

## A TALAJERÓZIÓ SZEREPE A TALAJ FOSZFORHÁZTARTÁSÁBAN<sup>19</sup>

FARSANG ANDREA<sup>20</sup> – KITKA GERGELY – BARTA KÁROLY

### THE ROLE OF EROSION IN SOIL PHOSPHORUS CYCLE

**Abstract:** On sloping arable lands, it is essential to be precise in the use of fertilization, as the movement, and thus loss, of nutrients due to soil erosion is not only useless, but it also greatly contributes to erosion base eutrophication in the area. In our work, we trailed the erosion-caused spatial redistribution of phosphorus in the sub-soils of a 14 km<sup>2</sup> study area within the drainage basin of Lake Velence. On a micro-scale, on two slopes of a vineyard, we measured element redistribution due to rainfall with sediment collectors.

We calculated the enrichment ratio as a quotient of the concentration measured in the subsoil with that in the sediment. On a meso-scale, we determined the amount of soil moving in the study area with the soil erosion model, Erosion 3D, and, after that, we calculated the erosional losses of phosphorus with the help of the initial phosphorus content maps and element ratios. The method can help in area planning and our results may contribute to optimal land use and the introduction of precision agriculture in Hungary.

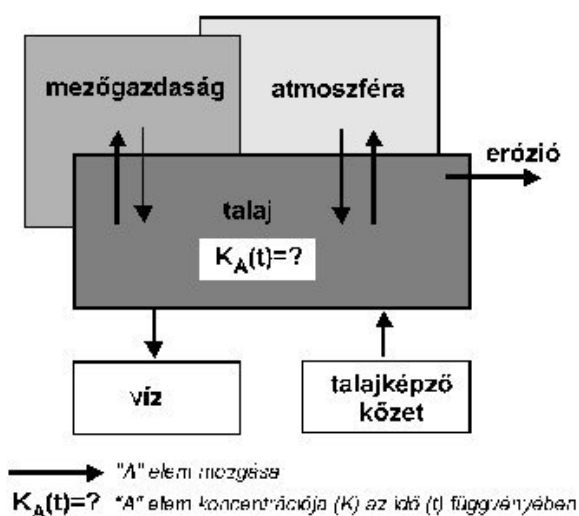
### BEVEZETÉS

A talaj makro- és mikroelem forgalmát mezőgazdaságilag művelt területen számos tényező befolyásolja (*I. ábra*). A természetes és antropogén légköri és talajképző kőzet eredetű forrásokon túl jelentős bevételi forrást jelent a mezőgazdasági művelés eredményességét célzó tápanyag utánpótlás, valamint a különböző növényvédő szerek alkalmazása. A tápanyag tőke csökkenése elsősorban a termesztett növények tápanyag kivétele, valamint a kilúgozási folyamatok révén következik be. Az intenzív talajművelésnek és nem megfelelő agrotechnikának köszönhetően azonban a talajok tápanyag mérlegében egyre jelentősebb komponens a horizontális elmozdulás. Ez a lejtős területeken az erózióval, míg síksági területeken a kora tavaszi növényborítás mentes időszakban a defláció általi elhordással történik. Becslések szerint hazánk lejtős területeiről víz által lehordott humuszos feltalaj évi átlagban mintegy 80-110 millió m<sup>3</sup>, az ezáltal bekövetkezett szervesanyag- és tápanyagvesztés pedig mintegy 1,5 millió tonna szervesanyag, 0,2 millió tonna N, 0,1 millió tonna P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és 0,22 millió tonna K<sub>2</sub>O (*Várallyay Gy. et al.* 2005). Mérésekkel bizonyították, hogy Németország területén a talajba juttatott foszfor 31%-a erózió következtében az élővizekbe jut (*Isringhausen, S.* 1997, *Duttmann, R.* 1999). A talaj elemtartalma, annak tér- és időbeli változása tehát

<sup>19</sup> A vizsgálatok az OM által támogatott FKFP 0203/2001, valamint az OTKA F-37552 nyilvántartási számú kutatási programok terhére történtek.

<sup>20</sup> Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék. 6722 Szeged, Egyetem u. 2. E-mail: andi@earth.geo.u-szeged.hu

nemcsak a növénytermesztés, tápanyagpótlás tervezése számára sarkalatos kérdés. Fontos ennek vizsgálata környezeti szempontból is, különös tekintettel olyan területeken, ahol valamely elem felhalmozódása, kimosódása, felületi erózióval történő áthalmozása további veszélyeket rejt magában. A felszíni lefolyással lehordott talaj, valamint szervesanyag- és tápanyagtartalmának egy része a szedimentációs területeken halmozódik fel. Más része onnan közvetlenül, vagy a vízhálózat közvetítésével felszíni vizeinkbe jut. Ez egyrészt a vízfolyások, csatornák, tavak, tározók fokozott mértékű feliszapolódásához vezet, korlátozza azok funkcióképességét, fokozza az árvíz és belvíz veszélyt a vízgyűjtőn, másrészt tápanyag és szennyezőanyag terhelést jelent vízkészleteinkre.



1. ábra A talaj elemháztartásának sematikus ábrázolása mezőgazdaságilag hasznosított talajon

Figure 1 Scheme of element transport in soils under agricultural land use

„A tavak sorsa a vízgyűjtőn dől el” tézis mintaterületünkre, a Velencei-tóra fokozottan érvényes. A tó 602,4 km<sup>2</sup> nagyságú vízgyűjtőterülete 23-szorosa a tó vízfelületének. A vízgyűjtőn zajló mezőgazdasági tevékenység milyensége, mennyisége, a vízvédelmi, talajvédelmi szemlélet érvényesítése a talajművelés és tápanyag gazdálkodás terén a rekreációs hasznosítású Velencei-tó vízminőségének változásában, s az eutrofizációs folyamatok alakulásában jelentős szerepet játszik. A vízgyűjtő egészéről becslések szerint (Karászi K. 1984) mintegy 713.000 t/év talajmennyiség pusztul le, melynek mintegy 20%-a jut a vízfolyásokba, illetve víztározókba. Ez kb. 143.000 t/év mennyiséget jelent. Ebből mintegy 60.000 tonnát visszatart a Zámolyi- és Pátkai-víztározó, így mintegy 83.000 t/év hordalékmenyiség kerül a Velencei-tóba. Ez a mennyiség évente mintegy 2 mm-nyivel járul hozzá a Velencei-tó feliszapolódásához. Ez a szám megfelelő meliorációs intézke-

désekkel, megfelelő termelésszerkezet választásával és művelési móddal csökkenthető lenne.

A növényi tápanyagok közül a N és a P sorsát, veszteségeit, környezetterhelését kíséri megkülönböztetett figyelem. Az agrár eredetű P-veszteségek miatti aggodalom fő oka a felszíni vizek eutrofizációja. A mezőgazdasági területéről a P felszíni elfolyással és a talajszemcsékhez kötötten erózióval kerül a felszíni vizekbe. Környezeti oldalról az egyes P-formák hatása eltérő lehet. Az erodálódó talajrézecskekben megkötött foszfor a felszíni vízig jutva kevésbé felvehető az algák számára, mint az oldható frakció. Ugyanakkor a befogadó vízben végbemenő lassú deszorpciós folyamatok az erodálódott foszfort fokozatosan felvehetővé alakítják. A mezőgazdasági eredetű foszfor környezetvédelmi vonatkozásairól többek között **Sisák I.** és **Máthé F.** (1993), **Szabó L.** (1998), **Csathó P. et al.** (2003) és **Várallyay Gy.** (2005) közleményei tájékoztatnak.

Annak érdekében, hogy helyes intézkedéseket tegyünk a felszíni vizek P-terhelésének kontrolljában, csökkentésében, ismernünk kell a szennyező területről érkező P-veszteségek mértékét meghatározó folyamatokat, vízgyűjtő szinten többek között a domborzati viszonyok szerepét, számszerűsíteni kell a P-veszteséget, meg kell határozni e veszteség fő forrásait és útvonalait. A skandináv országokban már a '80-as évekre visszanyúló kutatások foglalkoznak a mezőgazdasági művelés alatt álló kisvízgyűjtők P-veszteségének becslésével (1. táblázat). A P-veszteség mennyiségét a felszíni elfolyás vízmennyiségének és annak P-koncentrációjának segítségével becsülik.

1. táblázat Az agrár eredetű P-terhelés becsült értékei a skandináv országokban  
Table 1 The estimated values of agrogenic phosphorus loading in the nordic countries

Ország	Összes P (kg/ha/év)	Oldható P (kg/ha/év)	Szerző
Dánia	0,23-0,34		Kronvang et al. 1995
		0,08	Graesboll et al. 1994
Finnország	0,9-1,8		Rekolainen 1989
		0,15-0,4	Pietilainen-Rekolainen 1991
Svédország	0,01-0,6	0,01-0,3	SEPA Report, 1997
Norvégia	0,7-1,4		Ulen et al. 1991

Nagy különbségeket mutatnak az egyes országok becslései az összes P-terhelésből a mezőgazdasági terhelés részarányát tekintve is: Dániában 39%-ra becsülik, Norvégiában 54%, Svédországban 73%, Finnországban 79% (**Várallyay Gy. et al.** 2005). A P-terhelések nagy különbségei természetesen több tényezőre is visszavehetőek: a talaj P-veszteségét befolyásolja annak feltöltöttségi szintje, az időjárási tényezők (csapadék mennyisége, intenzitása, gyakorisága stb.) a domborzati viszonyok és a művelési mód. Az agrár eredetű nem pontszerű szennyezés részarányát növeli továbbá, hogy a fenti országokban a pontszerű terheléseket (pl. szennyvizek közvetlen felszíni vízbe juttatása) drasztikusan csökkentették. Becslések sze-

rint Magyarországon 10% az agrár P-terhelés aránya (*Csathó P. et al.* 1993). Ennek oka még mindig a szennyvizek kezelés nélküli közvetlen felszíni vizekbe juttatása, a lakossági terhelés magas részaránya. A jelenlegi, környezetvédelem szempontból is igen fontos intézkedések (szennyvíztisztítók megépítése, a települések csatornázása) a felszíni vizekbe kerülő P mennyiségének jelentős csökkenését és ezen belül a mezőgazdasági eredetű terhelés arányának növekedését eredményezi majd.

A P-vegyületek vízben gyengén oldódnak, oldat formájában alig mozognak, kilúgozódásuk csekély mértékű. A felszíni vizekbe tehát elsősorban nem oldat formájában, hanem felszíni lefolyással, talajszemcsékhez kötve jutnak (*Osztoics E. et al.* 2004). Ebből kiindulva a talaj foszfortartalmát már több korábbi munkában is használták arra a célra, hogy a talajszemcsék térbeli átrendeződését, azaz a talajeróziót kimutassa (*Kuron, H.* 1953, *Duttmann, R.* 1999).

Ezen folyamatokat felismerve tűztük ki célul, hogy a Velencei-tó vízminőség alakulásában legnagyobb szerepet játszó Vereb-Pázmándi vízfolyás egy részvízgyűjtőjén, a mintegy 14 km<sup>2</sup> nagyságú Cibulka-patak vízgyűjtőn a talaj tápanyag forgalom horizontális vetületének térbeli változási tendenciáit nyomon kövessük. Az erózióval történő, szemcsékhez kötődő foszfor elmozdulását két méretarányban vizsgáltuk:

- mikro-szinten, egy szőlőművelésű parcella két lejtőjén (mely parcella talajtípusa és lejtéviszonyai a vízgyűjtőn tipikusnak mondhatók) egy-egy csapadékesemény hatására bekövetkező talajerózió mértékét és a foszfor átrendeződését;
- mezo-szinten a 14 km<sup>2</sup> nagyságú vízgyűjtőn az egyes csapadékeseményekhez köthető talajerózió és foszformozgás térbeli változását.

A két különböző nagyságrendben párhuzamosan folyó vizsgálatok célja, hogy a mikro-szinten tapasztalt elemátrendeződési tendenciákat a vízgyűjtőre „kiterjesztve” mezo-szinten is modellezni tudjuk a talajerózióval elmozduló tápanyagok horizontális változási tendenciáit.

## A VIZSGÁLATI TERÜLET

A vizsgált terület a Velencei-tó vízgyűjtőjén helyezkedik el (2. ábra). A terület éghajlata mérsékelt hűvös-száraz. Az évi középhőmérséklet 9,5-9,8 °C, a csapadékmennyiség 550-600 mm, melynek 50-55%-a a nyári félévben hull gyakran igen heves zivatarok formájában.

A vízgyűjtőt mind közzettanilag, talajtanilag, mind pedig területhasználat szempontjából nagy változatosság jellemzi. A talajképző kőzet a magasabb térszíneken gránit és andezit, míg a lejtőoldalakat és a völgytalpat lösz fedi. A lösszel borított térszíneken elsősorban közepesen erodált csernozjom talajokat találunk. Az alacsonyabb térszíneken kisebb foltokban jelenik meg a réti csernozjom, valamint a lejtőhordalék talaj. A feltalaj kémhatása semleges, a pH 7,21-8,5 közötti. A gránit

és andezit térszíneken vázталajok, közethatású talajok és gyenge minőségű erdőtalajok a jellemző talajtípusok.

A gránit és andezit térszíneken a természetes tölgyesek mellett akácosokat, gyenge minőségű legelőket találunk. A csernozjom jellegű talajokon a szántóföldi művelés (búza, kukorica, napraforgó, repce), szőlőültetvény és gyümölcsös a jellemző területhasználati forma.



2. ábra A mintaterület  
Figure 2 The studied area

## MÓDSZEREK

### *Terepi és laboratóriumi vizsgálatok*

A vízgyűjtőterület és a mintaparcella feltalajának részletes mintázása és a minták laboratóriumi elemzése több ütemben zajlott (**Farsang A. – Barta K.** 2005). A vízgyűjtő talajának mintázása a kiindulási foszfortérkép elkészítéséhez 2001-ben 32 ponton átlagminta készítésével a talaj felső 10 cm-ből történt. A mintaparcellán 2004. márciusában két lejtőszegmens esetében lejtőirányban mintegy 350 m hosszán 25 m-enként üledékcsapdákat helyeztünk el. A vizsgálat célja a lejtők menti erózió vizsgálata, valamint a lemosódott üledék és az üledékgyűjtő környezetében gyűjtött talajminták (felső 0-10 cm-ből átlagminta) foszfortartalmának (AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), humusztartalmának és fizikai összetételének összehasonlítása, illetve feldúsulási faktor (enrichment ratio: ER) számolása (**Duttmann, R.** 1999, **Boy, S. – Ramos, M. C.** 2005). Az üledékcsapdákból felhalmozódó üledéket, illetve az üledékcsapda környéki feltalajt az egyes csapadék eseményeket követően gyűjtöttük. A homogénizált átlagmintákból leiszapolható rész (<0,02 mm) elemzést, szervesanyag vizs-

gálatot, valamint AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> vizsgálatot végeztünk. Az erózióval mozgó üledékben dúsuló szervesanyag (SZ.A.), agyag és iszap frakció, valamint foszfortartalom arányának meghatározására feldúsulási faktorokat az alábbiak szerint számoltuk:

$$\begin{aligned}ER_{\text{elem}} &= \text{Elemkoncentráció}_{\text{szedim.}} / \text{Elemkonc.}_{\text{talaj}} \\ER_{\text{agyag}} &= \text{Agyagtartalom}_{\text{szedim.}} / \text{Agyagtart.}_{\text{talaj}} \\ER_{\text{SZ.A.}} &= \text{SZ.A. tartalom}_{\text{szedim.}} / \text{SZ.A. tartalom}_{\text{talaj}}.\end{aligned}$$

A vizsgálatokat a hatályos Magyar Szabványok szerint végeztük (**Buzás I.** 1988). A tápanyagtartalom vizsgálata a növények által felvehető hányadra vonatkozott, a mérés ammónium-laktát ecetsavas oldatával ICP Thermo Jarell Ash ICAP 61E készülékkel történt (**Buzás I.** 1988).

#### *A talajerózió és a foszforelmozdulás modellezése*

A talajerózió meghatározásához (10x10 m-es pixelekre akkumuláció és talajvesztés, illetve nettó erózió) a Németországban kifejlesztett talajeróziót becsülő modellt, az EROSION 2D/3D-t használtuk (**Michael, A.** 2000, **Schmidt, J.** 1996, **Schmidt, J. et al.** 1999). A digitális domborzat modellt, valamint a talajtani tulajdonságok (szemcseösszetétel, talajtípus, szervesanyag tartalom stb.) és területhasználati térképeket ArcView 3.3 és ArcGIS 8. szoftverekkel készítettük. A statisztikai elemzésekhez az SPSS 11.0 for Windows statisztikai programcsomagot alkalmaztuk.

A kapott nettó erózió térkép, a kiindulási tápanyag tartalom térkép és a feldúsulási faktorok ismeretében az alábbi lépésekkel jutottunk el a vízgyűjtőn erózióval elmozduló tápanyag tartalom térképezéséhez:

1. Kiindulási tápanyag térképek elkészítése (mg/kg)
2. Feldúsulási faktorok mérése, számítása
3. Talajerózió modellezése (E2D/E3D) (kg/m<sup>2</sup>)
4. A szedimenttel mozgó elemtartalom számítása:  
foszforkoncentráció<sub>szedim</sub> (mg/kg) = ER<sub>foszfor</sub> \* foszfortartalom<sub>eredeti feltalaj</sub>
5. Foszforvesztés/-felhalmozódás (mg/m<sup>2</sup>):  
talajerózió/-felhalmozódás (kg/m<sup>2</sup>)\*foszforkoncentráció<sub>szedim</sub> (mg/kg)

## EREDMÉNYEK

### *Talajjellemzők*

A vízgyűjtő terület talajának fizikai félesége vályog, homokos vályog. A leiszapolható frakció aránya a terület különböző pontjain igen változatos képet mutat, 25,4-78,5% között változik. A feltalaj szervesanyag tartalma alacsony, 0,2-4,8% között változik. Az extrém alacsony értékek az erodált területeken találhatók. A talaj tápanyagtartalma alacsony (**Farsang A. – M. Tóth T.** 2003), a feltalaj AL-

oldható P-tartalma 60-120 ppm között változik a területen. A szőlő területeken az 1990-ben történt telepítéskor történt tápanyagfeltöltés óta nem volt tápanyagpótlás. A szántó területeken a tápanyagtartalom szinten tartása az elsődleges cél, elsősorban nitrogén és foszfor műtrágyát helyeznek ki.

*A talajerózió modellezése EROSION 2D/3D-vel*

2004-ben végzett eróziós vizsgálataink során két igen eróziós csapadékeseményt regisztráltunk. E két esemény mindegyike igen jelentős talaj- és tápanyagvesztést okozott a vizsgált területen. Az EROSION 2D/3D validálását a 2005-ös, rendkívül csapadékos nyár két nagy zivatarának segítségével végeztük el. A vizsgált négy csapadékesemény alapadatain kívül az átlagos intenzitást, a maximális intenzitást és a félórás maximális intenzitást ( $I_{30}$ ) tüntettük fel a 2. táblázatban.

2. táblázat Eroziós csapadékesemények adatai a vizsgálati periódusban

(\*  $I_{30}$ : maximum 30 perces intenzitás)

Table 2 Erosive rainfall events during the period of 2004-2005

(\*  $I_{30}$ : maximum 30-minute intensity)

	Dátum	Időtartam (min)	Lehullott csapadék	Csapadékindenzitás (mm/h)		
				Átlag	Maximum	$I_{30}$ *
1	6 June 2004	60	8,9 mm	8,9	16,8	9,5
2	24 June 2004	180	18 mm	6	31,2	28,6
3	11 July 2005	120	25,3 mm	12,65	45	37,8
4	20 July 2005	100	10,7 mm	6,42	36	18

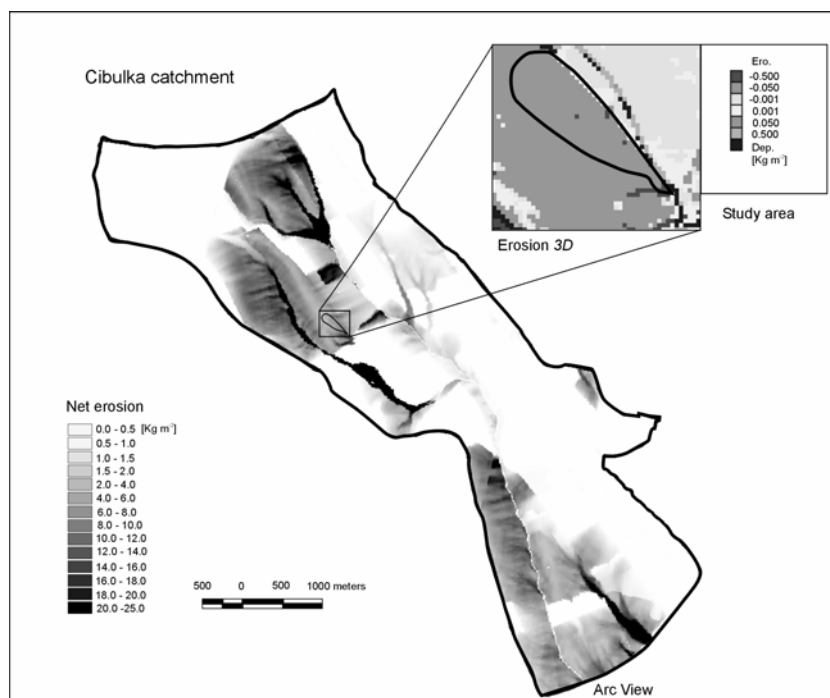
Az EROSION 3D alkalmazásával lehetővé vált a tápanyagmozgás vízgyűjtő szintű elemzése (3. ábra). Eróziós szempontból egyértelműen a szántóterületek tűnnek kritikusnak, míg a szőlők jóval alacsonyabb eróziós rátát mutatnak. A földutak víz- és hordalékszállító szerepe is kirajzolódik. A vizsgált csapadékesemények hasonló mintázatot eredményeztek a vízgyűjtőn. A 2004. 06. 06-i eső által okozott areális erózió  $1-2 \text{ kg/m}^2$  alatt marad, addig a 06. 24-i zivatar hatására a fejletlen lineáris vízhálózattal rendelkező területeken is  $2-6 \text{ kg/m}^2$  lehordódást tapasztalhatunk.

*A szedimenttel mozgó foszfortartalom, feldúsulási faktorok*

A mintaparcellán két lejtő mentén egyenként 14, illetve 12 üledécsapdával végzett kísérleteink alapján az alábbi megállapítások tehetők (4. ábra):

Minden vizsgált paraméter tekintetében elmondható, hogy a talajban mért koncentrációt meghaladó koncentrációt mértünk a lemosódó szedimentben. Az adott talajtípus és lejtőviszonyok mellett az erózióval mozgatott üledékben a helyben található talajtípushoz képest  $ER = 2,1$ -szeres szervesanyag feldúsulás és átlagosan  $ER = 1,2$ -szeres agyagfeldúsulás jellemző. A  $P_2O_5$  is jelentős mértékben ( $ER$

= 1,9) dúsul. A feltalaj erózióval mozgó foszfortartalmának jelentős hányada a szediment humusz- és agyagkolloidjaihoz abszorbeálva mozdul el. Erre utal az is, hogy az üledék szervesanyag és leiszapolható rész tartalmával egyes elemek koncentrációja szignifikáns korrelációt mutat. A szervesanyag tartalom és az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalom szignifikáns pozitív korrelációt mutat, a korrelációs koefficiens értéke 0,78 (0,01-es szignifikancia szinten).

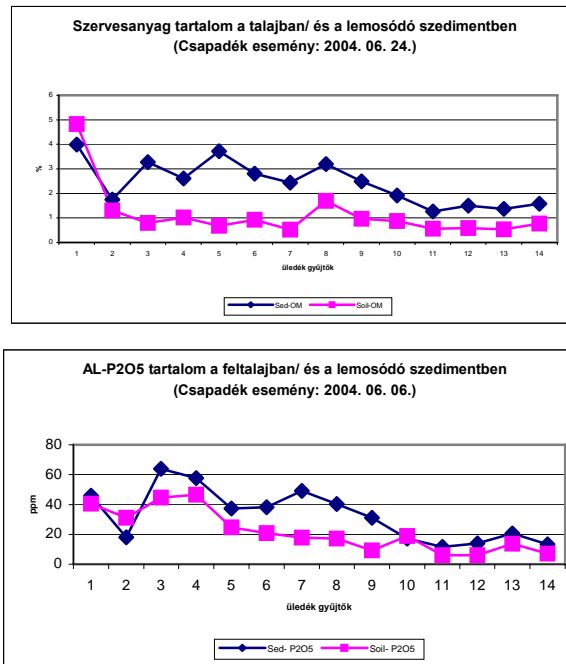


3. ábra Talajerozió a vízgyűjtőn a 2004.06.24-i csapadék esemény hatására  
 Figure 3 Modeled soil erosion affected by a rainfall event on 24.06.2004

A vízgyűjtőre csapadékeseményenként számolt nettó erózió (kg/m<sup>2</sup>) és a kiindulási foszfor eloszlási térkép (mg/kg), valamint a mintaparcellán számolt feldúsulási faktorok segítségével elkészítettük az egyes csapadékeseményekhez tartozó foszforelmozdulás térképet (mg/m<sup>2</sup>) (5. ábra). Két erózióveszélyes és a tápanyag kimosódásra is érzékeny terület rész körvonalazódik, az egyik a vízgyűjtő északnyugati részének nagy reliefű szántó területein (kukorica, őszi búza), a másik pedig a mintavételi parcellával is jellemzett intenzív szőlőművelés alá vont területrészen. A foszfor veszteség térképet vizsgálva megállapítható, hogy annak térbeli alakulását nem a kiindulási tápanyag térképben fellelhető különbségek határozzák meg. Jól felismerhetők rajtuk az eróziónak leginkább kitett gerincek, a legtöbb mozgó szedimentet levezető vízmosások, árkok, utak. Ezek jelentik a foszformozgás legjelentősebb csatornáit is. Ezen térrészeken a nettó erózió elérheti a 14-18 kg/m<sup>2</sup> -es értéket is (3. táblázat). Az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> lemosódás főként a környező te-



ületeknél magasabb foszfortartalommal rendelkező szántókon jelentős. A vízgyűjtő É-i és DNy-i részén található két szántóterület a leginkább veszélyes a tápanyagvesztés szempontjából. Az általunk mért P lemosódási értékeket ( $P = P_2O_5 \cdot 0,4364$ ) a Balaton vízgyűjtőjére számolt 1,5-18,7 kg P/ha/év értékekkel (Debrezeni B. 1987) vetettük össze. 2004-ben saját csapadékmérési adataink alapján 14 erozív csapadék volt a területen, ebből 8 esemény a május-június hónapokra esett. Vízgyűjtőnkön ez évben a lemosódó P-tartalom 0,02-4,44 kg/ha között változott.



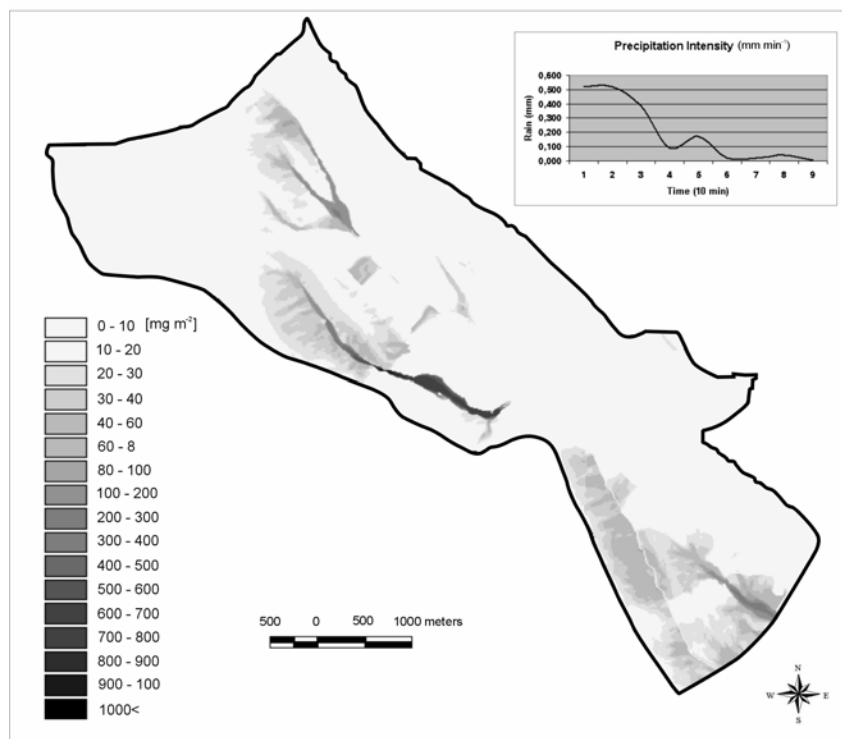
4. ábra Szervesanyag tartalom és foszfáttartalom alakulása a talajban és az elmozduló üledékben

Figure 4 Organic matter and phosphorus content in the soil and in the sediment

3. táblázat A vízgyűjtő feltalajának szemcséhez kötődő AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> elmozdulási értékei két csapadékesemény alkalmával (mg/m<sup>2</sup>)

Table 3 Examples of the AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> movement connected with soil particles

Vizsgált elem	2004.06.06.			2004.06.24.		
	Max.	Átlag	SD	Max.	Átlag	SD
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/m <sup>2</sup> )	408,09	5,48	20,55	1017	15,05	55,32



5. ábra A feltalaj AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalmának elmozdulása 2004. 06. 24-i csapadékeseményhez kötődően (mg/m<sup>2</sup>)

Figure 5 Movement of the topsoil AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content on 24.06.2004

### ÖSSZEGZÉS, FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEK

Vizsgálatunk során egy környezeti szempontból érzékeny, sekély mélységű tó (Velencei-tó) vízgyűjtőjén végeztünk két méretarányban vizsgálatokat. A vízgyűjtőre jellemző lejtőszögű és területhasználatú szőlőtáblákon vizsgálataink célja kettős volt: lejtő menti eróziómodellezést végeztünk az EROSION 2D szoftver segítségével, valamint üledékcspadák kihelyezésével vizsgáltuk az egyes csapadékeseményekhez kötődően a foszfor feldúsulást (ER) az erózióval mozgó szedimentben. A vízgyűjtő egészét tekintve (14 km<sup>2</sup>) modelleztük a talajeróziót EROSION 3D szoftverrel, talajmintavételt és elemzést követően megszerkesztettük a kiindulási tápanyag térképet (AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), majd ezen alaptérkép és az elemekre számolt feldúsulási faktor (ER) segítségével modelleztük a vízgyűjtőre az egyes csapadékesemények hatására bekövetkező foszformozgást.

Kisvízgyűjtő szinten a foszfor mozgási törvényszerűségeinek feltárása több szempontból is hasznos: segítséget jelent a területi tervezésben, az erózió szempontjából optimális területhasználat és művelési módok meghatározásában. A pre-

cíziós mezőgazdaság elterjedésével, a megfelelő mennyiségű tápanyag kijuttatásához inputként szolgáló statikus tápanyag térképeken túl ún. „dinamikus adatként” a feltalaj tápanyag tartamának elmozdulását is bevonhatjuk a tervezésbe.

## IRODALOM

- Boy, S. – Ramos, M. C.** 2002. Metal enrichment factors in runoff and their relation to rainfall characteristics in a mediterranean vineyard soil. SUMASS 2002. Murcia, Proceedings Volume II. pp. 423-424.
- Buzás I.** (szerk.) 1988. Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p. 243.
- Csathó P. – Osztoics E. – Sárdi K. – Sisák I. – Osztoics A. – Magyar M. – Szűcs P.** 2003. A mezőgazdasági területekről a felszíni vizekbe kerülő foszforterhelések I. Foszforforgalmi vizsgálatok értékelése. Agrokémia és Talajtan 52/3-4. pp. 473-486.
- Debreczeni B.** 1987. A magyar mezőgazdaság NPK mérlege. Nemzetközi Mezőgazdasági Szemle 2-3. pp. 150-153.
- Duttmann, R.** 1999. Partikulare Stoffverlagerungen in Landschaften Geosyntesis 10. 233. p.
- Farsang, A. – M. Tóth, T.** 2003. Spatial distribution of soil nutrient in a cultivated catchment area: estimation using basic soil parameters. 4<sup>th</sup> European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Bologna, Italy, 2003 Proceedings Book. pp. 154-156.
- Farsang A. – Barta K.** 2005. Talajerózió hatása a feltalaj makro- és mikroelem tartalmára. Talajvédelem. Special Issue. Talajtani Vándorgyűlés, Kecskemét 2004. augusztus 24-26. pp. 268-277.
- Istringhausen, S.** 1997. GIS-gestützte Prognose und Bilanzierung von Feinboden und Nährstoffaustragen in einem Teileinzugsgebiet der oberen Lamma in Südniedersachsen Diplomarbeit, Universität Hannover. pp. 34-42.
- Kádár I.** 1998. Kármentesítési kézikönyv II: A szennyezett talajok vizsgálatáról Környezetvédelmi Minisztérium 1998. 151. p.
- Karászi K.** 1984. A Velencei-tó rekreációja. Vízügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató, Budapest. 145. p.
- Kuron, H.** 1953. Bodenerosion und Nährstoffprofil. Mitteil. Aus d. Inst. F. Raumforschung, H. 20, Bonn-Bad Godesberg. pp. 73-91.
- Michael, A.** 2000. Anwendung des physikalisch begründeten Erosionsprognosemodells Erosion 2D/3D- empirische Ansätze zur Ableitung der Modellparameter. Ph.D dolgozat, Universität Freiberg.
- Osztoics E. – Csathó P. – Sárdi K. – Sisák I. – Magyar M. – Osztoics A. – Szűcs P.** 2004. A mezőgazdasági területekről a felszíni vizekbe kerülő foszfor terhelések II. Agrokémia és Talajtan 53. pp. 165-181.
- Sisák I. – Máthé F.** 1993. A foszfor mozgása a Balaton vízgyűjtőjén. Agrokémia és Talajtan 42/3-4. pp. 257-269.
- Schmidt, J.** 1996. Entwicklung und Anwendung eines physikalisch begründeten Simulationsmodells für die Erosion geneigter landwirtschaftlicher Nutzflächen, Berliner Geogr. Abhandlung.
- 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.
- Szabó L.** (szerk.) 1998. Növénytermesztés és a környezet. Tan-Grafix Kiadó, Budapest. 381. p.
- Várallyay Gy. – Csathó P. – Németh T.** 2005. Az agrártermelés környezetvédelmi vonatkozásai Magyarországon. In: Kovács G. – Csathó P. (szerk.). A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között. Agronómiai és környezetvédelmi tanulságok. MTA TAKI, Budapest. pp. 155-188.