

Kitka Gergely¹ – Dr. Farsang Andrea² – Dr. Barta Károly³

Talajeróziós scenáriók a kisvízgyűjtők tájhasználati tervezésében

1. Bevezetés

A talajtakaró kialakulásának természetes dinamikájának, igen sérülékeny egyensúlyának megbomlását a rendszeres mezőgazdasági művelés hozta magával (THYLL SZ. 1992; KERÉNYI A. 1991). Globális szinten évente 20 milliárd tonnára becsülik a termőföldekről lepusztuló talajmennyiséget, az ebből származó terménycsökkenést 20 millió tonnára, a teljes termelés 1%-ára (DOWDESWELL, E. 1998). A talajmennyiség csökkenése komoly minőségi romlást okoz a területeken, mivel a távozó talajban lévő humusz és tápanyag is elhordódik. Ha ezt a romlási ütemet nem lesz képes az emberiség lelassítani és kezelni, akkor az a talaj végleges, visszafordíthatatlan pusztulásához és ezen keresztül globális krízishez vezethet.

A talajeróziós folyamatok következményeinek „orvosolása” a kisvízgyűjtőkön (10–15 km²) kezdődik. Lokális problémaként kezelve megoldható hosszabb távon a globális helyzet is. Munkánk fő célkitűzése, hogy egy kisvízgyűjtőn optimálisan alkalmazható talajeróziós modell segítségével becsüljük a jelen területhasználat melletti eróziós folyamatok sebességét, valamint ennek segítségével javaslatot tegyünk egy olyan területhasználatra, amely talajvédelmi elemeket, prioritásokat tartalmaz.

2. A vízgyűjtő-szintű eróziómodellezés nemzetközi és hazai fejlődése

A talajeróziós modellek úttörőjének számító USLE (Universal Soil Loss Equation – WISCHMEIER, W. H. – SMITH, D. D. 1978), majd ennek továbbfejlesztésével kapott korai modellek (MUSLE, RUSLE, dUSLE – RENARD, K. G. et al. 1991; FLACKE, W. et al. 1990) még csak egy-egy parcella eróziós rátáját tudták megadni. Az első vízgyűjtő szinten is használható modell a szintén USLE alapokon nyugvó CREAMS (Chemical Runoff and Erosion from Agricultural Management System – KNISEL, W. G. 1980), mely a lefolyáson és a talajvesztésen túlmenően a legfontosabb tápanyagok mozgását is képes nyomon követni. Ezt követték az ANSWER (Areal Non-Point Source Watershed Environmental Response Simulation – BEASLEY, D. B. et al. 1980), az AGNPS (Agricultural Non-Point Source Pollution Model – YOUNG, R. A. et al. 1994), az EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator – RICHTER, G. – MEZŐSI, G. 1990; HUSZÁR T. 1999; KERTÉSZ, Á. et al. 1997, 2000), a WEPP (Water Erosion Prediction Project – LANE, L. J. – NEARING, M. A. 1989) és a GeoWEPP (RENSCHLER, C. S. et al. 2002) modellek. Ezek közül az 1985-ben megalkotott AGNPS a legkorábbi olyan modell, amelyet csak vízgyűjtőkre fejlesztettek ki. Ezzel kezdetét vette a talajeróziós modellezésnek azon korszaka, amely az utóbbi években számos olyan térinformatikai szoftverrel támogatott modell megalkotását eredményezte, amelyeket már csak a kalibrálás és a validálás során alkalmazunk lejtőprofilokra, illetve parcellákra, de alapvető funkciójuk a kisebb-nagyobb mezőgazdasági hasznosítású vízgyűjtők (10–20 km²) eróziós viszonyainak a komplex jellemzése, illetve a területhasználat optimalizálása (SWAT –

¹ *Kitka Gergely Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged*

² *Dr. Farsang Andrea Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged*
E-mail: andi@earth.geo.u-szeged.hu

³ *Dr. Barta Károly Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged*
E-mail: barta@earth.geo.u-szeged.hu

NEITSCH, S. L. ET AL. 2001; KINEROS – MORGAN, R. P. C. et al. 1998; LISEM – DE ROO, A. P. J. ET AL. 1995; EROSION3D – SCHMIDT, J. 1998; SCHMIDT, J. ET AL. 1999 stb.).

Magyarországon a vízgyűjtőszintű eróziómodellezés korai meghonosodását a nagyobb tavaink környezeti problémái (feliszapolódás, eutrofizáció) szinte kikényszerítették (DEZSÉNY Z. – LENDVAI Z. 1986). Nem véletlen tehát, hogy a hazai kutatások döntő többségének tárgya még ma is a Balaton és a Velencei-tó valamely részvízgyűjtője, bár akadnak kivételek is (MEZŐSI, G. et al. 1993; MEZŐSI G. – DORMÁNY G. 1997). A Balaton részvízgyűjtői közül az Örvényesi-Séden az EPIC (HUSZÁR T. 1998), a Tetves-patakon a MEDRUSH (KERTÉSZ, Á. et al. 1997; TÓTH A. et al. 2001; JAKAB G. et al. 2005), a Burnót-patakon (Káli-medence) pedig a WATEM/SEDEM modellt alkalmazták (DESSEL, W. V. et al. 2008).

A Velencei-tó vízgyűjtőjéről is számos eróziós tanulmány látott már napvilágot (VERŐNÉ W. M. 1996; BARTA, K. et al. 2000; CSATÓ SZ. et al. 2000; KERTÉSZ, Á. et al. 2000; KITKA, G. et al. 2006). Ezek a vizsgálatok döntően a tó vízgyűjtőjének keleti felén található Pázmánd környéki szántóföldi és szőlőművelés alatt álló mezőgazdasági részvízgyűjtőkre koncentrálnak (Vereb-Pázmándi vízfolyás, Cibulka-patak). Jelen kutatásainkat is ezen a területen folytattuk.

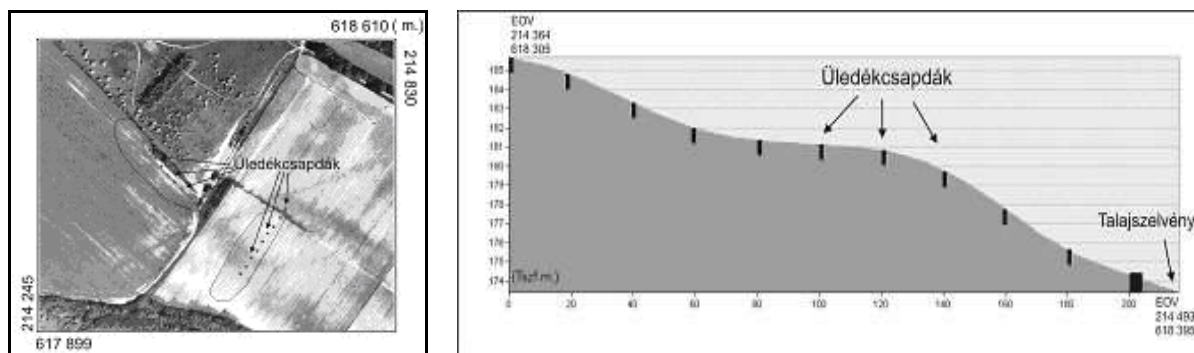
3. A mintaterület bemutatása

Kutatási területünk a Velencei-tó vízgyűjtő területéhez tartozó Vereb-Pázmándi vízfolyás egy részvízgyűjtője, a 14 km² nagyságú Cibulka-patak vízgyűjtő. A vízgyűjtőt mind közzetanalag, mind talajtanilag, mind területhasználat szempontjából nagy inhomogenitás jellemzi. A térségben előfordulnak gránit és andezit térszínek, amelyeken elsősorban Raman-féle barnaföldet, közethatású és váztalajokat találunk, ahol a természetes tölgyesek mellett akácok és legelők vannak. A löszös területeken közepesen erodált csernozjom barna erdőtalajokat, erdőmaradványos csernozjomokat és mészlepedékes csernozjomokat találunk. A lösz alapú talajokon intenzív szántóföldi művelés jellemző. Kisebb foltokban jelenik meg a réti csernozjom, valamint az erózió bizonyítékeként a lejtőhordalék talaj. A fizikai talajtípusok homokos vályogtól az agyagos vályogig terjednek. A feltalaj kémhatása semleges, a pH 7,2–8,5 közötti. A terület éghajlata mérsékelt hűvös-száraz. Az évi középhőmérséklet 9,5–9,8 °C, az éves csapadékmennyiség 550–600 mm, melynek 50–55%-a a nyári félévben hull (FARSANG A. et al. 2006; CSATÓ SZ. et al. 2000; ÁDÁM L. et al. 1988).

A vízgyűjtő intenzív mezőgazdasági művelés alatt áll. A parcellák mérete igen különböző, mivel a szőlőtermelés és a szántóföldi művelés egy része nagyüzemi keretek között történik az AGROMARK 2000 Rt. és az EDECK Kft. tulajdonában. A kisebb parcellák magántulajdonban vannak. A területen legelők és gyümölcsöskertek találhatóak még.

A modell kalibrációhoz szükséges üledékcsapdás mérések számára két olyan részvízgyűjtőt (1. és 2. sz.) jelöltünk ki a Cibulka-vízgyűjtőn belül (1. ábra), amelyek minden szempontból jól reprezentálják az egész vízgyűjtő legjellemzőbb tulajdonságait. Az 1. sz. terület egy szántón helyezkedik el, a 2. sz. pedig egy szőlőültetvényen kijelölt részvízgyűjtő.

A szántó mintaterület átlagos lejtése 2,35°, kitettsége főleg D-i, DNy-i, területe 1,2 ha. A szőlő mintaterület átlagos lejtése 4,07°, a legnagyobb szintkülönbség 16 m, kitettsége K-i, ÉK-i, területe 1,02 ha.



1. ábra. A két mintaterület térképe és a szőlőterület hosszszelvénye a kihelyezett üledécsapdákkal

4. Vizsgálati módszerek

A vízgyűjtőterület és a mintaparcellák feltalajának részletes mintázását és a minták laboratóriumi elemzését 2001–2006 között végeztük. A vízgyűjtő talajának mintázása 2001-ben 32 ponton átlagminta képzésével a talaj felső 10 cm-éből történt. A vizsgálatba vont talajtulajdonságok az alábbiak: pH (H_2O , KCl), K_a , $CaCO_3$, humusztartalom, szemeloszlás, talajnedvesség, térfogattömeg.

A talajerózió becsléséhez a Németországban kifejlesztett fizikai alapú modellt, az EROSION 3D-t (WERNER, V. M. 1995) használtuk, amely a felszíni lefolyás alapján 10×10 m-es felbontásban az egész vízgyűjtőre képes becsülni az egy csapadékesemény során távozó hordalék mennyiségét. Az E3D a becslést a csapadékadatok, a domborzatmodell (DDM), a területhasználat és a fizikai talajtípus alapján meghatározott talajparaméterek segítségével végzi el, amelyet a DDM minden egyes 10×10 m-es cellájára megad nettó erózió (érkező és távozó anyag különbsége (kg/m^2)) és a távozó talajmennyiség (kg/m^2) formájában. A modell GIS környezetben működik ezért a bemeneti adatokat ArcView és ArcGIS szoftverekkel dolgoztuk fel. A talajadatok egy részét a Fejér Megyei NTSZ térképeinek és kartogramjainak, másik részét a terepi és labormérésekből határoztuk meg. A területhasználati térképeket terepbejárások, légifelvételek, topográfiai térképek feldolgozásából állítottuk elő minden egyes évre. A digitalizált (vektoros, illetve pont) adatokat a DDM felbontásával azonos kiterjedésű és felbontású griddé konvertáltuk, hogy pontosan fedjék egymást. Saját mért csapadékadatokkal 2004-től rendelkezünk, a 2004 előtti adatokat az illetékes Vízügyi Igazgatóságtól szereztük be.

A kalibráció során kihelyezett üledécsapdákból begyűjtött mintákkal hasonlítottuk össze az eróziót a két mintaterületen, három csapadékeseményre futtatva a modellt. Az egyik esemény tekintetében 10% alatti pontossággal sikerült a szimuláció. A másik két eredménynél jóval nagyobb eltérést tapasztaltunk. A kalibráció első lépésenként meghatároztuk a modell érzékeny bemeneti paramétereit egy érzékenységi teszt segítségével. A kalibráció során a 3 érzékeny paraméter függvényében sikerült meghatározni a csapadékeseményekre a megfelelő korrekciós faktorokat. A kialakított korrekciók a validálás során alkalmazhatónak bizonyultak, mivel maximum 40%-os eltérést adtak a modellszámítások a mért értékekhez képest.

A kalibrált modellt használtuk fel a vízgyűjtő jelenlegi területhasználatánál egy optimálisabb területhasználat kidolgozásához.

A modellezés első lépéseként létrehoztunk egy, a Cibulka-vízgyűjtőre vonatkozó háttéradatbázist, amelyet a terepi mérések, illetve a terepi mintavételezések laboratóriumi feldolgozási eredményeinek a számítógépes feldolgozásából alakítottunk ki. Ezeket egészíti ki a légifotókról és az 1:10 000-es topográfiai szelvényekről származó adatok, illetve az egyéb

forrásokból felkutatott, elsősorban területhasználatra vonatkozó információk. Az adatbázis 1987-től 2007-ig parcella szinten a talajtípus és a talaj mechanikai összetétele alapján megadja a talajra vonatkozó adatokat, az adott parcellán éves bontásban a termesztett növényfajt és a termelés módját. Az adatbázis egyik legfontosabb részét képezik a csapadékadatok, melyek a szimulációk időbeli kereteit adják. Ezen adatokat csak 1998–2007 közötti időszakra sikerült beszerezni, illetve mérni. A csapadékesemények közül csak a 3 mm/h-nál nagyobb intenzitású esőket vettük figyelembe. Az adatbázis térbeli korlátait a DDM 10 méteres felbontása jelentette.

A modellezéseknél scenáriókat alkalmaztunk. Egy scenárión belül általában valamilyen prioritást érdemes meghatározni, ami az egész szimulációt meghatározza. A prioritás meghatároz egy célállapotot, amit a szimulációk során el kell érni. Természetesen egy ilyen modellezés során csak kalibrált modellel lehet olyan eredményt elérni, amivel a valóságot minél jobban meg tudjuk közelíteni.

A modellezés során kidolgoztunk egy több lépésből álló szimulációt, amely során a Cibulka-vízgyűjtő területhasználatának a megváltoztatásával egy optimálisabb állapotot kívántunk elérni. Első lépésként meghatároztuk, hogy az eredeti területhasználat milyen eróziós mutatókat produkál. A kimeneti adatok közül a nettó eróziót (t/ha) és a lehordódott üledéktömeget (kg) emeltük ki, mint indexeket. Ezek jelentették a kiindulási állapotot. A további scenáriók eredményeit ehhez az állapothoz viszonyítottuk. A modellezés során minden lépcsőnél, scenáriónál kiemeltünk egy elsődleges célt. Az adott scenárión belül ennek rendeltük alá területhasználatban végrehajtott változtatásokat:

1. Scenárió: Eredeti területhasználat 1998–2007. Ez a scenárió szolgáltatja az alapállapotot, részletes felméréseken alapszik.
2. Scenárió „Legrosszabb eset”: a legnagyobb eróziós értékeket eredményező növényfaj (kukorica) termesztése esetén.
3. Scenárió „Nagyüzemi termelés”: 1998–2007 között az 1998-as területhasználatot szimuláltuk.
4. Scenárió: 1998–2007 között a 2000–2005-ös területhasználatot szimuláltuk.
5. Scenárió „Jelenlegi helyzet”: 1987–2007 között a 2005–2007-es területhasználatot szimuláltuk.

Vízvédelmi és talajvédelmi funkciókat figyelembe véve alakítottuk a területhasználatot, az elsődleges cél az erózió csökkentése volt.

Minden időszakaszban kiválasztottunk egy reprezentatív csapadékeseményt, amelynek szimulációs eredményeit összehasonlítva jól nyomonkövethető, hogy a területhasználatban eszközölt változtatások, milyen mértékben befolyásolják az eróziós rátát. Az 1. táblázat tartalmazza a reprezentatív csapadékesemények legfontosabb adatait.

1. táblázat. A 3 időszak reprezentatív csapadékeseményeinek adatai

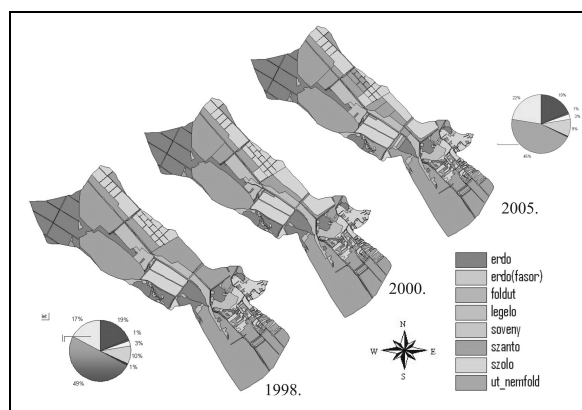
	Csapadékösszeg (mm)	Időtartam (perc)	Átl. intenzitás (mm/óra)	Max. intenzitás (mm/óra)
1999.07.12	53,2	160	20	63,6
2002.07.18	33,6	180	11,2	51
2006.07.09	19,3	20	57,9	76,2

5. Eredmények

Az adatbázisban feldolgozott adatok alapján a területhasználatot 3 szakaszra különítettük el az 1. scenárióban:

1998–2000 közötti szakasz: a 2000-es légifelvételzés előtt csak a topográfiai 1:10 000-es térképszelvények álltak rendelkezésünkre, ezért 1998-tól 2000-ig ez adta az alapját a területhasználatnak. Ezt az időszakot a nagyüzemi termelés jellemzi. Ez jól látszik a parcellák méretén is (2. ábra). A terület nagy részét szántók (43%) foglalták el, amelyek nagyobb részben az Agromark 2000 Rt. tulajdonát képezték. Ezeken elsősorban búzát, kukoricát, takarmánynövényeket termesztettek. A második legnagyobb területet a szőlőültetvények (22%) foglalják el. Az időszakon belül 13 eróziót okozó csapadékesemény volt. Az összerózió 20 791 kg, az átlag nettó erózió 7,89 t/ha.

A 2000–2005 közötti időszak modellezése elsősorban a két időpontban készült légifelvételek kiértékelésén és a terepi bejárások során elvégzett felmérések eredményeképpen módosított területhasználaton alapszik (2. ábra). Az időszak egyik fontos momentuma, hogy növekedett a szőlőültetvények területe kb. 3–4%-kal. Ezt ellensúlyozta a legelőterületek 5%-os növekedése, amíg a szántóterületek csökkentek 2%-kal. Igazán nagy változások a területen a parcellák tulajdonosváltásában volt, ami a parcellák méretének csökkenésében nyilvánult meg. Az 1998–2000 közötti szakaszban 322 parcellára volt felosztva a terület, míg ebben a szakaszban már 385 parcellával számoltunk. Ez elsősorban a szőlő és kertek aprózódását jelenti, de a nagyobb egykori TSZ szántóparcellák is darabolódtak. Az 5 évet felölelő időszakban 17 számottevő eróziót okozó csapadékesemény volt. 3779 kg a lehordódott üledék, az átlag nettó erózió 8,17 t/ha.



2. ábra. A területhasználat változás

A 2005–2007 közötti időszak területhasználata a 2005-ben készült légifelvétel kiértékelésén és a terepi bejárások során felmért változások aktualizálásán alapszik (2. ábra). A területhasználat változása kismértékű volt. Tovább csökkentek a parcellák méretei. Ami lényeges változás, hogy a szántóterületek visszaálltak eredeti 44%-os részesedésükre. A szőlő 4%-kal csökkent az előző szakaszhoz képest, de a szőlőültetvények helyét elfoglalták a gyümölcsöskertek.

Az összesen elhordódott talajtömeg 4542 kg. Az átlagos nettó erózió 2,87 t/ha 2 évre vetítve.

Erozív csapadékesemények mind a három szakaszban a kora nyári időszakban fordultak elő. Az 1. scenárió szimulálása során 9 év alatt a vízgyűjtőről távozott talajmenyiség összesen 29 035 kg volt, ez éves szinten 3226 kg-os átlag. A vízgyűjtőn belül az átlag nettó erózió 2,1 t/ha/év (2. táblázat).

Az 1. scenárió alapján kiemeltük a vízgyűjtőn belül az úgynevezett veszélyeztetett területeket. Ezek azok a parcellák amelyek a legnagyobb eróziós rátát produkálták. A további scenáriókban a 3 szakasz területhasználatát szimuláltuk a teljes 9 éves időszakra. A legkedvezőbb eróziós eredményt hozó területhasználatot vettük alapul egy optimálisabb területhasználat kidolgozásához. A scenáriók szimulációs eredményeit az 1. táblázat mutatja. A scenáriók szimulációs eredményeit az egész 2. táblázat mutatja.

2. táblázat. Az öt scenárió végeredménye

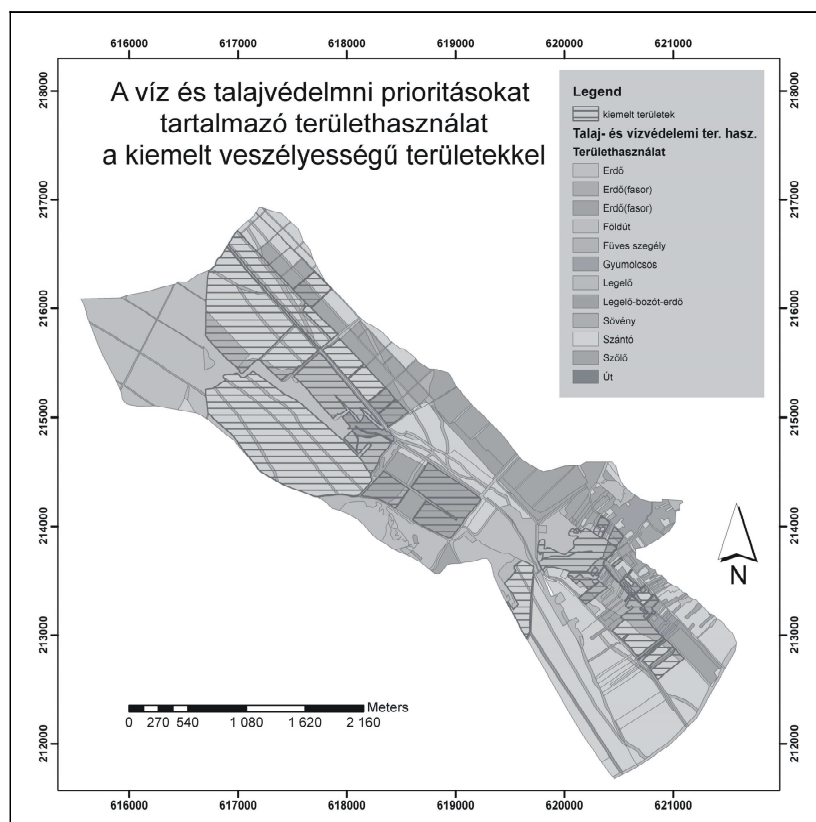
	Kilépő üledéktömeg (kg)	Átlag nettó erózió (t/ha/év)
1. scenárió (történeti területhasználat)	29 035	13,2
2. scenárió (legrosszabb eset)	646 702	296
3. scenárió (1998–2000. ter.haszn.)	47 480	21,7
4. scenárió (2000–2005. ter.haszn.)	18 631	8,42
5. scenárió (2005–2007. ter.haszn.)	18 631	8,42

A 6. scenárióban talajvédelmi és vízvédelmi prioritásokat építettünk be (156/2004. (X. 27.) és 4/2004. (I. 23.) FVM rendeletek). Az előző scenáriók szimulációja alapján lehatároltuk az erózió által leginkább veszélyeztetett területeket. Ezek elsősorban a nagy kiterjedésű szántó- illetve szőlőparcellák, valamint az olyan művelés alatt álló parcellák, amelyek lejtése nagy, (4°) és nincs ami megfogja a csapadékvizet. Ezek alapján kiemeltük a 4° -nál nagyobb lejtésű területeket, és az érintett parcellákat talajfogó füves sávokkal láttuk el. Az összes nagy szántó- és szőlőparcella alsó részét füves-bozótos résszel bővítettük. A parcellák területére beiktatott sávok lerövidítik a lehordódó talaj útját, csökkentve a lefolyó víz sebességét, ezáltal a szállítási kapacitását is. A kilépő talajtömeget a parcella szélére telepített sávok fogják meg. A gerincekre és a nagy területű parcellák legfelső részére erdőt helyeztünk, így csökkentve a lefolyó víz mennyiségét, illetve talajromboló hatását. A vízvédelem szempontjából lényeges, hogy a szántóföldi művelés során a tápanyag utánpótlására felhasznált műtrágyákból minél kevesebb érje el a felszíni vízfolyásokat. Ha ezt sikerül megvalósítani, akkor a felszíni víztestek kémiai és ökológiai állapotának javulását is elősegítjük. A felszíni vizeket a művelés alá vont területektől egy védősávval, zónával kell elválasztani, hogy az érkező felszíni vízfolyásokat és üledéket mintegy szűrőként funkcionálva előtisztítsa. A területre a völgyhálózat alapján a fő völgyek talpvonalában a fő lefolyás irányában bufferzónát jelöltünk ki minden oldalról 10 méter szélességben. A bufferzónákat egyesítettük a lejtőkategória és a kiemelt területek alapján készített térképpel. Ez a végeredmény már tartalmazza a vízvédelem és a talajvédelem prioritásait. A változtatások a terület 15%-át érintették, amelynek nagy része a termelésből lett kivonva (3. ábra).

Ha összehasonlítjuk a scenáriókban a 3 szakasz reprezentatív csapadékeseményeinek a szimulációs eredményeit, akkor jól látszik, hogy a beépített talaj- és vízvédelmi funkciók hatására csökkent az extrém csapadékesemények hatására lehordódó talajtömeg mennyisége az egész vízgyűjtőn belül (3. táblázat).

3. táblázat. A hat scenárió 3 időszakának legnagyobb eróziót okozó csapadékeseményeinek szimulációs eredményei a Cibulka-vízgyűjtő kilépési pontján (EOV X: 620880; Y:211935)

	Nettó erózió (kg) 1999.07.12.	Nettó erózió (kg) 2002.07.18.	Nettó erózió (kg) 2006.07.09.
1. scenárió	8804	1519	3525
2. scenárió	178 748 (737, 9 t/ha)	49 614 (205,0 t/ha)	51 099 (211,2 t/ha)
3. scenárió	8804	3585	3525
4. scenárió	3870	1519	1534
5. scenárió	3870	1519	1534
6. scenárió	3869	1519	1534



3. ábra. Az optimális területhasználat a kiemelt veszélyességű területekkel

6. Összegzés

Az eróziómodellezés a modellek fejlesztése során a lejtő, illetve parcella szintű felbontástól eljutott a vízgyűjtő-szintű modellezésig, amelynél a talajeróziót kiváltó és befolyásoló tényezők térben modellezhetőek.

A vízgyűjtő méretarányban történő modellezésnél a Németországban kifejlesztett és alkalmazott Erosion 3D talajerózió becslő modell a fizikai alapú egyesemenyes modellek közé tartozik. Működési elvének az alapja, hogy a talajerózió a talajfelszínre ható exogén erők és talajra jellemző ellenálló képesség viszonyából levezethető. A modell térbeli, ezért a területhasználat módosításával szimulálható egy adott állapotnál optimálisabb területhasználat, amelynek indexe a talajerózió. Több csapadékesemény egymás utáni futtatásával, illetve a területhasználat változtatásával időintervallumokra kialakított scenáriók formájában modellezhetjük egy kis vízgyűjtő eróziós viszonyait.

Mintaterületnek a Velencei-hegység DK-i részén elhelyezkedő 14 km²-es területű Cibulka-vízgyűjtőt választottuk. A kiválasztott területre terepi felmérésekkel, légifotók és térképek segítségével rekonstruáltuk az elmúlt 17 év területhasználatát. A területünkre kalibrált modellel 6 lépésben szimuláltuk, hogy az eredeti területhasználatról hogyan lehet egy optimálisabb területhasználati jelleg felé közelíteni. A modellezés során kiemeltük a vízgyűjtő erózióknak leginkább kitett területeit, ahol a víz- és talajvédelmi funkciók fokozottan beépítésre kerültek. A víz- és talajvédelmi prioritásoknak köszönhetően a vízgyűjtőről 9 év alatt távozó üledékmennyiség 29 035 kg-ról 17 363 kg-ra csökkent. Az eróziós ráta 13,2 t/ha/évről 8,1 t/ha/év-re módosult. A legnagyobb csökkenés elsősorban a kiemelt területeknél volt a legfeltűnőbb.

A kutatás mérései az OTKA F 37552 ny. sz. kutatási program támogatásával készültek. Köszönet az EDECK Kft. (Etyek) és az Agromark 2000 Rt. (Pázmánd) vezetőségének, amiért eróziós kísérleteinkhez a területeik használatát engedélyezték.

Irodalom

- ÁDÁM L. – MAROSI S. – SZILÁRD J. szerk. (1988) A Dunántúli-középhegység, B). Regionális tájföldrajz. Akadémiai Kiadó, Budapest
- BARTA K. – FARSANG A. (2000) The effect of structural changes in agriculture on soil degradation processes (case study in Hungary) – In: Abstracts Book. Man and Soil at the Third Millennium. 28 March–1 April, 2000, Valencia, p. 63.
- BEASLEY, D. B. – HUGGINS, L. F. – MONKE, E. J. (1980) ANSWERS: A model for watershed planning. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 23, pp. 938–944.
- CSATÓ SZ. – BARTA K. – FARSANG A. (2000) Az elmúlt 20 év tájhasználati változásai és azok hatásai velencei-hegységi mintaterületen – In: Fülek Gy. (szerk.) A táj változásai a Kárpát-medencében a történelmi események hatására. Budapest-Gödöllő, pp. 222–227.
- DESSEL, W. V. – ROMPAEY, A. V. – POELMANS, L. – SZILASSI, P. (2008) Predicting land cover changes and their impact on the sediment influx in the Lake Balaton catchment. Landscape Ecology, 23, pp. 645–656.
- DEZSÉNY Z. – LENDVAI Z. (1986) A Zala vízgyűjtőjének eróziós viszonyai és hatásuk a felszíni vizek minőségére. Agrokémia és Talajtan, 35/3–4. pp. 363–382.
- DE ROO, A. P. J. – VAN DIJK, P. M. – RITSEMA, C. J. – OFFERSMAN, R. J. E. – CREMERES, N. H. D. T. – KWAAD, F. J. P. M. – STOLTE, J. (1995) Soil Erosion Normalisation Project South Limburg, The Netherlands (in Dutch). Winand Staring Centre, Wageningen, Report 364.1:234.
- DOWDESWELL, E. (1998) Extent and Impacts of Soil Degradation on Worldwide Scale. XIV–XV. – In: Blume, H. P. – Eger, H. – Fleischauer, E. (Eds.) Towards Sustainable Land Use. Furthering Cooperation Between People and Institutions. Selected papers of the 9th Conference of the ISCO, Catena Verlag Reiskirchen, Germany, pp. 44–53.
- FARSANG A. – KITKA G. – BARTA K. (2006) Talajerózió és foszforátrendeződési folyamatok térképezése kisvízgyűjtőn. Talajvédelem különszám, Talajvédelmi Alapítvány Kiadó, pp. 170–184.
- FLACKE, W. – AUERSWALD, K. – NEUFANG, L. (1990) Combining a Modified USLE with a Digital Terrain Model for computing high resolution maps of soil loss resulting from rain wash. Catena, 17, pp. 383–397.
- HUSZÁR T. (1998) A talajerózió térképezése magyarországi mintaterületeken térinformatikai módszerekkel. PhD értekezés tézisei, Budapest
- HUSZÁR T. (1999) Talajerózió-becslés az EPIC-ERÓTÓP módszerrel. Földrajzi Értesítő, 48/1–2. pp. 189–198.
- JAKAB G. – SZALAI Z. (2005) Barnaföld erózióérzékenysége vizsgálat a Tetves-patak vízgyűjtőjén. Tájökológiai Lapok, 3/1. pp. 177–189.
- KERÉNYI A. (1991) Talajerózió. Akadémiai Kiadó, Budapest
- KERTÉSZ, Á. – HUSZÁR, T. – TÓTH, A. (2000) Soil Erosion Assessment and Modelling – In: Kertész Á. et al. (Eds.) Physicogeographical Research in Hungary Studies in Geographical Research Inst. Budapest, pp. 63–74.
- KERTÉSZ, Á. – RICHTER, G. – SCHMIDT, G. – BRAUNSCHWEIG, W. – HUSZÁR, T. – LÓCZY, D. – SCHAFER, A. – MÁRKUS, B. – VARGA, V. – HENZLER, B. (1997) The Balaton Project. ESSC Newsletter 2–3, Bedford
- KITKA, G. – FARSANG, A. – BARTA, K. (2006) Erosion modelling with E3D to serve of watershed management in the Velence Mountains. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Band. 108. pp. 67–68.
- KNISEL, W. G. (1980) CREAMS: a field scale model for chemicals, runoff and erosion from agricultural management system. USDA Conservation Research Report 26.
- LANE, L. J. – NEARING, M. A. (1989) USDA – Water Erosion Prediction Project (WEPP): hillslope profile version. Profile model documentation. NSERL Report 2. West Lafayette, USDA-ARS
- MEZŐSI, G. – BÁRÁNY-KEVEL, I. – MUCSI, L. – BALOGH, I. (1993) First results of GIS based geoeological mapping. Acta Geographica Szegediensis, 31, Szeged, pp. 71–82.
- MEZŐSI G. – DORMÁNY G. (1997) Talajerózió modellezése mátrai mintaterületen. Hazai térinformatikai példatár-CD-ROM, Budapest
- MORGAN, R. P. C. – QUINTON, J. N. – SMITH, R. E. – GOVERS, G. – POESEN, J. W. A. – AUERSWALD, K. – CHISCI, G. – TORRI, D. – STYCZEN, M. E. (1998) The European Soil Erosion Modell (EUROSEM): a Dinamic

- Approach for Predicting Sediment Transport from Fields and Small Catchments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23, pp. 527–544.
- NEITSCH, S. L. – ARNOLD, J. G. – KINIRY, J. R. – WILLIAMS, J. R. (2001) Soil and Water Assessment Tool User's Manual, Version 2000. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Temple, TX. (<http://www.epa.gov/waterscience/basin/basinsv3.htm>)
- RENARD, K. G. – FOSTER, G. R. – WEESIES, G. A. – PORTER, J. P. (1991) RUSLE – Revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 46, pp. 30–33.
- RENSCHLER, C. S. – FLANAGAN, D. C. – ENGEL, B. A. – FRANKENBERGER, J. R. – COCHRANE, T. A. – VINING, R. C. (2002) GeoWEPP – The Geo-spatial interface for the Water Erosion Prediction Project (WEPP). 4 December 2002 (<http://www.geog.buffalo.edu/~rensch/geowepp>)
- RICHTER, G. – MEZŐSI G. (1990) Bodenerosion, Winderosion und Bodenfruchtbarkeit – eine quantitative Näherung mit EPIC Model. *ACTA Geographica Szegediensis*, 28–30, Szeged, pp. 67–81.
- SCHMIDT, J. (1998) Modellbildung und Prognose zur Wassererosion – In: Richter, G. (ed.) *Bodenerosion*, pp. 137–151.
- SCHMIDT, J. – WERNER, M. V. – MICHAEL, A. (1999) Application of the EROSION 3D model to the CATSOP watershed, The Netherlands. *Catena*, 37, pp. 449–456.
- THYLL Sz. szerk. (1992) *Talajvédelem és vízrendezés dombvidéken*. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- TÓTH A. – SZALAI Z. – JAKAB G. – KERTÉSZ Á. – BÁDONI K. – MÉSZÁROS E. (2001) Talajpusztulás modellezése a MEDRUSH modell alkalmazásával. *Földrajzi Értesítő*, 49, 1–4. pp. 127–136.
- YOUNG, R. A. – ONSTAD, C. A. – BOSCH, D. D. – ANDERSON, W. P. (1994) *Agricultural Non-Point-Source Pollution Model (AGNPS). User's Guide (Version 4.03)*. USDA, Agricultural Research Service, Washington
- VERŐNÉ W. M. (1996) Távérzékelés alkalmazása talajerózió becslésében pázmándi mintaterületen. *Agrokémia és Talajtan*, 45/1–2. pp. 31–41.
- WISCHMEIER, W. H. – SMITH, D. D. (1978) Predicting Rainfall Erosion Losses. *Agricultural Research Service Handbook No. 282*. United States Department of Agriculture, Washington. p. 58.
- WERNER V. M. (1995) GIS-orientierte Methoden der digitalen Reliefanalyse zur Modellierung von Bodenerosion in kleinen Einzugsgebieten. Dissertation am Fachbereich Geowissenschaften der Freien Universität Berlin, Berlin
- 156/2004. (X. 27.) FVM rendelet: Helyes Mezőgazdasági és Környezeti Állapot, Helyes Gazdálkodási Gyakorlat 4/2004. (I. 23.) FVM rendelet: Az egyszerűsített területalapú támogatások és a vidékfejlesztési támogatások igényléséhez teljesítendő "Helyes Mezőgazdasági és Környezeti Állapot", illetve a "Helyes Gazdálkodási Gyakorlat" feltételrendszerének meghatározásáról. 1. sz. melléklet.