

Talajhidrológiai paraméterek regionalizálása a Bodrogtóban

Bakacsi Zsófia – Farkas Csilla – Pásztor László – Szabó József
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest
E-mail: zsofi@rissac.hu

Összefoglalás

Munkánk során olyan adatbázis felépítését kezdtük meg a Bodrogtóban, amely megfelelő alapot szolgáltat a talajhidrológiai paraméterek kistérségi szintű becsléséhez. A talajvíz-mérleg elemeinek szelvény léptékben történő becsléséhez elengedhetetlen a szelvényt jellemző talajhidrológiai függvények ismerete. A talajvízforgalom területi jellemzéséhez szükség van ezen függvények területi kiterjesztésére is. A kutatás jelen fázisában, figyelembe véve a terület földtani-talajtani fejlődését azt feltételezzük, hogy az azonos térszíni pozícióban lévő, hasonló felépítésű talajszelvények fejlődése közel azonos volt. Első közelítésben a 2004-2007-es évek során végrehajtott terepi mérés és mintavételezés, illetve talajhidrológiai modellezés eredményeit a szelvényfelépítés alapján próbáltuk meg a nagy mennyiségben rendelkezésre álló archív talajfelvételi adatok alapján az aktuálisan felvételezettnél nagyobb területre kiterjeszteni.

Summary

Our paper presents the construction of a soil hydraulic database for the Bodrog-Tisza Interfluvium region to establish the estimation of regional-scale soil hydraulic properties. It is essential to know the characteristic soil hydraulic functions in the soil profile in the profile-scale estimation of the elements of soil water balance, for the spatial extension of these functions the spatial characterization of the soil water regimes is necessary. In the first approximation the results of the 2004-2007 soil surveys and soil hydraulic modeling were linked to the numerous legacy soil profile data to increase the target area.

Bevezetés

A Bodrogtó felszínén található legidősebb képződmény a folyóvízi eredetű pleisztocén fluvioeolikus homok, melynek jelentős része defláció során lepusztult és áthalmazódott, de a szél néhány helyen a mai alluviális síkságból kiemelkedő homokdűnéket hagyott maga után. A szél által lepusztított homokfelszínre rakta le a Tisza a pleisztocén végén, holocén elején az ártéri üledékeit. A Bodrogtó felszínének nagy részét alkotó holocén képződmények általában 2-4 m-es vastagságú folyóvízi, ártéri finomszemcsés üledékek. A felszínen uralkodó elterjedésű üledék az agyag, ill. az agyagos aleurit. A mélység felé csökken az üledék agyagtartalma, 5 m mélyen már a Bodrogtó nagy részén, 10 m-es mélységben pedig szinte az egészén a már említett összefüggő folyóvízi homokréteget találjuk (BARTHA et al. 1987; CSONGOR & FÉLEGYHÁZI 1987). A terület felszínén található a legfiatalabb holocén

képződmény, a vizenyős mocsaras területeken kialakult tőzeg, mely helyenként több méteres vastagságot is elér. Fiatal holocén képződmény még a folyók árterét borító friss öntés, amelyben az agyagtól a homokig váltakozva mindenfajta szemnagyság előfordul. A holocén ártéren ki-alakult hidromorf talajok döntően nehéz mechanikai összetételűek, jó víztartó-képességűek, rossz vízáteresztő-képességűek és vízgazdálkodásúak.

A XIX. sz. közepén a Bodroghöz területén véghez vitt folyószabályozás egyik hatása a korábbi öntésterületek vízpótlásának elmaradása, a vízhiányos helyzet kialakulása volt. Napjainkban egyre inkább előtérbe kerül a jelenlegi vízkormányzási rendszer átalakítása, a táj természetes, vagy természetközeli állapotának visszaállítása, a korábbi ártéri gazdálkodási rendszer revitalizációja. A Tisza-völgy árvízi biztonságának növelését, valamint az érintett térség terület- és vidékfejlesztését szolgáló ún. Vásárhelyi-terv első szakaszában kialakításra kerülő Cigánd-Tiszakarádi tározó területén 2003. óta folyamatosan végezzük a jelenlegi tájhasználatnak megfelelő talaj- és talajvízforgalmi állapotok rögzítését, a talajok vízforgalmában fellépő változások nyomon követését és jellemzését megalapozó módszertan kidolgozását. A kidolgozás alatt álló módszertan nagyléptékű talaj-fizikai adatbázison, monitoring-hálózaton és matematikai modellezésen alapul. A Cigándi vésztározó és Tiszakarádi tájgazdálkodási rendszer keretében tervezett tájhasználat-váltás megvalósításához és a fenntartható tájgazdálkodás sikeres bevezetéséhez szükséges a jelenlegi föld- és tájhasználati formáknak megfelelő talajállapot rögzítése és a lehetséges változások becslése. Vizsgálni és lehetőleg előre jelezni kell továbbá a talajok vízháztartásában, az ökoszisztémákban és agro-ökoszisztémákban az árvízi, vízkormányzási létesítmények miatt bekövetkező várható változásokat az ártereken és azok hatáskörnyezetében.

Munkánk során olyan adatbázis építését kezdtük meg, amely megfelelő alapot szolgáltat a talajnedvesség-forgalom kistérségi szintű becsléséhez. A talajvízmérleg elemeinek szelvény léptékben történő becsléséhez elengedhetetlen a szelvényt jellemző talajhidrológiai függvények ismerete, a talaj-vízforgalom területi jellemzéséhez pedig szükség van ezen függvények területi kiterjesztésére is. A területi kiterjesztés első lépéseként az adott szelvénytípusban mért és becsült talajhidrológiai paramétereket a vele azonos térszíni pozícióban lévő archív szelvénytípusokhoz rendeljük. A típus-szelvények alapján történő kategorizálás nem új keletű megközelítés, VÁRALLYAY és munkatársai (1980) a talaj vízgazdálkodási jellemzőinek rétegződési típusokhoz rendelését is kidolgozták.

Anyag és módszer

2004. és 2007. között 60 talajszelvényt felvételeztünk és mintáztunk Bodroghalom – Nagyrozvány – Cigánd – Tiszacsermely körzetében, egy megközelítőleg 200 km²-es területen belül. A terepi felvételezés alapján kiválasztott 4 referencia helyen talajmonitoring-hálózatot építettünk ki az eltérő térszintekre jellemző talajok víz- és hőforgalmának nyomonkövetésére (Szennatanya, Tiszacsermely, Pácín körzetében). A szelvény-léptékű talajnedvesség-forgalom modellezés eddigi eredményei azt mutatták, hogy jelentős eltérés van az eltérő ártéri szinteken elhelyezkedő talajszelvények talajnedvesség-forgalma között (HORVÁTH et al., 2007).

Új felvételi adatok

Jelenleg 60, aktuális felvételezésből származó szelvény- ill. fúrási adat áll rendelkezésre a talajok rétegzettségének és összetételének jellemzésére. Valamennyi új felvételezési pontra vannak alapvizsgálati, illetve szemcseösszetételi adatok. Mért talajhidrológiai jellemzői 12 ún. elsődleges szelvénynek vannak, míg a többi 48 (másodlagos) szelvény esetében a víztartó-görbe és a telítettségi vízvezető-képesség meghatározása becslési eljárással történt. Az elsődleges pontokban az alacsony tenziótartományban mért víztartóképesség, illetve térfogattömeg adatok állnak rendelkezésre (1. táblázat), míg 4 pontban duplagyűrűs beszivárgás mérő készülékkel helyszíni mérést is végeztünk a talaj hidraulikus vezetőképességének meghatározása céljából. A víztartó-képesség görbe pF 4,2 pontjához tartozó értékét a Rajkai-féle becslési eljárással határoztuk meg (RAJKAI és KABOS, 1999).

A másodlagos szelvényekre az alábbi többváltozós regressziós egyenlet felhasználásával határoztuk meg a térfogattömeget és a víztartó-képesség görbe jellemző pontjainak értékeit:

$$\Theta pF \text{ (vagy } tt) = C + a1OM + a2H + a3A + a4S + a5Ka$$

ahol ΘpF a víztartó-görbe jellemző pontja (m³/m³), tt a talaj térfogattömege (g/cm³), C - együttható, OM a talaj szervesanyag-tartalma (%), H a talaj homoktartalma (%), A a talaj agyagtartalma (%), S a talaj összes sótartalma (%) és Ks a talaj Arany-féle kötöttségi száma.

A víztartó-görbe jellemző értékei megfelelően becsülhetők voltak a rendelkezésre álló adatbázis és a kidolgozott becslési eljárás alapján. A becslés standard hibája 4,1- 8,7 m³/m³ közötti értékűnek adódott. A talajmátrix telítettségi vízvezető-képességét (Ks) a Wösten módszerrel becsültük, melyet az ún. HYPRES európai talajfizikai adatbázisba beépített több ezer talajminta alapján dolgoztak ki (WÖSTEN et al. 1995). A Wösten-módszer a talajmátrix telítettségi vízvezető-képességét (Ks) adja meg a térfogattömeg, a mechanikai összetétel és a szervesanyag-tartalom ismeretében. NEMES (2003) vizsgálataival

igazolta, hogy a magyar talajfizikai adatbázist is magába foglaló HYPRES adatbázis alapján kidolgozott becslési eljárások a magyar talajokra is alkalmazhatóak. A talaj hidraulikus vezetőképesség-függvényét az ún. Poulsen-módszerrel (POULSEN et al., 1999) becstültük a Ks értékek ismeretében a mért (vagy becstült) pF-görbék felhasználásával.

1. táblázat. Néhány elsődleges pontban mért térfogattömeg és víztartó-képesség értékek, valamint a talajmátrix becstült telítettségi vízvezető-képesség értékei

rendszer	mélységköz cm	Ts g/cm ³	eredeti					Ks_Wösten cm/nap	
			pF 0	pF 0,4	pF 1,0	pF 1,8	pF 2,5		
			nedvességtartalom %						
1AA3	0-20	1,41	4,69	49,12	46,87	46,84	33,03	17,96	5,28
	40-60	1,55	8,76	44,99	43,36	43,26	22,21	11,35	5,21
1AA6	0-30	0,84	38,81	79,83	78,82	76,92	65,81	56,33	4,10
	40-60	0,96	53,53	75,26	74,22	71,31	66,56	62,94	3,31
1AA8	0-20	1,42	32,98	58,08	57,73	57,39	53,14	49,11	2,49
	30-70	1,50	36,52	53,32	53,22	53,08	51,04	47,84	2,34
1AA9	0-20	0,90	29,05	71,81	69,74	67,19	48,98	44,60	3,96
	20-40	0,81	63,13	73,43	72,53	71,11	67,97	65,48	4,00
1AA10	0-20	1,14	32,29	70,26	68,78	64,65	58,63	55,36	2,98
	20-40	1,53	37,76	67,32	66,63	65,56	63,70	60,27	1,97
1AA11	0-30	1,17	27,65	60,77	59,46	59,29	47,32	43,48	3,05
	40-80	1,45	43,55	52,63	51,88	51,22	49,84	47,73	2,51
2AA2	0-20	1,24	18,05	60,67	58,50	58,19	46,76	40,90	3,37
	40-80	1,61	26,27	51,57	50,88	50,09	47,89	44,12	2,07
2AA5	0-10	0,84	18,92	70,01	66,82	61,13	47,91	42,47	4,03
	10-50	1,32	27,43	63,14	61,86	59,25	52,78	48,95	2,62
2AA10	0-30	0,85	21,86	77,54	76,53	74,20	63,08	55,57	3,04
	40-50	1,15	46,94	65,46	64,63	62,68	57,51	55,23	2,71
2AA17	0-25	1,31	23,28	61,16	60,35	58,87	48,28	43,11	2,89
	30-50	1,51	32,57	61,73	59,92	57,57	53,74	50,22	2,39

Archív felvételi adatok

A területre rendelkezésre állnak a Kreybig-féle átnézetes talajtérképezés eredményeinek térinformatikai feldolgozása és reambulációja révén előállt Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszerben rögzített pontalapú információk (SZABÓ et al. 2005; PÁSZTOR et al. 2006). Az 1939-49 közötti időszakból származó felvételezési adatokból 443 olyan pontot használtunk fel, melyeknek helye a terepi lapok alapján jól meghatározható, rétegzettsége és kifejlődése a terepi és laboratóriumi jegyzőkönyvek alapján jól jellemezhető. A jelen munkánk során feldolgozott terület elsősorban a 4667/4, 4668/3 és 4767/2 jelű térképszelvényeket érinti, ezeket és a hozzájuk kapcsolódó terepi és laboratóriumi jegyzőkönyveket használtuk fel.

Az új és archív felvételi adatok összekapcsolása

Munkánk során előzetesen azt feltételeztük, hogy ezen az alapvetően vízhatású talajokkal jellemezhető területen a közös földtani-talajtani fejlődés során az azonos térszíni pozícióban lévő, közel azonos felépítésű talajszelvények fejlődése is hasonló volt. Elképzelésünk szerint a talajhidrológiai paraméterek nem csak a talaj textúrájához kapcsolódnának (pl. az agyagos vályoghoz, legyen az bármilyen helyzetű az adott szelvényben, vagy térszínen), hanem adott pozícióban lévő szelvénytípusokhoz. A jelenleg mért, illetve becsült talajhidrológiai paraméterek „pontról-pontra” történő kiterjesztésének alapja a DKTIR pont-adatbázisa lenne. Mivel az archív adatokból nem állnak rendelkezésre a becslési egyenletet kielégítő paraméterek, a kiterjesztés során az új szelvények egyes tulajdonságaik továbbvitelével kapcsolódnának a korábbi szelvényekhez. Figyelembe véve, hogy a talajban végbemenő víz- és anyagforgalom valamint a talaj vízmérlege nagymértékben függ a talaj szemcseösszetételétől és szerkezetétől, a kapcsolódás megőrizné a rétegződésre és a kifejlődés típusára (fizikai féleségre) vonatkozó információkat, valamint kiegészülne a tengerszint feletti magassággal.

Kifejlődésük alapján az új és archív felvételezési pontokban a talajszinteket először 5 kategóriába soroltuk, de mivel az új felvételi pontokban a nem agyagos képződmények alulreprezentáltak és ezért az egyes kategóriákban nem értek el megfelelő esetszámot, a mintákat végül három fő fizikai talajféleség-csoportra osztottuk:

- homok,
- vályog (*homokos vályog, vályog, agyagos vályog*) és
- agyag.

A területen a korabeli terepi jegyzőkönyvekben az egyes talajrétegek fizikai féleségének leírására több, mint 40 féle elnevezés-kombináció szerepel. Ennek egyszerűsítésére a minták mintegy harmadához szintén megadott 5 órás kapilláris vízemelés értékeket, mint tájékoztató adatokat is figyelembe vettük, amikor a mai gyakorlattól eltérő leírásmóddal szereplő rétegek fizikai féleségére következtettünk (pl. darás szint, vagy agyagos iszapos öntés). Meg kell jegyezni, hogy az 5 órás kapilláris vízemelés módszere korábban igen elterjedt volt, de gyenge reprodukálhatósága miatt (a hengerek töltése „kézhatású” lehet) ma már nem tartozik a rutinszerű mérések közé. A felvételi időszakban nagy tömegben, sorozatban mérték, az egymástól függetlennek tekinthető terepi leírás és 5 órás kapilláris vízemelés értékek is jól harmonizáltak egymással.

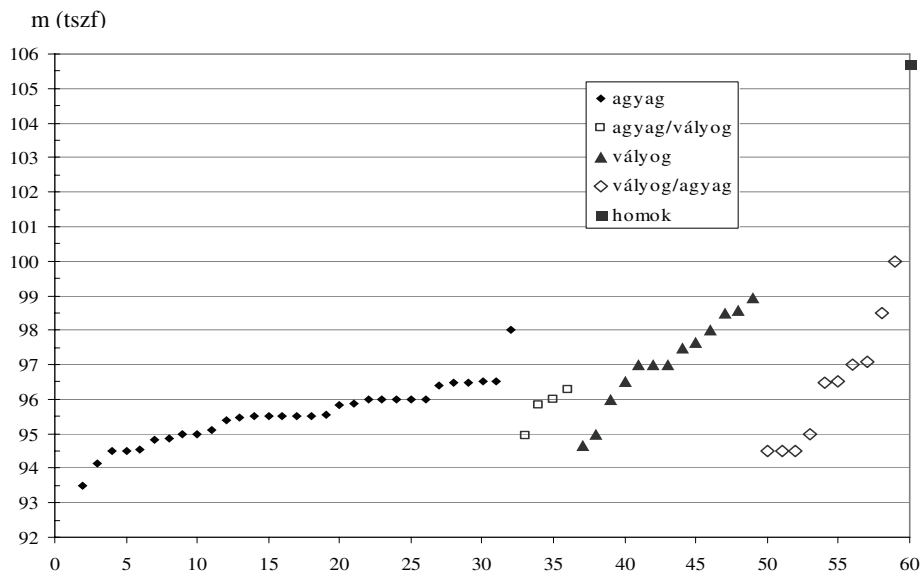
Az aktuális felvételezés szelvényeinek besorolásához a terepi leírás és a szemcseméret-eloszlásra vonatkozó mérési adatok, az archív pontoknál a terepi leírás és mellette az 5 órás kapilláris vízemelés értékek együttesen határozták meg, hogy az adott szint milyen fizikai talajféleség csoportba tartozik. A szelvények tipizálásánál a legfelső két talajszintet vettük figyelembe, homogén kifejlődés esetén legfeljebb 1 méteres mélységig. Az archív minták esetében be

kellett vezetni egy „szerves” szintet azokra a mintákra, melyeknek leírásában csak a „tőzeg”, vagy „kotu” megnevezés szerepelt.

2. táblázat. Az új és archív felvételi pontokra jellemző szelvény-kifejlődési típusok

feltalaj/altalaj	%
homok	2
vályog	22
vályog/agyag	17
agyag/vályog	7
agyag	53
59 új pontból	

feltalaj/altalaj	%
agyag	23
vályog	18
homok	13
agyag/vályog	12
szerves/agyag	11
vályog/homok	8
vályog/agyag	7
szerves	2
homok/vályog	2
agyag/homok	2
szerves/vályog	1
agyag/szerves	< 1
443 archív pontból	



1. ábra. Az új felvételi pontok térszíni megoszlása a kifejlődés típusok feltüntetésével

Az archív pontokban a felső talajszint átlagosan 0- 40 cm, az alsó talajszint 40-80 cm közötti. Több, mint 30 archív szelvény homogén felépítésű volt, vagyis 1 méteres mélységig a felvételezők a leírásban nem különítették el talajszinteket. Az új szelvényekben a felső talajszint átlagosan 0-30 cm, az alsó talajszint 30-60 cm közötti. A 60 új szelvényből az egyszerűsített háromosztatú besorolás miatt 36 lett „egyveretű” homok, vályog, vagy agyag, ezért a homogénnek tűnő szelvények fel- és altalajára a mért ill. becsült talajhidrológiai paraméter-értékek eltérhetnek kissé.

A tengerszint feletti magasság értékeket részletes digitális terepmodell alapján rendeltük a georeferálható felvételi pontokhoz. Az archív felvételi pontoknak az eredeti kéziratos térképeken jelölt helyükhöz rendelése folyamatban van. Az elkülönített feltalaj/altalaj kombinációkat a 2. táblázat mutatja be. Az új felvételezési pontok koordinátáit még a helyszínen rögzítettük, tengerszint feletti magasság-eloszlásukat az 1. ábra mutatja be.

Az új felvételezés során feltárt szelvények felében legalább 1 méteres mélységig agyag található, mindössze egy van, amelynek összetétele végig homok. Az új felvételezés során feltárt szelvények és az archív szelvények összehasonlításánál kitűnik, hogy a szerves talajrétegnek minősített szinteket leszámítva csak a vályog/homok szelvénytípust nem érintette az új felvételezés.

Eredmények

Az új felvételi adatokból származtatott szelvény-kifejlődési típusok a vályog/homok típust kivéve jól tükrözik a területre általánosan jellemző szelvény-kifejlődéseket. Az archív szelvényekben 11%-al jelen lévő szerves/agyag szelvénytípust újabb felvételezés során kell majd céltzottan feltárni, mert nem biztos, hogy a feltalaj korábbi tőzeg, ill. kotu megnevezése a szerves anyag degradációja és/vagy letermelése miatt továbbra is helytálló. A területen újonnan feltárt szelvények elhelyezkedésére általában jellemző, hogy a homok szelvénytípus kiemelt helyzetű (100 m tszf felett), az agyag/vályog kombinációk köztes pozícióban vannak, míg az agyag kifejlődésű szelvények mind köztes pozícióban, mind a mélyfekvésű területeken (95 m tszf alatt) megtalálhatók.

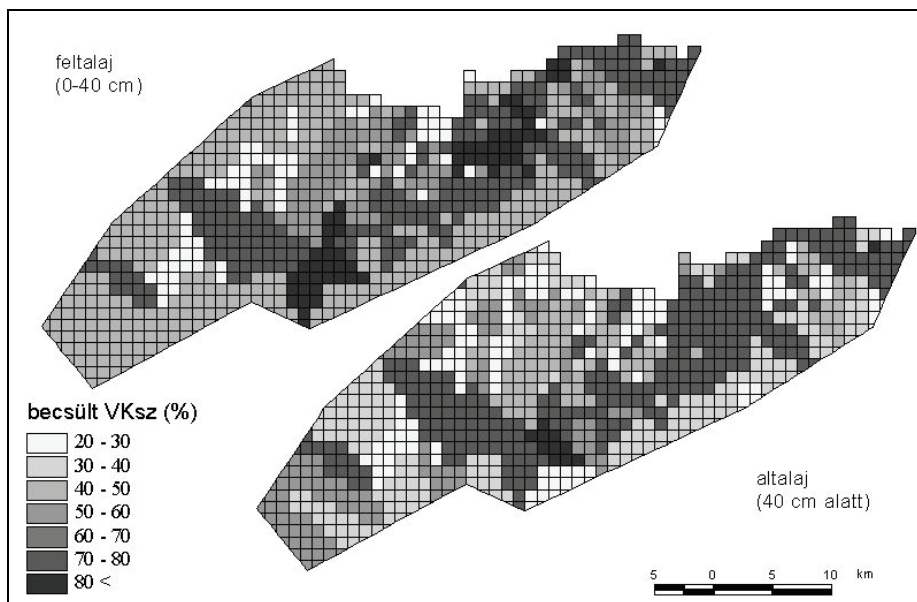
Az új felvételi pontok egyes rétegeire meghatározott értékek jelentik azt a „réteg-készletet”, amiből az archív felvételi pontok egyes rétegeihez a vonatkozó becsült adatok átlagát rendeltük. Pl. az archív adatok „szerves/agyag” rétegekombinációja esetén a „szerves”-ként jelölt talajszintekhez az új mérések alapján 10% feletti humusztartalommal bíró szintek jellemzőit vettük figyelembe, míg az altalaj a magasabb humusztartalmú, végig agyagos szelvény alsó rétegének értékeit kapta. Az egyes szelvényekben a feltalaj humusz tartalmát és becsült szabadföldi vízkapacitását a 3. táblázat mutatja be. Az archív és új pontok térbeli összekapcsolásával létrejött adatbázisban az azonos szelvénytípusokkal

jellemezhető térrészeket Thyssen poligonok alkalmazásával választottuk el, a kapott szilánkos mintázatot 1 km²-es hálóra vetítettük, majd feltüntettük a domináns rács-értékeket. A területre a fenti elvek alapján készült „kartogramot” a 2. ábra mutatja be.

3. táblázat. Az új felvételezés során mért (humusz) ill. becsült szabadföldi vízkapacitás (VKsz) átlagos értékei az egyes szelvénytípusokon belül

szelvénytípus	<i>feltalaj</i>		<i>altalaj</i>	
	humusz (%)	VKsz (%)	humusz (%)	VKsz (%)
agyag	4,3	74,5	2,2	71,4
agyag/vályog	2,8	57,4	0,6	46,9
vályog	2,2	41,6	1,0	38,2
vályog/agyag	2,6	45,4	1,7	52,1
homok	1,0	24,8	0,4	22,3
szerves	10,0 <	80,0 <	10,0 <	80,0 <

Az egyes szelvénytípusokra jellemző humusztartalom és szabadföldi vízkapacitás értékek arányaikban megfelelnek az általános elvárásoknak, de feltűnő, hogy az agyagként definiált feltalaj szintek más értékeket vesznek fel a homogén agyag, illetve kétrétegű agyag/vályog szelvények esetén. Ez valószínűleg annak köszönhető, hogy a mélyebb fekvésű, szerves anyagban gazdagabb térszíneket inkább a végig agyag összetételű szelvények jellemzik.



2. ábra. Szelvénytípusok alapján becsült szabadföldi vízkapacitás értékek a Bodrogközben

A továbbiakban megkíséreljük jellemezni az egyes térszíneket az ott jellemző szelvénytípusok alapján, majd a térszín és szelvénytípus ismeretében összekapcsolni az új és archív pontok adatait. Természetesen sok kérdés felmerül a két adatbázis ily módon történő összekapcsolásakor. Ilyen például az archív adatok megbízható georeferálása, a talaj fizikai féleségére vonatkozó archív terepi és 5 órás kapilláris adatok „átkódolása”, az új mérési adatbázis és a „réteg-készlet” bővítése, illetve a jellemző térszín kijelölése. A felmérhető hibalehetőségekkel szembe kell állítani azt a tényt, hogy a közeljövőben nem várható, hogy jelentősebb források nyílnak a terület átfogó talajhidraulikai célú felmérésére.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkat a K60896 sz. OTKA és a HU-SK-UA-/05/01/41 sz. INTERREG pályázatok támogatták.

Irodalomjegyzék

- BARTHA, A., FÜGEDI, U., KUTI, L. (1987): Fialat laza üledékek mozgékony mikrotápelem vizsgálata a Bodrogtóban, MÁFI Évi Jelentése az 1985. évről, MÁFI, Budapest, pp. 165-186.
- CSONGOR, É., FÉLEGYHÁZI, E. (1987): Paleohydrographic changes in the Bodrog-Tisza Interfluvium (NE Hungary) in the past 20,000 years based on palynological studies and ¹⁴C dating. In: Holocene Environment in Hungary, Contribution of the INQUA Hungarian National Committee to the XIIth INQUA Congress. (Eds.: PÉCSI, M., KORDOS, L.). FKI, Budapest.
- HORVÁTH, E., FARKAS, Cs., FLACHNER, Zs., TÓTH, E., BAKACSI, Zs. (2007): Analysing soil hydraulic properties in the Bodrogtó Region for supporting sustainable land use. *Cereal Research Communications* **35**. 2. 485-488.
- NEMES, A. (2003): Multi-scale hydraulic pedotransfer functions for Hungarian soils. Doctoral Thesis, Wageningen University, the Netherlands.
- POULSEN, T.G., MOLDRUP, P., YAMAGUCHI, T., JACOBSEN, O. (1999): Predicting saturated and unsaturated hydraulic conductivity in undisturbed soils from soil water characteristics. *Soil Science* **164**. 12. 877-887.
- PÁSZTOR, L., SZABÓ, J., BAKACSI, Zs., LÁSZLÓ, P., DOMBOS, M. (2006): Large-scale soil maps improved by digital soil mapping and GIS-based soil status assessment, *Agrokémia és Talajtan* **55**. 79-88.
- RAJKAI, K., KABOS, S. (1999): A talaj víztartóképeség-függvény (pF-görbe) talajtulajdonságok alapján történő becslésnek továbbfejlesztése. *Agrokémia és Talajtan* **48**. 15-32.
- SZABÓ, J., PÁSZTOR, L., BAKACSI, Zs. (2005): Egy országos, átnézetes, térbeli talajinformációs rendszer kiépítésének igénye, lehetősége és lépései. *Agrokémia és Talajtan* **54**. 41-58.
- VÁRALLYAY, Gy., SZÜCS, L., RAJKAI, K., ZILAHY, P., MURÁNYI, A. (1980): Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100000-es méretarányú térképe, *Agrokémia és Talajtan* **29**. 1-2.

WÖSTEN, J.H., FINKE, P.A., JANSEN, M.J. (1995): Comparison of class and continuous pedotransfer functions to generate soil hydraulic characteristics. *Geoderma* **66**. 227-237.