

ZALA MEGYE EGYSÉGES TALAJTÍPUS ADATBÁZISÁNAK ÖSSZEÁLLÍTÁSA KLASSZIFIKÁCIÓS ELJÁRÁSOKKAL

Illés Gábor¹, Kovács Gábor², Laborczi Annamária³ és Pásztor László³

¹NAIK Erdészeti Tudományos Intézet, Erdőművelési és Ökológiai Osztály

²Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

³MTA Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani és Agrokémiai Intézet

Kivonat

Az AGRÁRKLÍMA projekt keretében Zala megye területére vonatkozóan készítettünk talajtípus térképeket a mező-, és az erdőgazdálkodók részére. A térképek az erre a célra összeállított, geológiai, domborzati, hidrológiai térinformatikai adatbázis, és erdőtervi adatok felhasználásával készültek, kiegészítve a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer adataival. A termőhelyi erdőtervi és mezőgazdasági adatokat a környezeti változók adataival együtt értékeltük, aminek érdekében talajtípusok előfordulásának legjellemzőbb környezeti feltételrendszerét (szignatúrát) határozzuk meg. A szignatúrák segítségével hierarchikus és nem-hierarchikus osztályozási algoritmusokat dolgoztunk ki a talajtípusok térbeli helyének a felismerésére, és értékeltük azok pontosságát. A neurális hálózat módszert találtuk a leghatékonyabb talajtípus előfordulás becslési eljárásnak. Ismert talaj tulajdonságú területek adataival összevetve 67%-os besorolási eredményességet értünk el. A térképezési munkával egységes talajtípus adatbázist állítottunk elő Zala megye területére.

Kulcsszavak: talajtérképezés, térinformatika, klasszifikációs eljárások, erdő- és mezőgazdálkodás

DEVELOPING A UNIFIED SOIL TYPE DATABASE FOR COUNTY ZALA HUNGARY USING CLASSIFICATION ALGORITHMS

Abstract

Within the framework of AGRÁRKLÍMA project we prepared soil maps for both forest- and croplands of Zala County of Hungary. To achieve this we used a GIS database consisting of data on geology, relief, hydrology, (referred as environmental variables) and forestry, supported with data from the Digital Kreybig Soil Information System. The available set of site data from forestry and agricultural database was evaluated in relation to the environmental datasets. This process aimed at setting up signatures for all soil types by signature of the most strongly related environmental feature sets for each soil type. Using these signatures we trained hierarchical and non-hierarchical classification tools to identify the spatial extent of soils in Zala County. Neural networks were found to be the most effective mapping tool. Making a validation with a data set of known soil characteristics we found 67% correct classification rate for the county. Additionally, we set up a joint soil type database for county Zala.

Keywords: soil mapping, GIS, classification tools, farming, forest management

BEVEZETÉS

A megbízható adatokat szolgáltató talajinformációs rendszerek jelentősége, a természeti erőforrások fenntartható hasznosítása és megőrzése miatt, növekszik. Ezt hazai és nemzetközi erőfeszítések bizonyítják (Tóth és mtsai 2008; Sanchez és mtsai 2009; Omuto és mtsai 2013; Arrouays és mtsai (eds) 2014). A talajok állapotára, folyamataira, funkcióira vonatkozó aktuálisan rendelkezésre álló, illetve a felhasználók által specifikusan megkívánt információk nem feltétlenül egyeznek. Korábbi adatgyűjtés, felvételezés, térképezés célja, az annak alapján elvégzett munka, illetve az ezek eredményeképpen született adatok nem feltétlenül alkalmazhatók az új talajtani információkat igénylő problémakör kapcsán. Emiatt számos esetben a döntéshozók igényeinek kielégítése sem történhet megfelelő hatékonysággal. Ezen probléma megoldása érdekében számos próbálkozás született a meglévő talajtani információk kiegészítésére, javítására, harmonizációjára és integrálására. Gyakran felmerülő probléma, hogy különböző léptékekben nem áll rendelkezésre azonos tematikus információ. Léteznek például genetikus talajtérképek országos és üzemi léptékben, de a kettő közötti térbeli felbontásban nem. Márpedig számos esetben szükséges az üzemi térképek által lefedett területeknél jóval nagyobb kiterjedésben (megyékre, de akár az egész országra is) az országos térképek által nyújtott térbeli felbontást meghaladó térbeli információ. Az egész témakörnek a klímaváltozás még nagyobb hangsúlyt ad (Somogyi és mtsai 2013).

A hazai kutatóműhelyek munkái és eredményei közül leginkább összetettnek, a legnagyobb kiterjedésűnek a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (DKTIR) (Pásztor és mtsai 2010) tekinthető. De – főleg a módszertani fejlesztések terén – meghatározóak a kisebb tájegységekre vonatkozó térképezési munkák is. Ide sorolhatók például a Bodrogköz térképezési munkái (Dobos és mtsai 2010), vagy a Balaton vízgyűjtőjében (Sisák és Pöcze 2011; Sisák és Benő 2014); vagy éppen a Hanságban végzett korábbi munkák (Illés 2004). Mindközben erősödik az igény egy országos és egységes talajinformációs rendszer kialakítására, illetve a már meglévő adatok ilyen jellegű felhasználására (Sisák és Bámer 2008; Waltner és mtsai 2014). Nemzetközileg e téren a talán legnagyobb ívű kezdeményezés az IUSS digitális talajtérképezési munkacsoportja által jegyzett GlobalSoilMap.net (www.globalsoilmap.net), amely finom léptékű és világméretű talajinformációs rendszer létrehozása céljából indult 2009-ben.

A jövőbeni földhasználatot megalapozó, egységes szemléletű, a klímaváltozás várható hatásait figyelembe vevő talajinformáció a hazai mezőgazdaság tervezhetősége érdekében szükséges. Ezen belül az agrárcélú hasznosítás megalapozásához – többek között –, a mezőgazdasági és az erdészeti célokat egyaránt szolgáló talajtérképek előállítására is kívánatos. Minthogy új talaj-felvételezésekre sem idő, sem pénzügyi fedezet nem áll rendelkezésre, így mind a mezőgazdasági, mind az erdőgazdasági hasznosítású területekre meglévő információkból kell a szükséges talajinformációkat előállítani. Erre vállalkoztunk az AGRÁRKLÍMA projektben Zala megyére. Törekvéseinket kezdetben néhány körülmény akadályozta:

A zalai erdőterületeken 44 209 erdőrészletből összesen 34 894-hez kötődik termőhelyi adat (faállománnyal borított erdőrészletek), amelyből mindössze 3348 erdőrészlet termőhely meghatározási módja a direkt termőhely-feltárás szelvényrel és laborvizsgálattal. Ez csak a területek 7,5%-át jelenti, amely feltárások fele két talajtípusra, az agyagbemosódásos barna erdőtalajra és a pszeudoglejes barna erdőtalajra korlátozódik. Összességében így kevés volt a minta a részletes térképezési célú munkához. Nem ismertek továbbá a felvételi adatok sem, így a direkt feltárások megbízhatósága sem becsülhető.

A megye mezőgazdasági területének talajtakarójára az alábbi adatforrások érhetők el:

- Az AGROTOPO adatbázis megyei kivágata. A talajfoltokra ebből kategória becslés nyerhető.
- A nagyméretarányú genetikus és földértékelési térképek kartogramjai. A megyére készült térképek részben térinformatikailag feldolgozottak, de ezek nem hívhatók le központi rendszerből. A térképek csupán a mezőgazdasági területek bizonyos hányadára készültek, így nem biztosítanak teljes térbeli lefedettséget.

- A Talajinformációs és Monitoring Rendszer (TIM) ugyan friss és nagy megbízhatóságú, viszont a megye területén csupán 59 szelvény van.
- A Kreybig térképekből szerkesztett és a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszerben (DKTIR) feldolgozott talajfoltokra erősen leegyszerűsített kategória adatok találhatóak.

A termőhelyi adottságok térbeli leírására, a talajszelvény adatok geostatistikai, adatbányászati és térinformatikai elemeket ötvöző, cél-specifikus, szakértői felügyelettel támogatott digitális talajtérképezést végeztünk. Statisztikailag értékeltük az erdészeti és mezőgazdasági termőhelyi adatokat. Jelen publikációban a talajtípusok térképi ábrázolásának módszerét és eredményeit mutatjuk be.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A termőhelyi adottságokat az üzemi genetikus térképezési módszertan és a magyarországi, talajtani-agrokémiai gyakorlatban alkalmazott termőhelyi kategóriarendszer szerint jellemeztük 20 m térbeli felbontású digitális talajtérképek segítségével.

Zala megye mezőgazdasági területének talajtípus térképeihez a referencia adatokat két forrásból vettük:

- A TIM adatbázis 59 megyei pontja és talajszelvényei.
- Az üzemi genetikus és földértékelési talajtérképekből a megyére rendelkezésre álló térképszelvények talajszelvényei.

A térbeli becsléshez a következő környezeti segédváltozókat használtuk.

- Zala megye digitális domborzatmodelljének elsődleges, illetve másodlagos deriváltjai: tengerszint feletti magasság, lejtőhajlás, sík- és profilgörbület, összegyülekezési raszter, topográfiai nedvesség index, LS faktor, ún. „mass balance index”, vízfolyás energia index, topográfiai pozíció index.
- 18 darab, 2009. és 2011. közötti időszakban készült MODIS műholdkép vegetációs index állománya (NDVI, illetve EVI).
- Két klímparaméter: évi átlagos csapadékösszeg, illetve a nyári hónapok középhőmérséklete.
- Magyarország 1:100.000-es méretarányú fedett földtani térképe (Pelikán és Peregı 2005).
- A digitális talajtérképezésben általánosan használt elemek mellett felhasználtuk a DKTIR talajtérképi egységeit, így a talajok fizikai- és kémiai tulajdonságait, illetve tájtermesztési besorolását. Ennek hatékonyságáról lásd Szatmári és mtsai (2013) és Pásztor és mtsai (2014).

A mennyiségi környezeti segédadatok fedvényeit egységesítettük a pixelérték 0-255 skálára transzformálásával (Hengl 2009), a minőségi segédváltozókat (mint a DKTIR talajtérképi egységeit) indikátor változókká alakítottuk. A domborzati paraméterek származtatását SAGA (System for Automated Geoscientific Analysis) GIS környezetben végeztük. A genetikai talajtípus digitális térképezéséhez osztályozó fákat alkalmaztunk. Az osztályozó fák előállításához a STATISTICA szoftver (StatSoft, Inc.) adatbányászati modulját használtuk. A döntési fa algoritmusban a talajtípus jelentette az osztályozandó, függő változót, a környezeti segédadatok pedig a független változók halmazát. Az osztályozást különböző paraméterezéssel végeztük. Az osztályozás eredményeit alkalmaztuk a tanuláshoz használt, teljes területi fedettséget nyújtó, nagy térbeli felbontású fedvényekre. A pixel alapú kategorizálás eredményeképpen állt elő Zala megye mezőgazdasági területeinek 20 méteres térbeli felbontású genetikus talajtérképe.

Zala megye erdőterületeinek talajtípus térképeihez a részletes környezeti adatbázisából (klíma, domborzat, geológia, hidrológia), mint prediktor változókból, valamint a megye erdészeti adatbázisából talajtípusonként meghatároztuk a környezeti változók értéktartományait, amiket talajokra jellemző szignatúráknak nevezünk. A feladat végrehajtásához szakértői rendszert használtunk, amely tartalmazza a talajtípusok kialakulásának talajtani ismérveit (pl. az alapkőzet – talaj relációt, vagy a hidrológiai viszonyok – talaj relációt), valamint



statisztikailag (leíró statisztikák, ill. eloszlás vizsgálat) írja le a talajtípusok előfordulásának jellemző környezetét. A mezőgazdasági területekre felsorolt változókon kívül alkalmaztuk a lejtő-, és a domborzatpozíció kategóriákat is (Hengl and Reuter 2007). Ekkor nem vettük figyelembe, hogy az egyes erdőrésztelek termőhely-meghatározási módját, mert a termőhelyi adatbázist a validációhoz használtuk fel.

A megbízhatóság növelése céljából a talajok szignatúrái alapján a Zala megyében található, közel 35 ezer erdőrészletből egy 15 ezres (15 430 db) szűkített adatbázist készítettünk. A szűkített adatbázisban a talajtípusra vonatkozó adatok koherensek a talajtani ismeretekkel és a környezeti adatokkal. Ezáltal 7,5%-ról, 34,9%-ra emeltük a megbízhatónak tekinthető termőhelyi adatok számát.

A szűkített adatbázist tanuló adatrendszerként használtuk az osztályozó eljárásokban. Az osztályozó eljárások között diszkriminancia analízist, klasszifikációs fákat, maximális valószínűségi osztályozót, illetve neurális hálózatokat alkalmaztunk. A vizsgálatokban a szűkített adatbázist véletlenszerűen tanuló és teszt adatrészre osztottuk, és azokon futtattuk az osztályozó algoritmusokat, majd értékeltük azok találati pontosságát. A legjobb osztályozási módszer kiválasztása után az erdőterületek talajtípus térképeit 20 méteres térbeli felbontással ArcInfo környezetben készítettük el. A mezőgazdasági- és az erdőterületek talajtípus eredménytérképeiből, az adatkategóriák egyesítésével – Patocska (2012) munkája nyomán – állítottuk össze a jelenlegi Zala megyei talajtérképeket. Az elkészült talajtérképek az erdő- és a mezőgazdálkodók számára megbízhatósági mérőszámmal ellátott talajinformációkat nyújtanak. A végleges talajtérképeket 100 méteres pixelméretben készítettük el raszter mozaikként, többségi szűrő feltétellel.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

A Zala megyei erdőterületek talajtani szempontból változatos képet mutatnak. A csernozjom és a szikes talajok kivételével az összes talaj főtípus előfordul. A megye erdőterületein előforduló talajtípusok listáját az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat: Zala megye erdőterületeinek talajtípusai
Table 1: Soil types of forests in County Zala

Kód	Rövidítés	Talajtípus	Kód	Rövidítés	Talajtípus
110	SZV	Sziklás, köves vázталaj	440	PGBE	Pszudoglejes barna erdőtalaj
120	KV	Kavicsos vázталaj	450	BFOLD	Barna föld (Ramann-féle barna erdőtalaj)
130	FV	Földes vázталaj	460	RBE	Rozsdabarna erdőtalaj
150	HH	Humuszos homok talaj	470	KBE	Kovárványos barna erdőtalaj
210	NYO	Nyers öntéstalaj	480	CSBE	Csernozjom barna erdőtalaj
220	HO	Humuszos öntéstalaj	490	KMBE	Karbonátmaradványos barna erdőtalaj
230	LH	Lejtőhordalék talaj	710	TR	Típusos réti talaj
310	HK	Humuszkarbonát talaj	750	OR	Öntés réti talaj
320	RE	Rendzina talaj	760	LR	Lápos réti talaj
330	ER	Erubáz, fekete nyirok talaj	820	SL	Síkláp talaj
340	RA	Ranker talaj	910	RETIE	Réti erdőtalaj
350	CSERI	Cseri talaj	920	OE	Öntés erdőtalaj
410	SBE	Savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj	930	LHE	Lejtőhordalék erdőtalaj
420	PBE	Podzolos barna erdőtalaj	990	MEST	Mesterséges talajképződmény
430	ABE	Agyagbemosódásos barna erdőtalaj			

Az 1. táblázat talajtípusainak erdőrészekbeni darabszám szerinti megoszlását a 2. táblázatban foglaltuk össze.

A 2. táblázatból látható, hogy vannak ritka, sőt egyszer előforduló talajtípusok a megye erdőrészeiben. Ezek biztos térképezése statisztikai értelemben nem lehetséges.

2. táblázat: A talajtípusok megoszlása az erdőrészekben
Table 2: Soil type distribution in forest compartments

Rövid név	Darabszám	Rövidítés	Darabszám
PGBE	4 272	KMBE	176
TR	2 955	HO	107
LHE	1 333	KV	1
LR	1 305	SL	239
ABE	14113	MSR	1
FV	42	NYO	9
LH	19	KBE	15
CSERI	29	HK	2
OE	126	RA	184
OR	812	RE	642
RBE	3 653	ER	6
HH	170	SZV	143
RETIE	382	SBE	4
BFOLD	4 138	CSBE	1
MEST	15	Összesen	34 894

3. táblázat: A szűkített adatbázisban előforduló talajtípusok és elemszámuk
Table 3: Number of different soil types in the filtered database

Rövid név	Elemszám (db)	Rövid név	Elemszám (db)
SZV	78	RBE	425
FV	17	KBE	9
HH	26	KMBE	109
NYO	6	TR	224
HO	60	OR	367
LH	10	LR	553
RE	295	SL	171
RA	54	RETIE	75
ABE	8675	OE	48
PGBE	2303	LHE	367
BFOLD	1558	Összes	15 430

A szűkített (15 430 elemszámú) adatbázisba a 3. táblázat szerint kerültek az egyes talajtípusok. Ezek között is találunk statisztikai értelemben kis elemszámú típusokat. Belátható, hogy (1) hogy ezek a típusok az alapsokaságban is alulreprezentáltak, ami eleve gátat szab az elemszám növelésének, (2) e típusok zöme pl.: a nyers öntéstalajok jól meghatározott feltételrendszerben alakulnak ki, ami viszont megkönnyíti az azonosításukat.

Az adatbázison lefutott osztályozó algoritmusok eredményeit a 4. táblázatban foglaltuk össze. Ebben a táblázatban talajtípusonként, illetve összesítve is feltüntettük az osztályozási algoritmusok besorolási hatékonyságát.

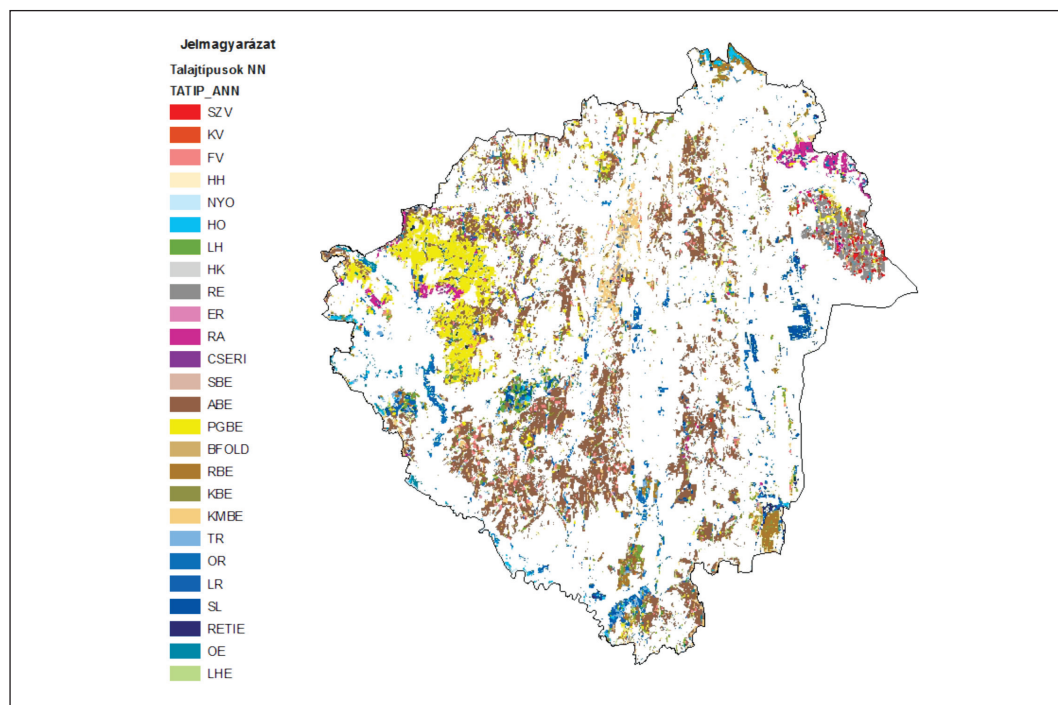
4. táblázat: Az osztályozók pontossága talajtípusonként (%-ban)
Table 4: Rate of correct classifications for classifiers by soil types

Talajtípus	Maximális valószínűségi osztályozó	Diszkriminancia analízis	Klasszifikációs fa	Neurális hálózat
SZV	100,0	60,0	0,0	59,4
KV	43,6	–	2,7	–
FV	32,0	–	32,6	36,4
HH	35,3	20,0	0,0	68,4
NYO	40,2	100,0	39,6	100,0
HO	35,9	75,0	38,9	56,5
LH	35,9	–	2,0	50,0
RE	39,1	62,5	48,9	97,0
RA	37,5	66,7	18,2	100,0
ABE	36,2	89,1	87,0	92,7
PGBE	41,1	46,0	61,9	70,8
BFOLD	35,5	11,6	0,0	10,6
RBE	35,1	47,4	16,3	93,5
KBE	37,1	100,0	0,0	42,9
KMBE	32,3	0,0	0,0	47,8
TR	39,0	29,6	0,0	82,8
OR	39,3	58,5	20,2	63,8
LR	38,1	40,4	14,3	79,6
SL	36,8	88,2	0,0	93,9
RETIE	100,0	0,0	20,0	63,2
OE	41,0	28,6	41,8	60,5
LHE	33,8	9,8	26,7	31,5
Összesített %	34,9	66,3	45,9	77,5

A 4. táblázatból látható, hogy általánosságban is és az egyes talajtípusok többségének esetében ugyancsak, a neurális hálózatok adták a legjobb eredményeket. A 22 talajtípusból 15 esetben a neurális hálózatok érték el a többi módszernél jobb besorolási eredményt. 5 esetben a maximális valószínűségi osztályozó, és

két esetben a diszkriminancia analízis adott jobb besorolási arányt. Ennek megfelelően a térképi ábrázolásnál a neurális hálózatok eredményeit használtuk fel. A mezőgazdasági és erdőterületek adatainak egyesítését követően a megye ágazatonkénti és összesített talajtérképeit az 1.–3. ábrák mutatják.

A talajtérképek a mezőgazdasági és erdészeti hasznosítású talajokat is tartalmazzák és együtt a megye teljes területét lefedik. A térképekhez megbízhatósági mérőszámokat is rendelhetünk a 4. táblázatnak megfelelően.



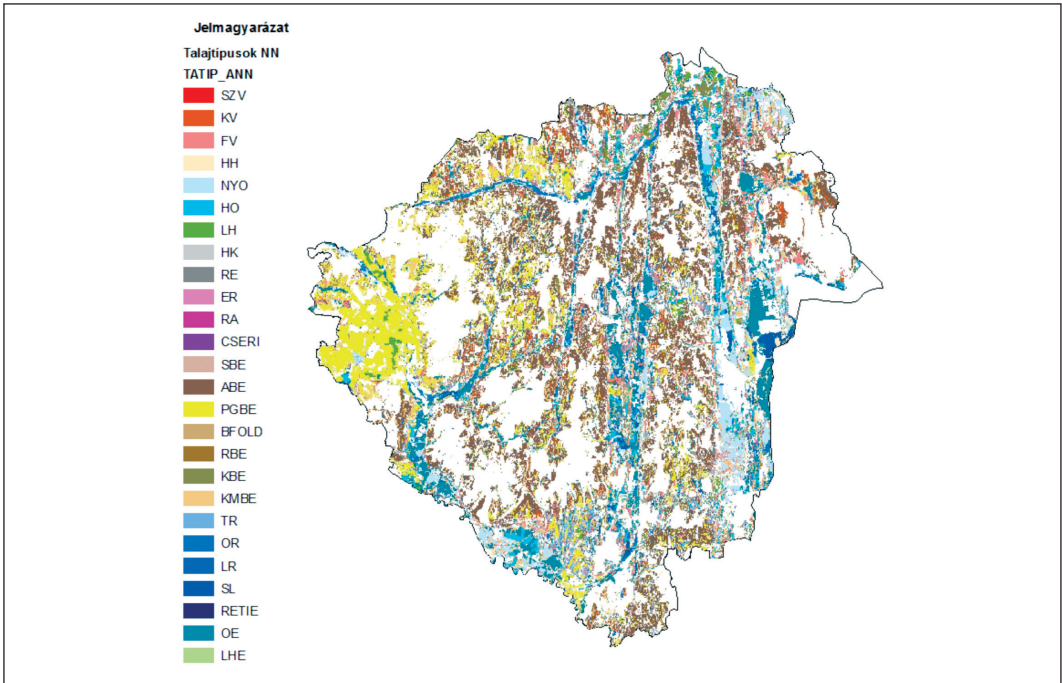
1. ábra: Zala megye erdőterületeinek talajtérképe
 Figure 1: Soil map of woodlands in county Zala

A térképek megbízhatóságát az erdőterületeken a direkt termőhely feltárású erdőrészekre vizsgáltuk. A térképi becslés és a termőhely feltárás talajtípusa az esetek 56%-ban egyezett meg. Főtípus szinten pedig – vagyis amikor a becsült talajtípus és a feltárt típus egyaránt ugyanabba a főtípusba tartozik, pl.: réti talaj – 67%-os egyezést állapítottunk meg.

Az eredményeket biztatónak értékeljük, mivel esetünkben egyetlen, kimondottan a térképezés célját szolgáló helyszíni vizsgálat nélkül értük azt el.

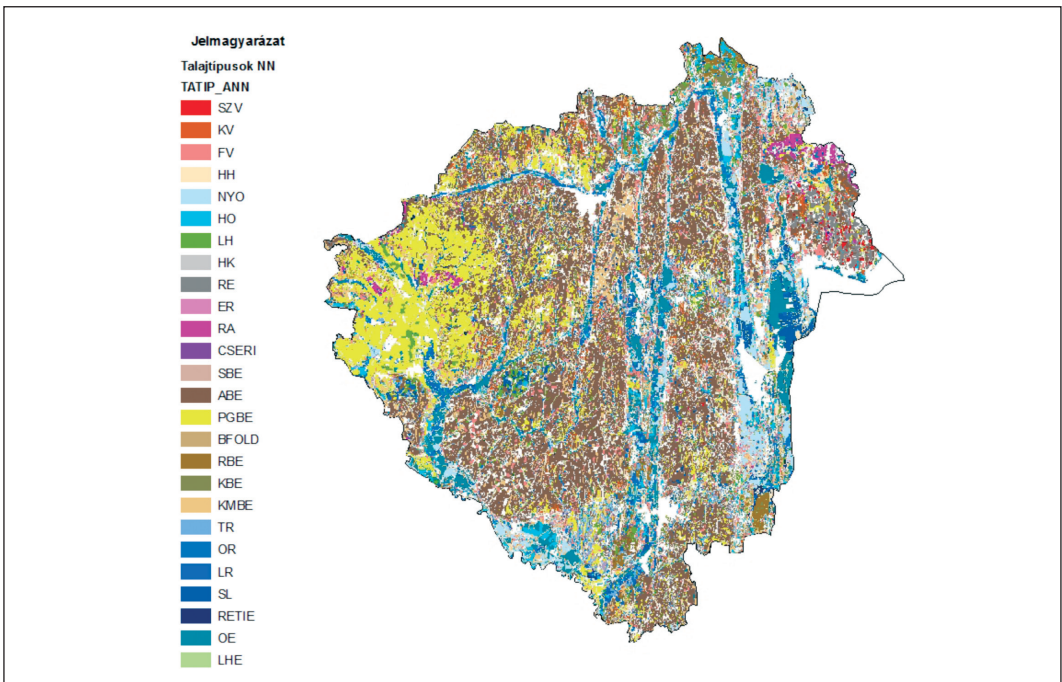
KÖVETKEZTETÉSEK

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy komplex térinformatikai adatbázisok és részleges talajtani adatok felhasználásával lehetőség van – legalább – a táji szintű földhasználat tervezésére. Részletesebb adatok és terepi felvételek esetén, kisebb területi egységekre (pár ezer ha) nagy megbízhatóságú talajtérképek előállíthatók elő.



2. ábra: Zala megye mezőgazdasági területeinek talajtérképe (Pásztor és mtsai 2014)

Figure 2: Soil map of croplands in county Zala (Pásztor és mtsai 2014)



3. ábra: Zala megye egységesített talajtérképe

Figure 3: Joint soil map of county Zala

A továbbiakban megvizsgáljuk, hogy a direkt termőhelyfeltárású erdőrészelek adataival hogyan javítható a talajtípusba sorolás pontossága.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás és ez a tanulmány az Agrárklíma: az előrejelített klímaváltozás hatáselemzése és az alkalmazkodás lehetőségei az erdészeti és agrárszektorban című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0013 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. A kutatást támogatta még a K105167 OTKA pályázat.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Arrouays, D.; McKenzie, N.; Hempel, J.; Richer de Forges, A.C. and McBratney, A. (eds) 2014: Global Soil Map. Basis of the global spatial soil information system. Proceedings of the 1st GlobalSoilMap Conference, Orléans France Oct.2013. CRC Press London.
- Dobos, E.; Bialkó, T.; Michéli, E. and Kobza, J. 2010: Legacy Soil Data Harmonization and Database Development. In: Boettinger, J.L.; Howell, D.W.; Moore, A.C.; Hartemink, A.E. and Kienast-Brown, S. (eds): Digital Soil Mapping – Bridging Research, Environmental Application, and Operation [Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer] (Progress in Soil Science), 309–323.
- Hengl, T. and Reuter, H.I. (eds) 2007: Geomorphometry Concepts, Software, Application. Developments in Soil. Science, 33: 765 pp.
- Hengl, T. 2009: A Practical Guide to Geostatistical Mapping. University of Amsterdam, Amsterdam.
- Illés G. 2004: Az Észak-Hanság termőhelyi viszonyai és az erdőállományok kapcsolata. Doktori (PhD) értekezés. Sopron.
- Omuto, C.; Nachtergaele, F. and Rojas, R. V., 2013: State of the Art Report on Global and Regional Soil Information: Where are we? Where to go? Global Soil Partnership Technical Report. FAO. Rome.
- Pásztor, L.; Szabó, J.; Bakacsi, Zs.; Laborczi, A.; Dobos, E.; Illés, G. and Szatmári G. 2014: Elaboration of novel, countrywide maps for the satisfaction of recent demands on spatial, soil related information in Hungary. In: Arrouays et al (eds): Global Soil Map. Orléans, France, 207–212.
- Pásztor, L.; Szabó, J. and Bakacsi, Zs. 2010: Digital processing and upgrading of legacy data collected during the 1:25.000 scale Kreybig soil survey. Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica, 45: 127–136.
- Pásztor, L.; Szabó, J.; Bakacsi, Zs.; László, P. and Dombos, M. 2006: Large-scale Soil Maps Improved by Digital Soil Mapping and GIS-based Soil Status Assessment. Agrokémia és Talajtan, 55(1): 79–88.
- Patocskai Z. 2012: Az erdészeti és a mezőgazdasági földértékelési rendszer ökológiai alapjainak összehasonlítása, az egységesítés lehetséges módjai. Doktori (PhD) értekezés, Sopron.
- Pelikán P. és Peregi Zs. (eds) 2005: Magyarország földtani térképe 1: 100000. Magyar Állami Földtani Intézet. <http://mafiloczky.mafi.hu/Fdt100>.
- Sanchez, P. A.; Ahamed, S.; Carré, F.; Hartemink, A.E.; Hempel, J.; Huising, J.; Lagacherie, P.; McBratney, A.B.; McKenzie, N.J.; de Mendonca-Santos, M.L.; Minasny, B.; Montanarella, L.; Okoth, P.; Palm, C.A.; Sachs, J.D.; Shepherd, K.D.; Vagen, T.G.; Vanlauwe, B.; Walsh, G.; Winowieczki, L.A. and Zhang, G.L. 2009: Digital soil map of the world. Science, 325: 680–681.
- Sisák, I. and Benő, A. 2014: Probability-based harmonization of digital maps to produce conceptual soil maps. Agrokémia és Talajtan, 63(1): 89–98.
- Sisák I. és Bámer B. 2008: Hozzászólás Szabó József, Pásztor László és Bakacsi Zsófia „Egy országos, átnézetes, térbeli talajinformációs rendszer kiépítésének igénye, lehetőségei és lépései” című cikkéhez. Agrokémia és Talajtan, 57(2): 347–354.
- Sisák I. és Pócze T. 2011: A talaj fizikai féleségre vonatkozó adatok harmonizálása egy Balaton környéki mintaterületen. Agrokémia és Talajtan, 60(1): 259–272.



- Somogyi, Z.; Bidló, A.; Csiha, I. and Illés, G. 2013: Carbon balance of forest soils of an entire country: a Hungarian country-specific model based on local case studies. *European Journal of Forest Research*, 132: 825–840.
- Szatmári G.; Laborczi A.; Illés G. és Pásztor L. 2013: A talajok szervesanyag-készletének nagyléptékű térképezése regresszió krígeléssel Zala megye példáján. *Agrokémia és Talajtan*, 62(2): 219–234.
- Tóth, G.; Montanarella, L.; Stolbovoy, V.; Máté, F.; Bódis, K.; Jones, A.; Panagos, P. and van Liedekerke, M. 2008: Soils of the European Union. EUR 23439 EN. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg.
- Waltner, I.; Michéli, E.; Fuchs, M.; Láng, V.; Pásztor, L.; Bakacsi, Zs.; Laborczi, A. and Szabó, J. 2014: Digital mapping of selected WRB units based on vast and diverse legacy data. In: Arrouays, D. et al (eds): *Global Soil Map: Basis of the Global Spatial Soil Information System* Taylor & Francis Group. London, 313–318.

*Érkezett: 2014. július 27.
Közlésre elfogadva: 2014. október 9.*