyűjtője (kb. 120 km²), mely a Balaton déli vízgyűjtőjének része és ahonnan megelőző kutatási eredmények is rendelkezésre álltak (Tóth és Szalai 2007).

A vízgyűjtő kifolyásánál, 1970-ben épített sankoló (feltelt 2000-ben) hordalékának vizsgálatával határoztam meg az üledék származási helyét. Az 1950-es évek óta talajainkat folyamatos radioaktív kihullás terheli. A Cézium-137 izotóp a talaj agyagásványaihoz illetve szerves komponenseihez nagyon erősen kötődik, ezért a területen – bolygatatlan körülmények között – csak a talaj felső 20 cm-es rétegében mutatható ki (Szerbin et al. 1999). A ¹³⁷Cs aktivitás mérsékelésével a sankoló hordalékmintáiban az üledék felbontható szennyezett és nem szennyezett részekre. A nem szennyezett üledék az aktuális talajszelvény 20 cm-nél mélyebb rétegeiből kell, hogy származzék, azaz valószínűsíthetően a vonalas erózió kártételének következménye. A sankolóban található hordalékot hat pontban mintáztam a sankoló teljes mélységében (80–130 cm).

2004-ben a vízgyűjtő bejárásával 140 db vonalas eróziós formát térképeztünk fel. A nyomvonalakat GPS-szel mértük és hozzájuk számszerű és nominális változókat rendeltünk (pl. keresztelvény alakja, mérete, vízmosás típusa, aktivitása, növényzete, hedcut-ok száma, terasz megléte stb.). A vízgyűjtőről készült digitális domborzatmodell, talajtérkép és a CORINE adatbázis elemzésével további jellemzőket határoztam meg (pl. Vízgyűjtőterület nagysága, talaja, lejtése, területhasználata). A vízmosások fejlődésének vizsgálatára két korábbi időpontból (1970, 1984) származó térképek, illetve légifotók digitalizálásával meghatároztam a vonalas eróziós formák pillanatnyi hosszát, illetve az eltelt idő alatti hosszváltozást. A felvett adatokat földrajzi információs rendszerbe szerveztem, majd belőlük adatbázist készítettem.

Eredmények

A sankoló 1970-től 2000-ig tartó feltöltődése során a patak 95.300 m^3 sankolóteret töltött meg hordalékkal. A feltöltődést és az átfolyó víz szűrését a sankolón belüli nagy biomassza produkció is segítette. A vizes élőhely ismeretében jó köz-elítéssel becsülhetjük a képződő szerves anyag mennyiségét (Begon et al. 1996) ami ez esetben kb. $2 \text{ kg/m}^2/\text{év}$. A sankoló nagyságának (13 ha) és a képződött szerves anyag térfogattömegének (kb. $1,0 \text{ g/cm}^3$) figyelembe vételével az eltelt 30 év biológiai feltöltődését kb. 7800 m^3 -re tehetjük, vagyis a maradék 87500 m^3 feltöltődése nagy valószínűséggel a vízgyűjtőről elragadott talaj ottani ülepedésével történt. A sankolóból vett bolygatatlan talajminták térfogattömegeinek átlaga $1,3 \text{ g/cm}^3$.

E két adat ismeretében azt mondhatjuk, hogy a vízgyűjtőről 30 év alatt kb. 113750 t talaj pusztult le. A talajlehordást éves szintre és a vízgyűjtő potenciálisan fenyegetett, mezőgazdasági területeire vetítve (kb. 4800 ha) $0,79 \text{ t/ha/év}$ érték adódik. Mivel ez az érték a fent levezetett durva becslésen alapul, messzemenő következtetések levonására nem alkalmas, nagyságrendileg azonban elfogadható. Hangsúlyoznom kell azonban, hogy ez a talajmennyiség eljutott a vízgyűjtő aljára, vagyis a viszonylag lapos völgyfenék és a patakot helyenként határoló töltések megléte ellenére biztosan belépett az élővizekbe. Ezen túlmenően a sankoló valószínűleg nem tudta teljesen megfogni a hordalékot, ezért a fenti becslés némileg alulkalkulálja a tényleges talajvesztéséget.

A sankolóban lerakódott üledék vizsgálatával az egész hordalékfogó területén vízszintes rétegzettséget mutattam ki, vagyis a hordalék nem a beömléstől való távolság szerint osztályozódik. E vízszintes rétegek mechanikai összetételének és humusztartalmának változása nem a sankolóban lejátszódó osztályozási folyamatok, hanem sokkal inkább az aktuális csapadékesemény erodáló hatása miatt következtek be. Egy bizonyos csapadékmennyiség és intenzitás alatt a vízmosások főképpen anyagszállítóként viselkednek, azaz a lepelerózió által megmozdított feltalajt továbbítják az erózióbázis felé. Ha azonban a csapadék egy bizonyos intenzitásértéket meghalad, a vízmosás maga is erodálódni kezd és nagy mennyiségű talajképző kőzetet szállít az erózióbázis felé és a sankolóba (1. ábra).



1. ábra: Fúrásrag a sankoló S2 pontjában

A vízgyűjtőt elhagyó hordalék 137-Cézium tartalmának vizsgálatával megállapítottam, hogy 1970 és 2000 között a lepusztult talaj legalább fele az eredeti talajszelvények mélyebb rétegeiből származik, vagyis a vonalas erózió hatására hagyta el a vízgyűjtőt. A szennyezett, „feltalaj” eredetű hordalék feldúsulása a sankoló felszín közeli rétegeiben arra utal, hogy a feltöltődés utolsó időszakában – kb. 1993-2000 – a lepelerozió dominálhatott, vagyis a vízmosások ekkor kevésbé aktívan fejlődtek. Összességében tehát a vizsgált területen az árkos erózióknak jelentős szerepe van (Jakab et al. 2006a, b).

A vízmosások felmérése alapján a Tetves-patak vízgyűjtőjében összesen 1.198.268 m³ talaj és üledék mozdult el a vonalas erózió hatására. Ez a mennyiség a vizsgált felszíni formák kialakulása óta eltelt időben pusztult le. Feltételezve a vízmosások hosszának növekedése és az elhordott talajmennyiség közti egyenes összefüggést elmondható, hogy a vizsgált 34 év alatt kb. 435086 m³ talaj erodálódott a vonalas erózió következményeként. A hordalék egy része a vízmosások aljánál a hordalékkúpon rakódott le, más részük a völgytalpon ülepedett le, ugyanakkor volt egy rész, amely bekerült a patakba és a sankolóban halmozódott fel.

A nyomjelzéses módszer eredményei alapján tudjuk, hogy a sankolótér mintegy fele, 43750 m³ ezalatt a 34 év alatt „altalaj” eredetű hordalékkal telt fel. Ebből az következik, hogy a Tetves-patak vízgyűjtőjén a vizsgált 34 év alatt a vízmosások által lepusztított talajmennyiség mintegy 10%-a bekerült az élővízbe (sankolóba) és elhagyta a vízgyűjtő területét. Megjegyzendő, hogy ez csak a vonalas erózió által lepusztított mennyiség. A lepelerozió ugyanekkora mértékű kárt okozott a vizsgált időszakban.

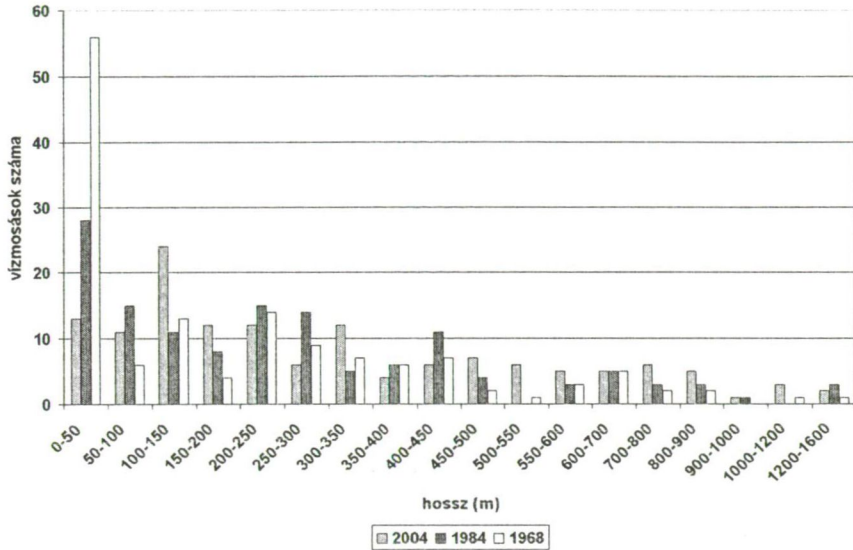
1. táblázat: A Tetves-patak vízgyűjtőjén felmért vonalas eróziós formák időbeni változása.

(Az 1984-es légifotó sorozat nem fedi le a vízgyűjtő egészét, 15 vízmosásról nincs adat. Ezek értékeit a 2004-es értékekkel helyettesíttem.)

	1970	1984*	2004
összes hossz (m)	29942	36688	47064
összes hossz (%)	64	78	100
növekedés (m / év)	173		519

Az 1. táblázatban szereplő adatok a vonalas eróziós formák összes hosszának változását mutatják az elmúlt 34 év folyamán. Ebből adódóan a közölt értékek csak átlagos tendenciát írnak le, melyben nagy szerepük van az elmúlt 34 év folyamán megjelent vízmosásoknak. A 140 vizsgált vízmosás közül 55 még nem szerepel az 1970. évi térképeken és mintegy 25 nem látható az 1984-ben készült légifotókon. Annak ellenére, hogy a hiányzó légifotók miatt 15 vízmosáshoz 1984-ben is a 2004 évi hosszúság értékeket rendeltem jól látható, hogy az időegységre vetített átlagos növekedés mértéke 1984 és 2004 között több mint kétszerese az ezt megelőző időszak (1970–1984) növekedésének. A vizsgált időszakban a területen a rendelkezésre álló meteorológiai adatok alapján (csapadékösszeg) jelentősebb tendenciózus változás nem volt. Elképzelhető, hogy az elmúlt 40 év során változás történt a heves csapadékesemények visszatérési valószínűségében, de erre nem találtam adatot. Megítélésem szerint a csapadékeloszlás esetleges változásai nem indokolhatják egészében az itt tárgyalt folyamatokat a vízmosások fejlődésében.

A hossz szerinti megoszlást az idő függvényében a 2. ábra szemlélteti. A legjelentősebb tendenciózus változás a legkisebb, azaz az 50 m alatti kategóriában látható. 1970-ben a vízmosások több mint fele ebbe a kategóriába tartozott. Ezen vízmosások egy részének aktív növekedése 1984-re az 50 m alatti kategória arányát 28%-ra, 2004-re pedig 15% alá csökkentette, a legtöbb vízmosást 2004-ben a 100–150 m közötti kategóriában találjuk. A fent említett növekedési időszakokra az ábra tanúsága szerint eltérő dinamika jellemző. Az 1984 előtti időszakban főleg az 50 m-nél rövidebb, ezzel szemben 1984 után a hosszabb vízmosások fejlődtek, különösen a 450 m-nél hosszabbak növekedése jelentős. A hosszak 1984–2004 közötti időszakban történt kétszeres mértékű növekedése annak is tulajdonítható, hogy ez a periódus 20 évet ölel fel, míg az 1970–1984 közötti csak 14 évet. A nagymértékű növekedést (1. táblázat) elsősorban a leghosszabb vízmosások okozzák.



2. ábra: A vízmosások megoszlása hosszuk szerint 2004-ben, 1984-ben és 1970-ben

A különbségek oka valószínűleg egyrészt az egyre intenzívebb művelésű mezőgazdasági táblák növekvő mérete, amely egyre nagyobb, területeken teremtett kedvező feltételeket a felszíni lefolyás koncentrálódásának (Bádonyi et al 2008), másrészt a földterületek privatizációja során a vízvezető csatorna és árokrendszerek fenntartásának megszűnte, azaz a vizek ellenőrizetlen lefutása a hegyoldalokról. Mindkét tényező önmagában is kedvez a nagyméretű vízmosások keletkezésének és fejlődésének, együttesen pedig igen komoly károkozásra képesek.

Összegzés

A Tetves-patak vízgyűjtőjén 1970 és 2004 között jellemzően nem a vízmosások száma növekedett meg, hanem az egyes vonalas eróziós formák hossza. Azaz jelentős területhasználati változások nélkül nem számíthatunk újabb vízmosások kialakulására, elsődleges cél a meglévők aktivitásának csökkentése kell, hogy legyen. A vizsgált időszak során a felületi réteg- illetve a vonalas erózió fele-fele arányban okozta a vízgyűjtőt elhagyó hordalékmennyiséget.

A 34 éven belül időszakos hangsúly eltolódások mutathatók ki e két meghatározó talajpusztulási mechanizmus között. Rövid, évszakos periódusokban változott a vonalas illetve a felületi rétegerózió dominanciája. Évtizedes léptékben a

vizsgálati eredmények alapján az 1984 és 1993 közötti időszakban volt a legjelentősebb vonalas eróziós kártétel

A vonalas eróziós formák nemcsak a hordalék forrásaként jelennek meg, hanem nagyon jelentős a szerepük a lepelerozió által megmózdított talaj nagyobb távolságra szállításában is. Ebből következőleg a vonalas erózió aktivitásának csökkentésével a lepelerozió feliszapoló hatását is érdemben lehet csökkenteni.

Felhasznált irodalom

- Bádonyi K. – Madarász B. – Kertész Á. – Csepinszky B. 2008: Talajművelési módok és a talajerozió kapcsolatának vizsgálata zalai mintaterületen. *Földrajzi Értesítő* 57/1–4. in print
- 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 Surf. Proc.* 28, 1043–1058.
- Begon M. – Harper J.L. – Townsend C.R. 1996: *Ecology*. Blackwell Science Malden, USA. 715.
- 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.
- Daba S. – Rieger W. – Strauss P. 2003: Assessment of gully erosion in eastern Ethiopia using photogrammetric techniques *Catena* 50, 273–291.
- De Vente J. – Poesen J. – Verstraeten G. – Van Rompaey A. – Govers G. 2008: Spatially distributed modelling of soil erosion and sediment yield at regional scales in Spain. *Global and Planetary Change* 60/3–4, 393–415.
- Descroix L. – Gonzalez B.J.L. – Viramontes D. – Poulenard J. – Anaya E. – Esteves M. – Estrada J. 2008: Gully and sheet erosion on subtropical mountain slopes: Their respective roles and the scale effect. *Catena* 72/3, 325–339.
- Desmet P.J.J. – Poesen 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.
- Dijk S. – Asch T.H. 2002: Compaction of loamy soils due to tractor traffic in vineyards and orchards and its effect on infiltration in southern France. *Soil and tillage research* 63, 141–153.
- Dotterweich M. – Schmitt A. – Schmidtchen G. – Bork H.R. 2003: Quantifying historical gully erosion in northern Bavaria. *Catena* 50, 135–150.
- Hessel R. – Asch T. 2003: Modelling gully erosion for a small catchment on the Chinese Loess Plateau. *Catena* 54, 131–146.
- Jakab G. – Kertész Á. – Madarász B. – Dezső Z. 2006a: A vonalas és lepelerozió arányának vizsgálata vízgyűjtő léptékben. III. Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadvány, MTA-FKI Budapest.
- Jakab G. – Kertész Á. – Dezső Z. – Madarász B. – Szalai Z. 2006b: The role of gully erosion in total soil loss at catchment scale. *Transport of Water, Chemicals and Energy in the Soil-Crop Canopy-Atmosphere System Bratislava, Proceedings CD, ISBN 80–85754–15–0*
- Jakab G. 2006: A vonalas erózió megjelenésének formái és mérésének lehetőségei. *Tájékol. Lapok* 4, 17–33.
- Kertész Á. – Centeri Cs. 2006: Soil erosion in Hungary. In: Bordman J. – Poesen J. (eds): *Soil erosion in Europe*. Wiley, England. 139–154.

- Kirkby M.J. – Bull J. – Poesen J. – Nachtergaele J. – Vandekerckhove L. 2003: Observed and modelled distributions of channel and gully heads, with examples from Spain and Belgium. *Catena* 50, 415–434.
- Lang A. – Bork H.R. – Mackel R. – Preston N. – Wunderlich J. – Dikau R. 2003: Changes in sediment flux and storage within a fluvial system: some examples from the Rhine catchment. *Hydrological Processes* 17, 3321–3334
- 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 and Tillage Research* 69, 107–115.
- Martinez-Casasnovas JA. – Ramos MC. – Poesen J. 2004. Assessment of sidewall erosion in large gullies using multi-temporal DEMs and logistic regression analysis. *Geomorphology* 58, 305–321.
- Menendez-Duarte R.. – Marquinez J. – Fernandez-Menendez S. – Santos R. 2007: Incised channels and gully erosion in Northern Iberian Peninsula: Controls and geomorphic setting *CATENA* 71/2, 267–278.
- Poesen J. – Nachtergaele J. – Verstraeten G. – Valentin C. 2003: Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena* 50, 91–133.
- Ries J.B. – Marzoff 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.
- Sidorchuk A. 1999: *Dynamic and static models of gully erosion*. *Catena* 37, 401–414.
- Souchère V. – Cerdan O. – Ludwig B. – Le Bissonnais Y. – Couturier A. – Papy F. 2003: Modelling ephemeral gully erosion in small cultivated catchments. *Catena* 50, 489–505.
- Stankoviánsky M. 2002: Historical evolution of permanent gullies in the Myjava Hill Land, Slovakia. *Catena* 72/3, 1–17
- 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.
- Szerbin P. – Koblinger-Bokori E. – Végvári I. – Ugron Á. 1999: Caesium-137 migration in Hungarian soils. *The Science of the Total Environment* 227, 215–227.
- Torri D. – Regüés D. – Pellegrini S. – Bazzoffi P. 1999: Within-storm soil surface dynamics and erosive effects of rainstorms *Catena* 38, 131–150
- Tóth A. – Szalai Z. 2007: Tájökológiai és tájtipológiai vizsgálatok a Tetves-patak vízgyűjtőjén. *Tájökológiai Lapok* 5, 131–142.
- USDA Soil Conservation Service 1992: Ephemeral gully erosion model EGEM. Ver.2.0 DOS User Manual.
- Vandekerckhove L. – Muys B. – Poesen J. – De Weerd 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.
- Vandekerckhove L. – Poesen J. – Oostwoud W.D. – Gysels G. – Beuselinck L. – Luna D.E. 2000: Characteristics and controlling factors of bank gullies in two semi-arid mediterranean environments. *Geomorphology* 33/1–2, 37–58.
- Vanwalleghem T. – van den Eeckhaut M. – Poesen J. – Deckers J. – Nachtergaele J. – van Oost K. – Sinters 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*, 1–15.
- Várallyay Gy 1999: Talajvédelem, természetvédelem. *Ökológia, környezetgazdálkodás, társadalom* 10, 33–40.
- Várallyay Gy. 2001: A talaj vízgazdálkodása és a környezet. *Magyar tudomány* 46/7, 799–815.
- Yongqiu W. – Cheng H. 2005: Monitoring of gully erosion on the Loess Plateau of China using a global positioning system. *Catena* 63/3, 154–166.