

**Válasz Dr. Rajkai Kálmán MTA doktora, az MTA levelező tagja**  
„A víz- és szélerózió szerepe a talaj humusz- és elemtartalmának horizontális  
átrendeződésében” című, az MTA doktora cím elnyeréséért benyújtott értekezésem  
**bírálatára**

Köszönöm **Dr. Rajkai Kálmán** akadémikus úrnak az értekezésemre vonatkozó kritikai észrevételeit és gondolatébresztő megjegyzéseit. Az alábbiakban a bírálatában feltett kérdéseire válaszolok, észrevételeire reflektálok. Válaszomban Opponensem megjegyzéseit, kérdéseit *dőlt* betűvel jelöltem.

Köszönöm Opponensem a dolgozat célkitűzéseire, kutatási eredményeire, az alkalmazott módszerekre, s az irodalmi feldolgozásra vonatkozó pozitív megállapításait. A formai hibákat tekintve elfogadom a dolgozat terjedelmére, s a néhány irodalomjegyzékből kimaradt irodalomra vonatkozó megállapításokat.

A 8. oldalon az 1.2 fejezet címe: „A feltalaj tápanyag átrendeződésének off-site hatásai”. Hiányolja Bírálóm mind az „off-site”, mind az „on-site” angol terminológia magyarázatát és helyettük magyar kifejezések használatát. A környezetvédelmi gyakorlatban, különösen a talaj- és vízszennyezés és tisztítás témakörében oly gyakran használt szakkifejezések helyszíni (on-site), illetve nem helyszíni (off-site) jelentéssel alkalmazhatók minden olyan folyamatra, melynek hatásai az adott helyen, valamint az ún. vészhelyzet helyszínétől távol eső területeken (is) éreztetik hatásukat. A vízerózió esetén a talajszelvény csonkolódása helyszíni, „on-site” hatás, az elszállított és élővizekbe juttatott tápanyag okozta eutrofizáció ugyanannak a folyamatnak „off-site”, azaz a folyamat kialakulásának helyszínétől távol eső hatása. A szélerózió esetén helyszíni hatás pl. a feltalajban a durva frakció arányának megnövekedése, vagy a tápanyagtartalom csökkenése, helyszíntől távoli, „off-site” hatás a környező településeken érzékelhető porártalom. Egyetértek Bírálómmal abban, hogy szerencsésebb lett volna legalább az előfordulások egy részében a terminológia magyar megfelelőjének használata.

A dolgozatom módszertanára és eredményeimre vonatkozó megjegyzésekre és kérdésekre az alábbiakban válaszolok:

*Mi az oka a szőlőültetvény talajaiban a mésztartalom mélységgel csökkenésének? (52. old.)*

A hivatkozott megállapítás a részletesen vizsgált szőlőültetvényen kijelölt 1,2 ha nagyságú részvízgyűjtő talajára, ill. azon belül is az ott feltárt talajszelvényre vonatkozott. A vízgyűjtő egészének talajviszonyait jellemzően felszíni mintákkal jellemeztük, csak helyenként, mint pl. a mintaparcellák területén végeztünk szelvényfeltárásokat. A szőlő parcellán feltárt talajszelvény egy többszörösen áthalmazódott talajformát mutatott, melyre a szelvény képen jelentkező foltos-sávós tarkázottság utal. A löszös talajképző kőzetet kb. 120 cm-es mélységben értük el. A szelvény felülről lefelé világosodott, s a felső rétegeket részint az eredeti, de csonkolódott talajszintek, valamint az erre erózió útján felhalmozódott talajanyag alkották. Mind a felsőbb lejtőszakaszokról lehordódott talajanyag, mind az eredeti talajszelvény „B” felhalmozódási (mészlepedékes) szintje több  $\text{CaCO}_3$ -t tartalmazott, mint a talajképző kőzet, melyből következik a mélységgel történő mésztartalom csökkenés.

*Saját fejlesztésű-e a mérőszalagos növényborítottság felvételi módszer? (57. old.)*

A terepi mérés során egy 15 m hosszú drótot 100 egyenlő szakaszra osztottunk, vagyis 15 cm-enként bejelöltük. A mérőszalagot a terepen a két végénél rögzítettük úgy, hogy a növényi sorok futásával  $45^\circ$ -os szöget zárjon be. Azokat a részeket, amelyek a növényi részek (0,3

mm<), illetve maradványok fölé esnek, összeszámolva kaptuk meg az eredményt. A parcella nagyságától függően ismételtük a mérések számát (10 ha-ig 15-szöri ismétlés). A mérés módszere nem saját fejlesztés. A felszínfedettség terepi mérési lehetőségeit a Keveiné Bárány Ilona - Farsang Andrea (2002): Terep- és laborvizsgálati módszerek a természeti földrajzban c. egyetemi jegyzetben foglaltuk össze, melyben forrásként Leser H. (1977): Feld- und Labormethoden der Geomorphologie (Verlag Gruyter), ill. Leser, H. - Klink, H.J. (1988): Handbuch und Kartieranleitung Geoökologische Karte 1:25 000 (KA GÖK 25) (Selbstverlag, Trier) adtuk meg.



1. ábra A felszínfedettség terepi mérése

*Milyen megoszlás szerint elemezték a Cibulka-vízgyűjtő talajmintáit az SZTE vagy a Velencei NEBIH laboratóriumokban? (59. old.)* A vizsgálatok 2000-ben történő indulásakor tanszéki laboratóriumunk műszerezettsége még nem tette lehetővé a tápanyagok, ill. a mikroelemtartalom meghatározását, így ezeket a Velencei NÉBIH laborban mérettem. 2004-től azonban az időközben lezajlott műszerfejlesztéseknek köszönhetően ezen vizsgálatok lehetővé váltak, így az első vizsgálatoktól eltekintve minden vizsgálatot a saját, 2006-tól már a NAT által akkreditált laboratóriumunkban végeztünk.

*Megítélésem szerint nem tartozik a 6.2 „Mikro- és mezo-léptékű eróziós vizsgálatok a Lajvérpatak vízgyűjtőjén” c. fejezetbe a humuszanyagok környezeti szerepének értékelésére vonatkozó módszerleírás. (61. old.)*

A talajerózió jelentős mértékű csökkenést okoz a talaj szénttartalmában, mivel a lepelerózió a talaj felső, legnagyobb humusztartalmú részeit pusztítja. Viszonylag keveset tudunk azonban az erózióval elmozduló szervesanyagok mennyiségéről, valamint minőségi összetételéről. A szelektív erózió következtében, valamint a valódi humusztartalom térbeli és összetételbeli heterogenitása miatt a lehordódott talajanyagban a különböző minőségű humuszanyagok eltérő módon dúsulnak. Céлом volt tehát a különböző minőségű humuszanyagok mennyiségi meghatározása, majd ez alapján a Hargitai (1961, 1987) féle humuszstabilitási szám ( $Q$ ) és a humuszanyagok stabilitását kifejező, humuszstabilitási koefficienshez ( $K$ ) megadása a Lajvérpatak vízgyűjtőjén. Ezen mérések, ill. számítások módszertani háttérének összefoglalását a módszertani jellegű 6.2. fejezetben továbbra is nélkülözhetetlennek érzem, bár kétségtelen némi tartalmi átfedés felfedezhető a 6.2. fejezet és a 7.4. fejezet vonatkozó részei között.

*Szükség volt-e a paraméterértékek korrekciójára a Németországban kidolgozott EROSION 2D/3D modell magyar szabvány szerint meghatározott adatokból történő megadásakor? (62. old.)*

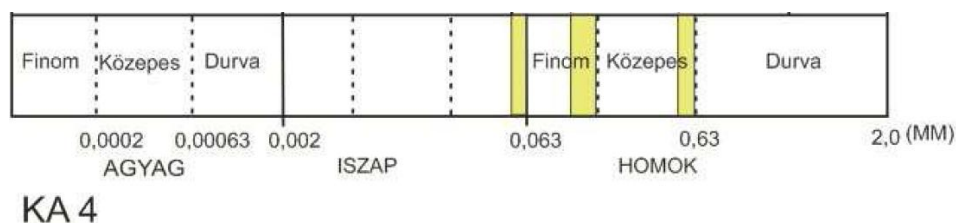
Az alkalmazott modellhez a talajparaméterek megadása a talajtípusok és a területhasználat függvényében történik. Ezek a paraméterek grid formátumban kerülnek bevitelre. Összesen 8

db talajparamétert (1. táblázat) használ a modell, amelyeket egy-egy grid reprezentál. A talajadatokat az un. preprocessor dolgozza fel és hoz létre egy talajfile-t, amit az Eróziós Modul felhasznál.

| Paraméter                                         | Mértékegység |
|---------------------------------------------------|--------------|
| Felszíni érdesség (Manning féle $n$ )             | $s/m^{1/3}$  |
| Talajkohézió (erosion resistance)                 | $N/m^3$      |
| Szervesanyag tartalom                             | Súly %       |
| Felszín fedettség                                 | %            |
| Térfogattömeg                                     | $Kg/m^3$     |
| Kezdeti talajnedvesség                            | Térfogat %   |
| Fizikai talajfésülés (9 szemcseátmérő osztály)    | Tömeg %      |
| Korrekciós faktor a beszivárgási vezetőképességre | -            |

1. táblázat Az E3D bemeneti paraméterei és mértékegységei (Kitka, 2009)

A **fizikai talajfésülés** megadása a modellhez a német nevezéktan alapján a DIN ISO 11277 (Bodenkundliche Kartieranleitung, 1994) szükséges, míg Magyarországon az Atterberg vagy az USDA skálát használják a gyakorlatban. A „KA4” skála, a magyar szabványtól eltérően 9 szemcseátmérő osztályt különböztet meg, amelybe a talajokat az egyes szemcseátmérők tömegszázalékos eloszlása alapján sorolhatjuk be (2. ábra). Az általunk végzett MSZ 08. 0205-78 MÉM Ágazati szabvány szerinti vizsgálat alapján azonban 7 frakció osztályt különítettünk el: <0,002, 0,005-0,002, 0,01-0,005, 0,02-0,01, 0,05-0,02, 0,25-0,05, >0,25 mm. A kapott szemeloszlási görbe segítségével alakítottuk ki a modell bemeneti paramétereihez szükséges szemcseosztályokat, mely alapján a modell meghatározta a talaj fizikai típusát, ill. mi is ez alapján tudjuk a többi paraméter értéket meghatározni a paraméterkatalógusból.



2. ábra Az E2D/3D modell által használt KA4 skála

A fizikai fésülés szemcseosztályainak korrekcióján túlmenően, Kitka Gergely volt PhD hallgató doktori disszertációjában az E3D modell kalibrációja során elvégezte a bemeneti paraméterek érzékenységi vizsgálatát (Kitka, 2009). Ennek során érzékenységi vizsgálat történt az érintett csapadékeseményekre, hogy megállapítsuk, melyek azok a paraméterek, amelyek már kis változással is befolyásolják az eredményt. A terepen mért paraméterekkel történt szimulációk után összehasonlította a mért és modellezett értékeket, majd meghatározta mekkora az eltérés. Az érzékeny paraméterekre megadott egy úgynevezett kalibrációs táblázatot v. nomogramot, amely segítségével a magyarországi viszonyok között lehet használni megadott biztonsággal-tűrőhatárral a modellt. A validálás folyamata során egy már ismert mérőszámhoz viszonyította a szimuláció eredményeit. A nomogramokból és táblázatokból, illetve a mért bementi adatokból (paraméter értékekből) Magyar Paraméterkatalógus készített. Az eredmény a modell kiegészítése lett, amellyel elsősorban a homokos vályog és vályogtalajokon lehet alkalmazni.

A vizsgálat módszere az volt (Barta, 2004), hogy a bemeneti paraméterek értékeit +10%-kal, illetve -10%-kal változtatta, közben figyelte, hogy melyik változtatás okozott a kimeneti értékben 10%-nál nagyobb eltérést. Az érzékenységi vizsgálatához 3 db csapadékeseményt választott (2. táblázat).

|                    | CS1     |          | CS2     |         | CS3     |         |
|--------------------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|
| Paraméterek        | -10%    | +10%     | -10%    | +10%    | -10%    | +10%    |
| Felszín fedettség  | + 3,3%  | - 0,55 % | + 9,5 % | - 4,8%  | 0%      | - 9,5 % |
| Térfogattömeg      | - 100%  | + 285 %  | - 100 % | + 868 % | -100%   | + 253%  |
| Talajkohézió       | +21 %   | - 0,6 %  | +13 %   | - 8,7 % | + 16%   | - 8,5 % |
| Szervesanyag       | + 0,1 % | - 0,1 %  | + 0,1 % | - 0,1 % | + 0,1 % | - 0,1 % |
| Kezdeti talajnedv. | - 100%  | + 285%   | - 100%  | +1373 % | -       | -       |
| Manning féle n     | + 6,1%  | - 7,1%   | + 8,3 % | - 4,8 % | 0%      | 0%      |

2. táblázat Az érzékenységi teszt eredményei. A táblázatban található %-os értékek a szimulációk eredményében bekövetkezett %-os változást mutatják az eredeti eredményekhez (CS1, CS2, CS3) képest (Kitka, 2009)

A komplett érzékenységi vizsgálat eredménye, hogy a legérzékenyebb paraméterek a kezdeti talajnedvesség, valamint a térfogattömeg lettek. A modell sikeres futtatásához változtatni kellett továbbá a felszín fedettségi értéken is a németországi viszonyokhoz képest. Amennyiben a Paraméterkatalógus adatait használjuk magyarországi mintaterületen, a fedettségi értékeket 1 hónappal el kell tolni korábbra.

*Megítélésem szerint a 7.1.2 „A területhasználat változásának hatása a talaj mikroelem forgalmára” c. fejezet első bekezdésében az EROSION 2D modell leírása a Módszerek fejezetbe tartozik. (76.old.)* Egyetértek Opponensem véleményével.

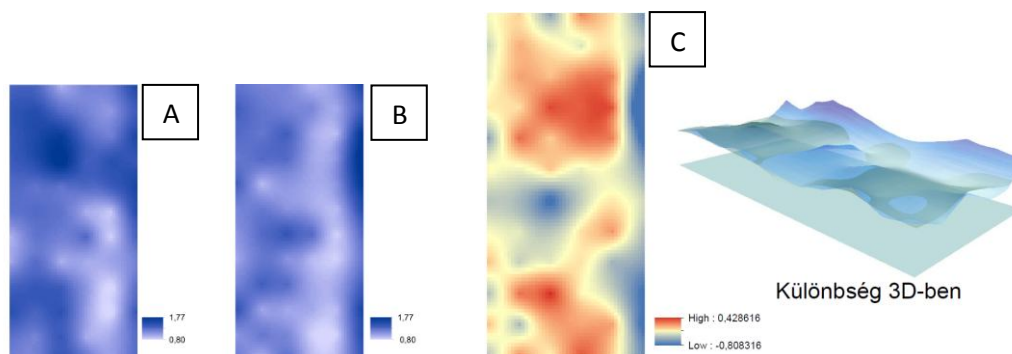
*Mi volt az oka az őszi búza tarlón az októberben az augusztusnál mért nagyobb borításnak? (7.2 táblázat)*

A vízgyűjtő 12 különböző művelésű parcelláján 2001. áprilistól októberig tartó havi gyakorisággal végzett felszínborítottsági méréseink (%) eredményeit a 7.2. táblázatban foglaltam össze. Őszi búza esetében négy parcellán végeztünk mérést, melyből 2 parcellát a termés betakarítást követően bolygatatlanul tarlón hagytak, így a méréseink alapján az augusztusi 90, ill. 96%-os felszínborítottság, feltehetően a gyomosodás miatt 100%-ra nőtt.

*A logaritmus regresszióval kapott elemeloszlás térképek és a mért elemeloszlások nagy hasonlóságot mutatnak. Kifejezhető-e a 7.15 es a 7.16 ábrákon bemutatott hasonlóság numerikusan?*

A térképek összevetésének problémája lépten nyomon felmerül a környezeti adatok térbeli változásainak térképezése, modellezése, validációja, kalibrációja során. A térképek összehasonlításának módszertanában nagy áttörést jelentett annak felismerése, hogy a térképek által szolgáltatott információ több, mint az egyes pixelekből, individuális elemekben, pontokban kapott információk, adatok összessége, mivel lényegi információt szolgáltat ezek térbeli kapcsolódása, elhelyezkedése is (Hagen-Zanker, 2006). Az egyes térképek hasonlóságának számszerűsítésére alkalmazott módszerek többsége azonban még mindig a celláról cellára, pontról pontra történő összevetésen alapul. Az összehasonlítás módszertana eltérő a kategória változójú, ill. a dolgozatban is alkalmazott folytonos változójú térképek esetében. A kategória változójú térképek (pl. tájhasználat változás foltterképei) numerikus összevetésére alkalmasabbak között a Kappa Index, ill. ennek fuzzy alapon továbbfejlesztett változata. Folytonos tulajdonságok térképezése során azt feltételezzük, hogy a geostatistikai (vagy statisztikai) modellek segítségével származtatott térképek egyes pontjaiban valószínűségi változók foglalnak helyet. Ez utóbbi annyiban nehezíti kettő (vagy több) térkép összehasonlítását, hogy egy adott pontban a becsült értékek különbözhetnek

egymástól, de ez még nem zárja ki annak lehetőségét, hogy egy és ugyanazon valószínűségi változó két különböző realizációi. Jelen esetben, amikor az összehasonlítás alapját azonos területre, azonos időpontra készített mért értékeken, majd modellezett eredményeken alapuló folytonos változójú térképek jelentik, megfelelő módszernek találtuk a hasonlóság számszerűsítésére az Arc GIS 10.2. szoftver Band Statistics Modulját, mely a különböző hullámhossz tartományokban készült raszter térképek összevetésére készült. Az eszköz többváltozós statisztikai módszereket tartalmaz, kimenete egy kovariancia és korrelációs mátrix. A variancia megmutatja, hogy egy valószínűségi változó milyen mértékben szóródik a várható értéktől (középtérték). Két változó együttes elemzésénél gyakran alkalmazott mennyiség a *kovariancia*-, illetve a korrelációs együttható. Ezek a mennyiségek megmutatják, hogy a két adatsor milyen mértékben változik „együtt”, s azt is, hogy a változások előjele azonos-e. A felvehető Pb tartalom mért, és a változók logaritmusának lineáris regressziójával becsült térképeire (dolgozat 7.15. ábrája) futtatva az Arc GIS 10.2. Band Statistics Modulját  $r=0,63$  korrelációs értéket kaptunk, mely numerikusan is alátámasztja, hogy a becsülő függvényeket használva kapott elem eloszlás térképek a mért elemkoncentrációkon alapuló elemeloszlás térképekkel hasonlóságot mutatnak. A térképek közti eltérések különbség térképek létrehozásával tehetők szemléletessé (3. ábra).



1. ábra A felvehető Pb tartalom mért (B jelű ábra, ppm), a változók logaritmusának lineáris regressziójával becsült (A jelű ábra, ppm) és a két előbbi különbség térképe (C jelű ábra)

Más megoldásként szóba jöhet a két térkép egyes pontjaira adott értékek alapján a páros mintás t-próbát alkalmazása is. Mivel a két minta eloszlása nem mutat normalitást, a Wilcoxon t próbát ajánlják ebben az esetben, amikor is két összetartozó nem normál eloszlású csoport összehasonlítása történik nem-paraméteres próba segítségével. A Wilcoxon próba alapján a hipotézis, vagyis hogy a változók logaritmusának lineáris regressziójával becsült térkép reprezentálja az eredeti Pb mintát, 95%-os valószínűségen megállt.

*A Jelölt a humuszminőség alapján tett megállapításai természetes, hogy „egybecsengenek” Borcsik et al. (2011) eredményeivel, hiszen társszerzője a közleménynek. (102. old.) Nyilván itt csupán félreérthető fogalmazásról van szó.*

Egyetértek Opponensem, a megfogalmazás valóban félreérthető. Borcsik Zoltán 2008-2010 között folytatta tanulmányait témavezetéssel az SZTE Földtudományi Doktori Iskolájában, ill. bekapcsolódott az ezen időszak alatt folyó, általam vezetett OTKA F37552 „Talaj tápanyag- és toxikus elemtartalom horizontális átrendeződési törvényszerűségeinek vizsgálata” c. kutatásokba. Kutatásaink során megállapítást nyert, hogy az üledékben mért humusz feldúsulás ellenére a humuszminőségi mutató (Q és K érték) értékei a lejtő irányában csökkennek (a lejtő felső szakaszán 1 körüli Q értékek jellemzők, a lejtő alsó harmadán 0,5 körüli értékek). A csapdákban felhalmozódó üledék humuszminősége igen alacsony, néhány mintavételi pontot kivéve a Q érték  $<1$ , az átlagérték a két vizsgált lejtő tekintetében  $Q_{\text{átlag}}=0,86$ , míg a teljes vízgyűjtő talajára jellemző átlag  $Q_{\text{átlag}}=1,61$ . E saját megállapításokat

támasztják alá a Borcsik Z. által elvégzett statisztikai vizsgálatok, melyek ugyan csapatmunkában születtek, s közös publikációban jelentek meg, de az ő munkájának eredményei.

*Jelölt írja, hogy szignifikáns pozitív kapcsolat van a talaj sótartalma és a kritikus indítósebesség között (8.2 táblázat). Hogyan magyarázza ezt az eredményt? (107. old.)*

A kritikus indítósebesség értékek és a talajtulajdonságok közti összefüggéseket vizsgálva megállapítottam, hogy az indítósebesség a vizsgált minták esetében leginkább a porfrakció arányával mutatott összefüggést (Pearson korreláció,  $r=-0,522$ , 0,01 szignifikancia szinten). Viszonylag erős, de nem szignifikáns a GMD értékek és a küszöbsebesség kapcsolata is, valamint szignifikáns pozitív kapcsolat van a talaj sótartalma és a kritikus indítósebesség között is. A talaj sótartalma több okból is befolyásolhatja a kritikus indítósebességet. Egyik ilyen ok, hogy a semleges vagy gyengén lúgos kémhatású talaj száradásakor a folyadékfázisban oldott Ca- és Mg-hidrogénkarbonát  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  és  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  formájában kicsapódik, s hártyaszerű bevonatot képez az aggregátumok felületén, hozzájárulva ezzel a szerkezetképződéshez. Ezen szerkezeti elemek ugyanakkor nem tartósak, hiszen a talaj átnedvesedésekor e bevonat ismét feloldódik (mint pl. a sómérés előkészítésekor készülő talajpép esetén). A nagyobb sótartalmú talajrészek széllal szembeni ellenálló képességét fokozhatja továbbá a sók különböző mértékű higroszkópossága is. A nagyobb sótartalmú talajrészek a levegő nedvességtartalmát fokozottabban kötik meg, növelve ezzel a kritikus indítósebesség értéket.

*A 108. oldal 6. sorában olvasható: „A minták további elemzéseivel (8.3. táblázat) megállapítottuk, hogy összességük alacsony, kémhatásuk szinten egyveretű, gyengén lúgos kategóriába esik.” Az egyveretű kifejezés érthető, de inkább szépirodalmi, mint szakszövege illő. Elfogadom Bírálóm megállapítását.*

*Jelölt egy „képletet” használ az 1 ha-ra vonatkozó tápanyag áthalmozás számítására. Az összefüggés irodalmi forrás nélküli, ezért kérdzem, hogy az a Jelölt fejlesztése? (114. old.)*

A 8.2.4. fejezetben a laboratóriumi szélsatorna eredmények alapján a szélerózió által áthalmozott tápanyag mennyiségének becslési folyamatát és eredményeit mutattam be. A láda után lerakódott talaj tömege csak kis része volt a teljes talajvesztésnek, ezért a tápanyag áthalmozás becsléséhez a görgetve, szaltálva és lebegtetve szállított talajvesztéseget, vagyis a 0–10 és 10–40 cm-es fogókban csapdázódott talajanyagot vettük alapul. A tápanyag, ill. humusz áthalmozás becslésére felírt képlet saját fejlesztés, melynek kisebb újítása, hogy az áthalmozott talaj tápanyagmennyiségének kiszámításánál figyelembe vettük a két fogóban felhalmozódó üledék tápanyagtartalmát, illetve a felhalmozódott tömegekben tapasztalt különbségeket is. Az első fogóban akár négyszeres is lehet az anyagmennyiség. Ennek megfelelően súlyozott átlagokat számoltunk. A tápanyag áthalmozást 1 hektárra kivetítve az alábbi képlet segítségével számoltuk:

$$\Delta H = \frac{10000}{0,15} \cdot \left( ET \cdot \frac{I}{I + II} \cdot H_I + ET \cdot \frac{II}{I + II} \cdot H_{II} \right), \text{ ahol}$$

$\Delta H$  = tápanyag/humusz áthalmozás kg/ha-ban

ET= erodált talaj mennyisége kg-ban

I = I. fogóban felhalmozódott üledék mennyisége g-ban

II = II. fogóban felhalmozódott üledék mennyisége g-ban

$H_I$  = I. fogóban levő üledék humusz/tápanyag tartalma

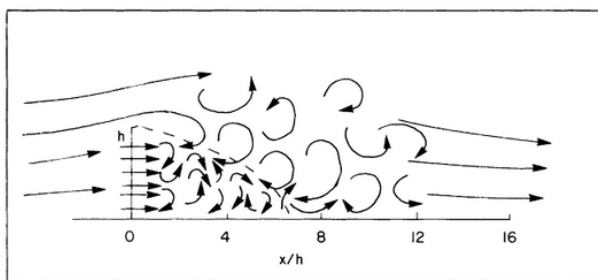
$H_{II}$  = II. fogóban levő üledék humusz/tápanyag tartalma

0,15= a szélsatorna alá helyezett talajmintatartó felülete  $\text{m}^2$ -ben

A szélcsatornában különböző szélerősségek kapcsán a mintatartó tálcáról eltávozott tápanyagmennyiséget felhasználva e képlet segítségével megkaptuk 1 ha-ra kivetítve a tápanyag áthalmozás mértékét.

*A 116. oldalon olvasható, hogy „A "B" sorozat szélmérési eredményeit teljes keresztmetszetben ábrázoló profil alapján... szembetűnő, hogy a 25-30 cm magas kukoricasorok a szél erősséget, s így a talajfelszín defláció-veszélyeztetettségét nem fékezik, hanem az egyes növények környezetében örvénylő mozgásokat generálva, a szél sebességét 16-17 m/s-ra növelve a talajfelszín közelében a defláció-veszélyeztetettséget is növelik.” Kérdezem; hogy a növények szélesebbé növelő, szélörvény generáló hatása mekkora növénymagasságig érvényesül?*

A szél sebességét és irányát az atmoszférában folyó lég cirkuláció, a helyi termikus viszonyok és a talajegyenetlenségek befolyásolják. A talaj egyenetlenségei és a légkör termikus jelenségei széllekeket idéznek elő, amikor is a szél sebességében és irányában pillanatnyi változások következnek be, amelyeket turbulenciáknak nevezünk. Turbulenciák kizárólag mechanikus úton jöhetnek létre, a terepen levő akadályok miatt, de a turbulens áramlás által érintett légréteg vastagságát az atmoszféra állapota korlátozza. 6 m/s-nál kisebb szélesebbéknél - szorosan a talaj fölött - a turbulenciát főként konvekció okozza. Nagyobb szélesebbéknél az akadályok okozta mechanikus turbulencia játszik nagyobb szerepet (Tóth, 2011). Ilyen különböző mértékű turbulens mozgások alakulhatnak ki bármely felszíni tárgy, így a növényzet, mint pl. a mezővédő fasorok hatására is. A turbulencia mértékét azonban számos tényező befolyásolja, mint pl. a növényzet magassága, a porozitás, a növénytakaró összefüggősége, a szél iránya és sebessége stb. Véleményem szerint tehát egy tényezőt, mint pl. a növénymagasságot kiemelve a rendszerből a kérdés nem megválaszolható. Esetünkben a 2011-es apátfalvi terepi kísérleteinket két sorozatban végeztük, sorozatonként 3-3 párhuzamos fűtatással. Az egyik sorozatban növényborítás mentes felszínen, a másik sorozatban fiatal 25-30 cm magas kukorica soron. Az egyes fűtatási kísérletek során végzett szélprofil vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a növényborítás-mentes és a kukorica sorral végzett kísérleteink szélprofiljai jelentősen eltérnek. A növényzet mentes felszínen végzett kísérlet szélprofilja alapján elmondható, hogy az eredeti morzsás szerkezet, az abból adódó érdes talajfelszín az áramló levegő sebességét a felszín közelében lefékezi, az mintegy 10 cm magasságban éri el a 13 m/s-os, majd 20 cm magasan a 15 m/s-os szélesebbéget. A kukorica soron végzett mérés eredményeit teljes keresztmetszetben ábrázoló szélprofil alapján azonban szembetűnő, hogy a 25–30 cm magas kukoricasorok esetében egyes növények környezetében örvénylő mozgásokat generálva, a szél sebességét 20-30 cm-en mérve 16–17 m/s-ra növelve a defláció-veszélyeztetettséget is növelik. Fontos szempont azonban, hogy a mérés során a csatorna alatt egyetlen kukorica sor állt, párhuzamosan a levegő áramlásával. Feltehetően más eredményre jutunk, ha a szél iránya szöget zár be a sorral, vagy ha ugyanezen magasságú, de összefüggő a növényborítás, ill. ha pl. természetes szélesesemény esetén nem érvényesül a csatorna szélhatása.



4. ábra A turbulencia fellépésének sematikus ábrázolása a szélgát magasságának függvényében (Raine and Stevenson (1977) in Brandle et al. 1988)

Szélcsatornában és terepen is számos kutató foglalkozott a növényzet széleróziót gátló hatásának mérésével, modellezésével, mely munkák széles körű összefoglalását tartalmazza Brandle J.R., Hintz D.L., Sturrock J.W. ed. (1988): Windreak technology c. kötete. Ezen tanulmányok elsősorban a növényzet, mint szélgát hatásaira koncentrálnak. Raine és Stevenson (1977) szélcsatorna méréseik alapján megállapították, hogy a növényzetnek magasságtól függetlenül van turbulencia keltő hatása (4. ábra), valamint hogy a turbulens zóna a szélgát (pl. kukorica sorok) magasságának max. 12-szereséig jelentkezik, s keletkező a turbulencia erősségét elsősorban a növényesáv (vagy egyéb gát) porozitása befolyásolta.

*A WAST terepi szélcsatornában a levegőbe kerülő talajrészeket befogó csapdázó a Jelölt lényeges módszerfejlesztési munkája. Kérdezem, hogy a WAST csapdázó hatékonyságának számítására használt módszer új fejlesztés-e? (133. old.)*

Az MWAC és a WAST csapdázók hatékonyságát a következő képlet alapján határoztuk meg:  $E = Q_{cs}/Q_o$ , ahol E (efficiency) a hatékonysági érték,  $Q_{cs}$  a szél által szállított szediment mennyisége a csapdázott tömegek alapján,  $Q_o$  a szél által elszállított szediment mennyisége a talajmérleg adatai alapján. A  $Q_{cs}$  értékhez meghatároztuk a csapdázók különböző magasságban befogott szediment tömegeire illesztett exponenciális függvénygörbék alatti területet közelítő integrál módszerrel. A görbe alatti területekre átszámolt tömegek együttesen adják a szélesemény során szaltálva és szuszpendálva szállított szediment mennyiségét. Ehhez hozzáadódik még a görgetve mozgó talajszemcsék tömege, amely szélcsatorna végénél elhelyezett süllyesztett tálcában gyűlt össze. A  $Q_o$  érték kiszámításához a talajmérleggel megmértük a mérleg felett elhelyezkedő talaj tömegét a kísérlet előtt és után. A két tömeg különbsége adta a talajvesztést, amelyet a hatékonyság kiszámításánál viszonyítási pontnak választottuk. A tömegkülönbség értéke csak a platform talajmérleg feletti területre vonatkozik, ezért egységnyi területtel számolva felszoroztuk a szélcsatorna hosszával, így megkaptuk a  $Q_o$ -t.

Az új fejlesztésű csapdázó hatékonyság vizsgálata során alkalmazott módszer alapjai Goossens és munkatársai (2000) végzett öt csapdázó hatékonyság vizsgálatát leíró munkáján nyugszanak. Az alkalmazott módszernek azonban vannak saját fejlesztésű elemei is, hiszen terepi szélcsatorna kísérletekben, valamint csapdázók hatékonyság vizsgálatában eddig terepszint alá süllyesztett platform mérleget ismereteim szerint nem használtak.

*A 122. és 134. oldalak között olvasható igen gazdag nemzetközi irodalomra hivatkozó, zömmel módszertani anyag megítélésem szerint ebben a terjedelemben és részletességgel nem az eredmény fejezetbe illik. Rövidítése lehetővé tehetné volna, - az amúgy kiváló értekezés - megadott terjedelemben belül tartását.*

A 8.4. „Terepi eljárás és eszközfejlesztés a széleróziós talajvesztés és off-site hatásainak becslésére” c. fejezeten belül a csapdázó tervezés szempontjait és az új fejlesztésű csapdázó hatékonyság vizsgálatát tárgyaló fejezetek valóban tartalmaznak, az eredmény fejezetbe illőnél nagyobb terjedelemben szakirodalmi feldolgozást. Ezzel célom az volt, hogy az eddig használt csapdázók bemutatásával megalapozzam egy, a vályog-agyagos vályog fizikai féleségű talajok deflációs érzékenységének vizsgálatához szükséges új fejlesztés létrejöttét, valamint a megindokoljam az új csapdázótól elvárt tulajdonságokat. Egyetértek ugyanakkor Opponensemvel abban, hogy ezen fejezet rövidítése lehetővé tehetné volna, dolgozatomban megadott terjedelemben belül tartását.

*Jelölt mivel magyarázza a 8.23 táblázatban közölt felvehető K-tartalom összes K-tartalommal nagyobb dúsulási faktor értékeit? (148. old.)*

A csernozjom talaj deflációs események hatására bekövetkező elemvesztésének becsléséhez a feltalaj, valamint a szél által áthalmozott, csapdázott üledék összes- és felvehető

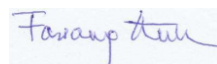
elemtartalmát is meghatároztuk. A minták „összes” elemtartalmát röntgen fluoreszcens spektrometriás (XRF) módszerrel, míg a felvehető kálium tartalmát ammónium-laktátos feltárást követően mértük. Az XRF módszerrel tehát meghatározható a talaj összes K tartalma tekintet nélkül arra, hogy az adott atom a kolloid felületen, vagy a talaj ásványi alkotórészeinek kristályrácsában fordul-e elő. Az AL pedig a talaj könnyen oldható K-tartalmát, valamint szakirodalmi adatok alapján ezen túl a tartalékkészletek egy részét is oldja, kicseréli (Bertáné et al. 2009). A talaj fizikai és kémiai jellemzői azonban eltérő mértékben hatnak az AL kivonószerben mért kálium mennyiségére. Hatásukra változhatnak az adszorpció és deszorpció viszonyai, vagy a kivonószer oldó, kicserélő erélyét módosítják. Szakirodalmi adatok (Bertáné et al. 2009) alapján a kálium esetében a kötöttség, pH, karbonátosság és humusztartalom van befolyással az AL oldható K hányadra. Az AL-ban mért K-tartalom a kötöttség függvényében növekszik, a legnagyobb AL-K értékek a legkötöttebb talajokon mérhetők (Bertáné et al. 2009). A humusztartalom szintén hatással van a kivont kálium mennyiségére. Tekintettel a K ion méretére és töltésszámára, nagy adszorpciós kapacitással rendelkezik, könnyen kapcsolódik a humusz kolloidok funkciós csoportjaihoz. A nagyobb humusztartalmú talajokon, ill. esetünkben a csapdázott talajanyagban a mért humuszfeldúsulásnak köszönhetően több káliumot old és cserél ki a kivonószer, mint a fújtás előtti talajfelszínről származó mintából. Ettől egyedül az agyag- és nehézaggyag talajokon térhetnének el az eredmények, ahol nagy szerepet játszhat az agyagtartalom minősége is. Az agyagásványok lehetnek ui. K-szolgáltatók (illit), vagy K-kötők (vermikulit, szmektit). A talaj agyagásvány-összetételének ismeretében meghatározhatók lennének a K-kötési értékszám és a K-szolgáltatási hányados, melyek segítségével megítélhetnénk a talaj K-szolgáltató képességét (Stefanovits et al., 2010). Mivel azonban a talaj és a csapdázott szediment ásványtani vizsgálata ez idáig nem készült el, e szempont nem vehető figyelembe a tapasztaltak magyarázatához.

*Hogyan értékeli a Jelölt, hogy kísérleteiben a szakirodalmi eróziómérték és a talajelemek feldúsulási faktorainak logaritmusai közötti lineáris kapcsolat nem igazolódott?*

A csapadékeseményekhez kötődő elemelmozdulási folyamatokat vizsgálva fontos kérdés az összes elemtartalom, ill. a növény által felvehető, könnyen oldható elemtartalom feldúsulási és elemelmozdulási tendenciáinak megismerése. Az ezzel kapcsolatos eredményeimet dolgozatomban a 7.1.3. „A makro- és mikroelem tartalom feldúsulási tendenciájának vizsgálata a lejtő irányban mozgó üledékben” c. fejezetben tárgyalom. A mérési eredményeink alapján megállapítható, hogy a területhasználat nem csak az erózió veszélyességre van hatással, de az adott talajtípus és lejtőviszonyok mellett befolyással van az elemfeldúsulási folyamatokra az erózióval mozgatott üledékben a helyben található talajtípushoz képest. Minden általunk vizsgált komponens esetében a szőlő területen mozgó üledékben tapasztalhatók magasabb feldúsulási értékek a szántóhoz viszonyítva, kivéve a foszfát tartalmat. A Massey és Jackson (1952) által feltételezett, az erózió mértéke (t/ha) és az egyes elemekre kapott feldúsulási faktor értékek logaritmusai közötti lineáris kapcsolat a két mintaterületen ugyanakkor nem volt igazolható. Ez több tényezőre vezethető vissza. Massey és Jackson (1952) munkájában a mobilis, felvehető elemtartalmak esetén írta fel az összefüggést, valamint a talajvesztés alatt a hektáronként elmozduló talajanyagon túl a lefolyásban mért szilárd fázis területegységre visszaosztott értékét is beleszámolta, mely utóbbi adattal én nem rendelkezem. Az összefüggés erősségeit és gyengeségeit Starr et al. (2000) „Modelling Soil Carbon Transported by Water Erosion Processes” c. cikkében tárgyalva megállapítja, hogy az indirekt hatások értékelésében, mint pl. szervesanyag vagy műtrágya bevitel, a modell nem jól teljesít.

Végezetül köszönöm **Dr. Rajkai Kálmán** akadémikus úrnak, hogy dolgozatomra időt szánt, az opponensi feladatot elvállalta, és kérdéseivel, jobbító szándékú észrevételeivel segítette munkámat.

Szeged, 2016. október 10.



Dr. Farsang Andrea  
egyetemi docens, SZTE TTIK  
Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

### Hivatkozott irodalom:

- Barta K. 2004: Talajeróziós modellépítés a EUROSEM modell nyomán (Ph.D. értekezés). SZTE. Szeged. 84 p.
- Bertáné Szabó E., Berényi S., Loch J. 2009: A 0,01 M CaCl<sub>2</sub>, a Baker–Amacher és az ammónium-laktát-ecetsav(AL) kivonószerekben oldható K-tartalom összehasonlítása. AGROKÉMIA ÉS TALAJTAN 58 (2009) 1. (45-56.)
- Borcsik Z., Farsang A., Barta K., Kitka G. 2011: Humuszanyagok mennyiségi és minőségi eróziójának mérése a Tolna megyei Szálka település melletti vízgyűjtőn. In: Farsang, A. & Ladányi Zs. (szerk.): Talajvédelem (különszám): Talajaink a változó természeti és társadalmi hatások között. Talajvédelmi Alapítvány. Szeged. 127–138.
- Brandle J.R., Hintz D.L., Sturrock J.W. ed. 1988: Windbreak technology. Elsevier 1988
- Goossens, D., Offer, Z., London, G. 2000: Wind tunnel and field calibration of five aeolian sand traps, Geomorphology, 35. 233–252.
- Hagen-Zanker A. 2006: Comparing continuous valued raster data: A cross disciplinary literature scan. Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Hargitai, L. 1961: A humuszban lévő nitrogén szerepe a talajok nitrogén-gazdálkodásában. Keszthelyi Mezőgazdasági Akadémia Kiadványai No. 4. Mezőgazdasági Kiadó Budapest.
- Hargitai, L. 1987: Az ekvivalens humuszkészlet agrokémiai és környezetvédelmi jelentősége. Kertészeti Egyetem Közleményei Budapest 51: 260-267.17, 38–40.
- Keveiné, B.I., Farsang, A. 2008: Terep- és laborvizsgálati módszerek a természeti földrajzban. JATEPress, Szeged
- Kitka G. 2009: Optimális területhasznosítás tervezése kisvízgyűjtő méretarányban az EROSION 3D talajerózióbecslő modell segítségével. PhD Disszertáció, Kézirat SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék 146 p.
- Leser H. 1977: Feld- und Labormethoden der Geomorphologie (Verlag Gruyter)
- Leser, H. - Klink, H.J. 1988: Handbuch und Kartieranleitung Geoökologische Karte 1:25 000 (KA GÖK 25) (Selbstverlag, Trier)
- Massey, H. F., M. L. Jackson 1952: Selective erosion of soil fertility constituents. Soil Science Society of America Proceedings 16: 353–356.
- Starr G.C., Lal, R., Malone, D., Hothem, L., Owens, J., Kimble 2000: Modelling Soil Carbon Transported by Water Erosion Processes. Land Degrad. Develop. 11: 83-91.
- Raine, J.K., Stevenson, D.C.. 1977: Wind protection by model fences in a simulated atmospheric boundary layer. J. Ind. Aerodyn., 2: 159-180.
- Stefanovits, P., Filep, Gy., Fülek, Gy. 2010: Talajtan, Mezőgazda kiadó, Budapest
- Tóth L. 2011: Települési Energetika ([http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2010-019\\_Telepules\\_energetika/ch12s02.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2010-019_Telepules_energetika/ch12s02.html))