

## 1. Előzmények, célkitűzések

A talajtakaró kialakulás természetes dinamikájának, igen sérülékeny egyensúlyának megbomlását a rendszeres mezőgazdasági művelés hozta magával (Thyll 1992, Kerényi 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 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 km<sup>2</sup>) kezdődik. Lokális problémaként kezelve megoldható hosszabb távon a globális helyzet is. Mivel egymástól igen eltérő területekről van szó, mindenhol az adott körülményekhez alkalmazkodva kell a megoldást kidolgozni.

A talajpusztulás Magyarországon is komoly problémát jelent a mezőgazdaság számára. A talajerózió mérésére és modellezésére hazánkban is számos kísérletet és vizsgálatot folytattak több méretarányban és különböző modell segítségével.

Munkámnak fő irányvonala, hogy mezőgazdasági hasznosítású kisvízgyűjtőkön talajeróziós modell segítségével, olyan területhasználatot dolgozzak ki, amely optimálisabb, mint a jelenlegi területhasználat.

Dolgozatomban megfogalmazott célkitűzéseim a következőkben foglalhatók össze:

1. A vízgyűjtő szintű talajerózió modellezés nemzetközi és hazai fejlődéstörténetének tanulmányozása és értékelése;
2. Az Erosion 3D talajerózióbecslő modell hazai viszonyokra történő adaptálása: kalibrálása, validálása magyarországi talajeróziós mérések alapján;
3. Az Erosion 3D modellre érzékenységi vizsgálatot végezni, hogy melyek a meghatározó bemeneti paraméterek;
4. Paraméterkatalógus kiegészítése az érzékeny bemeneti paraméterekre, az érzékeny bemeneti paraméterek közötti összefüggés feltárása;
5. Kiválasztott mintaterületen a talajeróziót befolyásoló paraméterkör terepi és labormérése, majd a Paraméterkatalógus kiegészítése az eltérő értékekre, illetve a szőlő területhasználatra;
6. Mintaterületen a területhasználat időbeli eltéréseinek a feltárása;

7. Talajeróziós scenáriók kialakítása Vízyűjtő Gazdálkodási Tervek kialakítása érdekében;
8. Optimális területhasználat meghatározása;
9. Eróziós veszélyeztetettségi térkép előállítás;
10. Talajeróziós és vízvédelmi prioritások beépítése, illetve ezek meghatározása.

## 2. Anyagok és módszerek

A talajerózió becsléséhez a Németországban kifejlesztett fizikai alapú modellt, az EROSION 3D-t (*Michael, 1995*) használtam, amely a felszíni lefolyás alapján 10x10 m-es felbontásban akár 30 km<sup>2</sup>-es vízgyűjtőre is képes becsülni, az egy csapadékesemény során távozó hordalék mennyiségét. Az EROSION 3D a becslést a csapadékadatok, a domborzatmodell (DDM), a területhasználat és a fizikai talajtípus alapján meghatározott talajparaméterek segítségével végzi el, amelyet a DDM minden egyes 10x10 m-es cellájára megad, nettó erózió (érkező és távozó anyag különbsége - kg/m<sup>2</sup>) és a távozó talajmennyiség (kg/m<sup>2</sup>) formájában. A modell GIS környezetben működik, ezért a bemeneti adatokat ArcView és ArcGIS szoftverekkel dolgoztam fel.

A területhasználati térképeket terepbejárások, légifelvételek, topográfiai térképek feldolgozásából állítottam elő minden 1998 és 2007 közötti időszakra. A digitalizált (vektoros, illetve pont) adatokat a DDM felbontásával azonos kiterjedésű és felbontású griddé konvertáltam, hogy pontosan fedjék egymást. Saját mért csapadékadatokkal 2004-től rendelkezünk, a 2004 előtti adatokat az illetékes Vízügyi Igazgatóságtól szereztem be. A vízgyűjtő terület és a mintaparcellák feltalajának részletes mintázását és a minták laboratóriumi elemzését 2004-2007 között végeztük. A vízgyűjtő talajának mintázása 2005-ben 17 ponton átlagminta képzésével a talaj felső (topsoil) 10 cm-éből történt. A vizsgálatba vont talajtulajdonságok az alábbiak: pH (H<sub>2</sub>O, KCl), K<sub>A</sub>, CaCO<sub>3</sub>, humusztartalom, szemeloszlás, talajnedvesség, térfogattömeg, felszínfedettség.

A modell kalibrációhoz szükséges üledékcsapdás mérések számára két olyan részvízgyűjtőt (1. és 2. sz.) jelöltem ki a Cibulka-vízgyűjtőn (14 km<sup>2</sup>) belül, amelyek minden szempontból jól reprezentálták az egész vízgyűjtő legjellemzőbb tulajdonságait. Az 1. sz. terület egy szántón helyezkedik el, a 2. sz. pedig egy szőlőültetvényen kijelölt részvízgyűjtő.

## Társszerzői lemondó nyilatkozatok

Alulírott társszerző nyilatkozom, hogy a Jelölt téziseit ismerem és a Jelölttel közösen publikált eredmények közül az Erosion 3D – vel történő talajeróziós modellezésben és annak eredményeiben a Jelölt szerepe meghatározó fontosságú. Nyilatkozom továbbá, hogy a közösen publikált eredmények azon részét, amelyben a Jelölt szerepe meghatározó fontosságú, illetve a téziseiben foglalt semelyik tudományos eredményt tudományos fokozat megszerzéséhez nem használtam fel, tudomásul veszem, hogy azokat ilyen célból a jövőben sem használom fel..

Dr. Farsang Andrea .....

Dr. Barta Károly .....

Szeged, 2009. június 30.

A kalibráció során a két mintaterületre kihelyezett üledékcsapdákból begyűjtött minták mennyiségével hasonlítottuk össze az EROSION 3D – vel szimulált eróziót, három csapadékeseményre futtatva a modellt. Az egyik esemény tekintetében 10 % alatti pontossággal sikerült a szimuláció. A másik két eredménynél jóval nagyobb elérést tapasztaltam. A kalibráció első lépéseként meghatároztam 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 terepen mért értékekhez képest.

A jelenlegi területhasználati viszonyok mellett kalibrált modellt használtam fel a vízgyűjtőn egy optimálisabb területhasználat kidolgozásához.

A modellezés első lépéseként létrehoztam 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 1:10000-es topográfiai szelvényekről származó adatok, illetve az egyéb forrásokból felkutatott, elsősorban területhasználatra vonatkozó információk. Az adatbázis 1998-tól 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 csapadékatok, melyek a szimulációk időbeli kereteit adják. A csapadékesemények közül csak a 3mm/h-nál nagyobb intenzitású esőket vettem figyelembe. Az adatbázis térbeli korlátait a DDM 10 méteres felbontása jelentette.

A modellezéseknél scenáriókat alkalmaztam. Kidolgoztam egy több lépésből álló szimulációs sort, amely során a Cibulka-vízgyűjtő területhasználatának a megváltoztatásával egy optimálisabb állapotot kívántam elérni. Első lépésként meghatároztam, hogy az eredeti területhasználat milyen eróziós mutatókat produkál. A kimeneti adatok közül a nettó eróziót (t/ha) és a lehordódott üledéktömeget (kg) emeltem ki, mint indexeket. Ezek jelentették a kiindulási állapotot. A további scenáriók eredményeit ehhez az állapothoz viszonyítottam. A modellezés során minden lépcsőnél, scenáriónál kiemeltem egy elsődleges célt. Az adott scenárióon belül ennek rendelttem 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”: az 1998-as területhasználatot, mint jellemző nagyüzemi termelési módot szimuláltam.
4. Scenárió: „Átmeneti területhasználat”. Ez a scenárió már vegyesen tartalmaz nagyüzemi és háztáji területhasználatot.
5. Scenárió „Jelenlegi helyzet”: a 2005 - 2007-es területhasználatot szimuláltam.
6. Vízvédelmi és talajvédelmi funkciókat figyelembe véve alakítottam a területhasználatot, az elsődleges cél az erózió csökkentése volt.

### 3. Az eredmények összefoglalása

Vizsgálataimat a talajerózió kutatás nemzetközi és hazai szakirodalmának áttekintésével kezdtem, különös tekintettel a vízgyűjtő szintű talajeróziós vizsgálatokra. Kutatásom mintaterületül egy a Velencei-tó vízgyűjtő rendszerébe tartozó kisvízgyűjtőt választottam. Ezen kisvízgyűjtőre futtattam az E3D modellt, annak érdekében, hogy meghatározhassam azon tájhasználati variánsokat, melyek talajvédelmi szempontból optimálisak. A modell felhasználását kalibráció és validáció előzte meg, mely folyamat során elkészíttem a szoftver Paraméterkatalógusának, magyarországi viszonyokra adaptált kiegészítését. Az optimális tájhasználatok modellezése a magyarországi Vízgyűjtő Gazdálkodási Tervezetek, erózió elleni intézkedéseinek előkészítésére, felhasználásra irányulnak. Vizsgálati eredményeim alábbiakban összegezhetők:

- 3.1. A modell kalibrálásához szükséges bemeneti adatok mért értékeit összehasonlítottam a modellhez mellékelt Paraméterkatalógus értékeivel. A vízgyűjtőn a talajeróziót befolyásoló talajparaméterek a következőképpen alakulnak. A vízgyűjtő intenzív mezőgazdasági művelés alatt van, mivel területének 46,4 %-a szántó, 21,5 %-a szőlőültetvény, 8 %-a legelő, illetve 18,3 %-a erdő, a maradék terület gyümölcsöskert. A jellemző lejtőszögek a szántókon 2-6° között változnak, a szőlőültetvényeken 2-5° között alakulnak. A vizsgált területen a fizikai talajtípus szerint a vályog, agyagos vályog és homokos vályog talajok a jellemzőek, amely az egész területre homogén. A genetikai talajtípusok szempontjából a csernozjom jellegű talajok vannak túlsúlyban, a lejtők aljában felhalmozódott lejtőhordalék

Településrendezés-birtokfejlesztés konferencia: Agárd város, Magyarország, 2006.11.09-2006.11.10.pp. & Konferenciatickk

*Farsang A., **Kitka G.**, Barta K., 2006:* A talajerózió szerepe a talaj foszforháztartásában In: Kiss A, Mezősi G, Sümegehy Z (szerk.)Táj, környezet és társadalom: ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére. Szeged: Szegedi Tudományegyetem, 2006. pp. 179-191. Könyvfejezet.

***Kitka G.**, Farsang A., Barta K., 2006:* Eróziómodellezés a vízgyűjtőmenedzsment szolgálatában. In: Madarász B., Kovács A., (szerk.) IV. Magyar Földrajzi Konferencia. ISBN: 9639545120.

***Kitka G.**, Farsang A., 2005:*Talajerózió modellezés a vízgyűjtő menedzsment szolgálatában. In:& (szerk.) „ A környezettudomány elmélete és gyakorlata. Környezetgazdálkodás európai keretben.” Tudományos Konferencia. Szeged, Magyarország, 2005.04.20 – 2005.04.22. pp. & Konferenciatickk.

*Farsang A., **Kitka G.**, Barta K., 2005:* Modelling of soil erosion and nutrient transport to serve watershedmanagement: case study in a subwatershed of Lake Velence in Hungary In: European Geosciences Union Geophysical Research Abstracts, Volume 7. Bécs, Ausztria, 2005.04.24.-2005.04.29. - Konferenciatickk

*Horváth D., Farsang A., Barta K., **Kitka G.**, 2005:* Water supply and vegetation system of stream Cibulka ACTA GEOGR SZEGED XXXVIII: 95-108 (2005). – Folyóiratcikk.

### Az értekezéshez témakörében megjelent publikációk

Farsang A, **Kitka G.**, Barta K, Puskás I, 2009: Modelling of soil macro- and micro transportant at the catchment scale in NW Hungary. ID: SUM-2009-170; Soil Use and Management, In press.

**Kitka G.**, Farsang A., Barta K., 2009: A jelen talajeróziós folyamatok sebességének vizsgálata korábbi területhasználati scenáriók tükrében. In: Kiss T. és Mezösi G. 2008-2009. Recens geomorfológiai folyamatok sebessége Magyarországon. pp. 97-108.

Barta K., **Kitka G.**, Farsang A 2008: Talajeróziós scenáriók a kisvízgyűjtők tájhasználati tervezésében In: Szabó V, Orosz Z, Nagy R, Fazekas I (szerk.) IV. Magyar Földrajzi Konferencia. Debrecen, Magyarország, 2008.11.14-2008.11.15. Debrecen: Debreceni Egyetem, pp. 25-34.

Farsang A., **Kitka G.**, Barta K. 2008: Tápanyag-elmozdulás modellezése a fenntartható mezőgazdaság szolgálatában. In: & Csorba P, Fazekas I (szerk.) Táj kutatás – tájökológia. Debrecen: Meridián Alapítvány, 2008. pp. 285-293. Könyvfejezet

Farsang A., **Kitka G.**, Barta K. 2007: Influence of social economic changes on the soil nutrient content in a subwatershed of Lake Velence. In: Kovács Cs., Bajmóczy P. (szerk.) – From village to cyberspace, Szeged: University of Szeged Dep. of Economic and Human Geography, 2007. pp. 185-198. Könyvfejezet.

**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 **MITT DEUTSCH BODENKUND GES** 108: 67-68 (2006) Folyóiratcikk

Farsang A., **Kitka G.**, Barta K., 2006: Talajerózió és foszforátrendezőési folyamatok térképezése kisvízgyűjtőn **TALAJVÉDELEM** Különszám: 170-184 (2006) Folyóiratcikk, Talajvédelmi Alapítvány Kiadó.

**Kitka G.**, Farsang A., Barta K., 2006: Optimális területhasznosítás tervezése eróziós modellek segítségével kisvízgyűjtőn In: & (szerk.)

talajokkal, illetve az erdőterületeken barna erdőtalajokkal tarkítva. A humusztartalom átlagértéke 1,7 %, a kötöttség átlagos értéke 42 ( $K_A$ ).

A paraméterek meghatározása során a szőlőültetvényekre is mértünk értékeket, amelyek nem szerepeltek a katalógus területhasználati típusai között, ezért ezek teljesen új adatként kerültek a katalógus magyarországi viszonyokra vonatkozó kiegészítő mellékletébe.

A mért értékeket összevettem a németországi mért adatokat tartalmazó Paraméterkatalógus adataival, meghatározva az egyes paraméterek eltéréseinek nagyságát. A legnagyobb eltérést a tömörödöttség (4 %) és a kezdeti talajnedvesség (változó 10 - 40 %) mutatta. A humusztartalom és a felszínfedettség jól egyezett (1 % alatti eltérés).

3.2. A kalibrálás előtt a modell érzékenysége vizsgálatát végeztem el, meghatározva azokat a paramétereket, amelyeknek a változására a modell kimeneti paramétereinek értékei érzékenyen reagálnak. A teszt során a bemeneti paraméterek értékeit változtattam +/- 10 %-kal, figyelve, hogy melyik paraméter változása okoz a kimeneti értékeknél 10 %-nál nagyobb eltérést. Érzékeny paraméternek bizonyult a tömörödöttség és a kezdeti talajnedvesség. Mindkettő 100%-nál nagyobb változást produkált a 10%-os változtatás során. Az érzékeny paraméterek adják a modell felhasználásának a korlátait, ezért ezek meghatározása fontos részeredmény.

3.3. A modell kalibrálása során a 3 év (2004-2007) üledékcsapdás a két részvízgyűjtőn alkalmazott méréseinek az eredményeit használtam fel, amelyből kiválasztottam 3 csapadékeseményt. A kalibrálást két reprezentatív területhasználatra, szántóra és szőlőültetvényre. A helyi viszonyokat jellemző mintavételi eredményeket használtam bementi értéként. A 3 csapadékesemény közül az egyikre kalibráltam a modellt az érzékeny paraméterekre, amelynek során feltártam a korrekciós faktor és a kezdeti talajnedvesség közötti összefüggést. A kalibrációs szimulációk eredményei alapján meghatároztam a kezdeti talajnedvesség és a tömörödöttség közötti összefüggést leíró függvényt. Mivel a tömörödöttség befolyásolja a kezdeti talajnedvesség értékét a felszínborítottsággal együtt, ezért a végső korrekciós faktor táblázat kidolgozásánál módosítottam a kezdeti talajnedvesség és korrekciós faktor összefüggését leíró függvényt, a két másik paraméter változó értékeinek vonatkozásában. A szőlő esetében a kezdeti talajnedvesség és

a korrekciós faktor értéke közötti összefüggés egyenesen arányos, a szántón hatvány jellegű. A végső korrekciós faktor táblázatok a térfő és

felszínfedettség függvényében korigált korrekciós faktor értékeket tartalmazza a különböző kezdeti talajnedvesség értékekhez rendelve.

- 3.4.** A Cibulka- vízgyűjtővel szomszédos területen két részvízgyűjtőn (3. sz. és 4.sz.) már végeztek 1998-ban talajerózióra vonatkozóan üledékcspadás méréseket. A validálás során kiválasztottam 3 db 1998-as mérési sorozathoz tartozó csapadékeseményt, és a 3.sz és 4.sz részvízgyűjtőre alkalmaztam a kidolgozott táblázatot. Az mért és modellezett eróziós ráta eltérésének átlagára 22,4%-os értéket kaptam. A validáció alapján átdolgoztam a korrekciós faktor táblázatokat a csapadékesemények intenzitás lefutásának függvényében. A táblázato a korrekciós faktor értékekre az egyes kezdeti talajnedvesség értékekhez, korrekciós faktor intervallumokat rendeltem. A korrekciós faktor kiválasztásánál a csapadékintenzitást figyelembe véve az intervallum alsó vagy felső értékét kell alkalmazni.
- 3.5.** A végeredményként egy olyan kiegészítő táblázatot dolgoztam ki, amely egyaránt figyelembe veszi, az érzékeny paramétereket és a csapadék intenzitást is. A táblázatot a részvízgyűjtőre kidolgozott paraméterkatalógus kiegészítéshez kell használni. A modellt a vályogos, agyagos vályog és homokos vályog, fizikai talajtípussal rendelkező területekre lehet használni.
- 3.6.** A modell segítségével a Cibulka-kisvízgyűjtő területhasználatát változtattam a csökkenő erózió érdekében, amely Vízgyűjtő Gazdálkodási Tervezet TA1, illetve TA2 intézkedési szintjeinek felel meg. A modellezést scénáriókban végeztem, amelynél az alapot az eredeti 1998 és 2007 közötti területhasználat adta. A szimuláció során 9 év extrém csapadékeseményeit dolgoztam fel. Az eredeti területhasználatot 3 periódusra osztottam. A 3 periódus 3 eltérő típusú területhasználatot reprezentál.
1. 1998-2000.
  2. 2000-2005.
  3. 2005-2007.

Az eredeti történelmi területhasználat szimulációjának eredménye jellemzi egy intenzív szőlő és mezőgazdasági művelés alatt álló kisvízgyűjtő eróziós rátáját. Ez 9 évre számítva 26681 kg távozó összes üledéket adott, az átlag nettó erózióra 6,31 t/év kaptam.

A legrosszabb esetet feldolgozó scénárió eredménye kiugróan rossz: 646742 kg és 296 t/ha.

Az optimális területhasználat során víz és talajvédelmi funkciókat építettem be a scénárióba, amellyel a kisvízgyűjtőről távozó összes üledéktömeget 17363,7 kg-ra, az átlag nettó erózió 2,7 t/ha –ra csökkentettem.

- 3.7.** A szimulációk alkalmazásának eredményeképpen, elkészíttem a Cibulka-vízgyűjtő erózió veszélyességi térképét, amelyen kijelöltem a talajlehorodódási szempontból leginkább veszélyeztetett területeket. A veszélyességi térkép szerint a 3 nagyüzemi parcella és egy legelővel borított hegy különösen veszélyes az erózió szempontjából. Ezen területek átlag lejtőszöge a szántókon 3,6° a szőlőn 2,7° legelőn 8,9 °. A legnagyobb eróziót a szőlőparcella produkálta a 1999.07.12-i csapadékesemény során: 97872 kg.
- 3.8.** A talaj és felszíni vízvédelmi prioritásokat szem előtt tartva megállapítottam, hogy egyes nem mezőgazdasági költségvonzatú tájhasználati változtatásokat, mint pl. füves sávok pufferzónaként, kijelölt helyeken történő telepítése, erdősávok telepítése, területhasználati változtatás, az erózió eredményesen csökkenthető.

A modellel végzett szimuláció során bebizonyosodott, hogy az Erosion 3D megfelelő kisvízgyűjtő méretarányban 10-20 km<sup>2</sup> között jól alkalmazható magyarországi viszonyok között is, ha a modellhez kidolgozott kiegészítő táblázatokat használjuk. A modell a jövőben alkalmas lesz a Vízgyűjtő Gazdálkodási Tervezetekben az erózió elleni védekezési stratégiai lépések, intézkedések megalapozott előkészítésében.