

SZERKEZETES TALAJOK DEFLÁCIÓÉRZÉKENYSÉGÉNEK ÉS TALAJTANI TULAJDONSÁGAINAK ÖSSZEFÜGGÉSEI: TEREPI SZÉLCSATORNA KÍSÉRLETEK EREDMÉNYEI DÉL-ALFÖLDI CSERNOZJOM TALAJOKON

FARSANG ANDREA – BARTUS MÁTÉ
– BARTA KÁROLY – SZATMÁRI JÓZSEF

CONNECTION BETWEEN WIND EROSION VULNERABILITY
AND SOIL PROPERTIES OF AGGREGATED SOILS:
RESULTS OF PORTABLE WIND TUNNEL EXPERIMENTS ON CHERNOZEMS
OF THE SOUTHERN PARTS OF THE GREAT HUNGARIAN PLAIN

Abstract

Forecasts connected to global warming adumbrate the increasing summer temperature and decrease of the summer precipitation, which enhances the probability of wind erosion on both Arenosols and Chernozems in the Carpathian Basin. This research focuses on determining threshold friction velocities on different aggregated soils and quantifying soil loss by different wind erosion events with the help of portable wind tunnel experiments in the southern part of the Great Hungarian Plain. Results enable us to estimate the connection between selected soil properties and wind erosion vulnerability.

Both of the soils studied are similarly loamy Chernozems of high quality and the main difference between them is in their structure (ratio of crumbles), as well as in their carbonate and organic matter content. These differences have resulted in significant unlikeness in threshold friction velocities (6.5 to 13 m/s) and total soil loss (100 to 350 g/m²). Various sediment trapping methods have provided opportunities to determine the ratio of bed, saltation, and suspended load transport.

It can be stated that differences in the mean aggregate size, carbonate, and humus content can cause big differences in the wind erosion vulnerability and this highlights the importance of the suitable agrotechnology against deflation.

Keywords: wind erosion, in situ wind tunnel experiment, Chernozems

Bevezetés

A 20–21. században tapasztalható intenzív talajhasználat a mezőgazdasági művelés alatt álló talajaink erőteljes degradálódását, terhelését vonja maga után. Globális szinten évente 20 milliárd tonnára becsülik a termőföldekről lepusztuló talajmennyiséget, az ebből származó terménycsökkenést 20 millió tonnára, a teljes termelés 1%-ára tehetjük (KERÉNYI A. 1991; KITKA G. 2009). A szélerosítozással sújtott területek aránya Magyarországon szintén jelentős. Területének kb. 26%-án közepes és súlyos a defláció veszélyeztetettség. Ez körülbelül 2,6 millió hektárt jelent (LÓKI J. 2003). Főleg a nagy kiterjedésű homokterületek vannak veszélyben (MUCSI L. 1993; MEZŐSI G. – MUCSI L. 1994), mint például Belső-Somogy, a Kiskunság, vagy a Nyírség, de az erózió elleni védelem rendkívül fontos az értékesebb csernozjom talajjal rendelkező DK-i országrészben is (BAUKÓ T. – BERECSZÁSZI P. 1990; BARCZI A. – CENTERI Cs. 2005). A Duna-Tisza-közén a deflációval veszélyeztetett területek aránya eléri a 23%-ot (SZATMÁRI J. 2005).

A defláció talajdegradáción túlmutató hatásai szintén sokrétűek. A defláció érzékeny talajokon a szél hatására a finomabb részecskék (agyag, iszap frakció) eltávoznak a talajból, amelyben a durvább frakció aránya megnő. A kedvezőtlen fizikai talajtulajdonságok

kialakulása (pl. a talaj vízkapacitásának változásán keresztül) a talajökológiai rendszerek hanyatlását eredményezhetik. A defláció jelentős humán-egészségügyi problémaként is megjelenhet, különösen azon települések lakosai esetében, melyek környezetében, az uralkodó szélirányban intenzív művelés alatt álló szántóterületek dominálnak. A szél által levegőbe kerülő talajrészecskék komoly hatást gyakorolnak az emberi és állati egészségre. A 10 µm-nél kisebb átmérőjű szállópor elég kis méretű ahhoz, hogy a szél könnyedén szállítsa és eljusson a tüdő legapróbb részeihez is, melynek hatására pl. hörghurut alakulhat ki. Ha hosszútávon ki vagyunk téve a porártalomnak, az komolyabb egészségügyi kockázattal járhat (TOY T. J. et al. 2002).

A hazai klímamodellezés fejlődésének köszönhetően az utóbbi években egyre pontosabb és részletesebb éghajlat-változási prognózisok jelentek meg a hazai szakirodalomban is. A hosszabb távú klimatológiai előrejelzések (MIKA J. et al. 1995; WEIDINGER T. et al. 2000; BARTHOLY J.–MIKA J. 2005; BARTHOLY J. et al. 2006; MEZŐSI G. et al. 2014) az elkövetkező évtizedekre a nyári félévek hőmérsékletének emelkedését, illetve csapadékanak csökkenését prognosztizálják. Az adatok jelzik, hogy a Duna-Tisza közén további, fokozatosan gyorsuló szárazodási folyamat játszódhat le (KERTÉSZ Á. et al. 2000; KOVÁCS F. 2006), így a változó klimatikus feltételek növekedést eredményezhetnek a szélerózió dinamikájában (MEZŐSI G. 1996).

A téma tájféldrajzi szempontú elemzését Csorba P. és munkatársai végezték el (CSORBA P. et al. 2012), mely Magyarországra kiterjedő modellezés eredménye a folyamatosan készülő tájfejlesztési, tájvédelmi, táj-rehabilitációs, illetve tájgazdálkodási tervek alapját képezheti. Csorba P. és munkatársai (2012) a modell szimulációkat a Pálfi-féle aszályindex (PAI) módosított változatának (Palfai Drought Index, PaDI) alkalmazásával végezték. Ezek alapján egyértelműnek látszik, hogy a jövőben a fokozódó szárazodás hatására a talajok víztartalma csökkenni, ezzel együtt a defláció mértéke és az érintett terület nagysága növekedni fog. Az eredmények azt mutatják, hogy a szárazodás következtében már a 2021–2050 közötti időszak a szélerózió szempontjából közepesen veszélyeztetetté válik az ország területének jelentős része. A leginkább érintett térségek a Duna-Tisza köze, Duna-menti sík, Gödöllői-dombság, valamint Belső-Somogy. A szárazodás fokozódásával a 2071–2100 közötti időszakra a szélerózió-veszélyeztetettség tovább fog fokozódni, amelynek során a Mezőföld, valamint a Marcal-medence és a Komárom–Esztergomi-síkság területe is erősen veszélyeztetetté válik (CSORBA P. et al. 2012).

A szélerózió tudományos megközelítése több irányból és célkitűzéssel történhet. Terepi in situ kísérletekkel és mérésekkel valós szélesemények alkalmával követhetők nyomon legérzékenyebben a változások (eróziós tűk kihelyezése, szediment csapdák elhelyezése stb.) (LIVINGSTONE I. et al. 1996; SZATMÁRI J. 2006). A lejátszódó folyamatok aprólékos modellezése szélcsatornában lehetséges, ahol tetszés szerint változtatható a szélesebség, a talajparaméterek, a felszín érdessége és nedvességtartalma és még sok egyéb tényező. A szélcsatornák két típusa használatos a kutatásban: labor és terepi szélcsatorna vizsgálatok (LÓKI J. 1994, 2003a, b; MAURER T. et al. 2006; BACH M. 2008). A laborkörülmények közötti vizsgálatok némi hibalehetőséget rejtenek magukban a talaj szerkezetének bolygatása, szállítás közbeni leromlása, valamint az alkalmazott minta előkészítési eljárások (szárítás, törés, szitalás) miatt. A terepi szélcsatornával végzett kísérletek már pontosabban közelítik a valós széleróziós értékeket, hátránya viszont jelentős költségigénye, valamint az, hogy a terepi körülmények között végzett vizsgálatok nehezebben standardizálhatók.

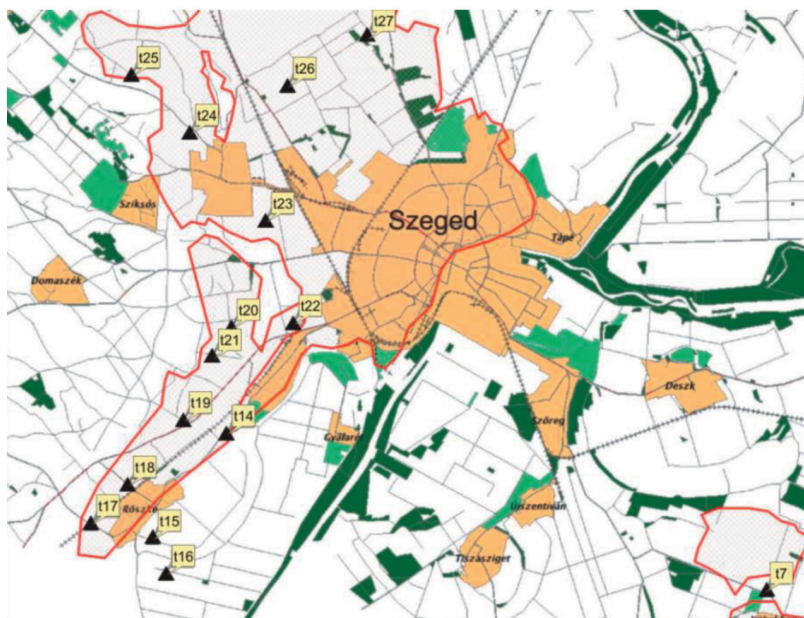
Hazánkban a homokterületeken fellépő széleróziós tevékenység mennyiségi és minőségi vizsgálatával foglalkozott – terepi mérési adatok felhasználásával – többek között BODOLAYNÉ 1966a, b; KIRÁLY M. 1970; BORSY Z. 1972; DIKKEH M. 1991; LÓKI J. 1994,

2003). Már az 1960-as évektől megjelentek a csernozjom talajaink veszélyeztetettségét vizsgáló kutatások is (BODOLAYNÉ 1966; BODOLAYNÉ et al. 1976), melyek foglalkoznak a szélrózsiót befolyásoló talajfizikai tulajdonságokkal, mint pl. a talajfelszín szerkezete és nedvességállapota. Az 1970-ben megépülő laboratóriumi szélcsatornával LÓKI J. és munkatársai kiterjesztették a szélrózsiós vizsgálatokat különböző talajtípusokra, s így az Alföld kötöttebb talajaira is (LÓKI J. – SZABÓ J. 1996, 1997). LÓKI J. 1994-es és 2003-es értekezéseiben a szélrózsió folyamatának laboratóriumi, szélcsatornás vizsgálatait foglalta össze, Magyarország talajait reprezentáló több mint száz talajminta indítási küszöbességének meghatározása alapján térinformatikai eszközökkel megszerkesztette hazánk potenciális szélrózsiós térképét (LÓKI J. 2003). BLASKÓ L. és munkatársai (BLASKÓ L. et al. 1995) kötött talajok, köztük csernozjom talajok defláció érzékenységet laboratóriumi szélcsatornában a küszöbesség és a talajok fizikai tulajdonságai (szemcseméret) közti összefüggést központba helyezve vizsgálták.

Mintaterület, módszerek

Kutatásunk során Magyarország Dél-alföldi csernozjom talajú területeit vizsgáltuk azon céllal, hogy szélcsatornával kvantifikáljuk a különböző szélesemények által okozott talajvesztés mértékét, meghatározzuk a szerkezetes talajok kritikus indítósebesség értékeit.

Vizsgálati területeink Békés megyében, Makótól K-re mintegy 10 km-re, Apátfalva külterületén, valamint Csongrád megyében Szegedtől ÉNY-ra 2 km-re helyezkedtek el. Az in situ szélcsatornás kísérleteinket 2011. június 2–4. között Apátfalván, valamint Szegeden 2013 júliusában végeztük. A Szeged környéki csernozjom talajok különböző változatait 16 helyszínre kiterjedően 2014 júniusában vizsgáltuk (1. ábra). A talajmintákat szerke-



1. ábra Szeged környéki csernozjom talaj és változatainak mintavételi helyei (2014. június)
Figure 1 Soil sampling points around Szeged (June 2014)

zeti vizsgálatok mellett részletes talajtani alapvizsgálatoknak (pH, humusz %, kötöttség, sótartalom), valamint a kűszöbsebesség értékek meghatározása céljából szélcsatornás kísérleteknek vetettük alá.

A kísérlet sorozatokhoz egy 12 m hosszú, 0,8 m széles és 0,75 m magas szélcsatornát használtunk. A szélcsatorna több részből áll. Egy nagy teljesítményű, 1,2 m átmérőjű ventilátor biztosította a légáramlatot, melyet egy 7,5 kW-os villanymotor hajtott meg. A nagyfeszültségű áramot aggregátor szolgáltatta. A ventilátort egy flexibilis cső követi, amely egy ún. laminátor részhez csatlakozik. A laminátor egy fémvázból és hálószerűen egymásra telepített csövekből áll. Laminátor alkalmazása nélkül a ventilátor forgó mozgása miatt a levegő örvényszerűen áramlana a csatorna egész területén. A laminátort egy szűkítő elem követi, amely immár egyenes vonalú légáramlatot vezet egy héttagú (egyenként 80×70×75 cm, összesen 5,6 m hosszú), alul nyitott szélcsatornába. A szélcsatorna által megfűjt talajfelszín összesen 3,36 m² nagyságú. Minden fűtési esemény 3 párhuzamos, 10 perc hosszú fűtési kísérletből állt. A szélesebbeséget minden fűtési során horizontális és vertikális profilokban is mértük. A mérés Lambrecht Jürgens 642 típusú anemométer segítségével történt. A szuszpendálva és szaltálva szállított talajszemcsék mintázásához a szélcsatorna kimeneti nyílásába csapdázókat helyeztünk. A 2. ábrán a terepi szélcsatorna berendezés látható.



2. ábra Szélcsatorna (részei: 1. turbina, 2. laminátor, 3. szélcsatorna elemek, 4. szediment tálca, 5. szélcsatorna kimeneti nyílása, csapdázók területe)

Figure 2 The applied portable wind tunnel. Legend: 1 – turbine; 2 – laminator; 3 – wind tunnel elements; 4 – sediment trap for bed load sediments; 5 – different traps for saltation and suspended load sediments

A laboratóriumi vizsgálatokat megelőzően a mintákat 25 °C-on légszárazra szárítottuk, majd a megfelelő előkészítést követően a következő talajtani paraméterek kerültek meghatározásra: aggregátum méreteloszlás szitálással, Arany-féle kötöttségi szám az MSZ-08-0205 : 1978 szabvány szerint, pH (H₂O), karbonát-tartalom MSZ-08-0206/2 : 1978 szerint, a szervesanyag-tartalom pedig az MSZ 21470/52:1983 szabvány szerint. A szemcseösszetétel méréseket Particle sizer Analysette 22 MicroTec plus típusú, Fritsch gyártmányú lézer diffrakciós műszerrel végeztük.

A csernozjom talajok defláció érzékenységét a szerkezeti tulajdonságaival összefüggésben a Bácskai löszös síkság és a Dél-Tisza-völgy kistájak csernozjom területein vizsgáltuk. Figyelembe véve a talajok genetikai talajtípusát, a földek szántóként történő alkalmazását és az uralkodó szélirányt a Bácskai löszhát területén összesen 21 darab, míg a Dél-Tisza-völgy kistáj területén további 16 parcellát (3. ábra) válogattunk be a szerkezeti vizsgálatokba.



3. ábra Mintavételi helyek az Bácskai és Dél-Tisza-völgyi mintaterületeken, valamint a jellemző talajtípusok
Figure 3 Soil sampling points in the South Tisza Valley and in Bácska with indication of the typical soil types

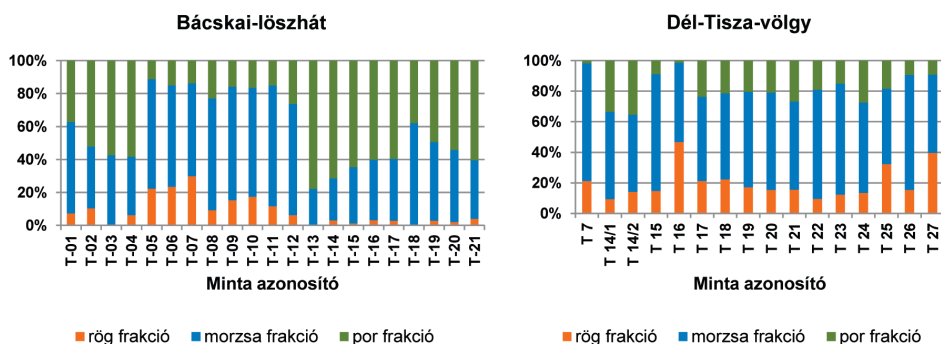
Eredmények

Dél-alföldi (Bácska, Dél-Tisza-völgy) csernozjom talajok szerkezeti állapota

A csernozjom talajtípusok jellemzője egészséges állapotban a morzsás genetikai talaj-szerkezet, ideális esetben 1-3 mm átmérőjű morzsák dominanciájával. A száraz szitálás során kapott aggregátum-eloszlásból következtetni lehetett a talajfelszíni, művelt réteg agronómiai szerkezetére. Ennek értelmében elmondható, hogy az alföldi mészlepedékes csernozjom talajtípusra jellemző morzsás szerkezet nem minden esetben volt megfigyelhető, több mintánál bizonyosodott be a talaj felső rétegének elporosodása. A klímastressztűrő állapot (BIRKÁS M. et al. 2010) a Bácskai löszháton vizsgált minták közül csupán egy esetben bizonyult igen jónak, azaz a vizsgált parcellák közül csupán egy rendelkezik kellő képességgel a káros éghajlati hatások mérséklésére, tompítására. További hat minta megfelelő klímastressztűrő képességű. Ezek a talajok a lehatárolt területek északi részén helyezkedtek el. 14 mintánál igazolódott be, hogy érzékeny, degradált talajokról van szó, ezek közül 5 minta klímastressztűrő képessége nem megfelelő. Ezeknél a porarány, valamint egy mintánál a rögrakciók mennyisége meghaladta a 25-30%-ot. Az igen kockázatos minősítést kapott talajok a mintaterület déli, illetve keleti felén helyezkednek el. A vizsgált terület leromlott szerkezetű tábláinak hosszanti tengelye jelentős hányadban párhuzamosan fut a régióra jellemző széliránnyal, ami növeli a defláció érzékenységet. A Dél-Tisza-völgyi táblák esetében kevésbé porosodott szerkezetről beszélhetünk, csupán két mintaterület esetében haladta meg a por aránya a 30%-ot (4. ábra).

Dél-alföldi csernozjom talajok kritikus indító sebesesség értékei a szerkezeti állapottal összefüggésben

A csernozjomok ilyen mértékű porosodása figyelemre méltó problémát jelent, hiszen a jó minőségű csernozjom talaj termőképessége a folyamat hatására csökken. Emellett a defláció mértéke is számottevő csernozjom talajainkon. Már viszonylag kis szélesebességű (15–17 m/s) és rövid idejű (10 perc) széleseményeknél is 1–1,2 t/ha az elszállított talajanyag (FARSANG A. et al. 2011, 2014). 10 perces 15 m/s-os (20 cm magasan mért) szélesemény hatására a csernozjom talaj aggregátum szerkezete jelentősen módosul. Szélcsatornás



4. ábra A feltalaj szerkezeti jellemzői a Bácskai löszhát és a Dél-Tisza völgy kistáj csernozjom területein
 Figure 4 Aggregate size distribution of the studied Chernozems from the South Tisza Valley and from the Bácska Loessy Back

kísérleteink alapján a porfrakció elmozdulása következtében akár 10%-kal nő a feltalajban az 1–4 mm-es morzsák aránya (FARSANG A. et al. 2011).

A Szeged környéki csernozjom talajok az alföldi mészlepedékes csernozjom és a réti csernozjom talajtípusba sorolhatók, ill. ezen talajtípusok valamely változatát képviselik. Fizikai féleségük jellemzően vályog, agyagos vályog, kémhatásuk a gyengén savanyú és a gyengén lúgos között változik. Szerves C tartalmuk a csernozjom talajokra jellemzően átlagosan 1,62% (humusz 2,3%). A csernozjom talajokra jellemző küszöbsebesség értékek 9,2-14,2 m/s között változnak és átlagosan 10,1 m/s (10 cm-en mérve) körül alakulnak (1. táblázat). Terepi szélszatórnával mért értékeink jó közelítést mutatnak LÓKI J. (2003) által laboratóriumi szélszatórnában vályog, iszapos vályog talajokra meghatározott 9,3-9,8 m/s-os indítósebesség értékekkel.

1. táblázat – Table 1

Szeged környéki csernozjom talajok talajtani tulajdonságai
 és kritikus indítósebesség értékei (N= 16)
 Soil properties and threshold friction velocities on Chernozems
 around Szeged (N= 16)

	pH (H ₂ O)	KA	összsó (%)	szénsavas mész tartalom (m/m%)	szervesC tartalom (%)	rög frakció %	morzsa frakció %	por frakció %	GMD [mm]	Indító sebesség (10 cm) m/s
átlag	7,7	39	0,02	5,91	1,62	19,97	61,72	18,32	1,29	10,9
max.	8,0	57	0,06	19,00	2,88	46,67	77,17	35,39	2,08	14,2
min.	6,5	30	0,01	0,63	0,69	9,35	49,42	1,42	0,88	9,2
szórás	0,4	6	0,01	4,86	0,58	10,70	9,86	10,18	0,32	1,4

A kritikus indítósebesség értékek és a talajtulajdonságok közti összefüggéseket vizsgálva megállapítható, hogy az indítósebesség a vizsgált minták esetében leginkább a porfrakció arányával mutatott összefüggést, s azon belül pedig a 0,1–0,25 mm-es szemcse-tartományba eső frakció arányával (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 (2. táblázat, 5. ábra).

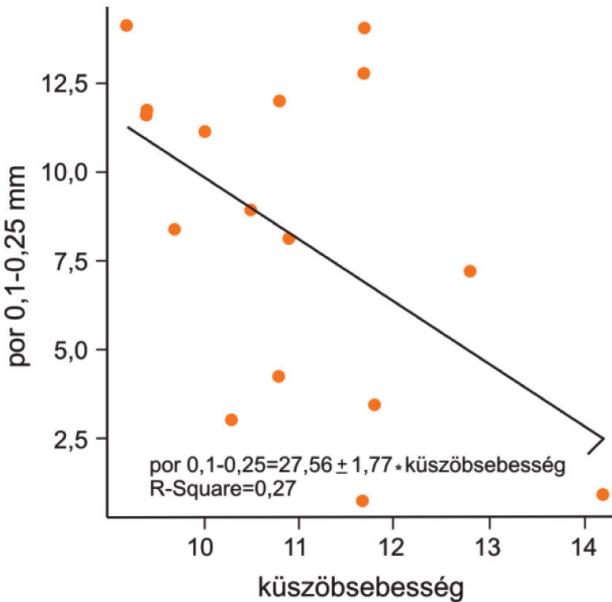
2. táblázat – Table 2

A talaj alaptulajdonságai, szerkezeti összetétele és a kritikus indító sebesség közti
korrelációs vizsgálat eredménye (N=16)
Correlation between soil properties, aggregate sizes and threshold
friction velocities (N=16)

	pH	kötöttség	összso	mész	humusz	rög	morzsa	por	GMD	indítóseb.
pH	1									
kötöttség	-0,51 ¹	1								
összso	-0,90 ²	0,55 ¹	1							
mész	0,44	-0,52 ¹	-0,52 ¹	1						
humusz	-0,47	0,37	0,44	-0,13	1					
rög	-0,09	0,62 ¹	0,23	0,07	0,06	1				
morzsa	-0,45	0,13	0,23	-0,38	0,35	-0,51 ¹	1			
por	0,53 ¹	-0,78 ²	-0,46	0,30	-0,40	-0,56 ¹	-0,43	1		
GMD	-0,43	0,83 ²	0,47	-0,25	0,29	0,82 ²	0,05	-0,92 ²	1	
indítóseb.	-0,59 ¹	0,18	0,54 ¹	-0,18	0,21	0,16	0,26	-0,42	0,39	1

¹ szignifikáns korreláció 0.05 szignifikancia szinten (2-tailed)
significant correlation at level of significance 0.05 (2-tailed)

² szignifikáns korreláció 0.01 szignifikancia szinten (2-tailed)
significant correlation at level of significance 0.01 (2-tailed)



5. ábra A küszöbsebesség és a Szeged környéki csernozjom talajok porfrakció (0,1–0,25 mm) aránya közti kapcsolat ($r=-0,522$, $N=16$)

Figure 5 Connection between threshold friction velocity and dust fraction (0.1–0.25 mm) ratio at Chernozems around Szeged ($r=-0.522$, $N=16$)

*A kritikus indítósebesség értékek összevetése
dél-alföldi réti csernozjom talajokon*

A terepi szélcsontra kísérletek alá vont két dél-alföldi (Szeged, Apátfalva) réti csernozjom terület, bár talajtípusa, talajképző köze egyezést mutat, egyes talajtani alaptulajdonságaiban eltér egymástól. A vizsgált területek talajai fizikai féleségüket tekintve vályog kategóriába esnek (FARSANG A. et al. 2011) (3. táblázat). A humusztartalom a feltalajban az apátfalvi területen magasabb, 4,5–4,8%. A kémhatás mindkét szelvény esetében a gyengén lúgos és lúgos között változik. A CaCO_3 tartalom a békési területen (Apátfalva) magasabb (12,2%), míg Szeged mellett 3,2–24,5% között alakul. A vízdoldható összes só értéke mindkét mintaterületen alacsony, 0,02–0,07% közötti értéket vesz fel. A LÓKI J. (2003) által készített Magyarország potenciális szeleróziós térképén mindkét terület a közepesen veszélyeztetett kategóriába esik, a „Kritikus indítósebesség értékei Magyarországon” c. térképlap alapján a területekre 8,6–10,5 m/s a várható indítósebesség érték. A Szegedtől É-ra eső réti csernozjomokon a LÓKI J. (2003) által is előjelzett, a csernozjom talajok fizikai félesége alapján prognosztizálható 6,5–9,0 m/s közötti indítósebesség értékeket mértünk, míg Apátfalván 13,0 m/s volt az indítósebesség értéke. A különbség oka a két terület talajának eltérő humusz- és karbonáttartalma, melyek a talaj szerkezetének kialakításában, a stabil szerkezeti elemek képződésében nagy szerepet játszanak. Az apátfalvi terület talajának magasabb karbonát- és humusztartalma, valamint szerkezeti összetételében mért magasabb morzsa arány (3. táblázat) a küszöbsebességi érték növelésének irányába hatnak.

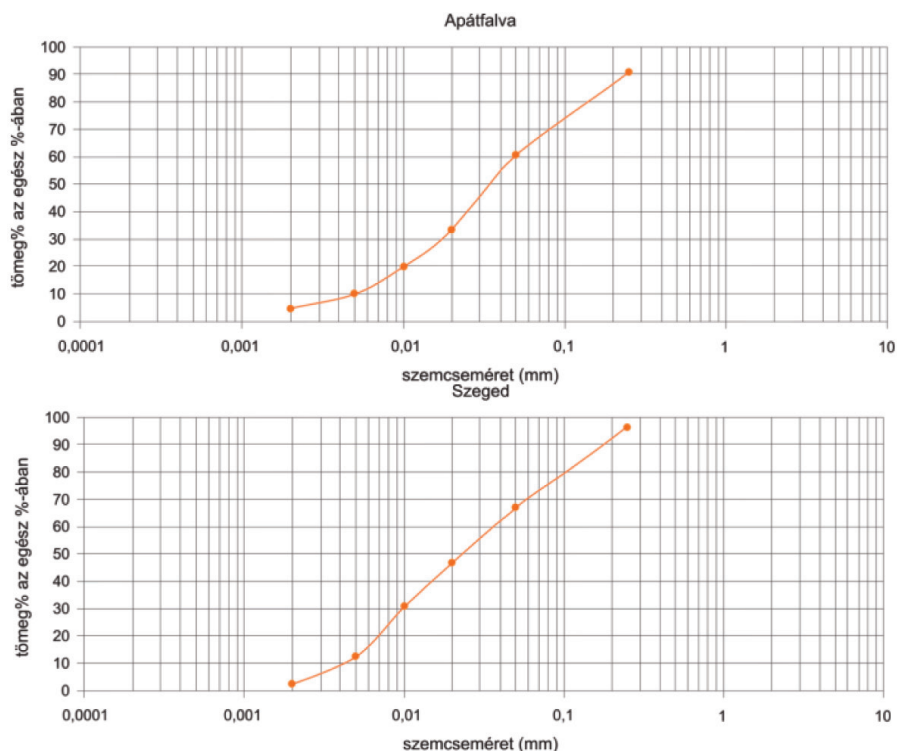
3. táblázat – Table 3

Az apátfalvi és szegedi kísérleti parcellák talajainak alapvizsgálata
Soil properties of experimental plots in Szeged and Apátfalva

	Összeső tartalom (%)	pH	Karbonát tartalom (%)	Humusz%	Kötöttség (K_A)
Apátfalva	0,05	8,2	12,2	4,5–4,8	38–42
Szeged	0,02	7,9–8,1	3,4–5,1	2,2–3,7	36–40

A különböző nagyságú szerkezeti elemek elmozdulását tekintve megállapítható, hogy a gördülő mozgás azokra a szemcsékre vagy aggregátumokra igaz, amelyek túl nehezek ahhoz, hogy a szél felemelje, s szaltáció útján mozgassa őket. Általában 0,5–20 mm méretű szemcsékre vonatkozik ez, de befolyásolja ezt az anyag sűrűsége is (LÓKI J. 2003). Kimutatták, hogy a mozgó anyag mennyiségének kb. 7–25%-a így közlekedik, függően a szél erejétől, ill. a szemcseösszetételtől. A pattogva ill. szaltálva mozgás a leggyakoribb üledékszállítási forma, az esetek 80–90%-ában így közlekedik az üledék (LÓKI J. 2003). Általában a 0,1–0,5 mm közötti szemcséket szállítja így a szél.

A két terület feltalajának mechanikai összetétele ugyan nem mutat jelentős eltérést (6. ábra), de az aggregátum összetételében jelentős különbség van a 0,5 mm alatti és feletti szerkezeti elemek megoszlásában. Az apátfalvi területen – feltehetően köszönhetően a szerkezeti elemek kötőanyagaként jelentős szerepet kapó magasabb CaCO_3 - és humusztartalomnak – a 0,5 mm morzsaátmérőt meghaladó szerkezeti elemek aránya 76,8%, míg a szegedi területen az az érték csupán 68,1%. A 0,5 mm-nél kisebb, tehát a széllel leginkább mozgékony szerkezeti elemek aránya a békési területen 23,1%, Szegednél 30,6% (4. táblázat).



6. ábra Az apátfalvi és szegedi mintaterület talajának mechanikai összetétele
Figure 6 Particle size distribution of soils from experimental plots in Szeged and Apátfalva

4. táblázat – Table 4

Az eredeti talajfelszín aggregátum összetétele a két vizsgált területen
(tömeg%, Apátfalva n=3, Szeged n=10)

Aggregate size distribution of the original soil surface on the two studied plots
(Apátfalva n=3, Szeged n=10)

mm	Apátfalva felszín m/m%	Apátfalva szórás	Szeged felszín m/m%	Szeged szórás
>4	14,4	3,9	23,90	1,7
2–4	18,4	1,7	9,50	1,5
1–2	25,1	1,2	18,40	1,9
0,5–1	19,0	1,4	16,30	1,7
0,25–0,5	9,7	1,3	11,20	1,9
<0,25	13,4	2,6	19,37	1,5

A szerkezeti elemösszetételben, valamint a humusz- és CaCO_3 tartalomban megfigyelhető különbségek hatására a Szeged melletti csernozjom mintaterület talaja defláció érzékenyebb. A feltalajban mért magasabb humuszkoncentráció, valamint a 0,5 mm-nél kisebb szemcsék magasabb aránya következtében kisebb indító sebesség értékeket, nagyobb

áthalmozódó talajmennyiséget, valamint ezzel együtt nagyobb mennyiségű humusz- és foszfor elmozdulást mértünk az egységesen 10-10 perces fújatási kísérleteink alkalmával (5. táblázat).

5. táblázat – Table 5

A kritikus indítósebesség és az elmozduló talajanyag mennyiségének összevetése az apátfalvi és szegedi réti csernozjomon végzett kísérletekre vonatkozóan
Threshold friction velocities and weight of shifting soil in Szeged and Apátfalva

	Kritikus küszöbsebesség (m/s)	Áthalmozódó talajmennyiség (átlag) (g · m ⁻²)
Apátfalva	13	115,1
Szeged	6,5–9,0	343,2

Különbőség figyelhető meg továbbá az elszállítás módjában is: míg a kisebb szerkezeti elemekkel jellemezhető szegedi csernozjom területen a 13–15 m/s-os szélesemények során a talajanyag áthalmozódása ~2%-ban görgetve történik, ~51%-a szaltálva és mintegy 47%-a szaltálva és lebegtetve távozik a területről, addig az apátfalvi szerkezetesebb talajú területen a talajelmozdulás döntő többségét a görgetve szállított talajanyag teszi ki, s a szaltálva, ill. lebegtetve távozó frakció mennyisége a teljes talajmozgáshoz viszonyítva csupán 10,7%–17,4% között változik (6. táblázat) (FARSANG A. 2016).

6. táblázat – Table 6

A csapdázókban (WAST) és a sülyesztett tálcában mért üledék mennyiségek (A1-A10 sorozat) alapstatisztikai értékei a különböző magasság-intervallumokban becsült szállítás típusok arányaival (Szeged)
Statistics of measured sediment amounts (A1-A10 range) in different traps with ratios of bed, saltation and suspended load sediments (Szeged)

WAST csapda	A különböző magasságokban elszállított talajanyag becsült értéke medián (g)	Maxi- mum (g)	Mini- mum (g)	Szórás	Mozgás típusa	
0–7,5 cm	360,15	1065,0	159,1	33,2	szaltálva	51,0%
7,5–15,0 cm	170,50	1015,3	124,7	262,6		
15,0–22,5 cm	94,04	915,7	54,7	257,6	szaltálva	47,04%
22,5–52,5 cm	347,41	2020,4	80,0	62,7	és lebeg- tetve	
52,5 cm –	46,35	212,7	7,3	2,9		
Tálca	17,73	61,6	6,7	17,31	görgetve	2,0%

Összefoglalás

A hosszabb távú klimatológiai előrejelzések az elkövetkező évtizedekre a nyári félévek hőmérsékletének emelkedését, illetve csapadékának csökkenését prognosztizálják. Mindezek következtében a Duna-Tisza közén fokozatosan gyorsuló szárazodási folyamat játszódhat le, s az így változó klimatikus feltételek 30-50%-os növekedést eredményezhetnek a szélérozió dinamikájában.

Munkánk során dél-alföldi mintaterületek szerkezetes talajait in situ körülmények között terepi szélcsatornával vizsgáltuk azon céllal, hogy számszerűsítsük a különböző szélesemények által okozott talajvesztesség mértékét, meghatározzuk a szerkezetes talajok kritikus indítósebesség értékeit, s eredményeink alapján megállapításokat tegyünk a talajtani sajátosságok és a deflációs érzékenység összefüggéseire.

A terepi szélcsatorna kísérletek alá vont csernozjom területek talajai textúrájukban nem, de egyes talajtani alaptulajdonságaikban (aggregátum összetétel, humusz %, CaCO_3 tartalom) kismértékben eltérnek egymástól. Az apátfalvi terület talajának magasabb karbonát és humusztartalma, valamint szerkezeti összetételében mért magasabb morzsa arány a küszöbsebességi érték növekedésének irányába hat. A Szegedtől É-ra eső csernozjomokon 6,5–9,0 m/s közötti indítósebesség értékeket mértünk, míg Apátfalván 13,0 m/s volt az indítósebesség értéke, ami közel háromszoros talajvesztességet eredményezett.

A 10 párhuzamos fújtási kísérlet során a süllyesztett tálcában és a WAST csapdázó különböző magasságaiban összegyűlt, s a szélcsatorna keresztmetszet arányos részére felszorozott átlagos szediment mennyiségét alapul véve megállapítható, hogy a csernozjom talajainkat érő 13–16 m/s-os szélesemények során a talajanyag áthalmozódása a korábban labor szélcsatornában mért arányokhoz hasonlóan (FARSANG A. 2016) ~2%-ban görgetve történik, ~51%-a szaltálva és mintegy 47%-a szaltálva és lebegtetve távozik a területről. A csak lebegtetve elmozduló szediment arányának elkülönítésére, tekintettel a szélcsatorna magasságára, nem volt lehetőség.

Megállapítható tehát, hogy egyazon talajtípusba eső, s azonos textúrájú szerkezetes talajok esetében a talajszerkezet állapota, valamint az arra ható karbonát- és humusztartalom meghatározó elemek a deflációveszélyesség, valamint a talajelmozdulás mértéke és módja szempontjából.

FARSANG ANDREA

SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged
farsang@geo.u-szeged.hu

BARTUS MÁTÉ

SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged
bartus.mate@gmail.com

BARTA KÁROLY

SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged
barta@geo.u-szeged.hu

SZATMÁRI JÓZSEF

SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged
szatmari@geo.u-szeged.hu

IRODALOM

- BACH, M. 2008: Aolische Stofftransporte in Agrarlandschaften. PhD Dissertation. Christian-Albrechts Universität zu Kiel. Kiel
- BARCZI A. – CENTERI CS. 2005: Az erózió és a defláció tendenciái Magyarországon. – In: STEFANOVITS P. – MICHÉLI E. (szerk.): A termőföld jelentősége a XXI. században. 403 p. Budapest: MTA TKK, 2005. pp. 221–244.
- BARTHOLY J. – MIKA J. 2005: Időjárás és éghajlat – cseppben a tenger? – Magyar Tudomány 7. 789–798.
- BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – TORMA CS. – HUNYADY A. 2006: A Kárpát-medence térségére a XXI. századra várható klímaváltozás becslése. – III. Magyar Földrajzi Konferencia tudományos közleményei. CD kiadvány. ISBN 9639545120 p. 11.

- BAUKÓ T. – BEREKSZÁSI P. 1990: Egyszerűsödő agrár-tér szerkezet – fokozódó szélkárosodás Békés megyében. – *Környezetgazdálkodási évkönyv* pp. 87–95.
- BÄRRING, L. – JÖNSSON, P. – MATSSON, J.O. – ÅHMAN, R. 2003: Wind erosion on arable land in Scania, Sweden and the relation to the wind climate: a review. – *Catena* 52. pp. 173–190.
- BLASKÓ L. – KARUCZKA A. – YÍRI L. – ZSEMBELI J. 1995: Kötött talajok széléroziós érzékenységi vizsgálata *Agrokémia és Talajtan* 44. 3–4. pp. 497–503.
- BIELDERS, C. L. – RAJOT, J. – AMADOU, M. 2002: Transport of soil and nutrients by wind in bush fallow land and traditionally managed cultivated fields in the Sahel. – *Geoderma* 109. pp. 19–39.
- BIRKÁS M. – SZEMÓK A. – MILAN M. 2010: A klímaváltozás talajművelési, talajállapot tanulságai. – „Klíma-21” Füzetek 61. pp. 141–152.
- BODOLAY I-NÉ 1966a: Szélérozió elleni védekezés öntözött homokterületeken. – *Agrokémia és talajtan* 14. 1–2. pp. 1–15.
- BODOLAY I-NÉ 1966b: A szélérozió hatása a Bácskai-löszháton. – *Agrokémia és talajtan* 15. 1–2. pp. 372–383.
- BODOLAY I-NÉ – MÁTÉ, F. – SZÜCS, L. 1976: A szélérozió hatása a Bácskai-löszháton. – *Agrokémia és Talajtan* 25. 1–2. pp. 96–103.
- BORSY Z. 1972: A szélérozió vizsgálata a magyarországi futóhomok területeken. – *Földrajzi Közlemények*. 20. (2–3) 156–160.
- CSORBA P. – BLANKA V. – VASS R. – NAGY R. – MEZŐSI G. – MEYER, B. 2012: Hazai tájak működésének veszélyeztetettsége új klímaváltozási előrejelzés alapján. – *Földrajzi Közlemények* 136. 3. pp. 237–253.
- DIKKEH, M. 1991: A szélérozió néhány törvényszerűségének és védekezési lehetőségének vizsgálata. Kandidátusi értekezés. Gödöllő. p. 128.
- DÖVÉNYI Z. (szerk.) 2010: Magyarország kistájainak katasztere. Második, átdolgozott és bővített kiadás, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, p. 876.
- FARSANG A. 2016: A víz- és szélérozió szerepe a talaj humusz- és elemtartalmának horizontális átrendeződésében. MTA doktori értekezés. Szeged p. 183.
- FARSANG, A. – BARTUS, M. – BARTA, K. – SZATMÁRI, J. 2013: Csernozjom talajok in situ széléroziós vizsgálata terepi szélcsatornával. – *Talajvédelem*, pp. 157–169.
- FARSANG A. – BARTUS M. – SZATMÁRI J. – BARTA K. – DUTTMANN R. 2013: In situ determination of the wind erosion caused nutrient loss on Chernozems by portable wind channel experiments. – *Journal of Earth Science and Climatic Change* 4:(Spec. Iss.) p. 67.
- FARSANG, A. – SZATMÁRI, J. – NÉGYESI, G. – BARTUS, M. – BARTA, K. 2011: Csernozjom talajok szélérozió okozta tápanyag-áthalmozódásának becslése szélcsatorna-kísérletekkel. – *Agrokémia és Talajtan* 60. 1. pp. 87–102.
- GOOSSENS, D. 2002: On-site and off-site effects of wind erosion. In: *Wind erosion on agricultural land in Europe*. – In: WARREN A. (szerk). Office for Official Publications of the European Communities. EUR 20370, pp. 29–38.
- KERÉNYI A. 1991: Talajerozió. Térképezés, laboratóriumi és szabadföldi kísérletek. Akadémiai Kiadó. Budapest. p. 219.
- KERTÉSZ Á. – HUSZÁR T. – TÓTH A. 2000: Soil Erosion Assessment and Modelling. In: *Physicogeographical Research in Hungary*. – In: KERTÉSZ Á. et. al. (szerk.) *Studies in Geographical Research* Inst. HAS, Budapest. pp. 63–74.
- KIRÁLY M. 1970: A Duna-Tisza közti ültetvények talajvédelme. Doktori értekezés. Budapest.
- KITKA G. 2009: Optimális területhasznosítás tervezése kisvízgyűjtő méretarányban az EROSION 3D talaj-erózióbecslő modell segítségével. PhD Disszertáció, Kézirat SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék p. 146.
- KOVÁCS F. 2006: Tájváltozások értékelése geoinformatikai módszerekkel a Duna-Tisza közén különös tekintettel a szárazodás problémájára. PhD értekezés. p. 106.
- LIVINGSTONE, I. – WARREN, A. 1996: *Aeolian geomorphology: an introduction*. Addison-Wesley Longman, Harlow, p. 211.
- LÓKI J. 1994: Mezőgazdaság-központú természetföldrajzi vizsgálatok a Duna-Tisza köze É-i felének példáján. Kandidátusi értekezés. Debrecen. p. 199.
- LÓKI J. 2003: A növényzet szélérozió elleni védőhatásának vizsgálata szélcsatornában, Környezetvédelmi mozaikok, Debrecen. 291–306.
- LÓKI J. 2003: A szélérozió mechanizmusa és magyarországi hatásai. MTA doktori értekezés. Debrecen p. 265.
- LÓKI J. – SZABÓ J. 1996: Neuere Windkanaluntersuchungen der Deflationssensibilität von Böden des Ungarischen Tieflandes. *Zeitschrift für Geomorphologie*. 40. Berlin-Stuttgart. pp. 145–159.
- LÓKI J. – SZABÓ J. 1997: Az alföldi talajok deflációérzékenységi vizsgálata szélcsatornában. Regionális Agrár-kutatási és Vidékfejlesztési Workshop. Kompolt. 73–83.
- MAURER, T. – HERRMANN, L. – GAISER, T. – MOUNKAILA, M. – STAHR, K. 2006: A mobile wind tunnel for wind erosion field measurements. – *Journal of Arid Environments* 66. pp. 267–271.
- MEZŐSI G. 1996: The predicted wind erosion rate in the Carpathian Basin. Abs. of the IAG ERC’96. Budapest, p. 86.

- MEZŐSI G. – BATA T. – MEYER B. – BLANKA V. – LADANYI Zs. 2014: Climate Change Impacts on Environmental Hazards on the Great Hungarian Plain, Carpathian Basin. *International Journal of Disaster Risk Science* 5. 2. pp. 136–146.
- MUCSI L. 1994: Soil erosion and sand movement in the southern part of Hungary in: *Remote Sensing – From Research to Operational applications in the New Europe: Proceedings of 13th EARSeL Symposium*. ROBIN VAUGHAN (szerk) Budapest: Springer Hungarica Kiadó, (ISBN:963 7775 42 0, 2-908885-08-5) pp. 189–200.
- MEZŐSI G. – MUCSI L. 1993: Soil erosion assessment with the help of remote sensing methods. In: J.L. VAN GENDEREN – R.A. VAN ZUIDAM – C. POHL (szerk.): *Proceedings of the international symposium on operationalization of remote sensing*. Vol 9., *Operationalization of remote sensing for earth science applications* (ISBN: 90161640962). pp. 29–41.
- MIKA J. – AMBRÓZY P. – BARTHOLY J. – NEMES Cs. – PÁLVÖLGYI T. 1995: Az Alföld éghajlatának időbeli változékonysága és változási tendenciái a hazai szakirodalom tükrében. – *Vízügyi közlemények* 77. pp. 262–283.
- STEFANOVITS P. – VÁRALLYAY Gy. 1992: State and management of soil erosion in Hungary. In: *Proceedings of the Soil Erosion and Remediation Workshop*. US – Central and Eastern European Agro-Environmental Program. pp. 79–95.
- STERK G. – HERRMANN L. – BATIONO A. 1996: Wind-blown nutrient transport and soil productivity changes in Southwest Niger. – *Land degradation & development* 7. pp. 325–335.
- SZATMÁRI J. 2005: The evaluation of wind erosion hazard for the area of the Danube-Tisza Interfluvium using the Revised Wind Erosion Equation. – *Acta Geographica Szegediensis* 38. pp. 84–93.
- SZATMÁRI, J. 2006: Geoinformatikai módszerek és folyamatmodellek alkalmazása a szélerezési vizsgálatokban, Doktori (PhD) értekezés tézisei. Kézirat. Szegedi Tudományegyetem p. 112
- SZATMÁRI J. 2007: Investigation of wind erosion and dust pollution in the Danube-Tisza Interfluvium. In: KOVÁCS CSABA (szerk.): *From villages to cyberspace: In commemoration of the 65th birthday of Rezső Mészáros*, 471 p. Szeged: SZTE TTIK Gazdaság- és Társadalomföldrajz Tanszék, pp. 429–438.
- THYLL, Sz. (szerk.) 1992: *Talajvédelem és vízrendezés dombvidéken*. Mezőgazda Kiadó. Budapest. p. 350.
- TOY, T.J. – FOSTER, G.R. – RENARD, K.G. 2002: *Soil Erosion: Processes, Prediction, Measurement, and Control*. New York: John Wiley and Sons, 338 p.
- WEIDINGER T. – BARTHOLY J. – MATYASOVSKY I. 2000: A globális éghajlatváltozás lokális hatásainak vizsgálata hazánkban. – *Földrajzi Közlemények* 124. pp. 75–92.