

## **Kutatási beszámoló**

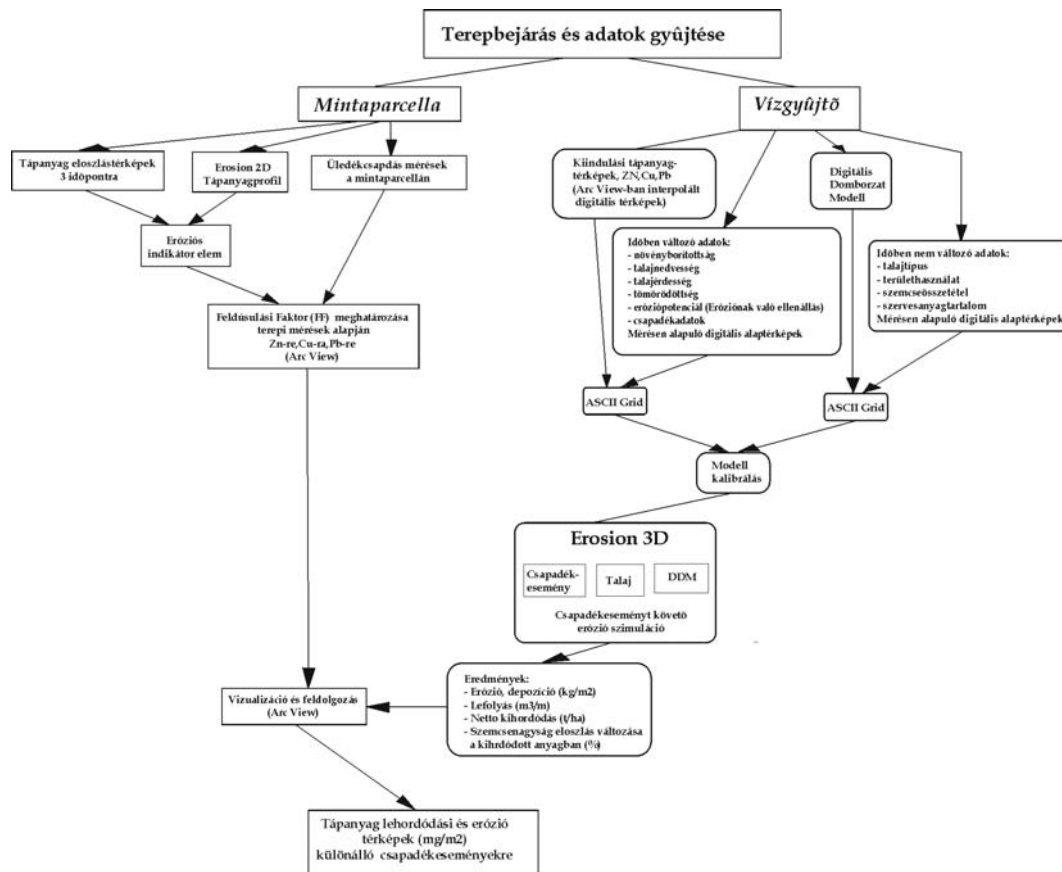
### **Bevezetés**

A talaj tápanyag (makro- és mikroelem) forgalmának, a horizontális elemátrendeződés tér- és időbeli alakulásának ismerete, modellezése kisvízgyűjtő szintjén több szempontból is fontos. Egyik elsődleges szempont a felszíni vizek védelme: „A tavak sorsa a vízgyűjtőn dől el” tézis kutatási területünk, a Velencei – tó vízgyűjtője esetében fokozottan érvényes. A tó 602,4 km<sup>2</sup> nagyságú vízgyűjtő felülete 23 –szorosa a tó vízfelületének. A Velencei – tó vízgyűjtőjének egészéről becslések szerint mintegy 713000 t/év talajmennyiség pusztul le, s mintegy 83 000 t/év hordalék kerül a Velencei-tóba. Ez a mennyiség évente mintegy 2 mm-nyivel járul hozzá a Velencei-tó feliszapolódásához, majd áttételese az eutrofizációjához. Más szempontból is fontos a talaj tápanyag forgalmában a horizontális komponens mind pontosabb közelítése, hiszen az erózióval történő felszíni lemosódás a tápanyagmérleg második legjelentősebb tétele. Meghatározó a talaj tápanyag forgalmi számításában, a környezetkímélő, fenntartható tápanyag gazdálkodási gyakorlat kialakításában annak ismerete, hogy egy adott területen csapadék eseményekhez kötődően, vagy egy vegetációs időszakra összesítve mennyi a felszíni tápanyag elmozdulásból, lemosódásból adódó tápanyag veszteség. Mindezen információk, megfelelő digitális térképállományokat létrehozva beépíthetők a precíziós mezőgazdaság gyakorlatába is. Mivel a műtrágyázást követő csapadék események jelentősen átrendezik a nagyobb relieffel rendelkező táblák tápanyag térképét, a differenciált tápanyag kihelyezés tervezésekor nem csak az ún. „statikus” tápanyag térképeket alapul venni, hanem a tápanyag átrendeződési tendenciákat összegző „dinamikus” térképeket is.

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 tápanyag elmozdulását két méretarányban vizsgáltuk:

- mikro-szinten, egy szőlő művelésű parcella két lejtőjén és egy szántó parcellán (mely parcellák talajtípusa és lejtés viszonyai a vízgyűjtőn tipikusnak mondhatók) egy-egy csapadékesemény hatására bekövetkező talajerózió mértékét és elemátrendeződést;
- mezo-szinten a 14 km<sup>2</sup> nagyságú vízgyűjtőn az egyes csapadék eseményekhez köthető talaj erózió és tápanyag mozgás 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 makro- és mikroelemek horizontális változási tendenciáit. A vizsgálat menetének logikai vázlatát a 1. ábra szemlélteti.



1 .ábra A tápanyag átrendeződés mezo-szintű vizsgálatának folyamatábrája

## 2. A vizsgálati terület

### 2.1. Vízyűjtő

A vizsgált terület Magyarország ÉNy-i részén, a Velencei-tó vízgyűjtőjén helyezkedik el. A terület éghajlata mérsékelt hűvös-száraz. Az évi középhőmérséklet  $9,5-9,8^{\circ}\text{C}$ , a csapadékmennyiség  $550-600\text{ mm}$ , melynek  $50-55\%$ -a a nyári félévben hull gyakran igen heves zivatarok formájában.

A vízgyűjtőt mind közettanilag, talajtanilag, mind pedig területhasználatilag nagy változatosság jellemzi. A talajképző kőzet a magasabb térszíneken gránit és andezit, míg a lejtőoldalakat 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 talajtípus.

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.

### 2.2. Mintaparcella

A vizsgált mintaparcellán nagyüzemi szőlőtermesztés folyik. A parcella genetikai talajtípusa erodált csernozjom talaj. Fizikai összetétele szerint vályog, agyagos vályog. A parcella

kitettsége ÉK-i, lejtőszöge átlagosan 4°-os, 1° és 6° között változik. A talaj kémhatása semleges, gyengén lúgos. Szervesanyag tartalma alacsony, a feltalaj humusz tartalma 0,8-2,1% között változik. A növényborítottság a 2004-es év vizsgált időszakában a következők szerint alakult: április- 41%, május- 35,6 %, június- 52,6%.



1. fénykép: Mintaparcella az üledékcsapdákkal

### 3. Módszerek

#### 3.1. Terepi és laboratóriumi vizsgálatok

A vízgyűjtőterület és a *mintaparcella feltalajának részletes mintázása és a minták laboratóriumi elemzése* négy ütemben zajlott: A mintaparcellán 2001-ben két időpontban (május, június), és 2003. májusában a feltalaj tápanyag tartalmát vizsgáltuk. A kijelölt parcellán a mintavételi pontok 25x25 m-es négyzetrács rácspontjaiban helyezkednek el. A mintavételi pontok helyét teodolittal kitűztük, hogy az ismételt mintázás pontos legyen. A vízgyűjtő talajának mintázása a kiindulási tápanyag térképek elkészítéséhez 2001-ben 32 ponton átlagminta képzésével a talaj felső 10 cm-ből történt. A mintaparcellán 2004. márciusában két lejtőszegmens esetében lejtőirányban mintegy 350 m hosszan 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) makro- és mikroelem tartalmának, humusztartalmának és fizikai összetételének (texture) összehasonlítása, feldúsulási faktor (enrichment ratio: ER) számolása (Duttmann, 1999., Boy et al., 2002.; Zhang et al 2004; Boy, Ramos, 2005). Az üledék csapdákból felhalmozódó üledéket, ill. az üledékcsapda környéki feltalajt az egyes csapadék eseményeket követően gyűjtöttük. A homogenizált átlagmintákból clay+silt (<0,02 mm) tartalom elemzést, szervesanyag vizsgálatot, valamint összes elemtartalom vizsgálatot végeztünk. Az erózióval mozgó üledékben dúsuló szervesanyag (organic matter: OM), agyag és iszap frakció, valamint elemtartalom arányának meghatározására feldúsulási faktorokat az alábbiak szerint számoltuk:

$$ER_{\text{elem}} = \text{Elemkoncentráció}_{\text{szedim.}} / \text{Elemkonc.}_{\text{talaj}}$$

$$ER_{\text{agyag}} = \text{Agyagtartalom}_{\text{szedim.}} / \text{Agyagtart.}_{\text{talaj}}$$

$$ER_{\text{OM}} = \text{O.M. Content}_{\text{szedim.}} / \text{O.M.Content}_{\text{soil}}$$

A vízgyűjtő talajának mintázása 32 ponton átlagminta képzésével a talaj felső 10 cm-ből történt. A vizsgálatba vont talajtulajdonságok, ill. tápelemek az alábbiak: pH (H<sub>2</sub>O), fizikai féleség (<0,02 mm tartalom), humusztartalom (%), felvehető AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalom, összes mikroelem (Zn, Cu, Cr, Ni, Pb) tartalom. A vizsgálatokat a hatályos Magyar Szabványok szerint végeztük (Búzás, 1988). A P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalom vizsgálata a növények által felvehető hányadra vonatkozott, a mérés ammónium-laktát ecetsavas oldatával, a mikroelemek esetében királyvizes feltárással Perkin Elmer AAS (Atomic Absorption Spectrometer) 3110 –es készülékkel történt (Búzás, 1988).

A talajvesztés modellezést megelőzően az eróziót befolyásoló bemeneti területi és talaj paramétereket mérésrel határoztuk meg: kezdeti talajnedvesség tartalom (initial soil moisture), soil texture, soil organic matter content, talaj típus, területhasználat, precipitation parameters, növényborítottság változását havi mérésekkel. A csapadék adatokat a mintaterületen elhelyezett csapadék mérő állomás szolgáltatta.

A talajerózió (10x10-es pixelekre akkumuláció és talajvesztés, ill. nettó erózió) meghatározásához a Németországban kifejlesztett talajeróziót becsülő modellt, az Erosion 2D/3D-t használtuk (Schmidt, 1996, Schmidt 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.

### 3.2. Mérési adatok feldolgozása

A Digitális Domborzat Modell elkészítéséhez részben analóg térképekről kinyert adatokat (szintvonalak, magassági pontok), részben GPS mérésekből származó magassági adatokat használtunk fel. A DDM felbontása 10 méteres. A vízgyűjtő terület eróziót befolyásoló felszíni tulajdonságait, mint például a löszmélyutak és egyéb mesterséges és természetes képződmények (pl.: föld utak, szőlőteraszok, erdősávok) helyzetét, kiterjedését terepi mérésekkel pontosítottuk és DDM-be adaptáltuk. A domborzati jellemzőkön kívül 8 db talaj- és egyéb paraméter meghatározása szükséges az Erosion 3D bemeneti paramétereiként. A kiindulási talajnedvességet, szemcseösszetételt és szervesanyag tartalmat a különböző talajtípusokról területhasználati foltonként gyűjtött átlagmintákból laboratóriumban határoztuk meg (0-10 cm). A felszín borítottságot különböző területhasználatú parcellákon havonta mértük a terepen. Néhány paraméter direkt mérésére nem volt lehetőségünk, azokat az Erosion 3D paraméterkatalógusából határoztuk meg. Ehhez a mért paramétereken kívül az általunk felvett területhasználati térképet és az 1: 10.000 méretarányú genetikai talajtérképet (Fejér megyei NTSZ) használtuk fel. Ezeket digitális állományokká (Shape, DataBase file-k) alakítottuk, majd a pontszerűen elhelyezkedő adatokból grideket konvertáltunk Arc View-ban. Összesen 9 db gridet készítettünk, külön, minden a modellezéshez szükséges talajtulajdonságra és egyéb paraméterekre. Arc View-ból kiexportálva ASCII gridként tudtuk átvinni az adatokat az Erosion 3D-be.

A vizsgált terület felszíni (lefolyási irányok, kiettség, völgyhálózat, vízgyűjtő határ) tulajdonságait az adott területet ábrázoló Digitális Domborzat Modelltől (Digital Elevation Modell) számolja a szoftver. A Digitális Domborzat Modelltől (DEM) készít egy TP kiterjesztésű file-t, amely tartalmazza az összes ilyen tulajdonságot. A területre kihelyezett raingauge mérési adataiból tízperces intenzitási értékeket számoltunk, ezek szolgáltatták az

Erosion 3D precipitation file-jának (.PR kiterjesztéssel) alapját. A Preprocesszor által előállított három adatfile-t dolgozza fel a Fő Program és számolja egy csapadékeseményre az adott területre az eróziót. Az adatokat cellánként adja meg. Ilyen 10x10-es cellára vonatkozó adatok többek között a távozó talajmennyiség ( $\text{kg/m}^2$ ), depozíció ( $\text{kg/m}^2$ ), nettó erózió ( $\text{t/ha}$ ). A területen korábban már tesztelt talajeróziós modell validálását két kijelölt kisvízgyűjtőn két egymást követő csapadékesemény (2005. július 11. és 20.) és az általuk okozott talajvesztés segítségével végeztük el. A két 1,09 illetve 1,2 ha-os részvízgyűjtőn szőlőültetvény, illetve őszi búza található, tehát jól reprezentálják a Cibulka-völgy területhasznosítását. A mért és modellezett eróziós ráták közötti különbség minden esetben 20 % alatt volt.

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 ( $\text{mg/kg}$ )
2. Feldúsulási faktorok mérése, számítása
3. Talajerózió modellezése ( $\text{kg/m}^2$ )
4. A szedimenttel mozgó elemtartalom számítása:  
$$\text{Elemkoncentráció}_{\text{szedim}} (\text{mg/kg}) = \text{ER}_{\text{element}} * \text{Elementcontent}_{\text{original topsoil}}$$
5. Element losses/-deposition ( $\text{mg} / \text{m}^2$ ):  
$$\text{Soil erosion/-deposition} (\text{kg/m}^2) * \text{Elemkoncentráció}_{\text{szedim}} (\text{mg/kg})$$

## 4. Eredmények

### 4.1. Talaj jellemzők

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 találhatóak. A talaj tápanyag tartalma mind a makro-, mind pedig a mikro elemeket tekintve alacsony. A szőlő területeken az 1990-ben történt telepítéskor történt tápanyag feltöltés óta nem volt tápanyagpótlás. A szántó területeken a tápanyagtartalom szinten tartása az elsődleges cél, elsősorban nitrogén és foszfor műtrágyát helyeznek ki. A feltalaj makro- és mikroelem tartalma a legalacsonyabb az erózióknak kitett ÉNY -i rész nagy reliefű szántó területein (kukorica, őszi búza), a másik pedig a mintavételi parcellával jellemzett intenzív szőlő művelés alá vont területrészekben. Magasabb tápanyag tartalom jellemzi a terület DK-i részén elhelyezkedő alacsonyabb fekvésű, kis reliefű szántókat.

### 4.2. A talajerózió modellezése Erosion 2D/3D-vel

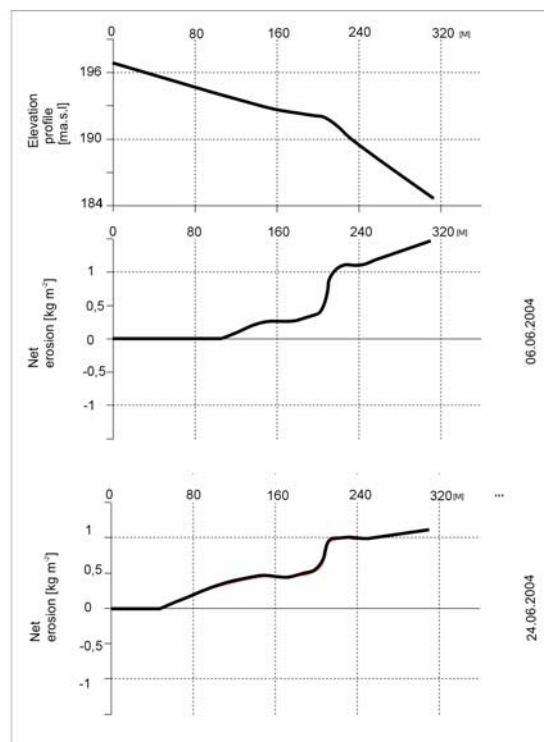
2004-ben végzett eróziós vizsgálataink során két igen eróziós csapadék eseményt regisztráltunk. E két esemény mindegyike igen jelentős talaj- és tápanyag veszteséget okozott a vizsgált területen. Ebben az időszakban a két mintaterületen még csak olyan üledécsapdák működtek, amelyek méretüknél fogva az elmozdult talaj tápanyag- és nehézfém-tartalmának meghatározására alkalmasak voltak, de a talajerózió mennyiségi meghatározását nem tették lehetővé. Ezért az EROSION2D/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 táblázatban. Ez utóbbi paraméter a csapadék erozivitásának kiszámolására alkalmas, és egyéb eróziós modellek (pl. USLE) alkalmazásánál lehet jelentősége.

	Dátum	Időtartam (min)	Lehullott csapadék mennyiség	Csapadék intenzitás (mm/h)		
				Átlag	Maximum	I <sub>30</sub> *
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

\* I<sub>30</sub>: maximum 30-minute-long intensity of rainfall

### 1. táblázat Erozív csapadék események adatai a vizsgálati periódusban

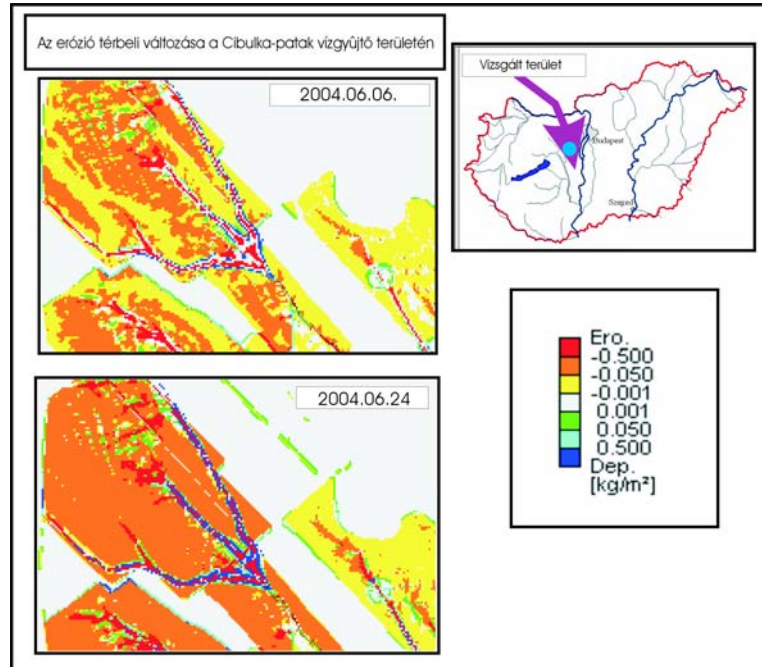
A 2004-es két zivatar közül a június 6-i volt szerényebb. Ennek csupán az első 10 percében haladta meg az intenzitás a 15 mm/h-s értéket, majd 20 perc „csendes” esőt követően a csapadék esemény második félórájában 8-10 mm/h körüli intenzitásértékek voltak jellemzőek. Sokkal hevesebb lefolyású volt a június 24-én tapasztalt felhőszakadás: az első félóra közel 30 mm/h-s intenzitás volt jellemző, amelyet gyakorlatilag már csak szemerkélő eső követett. A két csapadékesemény közötti különbség a talajerózió mértékében is rendkívül jól tükröződik (2. ábra). Az Erosion 2D-vel a szőlőültetvényen bekövetkező lejtő menti elmozdulás jól követhető: a jún. 6-i eső hatására csak a lejtő alsó harmadán jelentkezik erózió, míg a 24-i zivatarnál már a lejtő kezdetén jelentős. Bár mennyiségi meghatározás ezen csapadék események esetében nem történt, a kihelyezett eróziós csapdák is hűen tükrözik a modellel kapott eredményeket.



2. ábra Talajerózió lejtő menti modellezése két csapadék eseményre az E2D szoftverrel

Az Erosion 3D alkalmazásával lehetővé vált a tápanyag-és nehézfém-mozgás vízgyűjtő szintű elemzése is (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. Mindkét esemény hasonló mintázatot eredményezett a vízgyűjtőn, de míg az első eső által okozott areális erózió  $1-2 \text{ kg/m}^2$  alatt marad, addig a 24-i zivatar hatására a fejletlen lineáris vízhálózattal rendelkező területeken is  $2-6 \text{ kg/m}^2$  lehordódást tapasztalhatunk.



3. ábra Talajerózió változása a vízgyűjtőn két csapadék esemény hatására

#### 4.3. A szedimenttel mozgó tápanyag tartalom, feldúsulási faktorok

A mintaparcellán két lejtő mentén egyenként 14 ill. 12 üledékcsapdával végzett üledékcsapdás kísérleteink alapján az alábbi megállapítások tehetők (4. ábra): A szervesanyag és az agyag-iszap együttes frakció aránya nem mutat lejtő irányú növekedést. A mikro elemeket tekintve lejtő irányú növekedést mutatott minden vizsgált csapadék eseményt és lejtőt tekintve a Ni, Pb és a Co. A Cu, Cr, Zn és a  $\text{P}_2\text{O}_5$  koncentráció lejtő irányban vizsgált változása szabálytalan. Minden vizsgált paraméter tekintetében elmondható azonban, hogy a talajban mért koncentrációt meghaladó koncentrációt mértünk a lemosódó szedimentben. A legnagyobb eltérést az üledékcsapdákból felfogott szediment és a mellette gyűjtött originális talaj elemtartalma között a 24.06.2004-én mért csapadék esemény hatására bekövetkező erózió kapcsán a Ni, Pb és  $\text{P}_2\text{O}_5$  koncentrációban mértünk. Három csapadék eseményt követő üledékcsapdás méréseink összesítő statisztikai adatait a 3. táblázat tartalmazza. Az eddigi mérési eredményeink alapján megállapítható, hogy az adott talajtípus és lejtőviszonyok mellett az erózióval mozgatott üledékben a helyben található talajtípushoz képest  $\text{ER}=2.1$ -szeres szervesanyag feldúsulás és csupán átlagosan  $\text{ER}=1,2$ -szoros agyagfeldúsulás jellemző. A mikroelemek közül a leginkább a Ni ( $\text{ER}=2,1$ ), Zn ( $\text{ER}=1,2$ ) és a Cu ( $\text{ER}=1,15$ ) dúsul. A  $\text{P}_2\text{O}_5$  is jelentős mértékben ( $\text{ER}=1,9$ ) dúsul. Az Pb ( $\text{ER}=1,1$ ), Co ( $\text{ER}=1,02$ ) és a Cr ( $\text{ER}=1,04$ ) az üledékcsapdák anyagában a környező feltalajjal közel „azonos” koncentrációban van jelen. A feltalaj erózióval mozgó makro- és mikroelem tartalmának jelentős hányada a szediment humusz- és agyag kolloidjaihoz abszorbeálva mozdul el. Erre utal az is, hogy az üledék szervesanyag és leiszapolható rész tartalmával egyes elemek koncentrációja szignifikáns

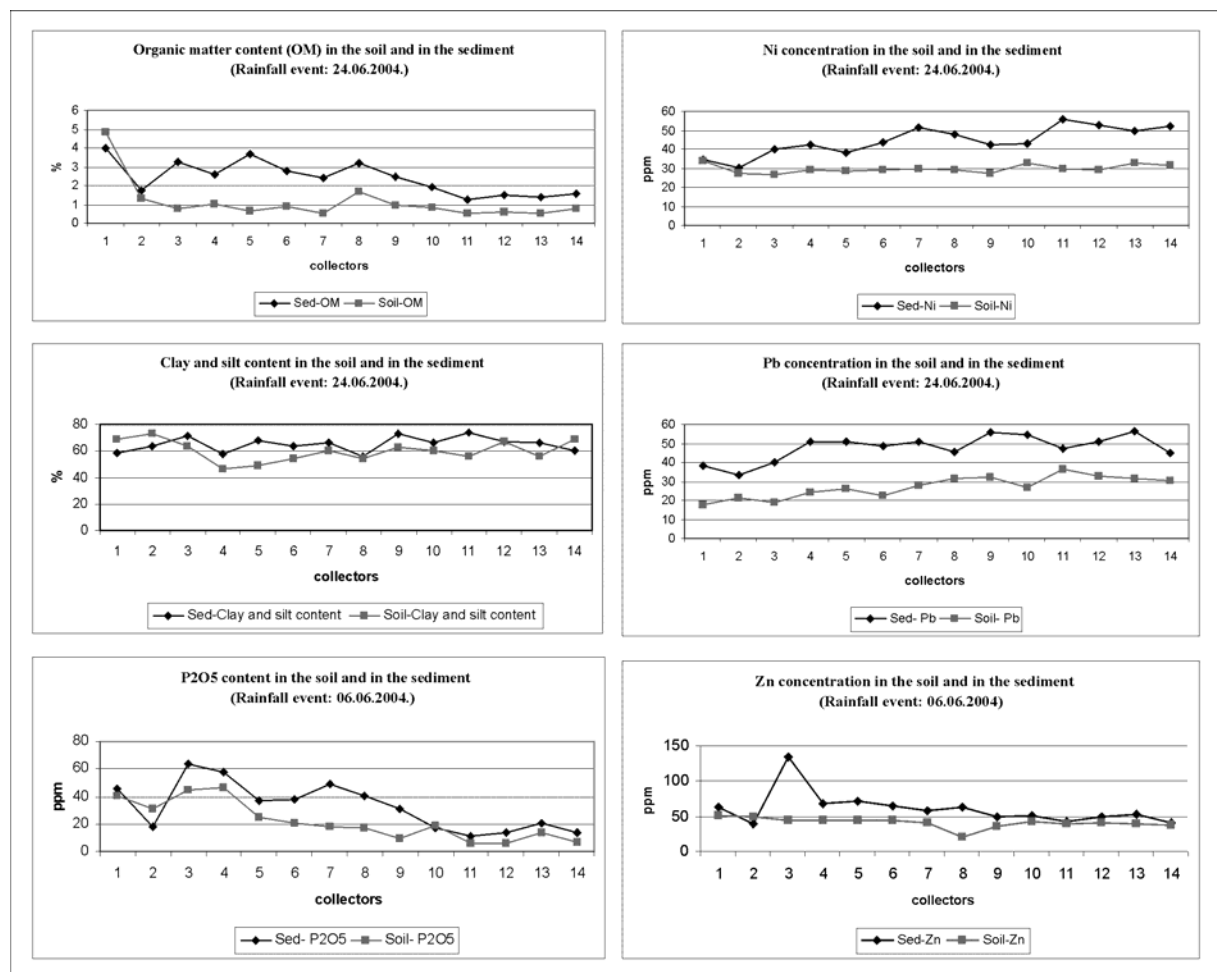
korrelációt mutat. A szervesanyag tartalommal a Cu, Zn és az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mutat szignifikáns pozitív korrelációt, míg a leiszapolható rész tartalommal a Ni koncentrációja.

Pearson Correlations

	Cu	Ni	Pb	Zn	Cr	Co	Leiszapolható rész	Szervesanyag tartalom	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Cu	1								
Ni	-,207	1							
Pb	-,287	-,071	1						
Zn	,411*	-,417*	,174	1					
Cr	,133	,407*	-,730*	-,224	1				
Co	-,284	,035	,902*	,014	-,675*	1			
Leiszapolható rész	-,313*	,376*	,181	-,137	,118	,108	1		
Szervesanyag tartalom	,404*	-,225	-,297	,413*	,133	-,484*	-,250	1	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	,415*	-,397*	-,268	,522*	,067	-,477*	-,366*	,783*	1

\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

2. táblázat Az erózióval mozgó szedimentben mért vizsgálati paraméterek korrelációs mátrixa



4. ábra



	<i>N</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>
Cu_Sed	76	16,8	61,3	29,8	8,5
Cu_Soil	77	12,5	57,8	27,6	8,8
ER_Cu	76	0,4	3,0	1,1	0,4
Ni_Sed	76	18,2	112,0	57,9	21,6
Ni_Soil	76	9,6	59,8	31,9	11,5
ER_Ni	75	0,4	6,8	2,2	1,3
Pb_Sed	76	10,5	56,3	31,5	13,2
Pb_Soil	77	12,5	53,2	28,7	9,3
ER_Pb	76	0,6	2,1	1,1	0,4
Zn_Sed	76	30,1	134,9	55,0	13,8
Zn_Soil	77	16,2	65,2	46,0	9,1
ER_Zn	76	0,6	3,1	1,2	0,4
Cr_Sed	76	91,9	196,5	136,3	23,1
Cr_Soil	77	56,0	173,9	133,2	22,0
ER_Cr	76	0,6	2,8	1,0	0,3
Co_Sed	66	0,03	41,1	19,8	12,8
Co_Soil	77	2,9	45,2	24,1	11,9
ER_Co	66	0,0	6,9	1,0	1,2
Clay+Silt_Sed	77	32,0	83,2	59,6	11,8
Clay+Silt_Soil	77	25,3	78,5	52,4	16,5
ER_Clay+Silt	77	0,5	2,4	1,2	0,4
OM_Sed	51	0,4	3,9	1,7	,9
OM_Soil	51	0,2	4,8	1,0	0,7
ER_OM	51	0,4	6,3	2,1	1,5
P2O5_Sed	51	8,4	64,0	27,9	16,7
P2O5_Soil	51	3,0	51,6	17,1	12,1
ER P2O5	51	0,6	4,9	1,9	0,9

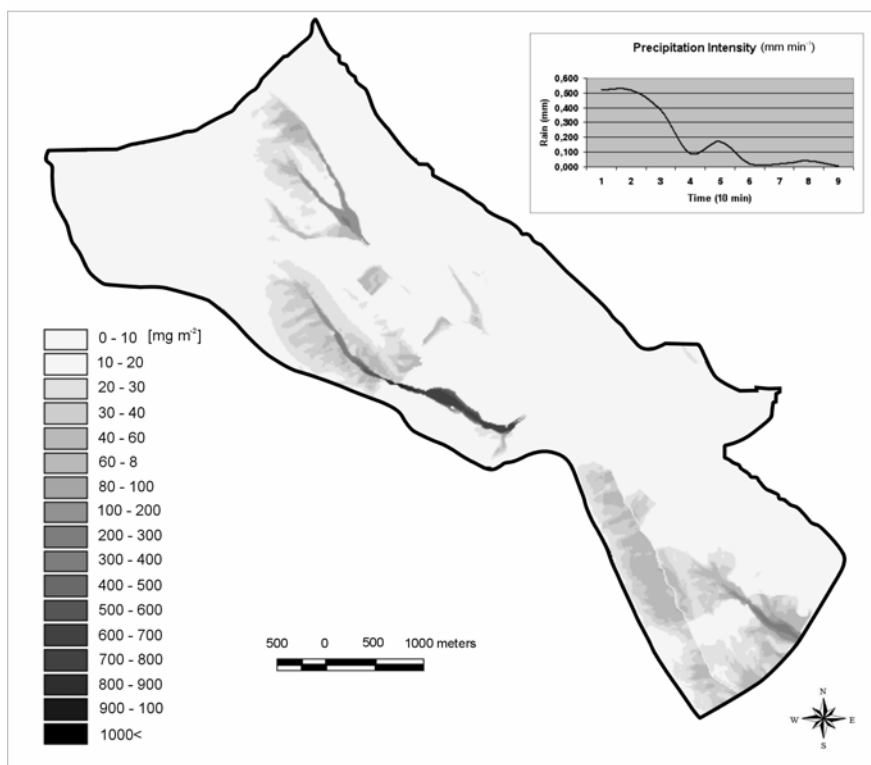
3. táblázat 2004. május-június három csapadék eseményének két lejtőn mért összesített adatai

A vízgyűjtőre csapadékeseményenként számolt nettó erózió ( $\text{kg/m}^2$ ) és a kiindulási tápanyag eloszlási térképek ( $\text{mg/kg}$ ), valamint a mintaparcellán számolt feldúsulási faktorok segítségével elkészítettük az egyes csapadékeseményekhez tartozó tápanyag elmozdulás térképeit ( $\text{mg/m}^2$ ) (5-6. ábra). Két erózió veszélyes és a tápanyag kimosódásra is érzékeny területrész körvonalazódik, az egyik a vízgyűjtő ÉNY-i részének nagy reliefű szántó területein (kukorica, őszi búza), a másik pedig a mintavételi parcellával is jellemzett intenzív szőlőművelés alá vont területrészekben. A tápanyag veszteség térképeket vizsgálva megállapítható, hogy annak térbeli alakulását nem a kiindulási tápanyag térképben fellelhető különbségek határozzák meg. Jól felismerhetők rajtuk az erózióknak leginkább kitett gerincek, a legtöbb mozgó szedimentet levezető vízmosások, árkok, utak. Ezek jelentik a tápanyag mozgás legjelentősebb csatornáit is. Ezen térrészekben a nettó erózió elérheti a  $14\text{-}18 \text{ kg/m}^2$ -es értéket is. A 2004. június 6-án 15.40-16.40 között zajló 8,9 mm kumulált csapadék esemény (max. intenzitás 16,8 mm/óra) hatására a legintenzívebben pusztuló területrészekben  $200\text{-}400 \text{ mg/m}^2$  Zn elmozdulás volt jellemző. Az átlagos Zn elmozdulás  $14,26 \text{ mg/m}^2$  a mintaterületen. A 24.06.2004 napon bekövetkező intenzívebb csapadék esemény következtében a legintenzívebb erózióknak kitett lejtőszakaszokon a kiindulási elemtartalomtól függően  $1500 \text{ mg/m}^2$ -t meghaladó Zn elmozdulást is kimutattunk (4. táblázat). Az AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  lemosódás főként a környező területeknél magasabb foszfor tartalommal rendelkező szántókon jelentős. A vízgyűjtő É-i és DNy-i részén található két szántóterület a leginkább veszélyes a tápanyag vesztes szempontjából. Az általunk mért P lemosódási értékeket ( $P = \text{P}_2\text{O}_5 * 0,4364$ ) a Balaton vízgyűjtőjére (Magyarország legnagyobb tava) számolt  $1,5\text{-}18,7 \text{ kg P/ha/év}$  értékekkel (Debreceni, 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 a  $0,02 - 4,44 \text{ kg/ha}$  között változott. A tapasztalható kisebb érték lehetséges oka, hogy a 90-es évektől megváltozott Magyarországon a műtrágyázás

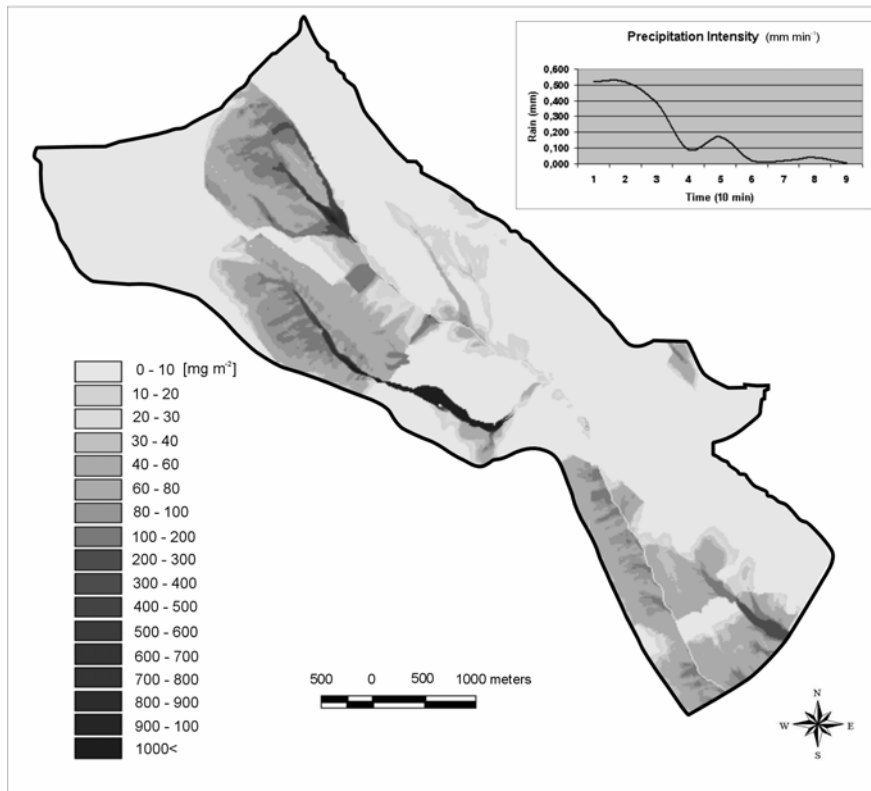
gyakorlata, a kihelyezett műtrágya mennyiség az állami támogatások megszűntével jelentősen csökkent. Csökkent tehát a főként szántó területekről lemosódó tápanyag mennyisége is. A mikroelemek tekintetében a Balaton vízgyűjtőjéről nem áll rendelkezésünkre összehasonlításra alkalmas adat.

Element	06.06.2004.			24.06.2004.		
	Max.	Mean	SD	Max.	Mean	SD
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	408,09	5,48	20,55	1017	15,05	55,32
Zn	784,39	14,26	49,35	1928	39,09	133,44
Cu	255,45	5,021	16,38	626,03	13,75	44,29
Pb	251,08	4,11	13,93	620,9	11,26	37,29

4. táblázat A vízgyűjtő feltalajának szemcséhez kötődő tápanyag elmozdulási értékei két csapadék esemény alkalmával (mg/m<sup>2</sup>)



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



6.ábra A feltalaj Zn tartalmának elmozdulása 2004. 06. 24. napi csapadékeseményhez kötődően ( $\text{mg/m}^2$ )

## 6. Összegzés, felhasználási lehetőség

Vizsgálatunk során egy környezeti szempontból érzékeny, sekély mélységű tó (Velencei-tó, ÉNy-Magyarország) vízgyűjtőjén végeztünk két méretarányban vizsgálatokat. A vízgyűjtőre jellemző lejtőszögű és terület használatú szőlő és búzátáblákon vizsgálataink célja kettős: Lejtő menti talajerózió modellezést végeztünk az Erosion 2D szoftver segítségével, valamint üledékcsapdák kihelyezésével vizsgáltuk az egyes csapadékeseményekhez kötődően az elemfeldúsulást (ER) az erózióval mozgó szedimentben. A vízgyűjtő egészét tekintve ( $14 \text{ km}^2$ ) modelleztük a talajeróziót Erosion 3D szoftverrel, talajmintavételt és elemzést követően megszerkesztettük a kiindulási tápanyag térképeket (AL- $\text{P}_2\text{O}_5$ , Zn, Ni, Pb, Cr, Co, Cu), majd ezen alaptérképek és az elemekre számolt feldúsulási faktor (ER) segítségével modelleztük a vízgyűjtőre az egyes csapadék események hatására bekövetkező tápanyagmozgást.

Vizsgálataink eredményeként az alábbi megállapítások tehetők: Eróziós szempontból mintaterületünkön a szántóterületek tűnnek kritikusnak, a szőlők jóval alacsonyabb eróziós rátát mutatnak. A földutak víz-és hordalékszállító szerepe a nettó eróziót ábrázoló térképeken kirajzolódik. A modellezett két csapadékesemény hasonló mintázatot eredményezett a vízgyűjtőn, de míg az első eső (2004.06.06.) által okozott areális erózió  $10 \text{ t/ha}$  alatt maradt, addig a 24-i zivatar hatására a fejletlen lineáris vízhálózattal rendelkező területeken is  $20\text{-}60 \text{ t/ha}$  lehordódást tapasztalhatunk. A lejtő mentén kihelyezett üledékcsapdás elemzéseink azt mutatják, hogy minden vizsgált paraméter tekintetében a talajban mért koncentrációt meghaladó a lemosódó szedimentben mért elemkoncentráció. A szervesanyag tartalom esetében  $\text{ER}=2.1$ -szeres, míg a leiszapolható rész esetében csupán átlagosan  $\text{ER}=1,2$ -szoros feldúsulás jellemző. A mikroelemek közül a leginkább a Ni ( $\text{ER}=2,1$ ), Zn ( $\text{ER}=1,2$ ) és a Cu ( $\text{ER}=1,15$ ) dúsul. A tápanyag veszteség térképeket vizsgálva megállapítható, hogy annak térbeli alakulását nem a kiindulási tápanyag térképben fellelhető különbségek határozzák

meg, azt felül rajzolják a jellemző eróziós viszonyok. Jól felismerhetők rajtuk az erózióknak leginkább kitett gerincek, a legtöbb mozgó szedimentet levezető vízmosások, árkok, utak. Ezek jelentik a tápanyag mozgás legjelentősebb csatornáit is. A területre jellemző átlagos Zn elmozdulás  $14,26 \text{ mg/m}^2$ . Az AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  lemosódás főként a környező területeknél magasabb foszfor tartalommal rendelkező szántókon jelentős. Az átlagos AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  kimosódás a vizsgált két csapadék eseménynél  $5,5 - 15,05 \text{ mg/m}^2$ .

A fenti eljárással kapott, a vízgyűjtő egészére kidolgozott eróziós modell, valamint ahhoz kapcsolódóan a tápanyag mozgási törvényszerűségek feltárása több szempontból hasznos: Segítséget jelent a területi tervezésben, az erózió szempontjából optimális területhasználat és művelési módok meghatározásában. A precíziós mezőgazdaság elterjedésével, a megfelelő mennyiségű tápanyag kijuttatásához inputként szolgáló statikus tápanyag térképeken túl un. „dinamikus adatként” a feltalaj tápanyag tartamának elmozdulását is bevonhatjuk a tervezésbe.