

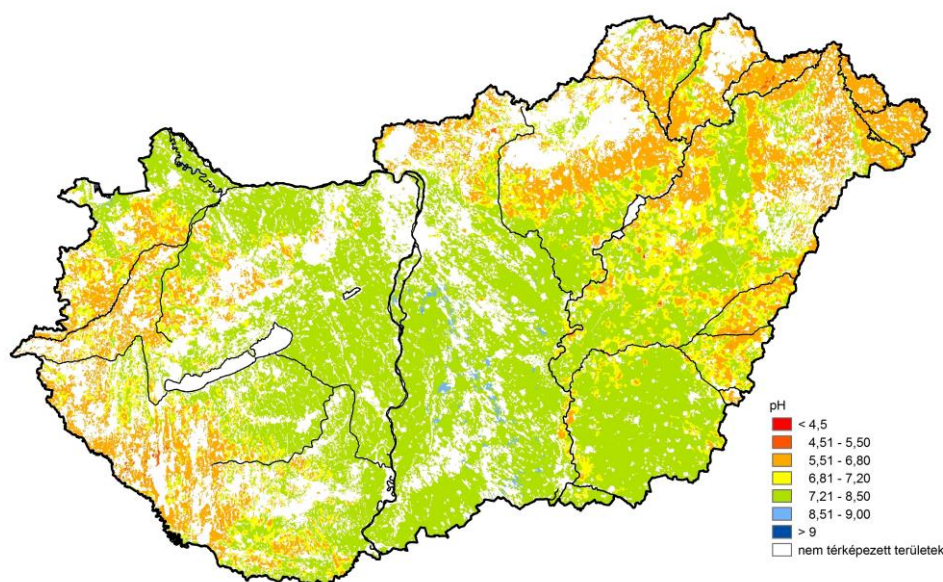
JRC TECHNICAL REPORTS

Magyarország mezőgazdasági területeinek talajtulajdonság-térképei

*Az AIIR, MARTHA és LUCAS
adatbázisok feltalalaj adatainak
geostatisztikai feldolgozása alapján
250 m-es felbontásban*

Tóth Gergely, Hengl Tomislav, Hermann Tamás,
Makó András, Kocsis Mihály, Tóth Brigitta,
Berényi Üveges Judit

2015



This publication is a Technical report by the Joint Research Centre, the European Commission's in-house science service. It aims to provide evidence-based scientific support to the European policy-making process. The scientific output expressed does not imply a policy position of the European Commission. Neither the European Commission nor any person acting on behalf of the Commission is responsible for the use which might be made of this publication.

JRC Science Hub

<https://ec.europa.eu/jrc>

JRC98136

EUR 27539

ISBN 978-92-79-53018-0 (print)

ISBN 978-92-79-53019-7 (PDF)

ISSN 1018-5593 (print)

ISSN 1831-9424 (online)

doi: 10.2788/673710 (print)

doi: 10.2788/318926 (online)

© European Union, 2015

Reproduction is authorised provided the source is acknowledged.

Printed in Italy

All images © European Union 2015

Pontos hivatkozás (How to cite):

Tóth G., Hengl T., Hermann T., Kocsis M., Tóth B., Makó A., Berényi Üveges J. 2015. Magyarország mezőgazdasági területeinek talajtulajdonság-térképei (Soil property maps of the agricultural land of Hungary) EUR 27539; doi 10.2788/318926

Magyarország mezőgazdasági területeinek talajtulajdonság-térképei

Tartalomjegyzék

Köszönetnyilvánítás	1
Kivonat	3
1. Bevezetés	5
2. Anyag és módszer.....	7
2.1 Felhasznált adatbázisok.....	7
2.2 Adatelőkészítési és térképezési módszerek	25
3. Magyarország mezőgazdasági területeinek talajtulajdonság-térképei.....	29
3.1 Szerves szén- és humusztartalom térképek	29
3.2 Mechanikai összetétel és fizikai féleség térképek	34
3.3 Mésztartalom térkép	40
3.4 pH térkép	43
4. A térképek térbeli és időbeni megbízhatóságának vizsgálatai.....	47
4.1 A térképek térbeli megbízhatóságának vizsgálatai.....	47
4.2 A térképek időbeni megbízhatóságának vizsgálatai	48
Összefoglalás	55
Irodalom	57
Ábrák jegyzéke	62
Táblázatok jegyzéke	63

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a közreműködő intézmények anyagi támogatásával és emberi erőforrásának biztosításával valósult meg. Az intézmények saját forrásain túl pályázatos kutatási források is segítették az itt közölt térképek elkészítését. A magyarországi együttműködő intézmények személyi támogatásában jelentős szerepe volt a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projektnek valamint a H2020-SFS-2014-2015/H2020-SFS-2014-2 "Interactive Soil Quality Assessment in Europe and China for Agricultural Productivity and Environmental Resilience" (iSQAPER; GA: 635750) projekteknek, amiben a Pannon Egyetem és a Közös Kutatóközpont (JRC) is részt vesz. Az itt közölt munkák szakmailag szorosan kapcsolódnak a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 projekthez. A projektek az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósulnak meg.

December 5-e a talaj világnapja. Az ENSZ 68. Közgyűlésének döntése értelmében 2015 a talajok nemzetközi éve. Magyarország mezőgazdasági területeinek talajtulajdonságtérképeit a talajok nemzetközi évének talaj világnapján adjuk közre.



A térképkészítésben résztvevő intézmények



European
Commission

Európai Bizottság
Közös Kutatóközpont
Környezet és Fenntarthatóság Intézet



MTA • ATK
Talajtani és Agrokémiai
Intézet

Magyar Tudományos Akadémia
Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézet



Nemzetközi Talaj Referencia és Információs
Központ – ISRIC – World Soil Information



n é b i h

Termőföldtől az asztalig

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal



Pannon Egyetem
Georgikon Kar

Szerzők

Tóth Gergely

Európai Bizottság, Közös Kutatóközpont

Hengl Tomislav

Nemzetközi Talaj Referencia és Információs Központ

Hermann Tamás

Európai Bizottság, Közös Kutatóközpont
Pannon Egyetem, Georgikon Kar

Makó András

MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet

Kocsis Mihály

Pannon Egyetem, Georgikon Kar

Tóth Brigitta

Pannon Egyetem, Georgikon Kar

Berényi Üveges Judit

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal

Kivonat

Három talajadatbázis harmonizálásával (LUCAS, AIIR, MARTHA), digitális domborzat modell, klíma adatok, távérzékelte biomassza indikátorok, felszínborítási adatbázis és geológiai adatok segítségével, véletlen erdő (random forest) statisztikai módszerrel 250 méteres felbontású térképek készültek Magyarország mezőgazdasági területeire különböző talajtulajdonságok (fizikai féleség, pH, mésztartalom, szervesszén-tartalom, humusztartalom, por-, agyag- és homokfrakciók) térbeli ábrázolására.

A térképek mezőgazdasági területeink feltalajáról (a felső 20 cm-es rétegről ill. a szántott rétegről) nyújtanak a magyar szabványokra harmonizált információt. A fizikai féleség térkép mellett a kötetünkben publikált pH, mésztartalom, szerves szén- és humusztartalom térképek is osztályozott formában mutatják be az egyes talajtulajdonságokat. A térképkészítés során előállított térképi adatbázisok ugyanakkor – a fizikai féleség kivételével – folyamatos skálán jellemzik az egyes területegységek talajtulajdonságait.

Az együttműködéses munka eredményeként elkészített térképek a tudományos elvárásoknak megfelelő pontossággal és a korábbi talajtérképeknél jobb, és a helyi léptékű gyakorlati igényeket is kielégítő térbeli részletességgel, számszerűen jellemzik hazánk mezőgazdasági területein a feltalajok tulajdonágait.

Az itt közölt térképek háttérét adó térképi adatbázisok szabadon hozzáférhetők, remélhetőleg ezzel is elősegítve a talajtani kutatásokat és a talajinformációkon alapuló mezőgazdasági, környezetvédelmi és egyéb igények kiszolgálását.

1. Bevezetés

Magyarország talajtakarójáról sok nyugat-európai országhoz képest is gazdag ismeretek állnak rendelkezésre, nem utolsósorban a 20. század szisztematikus talajfelvételezési munkáinak eredményeként. Az 1980-as évek végétől - az állami programként folyó nagyméretarányú talajtérképezési és tápanyagvizsgálati munkák leállítását követően - azonban szinte kizárólag az egyetemek és kutatóintézetek időben és tematikában is korlátozott programjaira, valamint az eseti hatósági talajvizsgálatokra szorítkozott az új adatok gyűjtése. A Talajvédelmi Információs és Monitoring (TIM) rendszer keretében gyűjtött minták vizsgálati eredménye jelenti azt a ritka kivételt, amellyel az utóbbi évtizedekben gyarapodott az állami talajadatok köre.

Eközben világszerte egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a talajinformációs rendszerek kiépítésére és bővítésére, nem csak a hazánknál korábban is gazdagabb talajadatokkal rendelkező országokban (pl. Csehország, Szlovákia), de az előzőleg talajtani szempontból gyérebben feltárt országokban (pl. a legtöbb ázsiai ország) is. Az Európai Unió is egyre nagyobb figyelmet fordít a talajra, amit a legújabb egységes talajfelvételezési munkák, így a LUCAS és a BioSoil programok is bizonyítanak. Magyarországon adottak egy jól strukturált, különböző léptékű és tartalmú információval bíró - ezért sokoldalúan használható - talajinformációs rendszer, illetve egy egységes Talaj Téradat Infrastruktúra kiépítésének lehetőségei. A hazai Talaj Téradat Infrastruktúrának több léptékű, interneten keresztül lehetőség szerint ingyenesen hozzáférhető és sokoldalúan alkalmazható talajinformációkat kell tartalmaznia. Ehhez kívánunk hozzájárulni jelen munkánkkal, az itt közölt térképekkel is.

Térképeink elkészítéséhez a hazai archív talajadatok mellett a legfrissebb európai felvételezésekből származó adatokra támaszkodhattunk, így célozhattuk meg a 250 m-es felbontást, ami az ország egész területére hozzáférhető talajtérképek közül a legrészletesebb térképeket, illetve térképi adatbázisokat eredményezte. A talajjellemzők tekintetében a hazánk feltalajának agyag- por- és homoktartalom, és az ezekből származtatott fizikai féleség térképeit, valamint a szervesszén-tartalom, pH és mésztartalom térképeit készítettük el. Az adatforrások különbözősége, elsősorban az eltérő alkalmazott analitikai módszerek miatt először harmonizálnunk kellett az adatokat, melynek módjáról az egyes térképek ismertetésénél számolunk be. A másik tisztázandó kérdés az időben nagyobb változékonyságot mutató talajjellemzők (humusz, pH) különböző mérésekből származó értékeinek a viszonya volt. Erre vonatkozóan szintén végeztünk vizsgálatokat. Ezek olyan érdekes összefüggésekre világítottak rá, amik további vizsgálatokkal hozzájárulhatnak ezen talajjellemzők dinamikájának jobb megismeréséhez.

Az Európai Bizottság Közös Kutatóintézete, a NÉBIH Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatósága, az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani és Agrokémiai Intézete, a Pannon Egyetem Georgikon Kara és a Nemzetközi Talaj Referencia és Információs Központ összefogásával készített áttekintő térképek fontos hidat jelenthetnek az ország egészére jelenleg elérhető, regionális tervezéshez használatos térképek és a remélhetőleg egyre nagyobb területet lefedő táblaszintű (a feltalaj adatok mellett a 1:10.000 léptékű talajtérképek szelvényadatain alapuló 10 m-es felbontású) térképek felé. A feltalaj legfőbb tulajdonságait tartalmazó áttekintő térképeket így a mélyebb talajrétegekről is beszámoló, több talajtulajdonságot is magukba foglaló térképsorozatok követhetik, valóban megteremtve azt a Talaj Téradat Infrastruktúrát, ami a talajokkal kapcsolatos információigényt teljes körűen kielégítheti.

2. Anyag és módszer

2.1 Felhasznált adatbázisok

2.1.1 Talajadatok

2.1.1.1 Agrokémiai Irányítási és Információs Rendszer (AIIR) adatbázis

Az AIIR adatbázis alapadatait az Nemzeti Élelmiszer Biztonsági Hivatal (NÉBIH) Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság jogelődje, a Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium Növényvédelmi és Agrokémiai Központja (MÉM NAK) gyűjtötte az 1970-es és 1980-as években, talajvizsgálati és táblatorzskönyvi adatokból. Az adatokat a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) Mezőgazdasági Főosztálya rendszerezte. Az adatbázist 5 éves ciklusokba rendezték. Így az adatállomány összesen 3 ciklusra (1976–1980, 1981–1985 és 1986–1990) készült el, amelyből napjainkra szinte hiánytalanul az utolsó periódus adatai maradtak fenn. Az adatok a 2000-es évek elején a D-e-Meter földminősítési projekt keretében kerültek korszerű számítógépes (XLS, DBF és SAV) adatállományba (Tóth, 2009).

A csak szűk szakmai körökben ismert AIIR-t és az adatgyűjtés intézményi hátterét Baranyai és mtsai. (1987) ismertették részletesen. Az AIIR adatbázis az országos talajerő-gazdálkodási rendszer keretén belül került kialakításra (MÉM, 1976) és illeszkedett azokhoz a törekvésekhez, amik a talajtani információk bővítésén keresztül támogatták a mezőgazdaság modernizálását. A talajtulajdonságok és tápanyag-ellátottság változásait is követő AIIR az időben állandóbb talajtulajdonságokat megjelenítő nagyméretarányú talajtérképezés (Szabolcs, 1966) kiegészítő elemeként is tekinthető.

A jelenleg elérhető AIIR adatok hét év (1984–1990) talajvizsgálati eredményeit ölelik fel. Az ország 4 millió hektár szántó, rét, legelő, szőlő, kert, gyümölcsös és fásított terület művelési ágú termőhelyeiről a hazai talajosztályozás szerinti talajtípus szintű információkat foglal magába Magyarország talajairól. Az adatsorok 19 megye mintegy 80.000 mezőgazdasági tábláján a talajok legfelső rétegének fontosabb talajvizsgálati és művelési adatait tartalmazzák. Az adatbázis ezen felül résztáblánként a mű- és szervezetrágyázásról, valamint 196 növénykultúra terméshozamairól, előveteményéről szolgáltat idősoros adatot.

A térképezéshez használt Agrokémiai Irányítási és Információs Rendszer (AIIR ver3.0) egy megszürt adatállomány, amely 321 915 adatsorból áll. Éves átlagban 2 970 895 ha mezőgazdasági terület 76 849 földművelési egységéről nyújt információt. Az adatállomány a 1983/1984, illetve 1989/1990 mezőgazdasági évekre csak Bács-Kiskun, Békés, Csongrád, Fejér, Győr-Moson-Sopron, Heves, Pest, Somogy, Vas és Veszprém megyéről tartalmaz töredék információkat.

Az AIIR adatbázis létrehozásához rendeleti (MÉM, 1978) úton szabályozták a mezőgazdasági táblák rendszeres, átlagosan 3 évenkénti talajvizsgálati kötelezettségét (Baranyai et al., 1987). A talajvizsgálatokhoz a mintavétel úgy történt, hogy a szántóföldek tábláit 12 hektáros részekre osztották fel. A földművelési egységek (parcellák vagy résztáblák) átlói mentén párhuzamos mintavételi módszerrel legalább 20 helyről talajmintát vettek, amelyeket homogenizáltak, így minden mezőgazdasági tábla résztábláiról átlagminta készült. Három hektárnál nagyobb összefüggő talajfolt esetén

külön átlagmintát képeztek. A résztáblák kialakítását, illetve az eltérő talajfoltok lehatárolását az 1:10.000-es méretarányú topográfiai és genetikus talajtérképek is segítették. A 12%-nál nagyobb lejtésű területeket az erózióra, illetve a talaj eltérő tápanyag-ellátottságaira tekintettel a lejtő egyes (felső, középső, alsó) szakaszain külön-külön átlagmintákat hoztak létre. A talaj- és tápanyag vizsgálatokhoz (TVG) a felső (termékeny), művelt, 0–25 cm-es talajrétegből gyűjtöttek mintákat. A táblák és résztáblák – talajmintavételi – átlóinak metszéspontját TIEDIT (Területhasználati Információk Egységes Digitális Térképe) koordináta rendszerben rögzítették (Várallyay et al., 1980). Pontosan szabályozták, protokollokban írták elő a mintavételek idejét és szakszerű módját és menetét (Baranyai et al., 1987).

A táblákra jellemző talajok típusának- és altípusának megállapítását, talajtani besorolását az adott szántóterületekre elkészült, s rendelkezésre álló nagyméretarányú (1:10.000) üzemi vagy földminősítési genetikus talajtérképek alapján általában a helyi talajviszonyokat jól ismerő szakemberek és a megyei növényvédelmi és agrokémiai állomások munkatársai végezték. Becslések szerint 1991-re az ország szántóterületének kb. 64%-ára elkészült 1:10.000 méretarányú genetikus talajtérkép. Azokon a területeken, ahol nem álltak rendelkezésre genetikus térképi információk, ott szakértői becslés alapján sorolták be a talajok típusát- és altípusát a talajosztályozási rendszerbe, a szántott réteg tulajdonságai - ritkábban és nem dokumentáltan talajszelvény feltárások - alapján.

Az AIIR adatbázis adattartalmát az 1. táblázatban foglaltuk össze. (Az 1. táblázatban szereplő „Rekordszám” az idősoros adatokra vonatkozik, amely kb. 80 000 tábla több éves feljegyzéseiből áll össze.)

1. táblázat. Az AIIR ver3.0 adatbázis jellemzői

Adattípus	Jellemző	Mértékegység / kód	Mérés gyakorisága	Rekordszám (db)	Vizsgálati módszer forrása
Tábla adatok	Megye	Kód*	Egyszeri	321 915	–
	Gazdaság	Kód*	Egyszeri	321 915	–
	Mezőgazdasági év	eeee	Egyszeri	321 915	–
	Táblaazonosító	Kód*	Vetésenként	321 915	–
	Tábla mérete	ha	Vetésenként	321 915	–
	Résztábla-azonosító	Kód*	Vetésenként	321 915	–
	Résztábla mérete	ha	Vetésenként	321 915	–
	Talajmintavételi helyek koordinátái	TIEDIT XY (hosszúság, szélesség)	Vetésenként	321 915	–
	Meteorológia körzet	Kód*	Egyszeri	321 915	Szász, 1977
Növénytermesztési adatok	Elővetemény	Kód*	Vetésenként	321 715	–
	Vetett növény	Kód*	Vetésenként	321 915	–
	Vetett növény fajtája	Kód*	Vetésenként	272 608	–
	Vetés ideje	éééé.hh.nn.	Vetésenként	309 875	–
	Terméshozam	q/ha	Vetésenként	315 953	–
	N műtrágya adag	kg/ha	Vetésenként	280 738	–
	P műtrágya adag	kg/ha	Vetésenként	242 784	–
	K műtrágya adag	kg/ha	Vetésenként	235 033	–

1. táblázat folytatása

Adattípus	Jellemző	Mértékegység/ kód	Mérés gyakori- sága	Rekord- szám (db)	Vizsgálati módszer forrása
Növényte- rmesz- tési adatok	Kijuttatott szervestrágya	q/ha	Vetésenként	328	–
	Kijuttatott mésztrágya	kg/ha	Vetésenként	33 978	–
	Művelési ág	Kód	Vetésenként	321 915	–
Talajadatok	Talajtípus	Kód	Egyszeri	321 915	Térképek / szakértői becslés
	Talajaltípus	Kód	3-5 évenként	321 915	Térképek / szakértői becslés
	Fizikai féleség	K _A	3-5 évenként	318 292	MSZ-08 0205 szabvány
	Humusz- tartalom	%	3-5 évenként	319 671	Tyurin módszer / ízítási veszteség
	pH _{KCl}	–	3-5 évenként	321 808	Potencio- méter
	CaCO ₃ - tartalom	%	3-5 évenként	192 054	Scheibler- féle kalciméter
	Vízben oldható összes sótartalom	%	3-5 évenként	186 525	Kondukto- méter
	NO ₂ - és NO ₃ - tartalom	ppm	3-5 évenként	315 253	MSZ-08 0453-70 szabvány
	P ₂ O-tartalom	ppm	3-5 évenként	318 819	MSZ-08 0455-80 szabvány
	K-tartalom	ppm	3-5 évenként	321 105	MSZ-08 0454-80 szabvány
	Mg-tartalom	ppm	3-5 évenként	301 577	MSZ-08 0450-80 szabvány
	Zn-tartalom	ppm	3-5 évenként	311 170	MSZ-08 0451-80 szabvány
	Cu-tartalom	ppm	3-5 évenként	306 606	MSZ-08 0451-80 szabvány
	Mn-tartalom	ppm	3-5 évenként	260 565	MSZ-08 0451-80 szabvány

*Központi Statisztikai Hivatal által meghatározott kódolás.

A talajminták vizsgálatát a megyei növényvédelmi és agrokémiai állomások talajvizsgáló laboratóriumaiban végezték. A minták laboratóriumi bevizsgálására a magyar szabványok alapján került sor. A minták rendszeresen és kötelezően vizsgálandó talajparamétereinek körét az 5/1978 (V. 26.) MÉM rendelet (MÉM, 1978) írja elő, amelyeknek a mérési eredményeit az AIIR adatbázis tartalmazza:

- 1) tápanyagvizsgálatok: NO_2^- , NO_3^- , P_2O_5 [ppm] és K_2O [ppm];
- 2) talajtani alapvizsgálatok: Arany-féle kötöttség (K_A), humusz [%], pH_{KCl} , CaCO_3 [%], vízben oldható összes só [%];
- 3) kémiai vizsgálatok: Mg [ppm], Na [ppm], Zn [ppm], Cu [ppm], Mn [ppm], SO_4^{2-} [ppm].

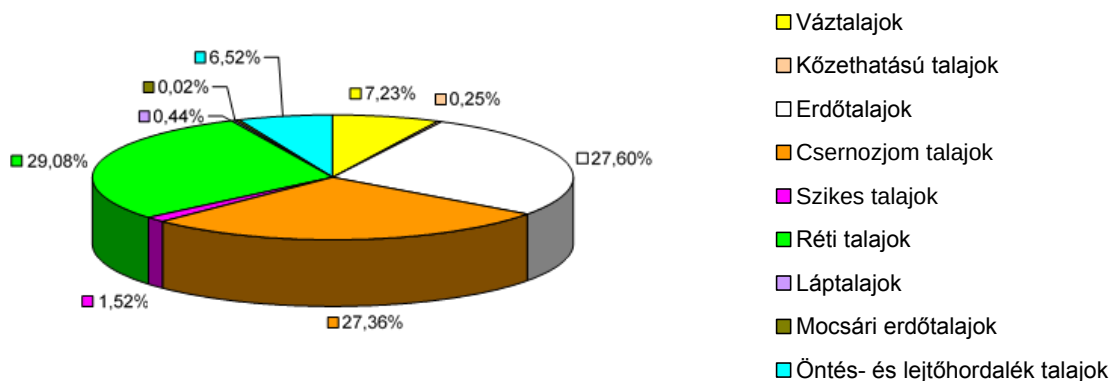
Az adatbázis ugyan az 1980-as években mért állapotokat tükrözi, ugyanakkor tartalmának rendszerezett ismertetése a mai állapotokra vonatkozóan is fontos ismereteket közvetít, ezért a kiemelt talajjellemzők térképi feldolgozása is indokolt.

Az 1. ábrán bemutatjuk az AIIR ver3.0 adatbázis talaj főtípusainak területi arányait (a talajtípusokkal jellemezhető táblák mérete alapján számolva). A csernozjom, barna erdő- és réti talajok a legnagyobb arányban előforduló főtípusaink, a vizsgált mezőgazdasági területek ~ 84,04%-át fedik le, de egyes természetű növényeknél (pl. kukoricánál) együttes területük a vizsgált években meghaladhatja a 90%-ot (Makó et al., 2009).

Az AIIR ver3.0 adatbázis a 40 talajtípusból 38-at és a 86 altípusból 84-et ír le a szántóföldi területeken. A hazai talajosztályozás rendszertani egységei és a mért talajparaméterek alapján a 321 915 darab mezőgazdasági táblán, illetve résztáblán – a felső művelt szint tulajdonságai alapján – összesen 8 530 talajváltozat különíthető el az adatállományban (Jassó et al., 1989). Földhasználat alapján a teljes éveket figyelembe véve (1985–1989) átlagosan 2 970 844 ha termőterületből 2 823 457 ha szántó, 108 446 ha rét, 1 960 ha legelő, 20 327 ha szőlő, 133 ha kert, 16 987 ha gyümölcsös, 54 ha nádas, 65 ha erdő és 11 ha fásított terület művelési ágba tartozik.

Az adatbázisban a hazai termőterületeken legnagyobb területi kiterjedésben megtalálható 5 talajtípus s annak legjellemzőbb altípusai a következők:

- 1) Réti csernozjom talaj 422 157,80 ha (14,21%), amelyből a karbonátos altípus 229 380,40 ha (7,72%);
- 2) Réti talaj 348 578,80 ha (11,73%), amelyből a nem karbonátos altípus 175 555,60 ha-nyi (5,91%);
- 3) Agyagbemosódásos barna erdőtalaj 336 130,80 ha (11,31%), amelyből a nem podzolos altípus 308 281,20 ha (10,38%);
- 4) Meszes vagy mészlepedékes csernozjom talaj 285 428,60 ha (9,61%), amely Típusos altípusa 212 930,20 ha (7,17%);
- 5) Öntés réti talaj 274 784,00 ha (9,25%), amelyből a nem karbonátos altípus 174 332,20 ha (5,87%).



1. ábra. Az AIIR ver3.0 adatbázis talaj főtípusainak területi megoszlása (a mezőgazdasági táblák területe alapján számolva)

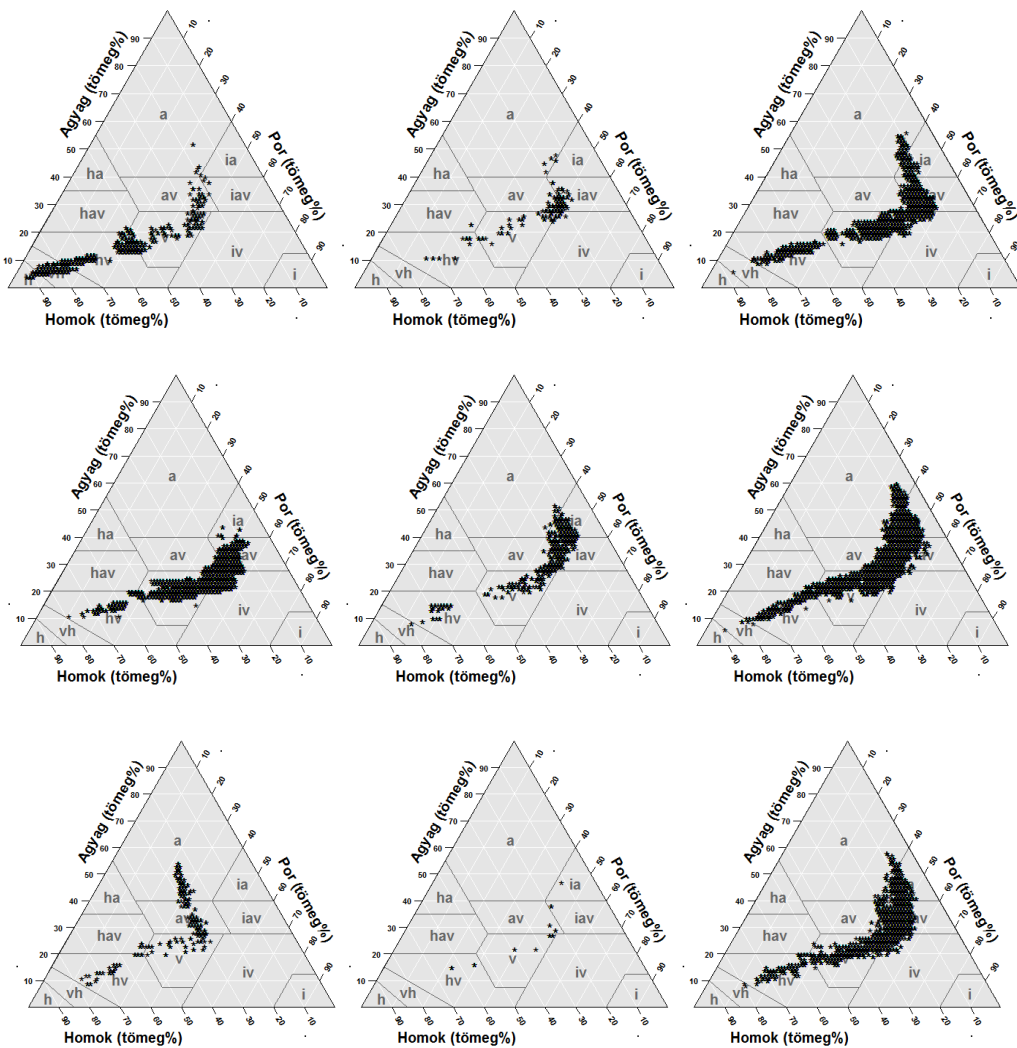
Az AIIR ver3.0 adatbázisban talajtípus szinten a szology talaj és a mohaláp talaj, altípusok esetében a karbonát-kloridos szoloncsák talaj és a szolonyeces másodlagosan elszikesedett talaj nem jelenik meg.

Az alábbiakban a 2. táblázat tartalmazza az AIIR adatbázis által tartalmazott 10 talajparaméter közül négynek (K_A , pH_{KCl} , humusz %, $CaCO_3$ %) a vizsgálati eredményeit, amelynek adatait az érvényben lévő hazai genetikus talajosztályozási rendszer talaj főtípusai szerint mutatjuk be (Stefanovits, 1963; Jassó et al., 1989). Talaj főtípusonként szerepeltetjük a vizsgálati eredmények szélsőértékeit (minimumát és maximumát), számtani átlagát, szórását, illetve a rendszertani egységek elemszámát. Továbbá feltűntettük a talaj főtípusok jellemzőinek geometriai átlagát is.

A 2. ábra háromszög diagramjain látható az AIIR adatbázis talajainak mechanikai összetétele talaj főtípusonként, amelyet a MARTHA adatbázison kidolgozott becslési módszerrel számítottuk ki a 2.2.1. fejezetben ismertetett módszerrel. A háromszög diagramokon ábrázolt becslött értékek jól mutatják, hogy az adatállományban döntő hányadban szereplő főtípusokra (barna erdőtalajok, csernozjom talajok, réti talajok) a homokos vályog, vályog, agyagos vályog, iszapos agyagos vályog, iszapos agyag és agyag fizikai féleség jellemző.

2. táblázat. AIIR adatbázisban szereplő főbb talajparaméterek jellemzői főtípusonként

Talaj főtípus	N	Min.	Max.	Sz. átlag	G. átlag	Szórás
Kötöttség (K_A)						
Váztalajok	27650	24	79	28,58	28,31	4,30
Közethatású talajok	1109	27	75	45,74	44,88	8,61
Barna erdőtalajok	102587	24	81	39,42	38,64	7,83
Csernozjom talajok	66535	24	69	41,76	41,44	5,05
Szikes talajok	3874	24	76	48,69	47,96	8,07
Réti talajok	88096	24	81	48,92	47,65	11,01
Láptalajok	2234	27	81	59,76	57,33	15,83
Mocsári erdőtalajok	68	30	80	49,97	48,16	13,22
Öntés- és lejtőhordalék talajok	26139	24	81	50,00	48,88	10,34
Humusztartalom (%)						
Váztalajok	28904	0,08	5,50	1,16	1,04	0,58
Közethatású talajok	1108	0,81	4,90	2,53	2,41	0,74
Barna erdőtalajok	103263	0,25	4,00	1,76	1,67	0,56
Csernozjom talajok	66963	0,61	4,98	2,73	2,64	0,65
Szikes talajok	3886	0,61	5,50	2,85	2,75	0,76
Réti talajok	87596	0,16	5,50	2,80	2,64	0,91
Láptalajok	1823	0,49	5,50	3,76	3,35	1,51
Mocsári erdőtalajok	68	1,03	4,71	2,39	2,19	1,06
Öntés- és lejtőhordalék talajok	26060	0,63	5,50	2,39	2,29	0,71
pH_(KCl)						
Váztalajok	28934	3,38	8,45	6,43	6,27	1,33
Közethatású talajok	1110	4,13	7,69	6,62	6,57	0,77
Barna erdőtalajok	103349	3,11	8,43	5,75	5,66	0,99
Csernozjom talajok	66998	3,84	8,21	6,96	6,93	0,59
Szikes talajok	3899	5,50	8,57	6,55	6,53	0,56
Réti talajok	88991	3,34	9,33	6,28	6,21	0,93
Láptalajok	2306	3,35	7,73	5,73	5,62	1,12
Mocsári erdőtalajok	68	3,73	6,42	5,11	5,04	0,80
Öntés- és lejtőhordalék talajok	26153	3,26	8,04	6,00	5,90	1,07
CaCO₃ tartalom (%)						
Váztalajok	18496	0,1	24,4	3,7	2,2	3,32
Közethatású talajok	901	0,1	23,6	4,9	2,3	5,29
Barna erdőtalajok	43799	0,1	24,5	2,0	1,0	2,20
Csernozjom talajok	59980	0,1	24,8	4,4	2,6	3,95
Szikes talajok	2980	0,1	24,9	2,0	0,6	3,70
Réti talajok	53097	0,1	24,9	3,9	1,3	5,26
Láptalajok	776	0,1	21,6	4,4	2,0	4,95
Mocsári erdőtalajok	9	0,1	3,3	1,1	0,6	1,27
Öntés- és lejtőhordalék talajok	12016	0,1	24,9	5,9	2,0	6,94



2. ábra. Az AIIR adatbázisban található talaj főtipusok becsült mechanikai összetétele
 balról jobbra: váztalajok, közethatású talajok, barna erdőtalajok, csernozjom talajok,
 szikes talajok, réti talajok, láptalajok, mocsári erdőtalajok, öntés- és lejtőhordalék talajok

2.1.1.2 Magyarországi Részletes Talajfizikai és Hidrológiai Adatbázis (MARTHA ver2.0)

A Magyarországi Részletes Talajfizikai és Hidrológiai Adatbázis (MARTHA) (Makó et al. 2010) létrehozásának célja az összes Magyarországon elérhető, közvetlenül vizsgált talajfizikai és vízgazdálkodási adat összegyűjtése, összehangolása és egységes adatbázisba rendezése volt. A MARTHA adatbázis a hazai talajfizikai laboratóriumokban mért talajfizikai és vízgazdálkodási mérési eredmények, valamint a hozzájuk kapcsolódó talajtani alapadatok egységes rendszerbe szervezett gyűjteménye.

A MARTHA adatbázis jól reprezentálja hazánk talajtípusait, azokon belül is főként a mezőgazdasági művelés alatt álló talajok adataiban gazdag. A MARTHA ver 2.0 3937 db talajszelvény 15005 db talajrétegének talajfizikai, talajkémiai és talaj vízgazdálkodási adatait tartalmazza.

A MARTHA ver2.0 adatainak egyharmada a már korábban létrehozott következő kisebb adatállományok összesítéséből áll: MTA TAKI adatbázisa (Várallyay 1987; Rajkai et al. 1981), melyet kiegészítenek a HUNSODA adatbázis adatsorai (Nemes 2003), a Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer adatai (Várallyay et al. 2009) és a Pannon Egyetem GK talajfizikai és alapvizsgálati adatai. Ezen források mellett a másik fő adatszolgáltató az egykori megyei MGSZH Növény- és Talajvédelmi Igazgatóságok hálózata volt, ahol a 70-es évek közepétől készült különböző célú (öntözési, meliorációs, hígtrágya elhelyezési stb.) talajtani szakvéleményekben fellelhető adatokat gyűjtötték össze. Összességében az adatbázis 750 talajszintje származik az MTA TAKI adatállományából, 4647 db a TIM adatbázisból és 9608 db a Növény- és Talajvédelmi Igazgatóságok adattárából. A TIM talajszintek közül 3427 db törzsmérő hálózati, 615 db erdészeti és 605 db speciális mérőhely adata.

Az adatbázis a következő információkat tartalmazza a talajszelvényekről és azok szintjeiről:

1. általános információk a talajszelvényről: azonosító, adatforrás típusa, megye neve, EOv koordináták, GPS koordináták, talajtípus és altípus;
2. kémiai tulajdonságok: desztillált vizes és kálium-kloridos pH, hidrolitos aciditás (y_1), kicserélhető aciditás (y_2); mésztartalom; összes vízzoldható sótartalom; kicserélhető nátrium mennyisége; T-érték, S-érték, humusztartalom;
3. fizikai tulajdonságok: mechanikai összetétel (<0,002mm, 0,002-0,005 mm, 0,005-0,01 mm, 0,01-0,02 mm, 0,02-0,05 mm, 0,05-0,25 mm, 0,25-2 mm), térfogattömeg, sűrűség, Arany-féle kötöttség, higroszkóposság, víztartó képesség (talaj által visszatartott nedvességtartalom -0,1; -0,25; -1; -3; -10, -20, -33, -250, -1500 és $-1,5 \times 10^5$ KPa nyomással szemben), hidraulikus vezetőképesség.

A talajtulajdonságokat a 3. táblázatban található a magyar szabványok szerint határozták meg. A genetikai szintek nyújtotta információk és a szintek mélysége alapján az adatbázison belül megkülönböztettük az altalajokat és a feltalajokat. Feltalajként a 0-30 cm mélységben elhelyezkedő mintákat, illetve a szántott A szinteket vettük figyelembe. Azon szinteket, amik nem feleltek meg a feltalaj kritériumainak, altalajként kódoltuk. Ahol nem állt rendelkezésre információ se a szint mélységéről, se a genetikai szint nevééről, azokat a talajokat nem soroltuk be. Ezen megkülönböztetés alapján az adatbázis 3415 feltalajba sorolható szintet és 11533 altalaj szintet tartalmaz.

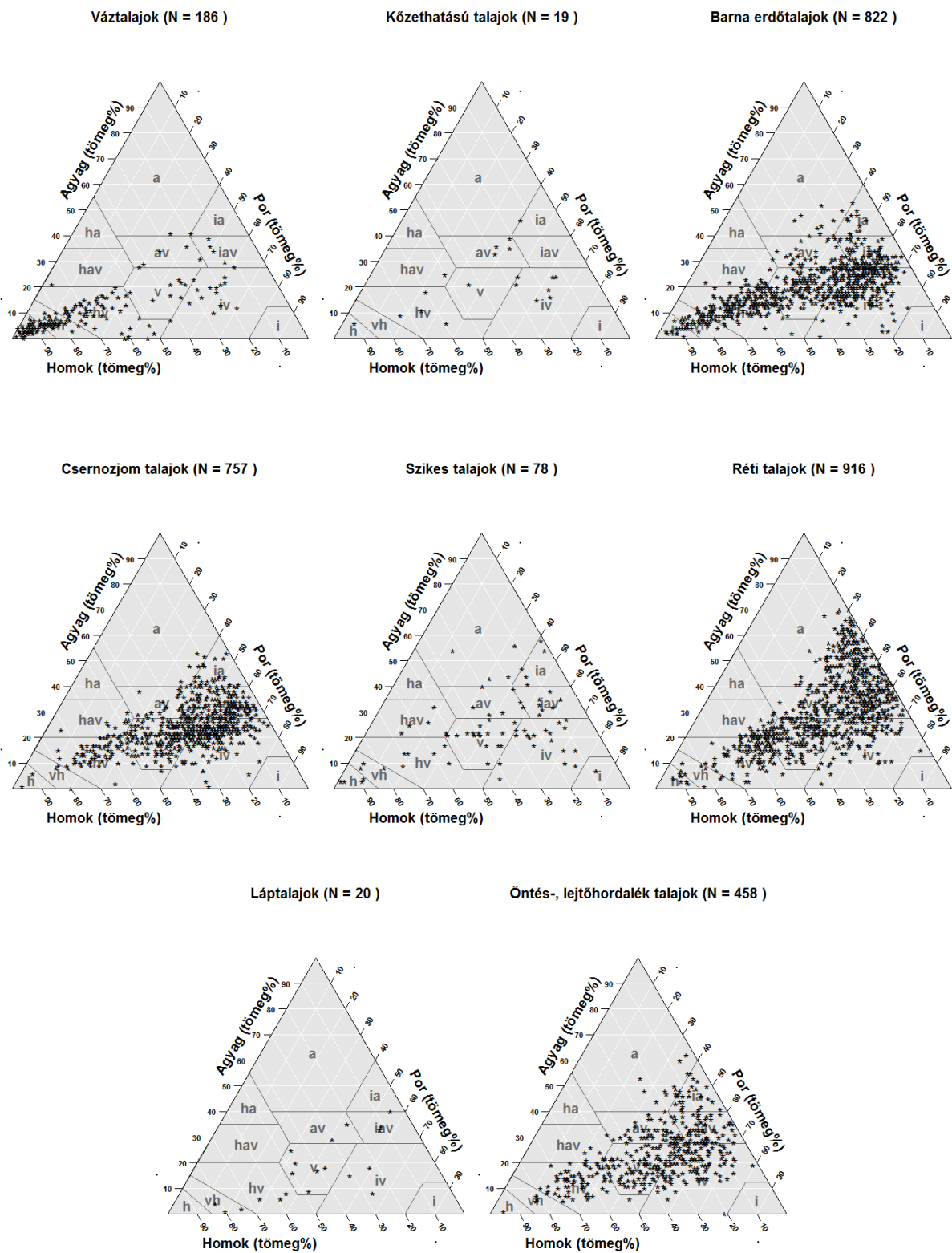
3. táblázat. A MARTHA ver2.0 adatbázisban található talajtulajdonságok és azok meghatározási módszere

Talajjellemző		Mértékegység	Vizsgálati módszer forrása
Talajrendszertani besorolás	Főtípus	-	Jassó et al., 1989
	Típus	-	
	Altípus	-	
Talajszint száma		-	-
Genetikai szint neve		-	Jassó et al., 1989
Minta tetejének magassága		cm	-
Minta aljának magassága		cm	-
Szerves anyag tartalom		tömeg %	MSZ-08-0452-1980
CaCO ₃ tartalom		tömeg %	MSZ-08-0206-2-1978
Arany-féle kötöttség		-	MSZ-21470-51-1983
pH (H ₂ O)		-	MSZ-08-0206-2-1978
pH (KCl)		-	MSZ-08-0206-2-1978
Na ₄ OAc-os kicserélhető aciditás		cmol (+) kg ⁻¹	Buzás, 1993
KCl-os kicserélhető aciditás		cmol (+) kg ⁻¹	Buzás, 1993
Vízben oldható sótartalom		tömeg %	MSZ-08-0206-2-1978
Kicserélhető Na tartalom		cmol (+) kg ⁻¹	Buzás, 1993
T-érték (kationcsere-kapacitás)		cmol (+) kg ⁻¹	MSZ-08-0215-1978
S-érték (Na, K, Ca, Mg ionok összege)		cmol (+) kg ⁻¹	Buzás, 1993
Durva homoktartalom (0,25-2 mm)		tömeg %	MSZ-08-0205-1978
Finom homoktartalom (0,05-0,25 mm)		tömeg %	MSZ-08-0205-1978
Durva portartalom I. (0,02-0,05 mm)		tömeg %	MSZ-08-0205-1978
Durva portartalom II. (0,01-0,02 mm)		tömeg %	MSZ-08-0205-1978
Középfinom portartalom (0,005-0,01 mm)		tömeg %	MSZ-08-0205-1978
Finom portartalom (0,002-0,005 mm)		tömeg %	MSZ-08-0205-1978
Agyagtartalom (< 0,002 mm)		tömeg %	MSZ-08-0205-1978
Térfogattömeg		g cm ⁻³	MSZ-08-0205-1978
Sűrűség		g cm ⁻³	Buzás, 1993
Nedvességtartalom -0,1 kPa-on = pF0		térfogat %	Buzás, 1993
Nedvességtartalom -0,25 kPa-on = pF0,4		térfogat %	Buzás, 1993
Nedvességtartalom -1 kPa-on = pF1,0		térfogat %	Buzás, 1993
Nedvességtartalom -3 kPa-on = pF1,5		térfogat %	Buzás, 1993
Nedvességtartalom -10 kPa-on = pF2,0		térfogat %	Buzás, 1993
Nedvességtartalom -20 kPa-on = pF2,3		térfogat %	Buzás, 1993
Nedvességtartalom -33 kPa-on = pF2,5		térfogat %	Buzás, 1993
Nedvességtartalom -250 kPa-on = pF3,4		térfogat %	Buzás, 1993
Nedvességtartalom -1500 kPa-on = pF4,2		térfogat %	Buzás, 1993
Higroszkópos nedvességtartalom (-1,5 · 10 ⁵ kPa = pF6,2)		térfogat %	Buzás, 1993
Hidraulikus vezetőképesség		cm nap ⁻¹	Buzás, 1993

A MARTHA adatbázis feltalaj mintáinak főbb jellemzőit a 4. táblázat és a 3. ábra mutatják be. A talajjellemzők mértékegységeit a LUCAS adatbázisban szereplő adatokhoz igazítottuk. Az adatbázisban szereplő humusztartalmat átszámoltuk szervesszéntartalomra. A talajjellemzőket művelési ágra vonatkozó információ híján főtípusonként mutatjuk be.

4. táblázat. A MARTHA adatbázisban szereplő feltalajok jellemzői

Talaj főtípus	N	Szervesszén-tartalom (g/kg)				
		Minimum	Maximum	Átlag	Medián	Szórás
Váztalajok	201	0,70	31,61	7,60	6,21	5,15
Közethatású talajok	21	7,25	82,83	22,33	16,42	17,66
Barna erdőtalajok	813	0,93	23,09	9,02	8,70	3,33
Csernozjom talajok	791	0,93	44,08	15,83	15,66	4,62
Szikes talajok	70	2,15	34,80	14,81	13,75	7,75
Réti talajok	946	1,39	68,74	17,67	16,53	7,47
Láptalajok	18	15,95	121,98	39,45	32,16	26,01
Öntés-, lejtőhordalék talajok	484	2,03	34,80	12,95	12,30	4,87
CaCO₃ tartalom (g/kg)						
Váztalajok	144	0,00	330,00	70,60	50,00	70,60
Közethatású talajok	15	5,00	500,00	109,33	36,00	141,82
Barna erdőtalajok	377	0,00	480,00	17,12	1,00	45,31
Csernozjom talajok	699	0,00	390,00	64,25	50,00	56,24
Szikes talajok	59	0,00	470,00	130,66	100,00	125,89
Réti talajok	723	0,00	640,00	77,06	40,00	101,32
Láptalajok	18	0,00	780,00	221,35	135,00	247,47
Öntés-, lejtőhordalék talajok	349	0,00	490,00	94,12	60,00	97,74
pH (H₂O)						
Váztalajok	197	4,02	8,60	7,09	7,56	1,10
Közethatású talajok	21	4,23	8,12	6,98	7,20	1,05
Barna erdőtalajok	826	3,93	8,38	6,46	6,52	0,90
Csernozjom talajok	780	5,06	9,95	7,69	7,81	0,57
Szikes talajok	80	5,44	10,25	8,08	8,04	1,18
Réti talajok	956	4,30	10,20	7,35	7,58	0,73
Láptalajok	20	4,90	7,89	7,14	7,60	1,00
Öntés-, lejtőhordalék talajok	482	3,78	8,57	7,20	7,50	0,89
pH (KCl)						
Váztalajok	159	3,43	8,38	6,39	7,17	1,55
Közethatású talajok	20	3,53	7,52	6,23	6,63	1,12
Barna erdőtalajok	434	3,11	7,76	5,39	5,39	1,08
Csernozjom talajok	363	3,82	8,47	6,91	7,14	0,78
Szikes talajok	64	3,86	9,90	7,29	7,23	1,35
Réti talajok	322	3,50	9,60	6,41	6,79	1,06
Láptalajok	13	3,66	7,81	6,93	7,24	1,05
Öntés-, lejtőhordalék talajok	193	3,71	8,10	6,36	6,97	1,14



3. ábra. A MARTHA adatbázis feltalajainak mechanikai összetétele

Az adatbázisban szereplő feltalajok közül átlagosan a láptalajoknak a legnagyobb a mésztartalma. A láptalajokat követik a szikes és a közethatású talajok. Átlagosan a barna erdőtalajok mésztartalma a legkisebb, ami a főtípusra jellemző kilúgzási folyamatok eredménye.

Általánosságban elmondható, hogy a szikes talajok kémhatása a legmagasabb, a barna erdőtalajoké pedig a legalacsonyabb, ami ezen talajok meghatározó talajképződési folyamatainak az eredménye. A vizes és semleges sóoldatban mért kémhatás medián értéke között a barna erdőtalajok esetében a legnagyobb a különbség. Az erdőtalajoknál általában jellemzőbb a nagyobb mennyiségű kicserélhető savanyúság, legfőképpen a savanyú, nem podzolos barna erdőtalajokon.

A legnagyobb átlagos szerveszén-tartalommal a láptalajok feltalajai rendelkeznek, ezeket követik sorrendben a réti, közethatású és csernozjom talajok feltalajai. A humuszos feltalaj átlagos vastagsága – a láptalajokat leszámítva – a csernozjom talajoknál a legnagyobb, átlagosan 33 cm.

A mechanikai összetételt tekintve átlagosan a réti feltalajoknak a legnagyobb az agyagtartalma és legkisebb a homoktartalma. A váztalajok feltalajai tartalmazzák általában a legkevesebb agyagot és port, valamint a legtöbb homokot, ami azzal magyarázható, hogy a MARTHA adatbázisban a váztalajok feltalajainak 75 %-át futóhomok és humuszos homok talajtípusú talajok teszik ki.

2.1.1.3 A LUCAS adatbázis

A LUCAS (Land Use/Land Cover Area Frame Survey; Eurostat, 2015) program keretén belül több mint 22.000 pontról gyűjtöttek be feltalaj (0-20 cm) mintákat az Európai Unióban és Izlandon.

A LUCAS program 2001-ben indult az Európai Unió földhasználatának és felszínborítottságának monitorozására és elsősorban a Közös Agrárpolitika szempontjából fontosnak tekintett tényezők vizuális felmérését célozta. A felvételezés 2006 óta az EU területére vetített 2x2 km-es egységes rácsháló metszéspontjai által kijelölt mintavételi helyeken történik, amik közül mintegy 200.000 pont földhasználati és felszínborítási jellemzői kerültek felvételezésre (Eurostat, 2015).

Az EU első teljesen egységes talajadatbázisának elkészítése, valamint egy jövőbeni monitoring rendszer alapjainak lefektetése céljából az Európai Bizottság (annak Statisztikai Hivatala, Környezetvédelmi Főigazgatósága és Közös Kutatóközpontja) elkészítette a LUCAS felméréshez kapcsolódó talajfelvételkezési terveket.

A talajmintavétel Bulgáriában, Izlandon és Romániában 2012-ben, a többi 25 EU-s országban 2009-ben történt. A LUCAS feltalaj projekt az első, egységes mintavételezési elvek szerint folytatott, és az EU valamennyi országát hasonló sűrűséggel mintázó felvételezés. A főbb földhasználati ágak mindegyikéről történt mintavétel, általában a tagországokon belüli földhasználati ágak területi megoszlásának arányában, kivéve a szántókról vett talajmintákat, melyek aránya szándékosan nagyobb, mint területi részarányuk az egyes országokban. Az egységes adatbázis kialakítását biztosítja, hogy az ugyanazon évben vett minták egyazon laboratóriumban (a 2009-es minták az SGS

Hungária Kft akkreditált kecskeméti talajlaboratóriumában) kerültek bevizsgálásra, szabványosított módszerek (5 táblázat) szerint (Tóth et al. 2013b).

A 2009-ben és 2012-ben gyűjtött mintegy 22.000 minta 5. táblázatban bemutatott adatai az Európai Talajadat Központból (ESDAC) letölthetők. Az 5. táblázatban jelzett talajparamétereken túl a minták egyéb makro- és mikroelem tartalmának elemzése is elkészült. A mérésekkel a talajminták elemi összes Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, V és Zn tartalmát határozták meg, szabványosítás alatt álló prEN16174 előírás szerinti eljárást alkalmazva.

5. táblázat. A LUCAS feltalaj adatbázis adatai

Talajjellemző	mértékegység	vizsgálati módszer forrása
durva vázrész tartalom	tömeg %	ISO 11464. (2006)
mechanikai összetétel	-	ISO 11277. (1998)
agyag tartalom	tömeg %	
por tartalom	tömeg %	
homok tartalom	tömeg %	
Szervesszén-tartalom	g/kg	ISO 10694. (1995)
összes nitrogén tartalom	g/kg	ISO 11261. (1995)
Foszfortartalom (Olsen)	mg/kg	ISO 11263. (1994)
kicserélhető kálium tartalom	mg/kg	USDA-NRCS (2004)
CaCO ₃ tartalom	g/kg	ISO 10693. (1995)
pH (CaCl ₂)	-	ISO 10390. (1994)
pH (H ₂ O)	-	ISO 10390. (1994)
kationkicserélő kéesség (T érték)	cmol(+)/kg	ISO 11260. (1994)
multispektrális reflektancia jellemzők		FOSS Manual (2009)

A LUCAS talajadatbázis önmagában is értékes információval szolgál az EU talajairól, de értékét tovább növeli, hogy a mintázási pontok földhasználatáról és felszínborítottságáról idősoros adatok is rendelkezésre állnak. A LUCAS pontok 2015-re tervezett újbóli mintázása jelentős lépés lehet egy kontinentális talajmonitoring rendszer kialakítása felé.

Az EU-n belüli területi arányának megfelelően Magyarországról 497 – változatos jellemzőjű – minta eredményei kerültek az adatbázisba (Tóth et al. 2013ab). Ebből 314 szántóról, 6 szőlő és gyümölcs ültetvényekről, 60 erdőből, 9 bokros-ligetes területről, 104 gyepekről, 4 pedig egyéb felszínborítottságú területekről származik.

A három legfontosabb művelési ágról gyűjtött talajminták főbb jellemzőit a 6. táblázat és a 4. ábra mutatják be. A mechanikai összetétel adatoknál a méréssel meghatározott por (0,002-0,063 mm) és homok (0,063-2 mm) frakciókat a térképezéshez figyelembe vett talajadatbázisok egységesítése céljából átszámítottuk 0,002-0,05 mm és 0,05-2 mm frakciókra és ezeket az értékeket használtuk az elemzésekhez, térképezéshez.

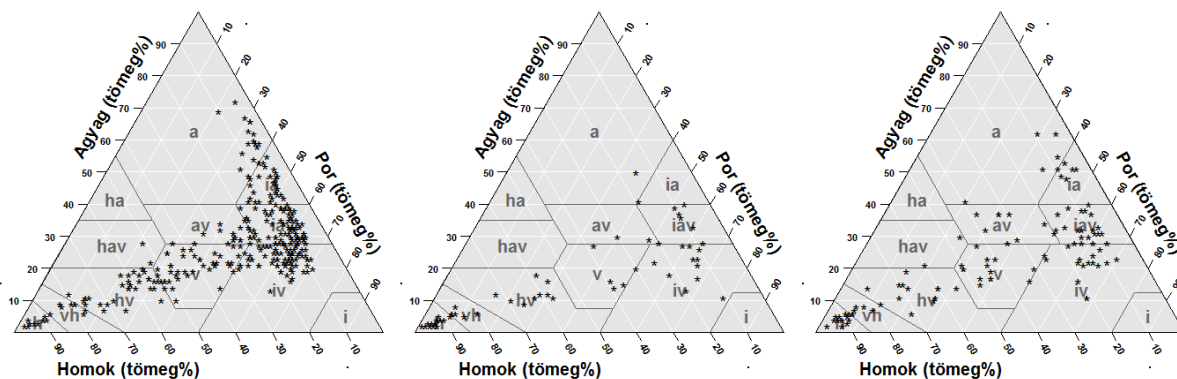
6. táblázat. A LUCAS talajadatbázisban szereplő magyarországi minták jellemzői

Földhasználat	N	CaCO ₃ tartalom (g/kg)			
		min.	max.	átlag	szórás
szántó	314	0	317	35,1	64,6
erdő	60	0	561	35,9	90,0
gyep	104	0	511	43,0	76,6
		pH (CaCl ₂)			
szántó	314	3,9	7,71	6,63	0,92
erdő	60	3,66	7,77	5,72	1,4
gyep	104	3,78	9,25	6,49	1,1
		pH (H ₂ O)			
szántó	314	4,32	8,5	7,17	0,87
erdő	60	4,3	8,26	6,27	1,3
gyep	104	4,48	10,08	7,06	1,07
		szerves szén (g/kg)			
szántó	314	3,7	54,9	18,0	7,4
erdő	60	2,6	93,3	21,3	19,2
gyep	104	3,2	125,5	27,6	24,3
		agyagtartalom (tömeg%)			
szántó	314	2	72	27,90	13,14
erdő	60	2	50	15,28	12,38
gyep	104	2	62	23,91	14,30
		portartalom (tömeg%)			
szántó	314	2	71	45,98	16,42
erdő	60	1	78	30,62	24,36
gyep	104	2	70	36,91	20,38
		homoktartalom (tömeg%)			
szántó	314	3	96	26,11	23,51
erdő	60	7	97	54,10	34,47
gyep	104	4	96	39,17	30,13

A különböző művelési ágak szerint összehasonlított talajminták mésztartalma között nem találtunk szignifikáns különbséget (6. táblázat). Bár a gyepterületekről érkezett minták átlagértékei az erdőkről és szántókról vett mintákénál magasabb értéket mutatnak, ez a különbség az adott mintaszám mellett statisztikailag nem volt igazolható.

Kémhatás tekintetében, az erdők talaja szignifikánsan alacsonyabb a szántók és gyepek talajainál, míg az utóbbi kettő között nincs statisztikailag igazolható különbség (6. táblázat). Ezek az összefüggések mindkét pH mérési módszer esetében hasonlóak.

A szántók és erdők feltalajából vett LUCAS minták között az adott mintaszámnál a szervesszén-tartalomban szignifikáns különbség nem volt kimutatható, míg a gyepek szervesszén-tartalom értékei mindkét másik művelési ágból vett minták átlagainál szignifikánsan magasabb átlagot mutatnak (6. táblázat). Megjegyzendő, hogy az átlagértékek mindhárom művelési ágnál meglehetősen nagy szórás mellett alakultak ki.



4. ábra. A LUCAS talajadatbázisban szereplő magyarországi minták mechanikai összetétele művelési ágak szerint (szántó, erdő, gyepek sorrendben)

A talajminták mechanikai összetételének eloszlását vizsgálva mindhárom művelési ágban hasonló szórásképet látunk (4. ábra). Az egyes frakciók szerinti összehasonlításban viszont kiténik, hogy az erdőről származó mintáknak a szántó és gyepmintákénál szignifikánsan nagyobb a homoktartalma, de a gyepekről származó minták homoktartalma is általában nagyobb, mint a szántóföldi mintáké (6. táblázat).

Az agyag és a por frakció szempontjából pont fordított a helyzet, mivel a szántókról vett minták agyag- ill. portartalma szignifikánsan eltér az erdőkről és gyepterületekről származó minták agyag- ill. portartalmától (nagyobb azoknál). Ugyanakkor míg a gyepek mintái általában nagyobb agyagtartalmúak az erdőkéinél, addig a portartalom tekintetében nem volt szignifikáns különbség ezen két művelési ágról vett minták között.

Amint az a vizsgált talajtulajdonságok eloszlásaiból látszik, a LUCAS adatbázis magyarországi mintái változatos tulajdonságú területekről kerültek begyűjtésre, ezáltal jól használhatók a területi különbségeket feltáró talajtérképezési munkák során.

2.1.2 Környezeti segédváltozók

Az egyes talajrétegek térbeli kiterjesztéséhez azokat a környezeti változókat választottuk ki, melyek leginkább befolyásolják, illetve meghatározzák a talajképződési folyamatokat és így befolyásolják a termőhely jellemzőit.

Ezek alapján a következő öt különböző forrásból származó raszteres és vektoros adatot használtuk fel, hogy megfelelően illeszthessük a becslő modellt:

- digitális domborzat modell,
- klíma adatok,
- távérzékelte biomassza indikátorok,
- felszínborítási adatbázis,
- geológiai adatok.

2.1.2.1 Digitális domborzat modell

A térkép generáláshoz az SRTM domborzatmodell 4.1-es verziója alapján számított magassági értékeket, lejtőkategóriákat és a SAGA GIS programcsomaggal számított topográfiai nedvesség indexet (Topographic Wetness Index) használtuk fel környezeti segédváltozóként, melyek összességében jól jellemzik a földfelszíni folyamatokat. A segédváltozókat 250 méteres felbontásra skáláztuk át.

Az SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, Rabus et al. 2003) adatbázis kialakításának célja a földfelszín magasságának felmérése volt, mely egy nemzetközi projekt keretében valósult meg a NASA irányítása alatt. A digitális terepmodell Magyarországra eső része 3 szögmásodperc (kb. 90 méter) felbontású verzióban állt rendelkezésre, illetve került felhasználásra. A digitális terepmodell megbízható felszíni magasságértékeket nyújt, az 1 m-es vertikális felbontás mellett kb. 5–6 m-re becsült hibahatárral rendelkezik.

Az SRTM adatbázis radar felvételei ún. egyszeri berepüléssel (single-path) készültek, vagyis a két különböző beesési szögből egy időben készült mérés segítségével megbízható minőséget ért el a növényzettel borított területeken is.

2.1.2.2 Klíma adatok

BIOCLIM adatbázis

A hőmérsékleti adatok nagyon fontos tényezőként jelentkeznek a legtöbb ökológiai folyamat esetében. A felhasznált WordClim (Hijmans et al., 2005) adatbázishoz kapcsolódó BIOCLIM hőmérsékleti idősor olyan alapvető mutatókat tartalmaz, melyek alkalmasak nagy tér- és időbeli elemzések kivitelezésére, illetve talajadatbázisok térbeli kiterjesztésére. A BIOCLIM térképek 250 méteres térbeli felbontásban kerültek felhasználásra.

A bioklimatikus változók évi trendeket mutatnak, kiemelve a szezonalitást és az extrém viszonyokat, tehát azokat a korlátozó környezeti tényezőket, melyek meghatározzák a biológiai produktivitás mértékét.

A következő BIOCLIM adatokat használtuk fel:

BIO1: éves átlag hőmérséklet ($^{\circ}\text{C} \times 10$),

BIO2: hőmérséklet átlagos havi tartománya (átlagos havi hőmérséklet (max – min hőmérséklet)),

BIO4: hőmérséklet szezonaritása (szórás $\times 100$),

BIO5: maximális hőmérséklet a legmelegebb hónapban ($^{\circ}\text{C} \times 10$),

BIO6: minimális hőmérséklet a leghidegebb hónapban ($^{\circ}\text{C} \times 10$),

BIO7: hőmérséklet éves tartománya (BIO5 – BIO6) ($^{\circ}\text{C} \times 10$),

BIO10: átlaghőmérséklet a legmelegebb negyedévben ($^{\circ}\text{C} \times 10$),

BIO11: átlaghőmérséklet a leghidegebb negyedévben ($^{\circ}\text{C} \times 10$).

WORLDCLIM adatbázis

A WorldClim (2015) adatbázis alapján hosszú-idősoros csapadékadatokat is használtunk.

WorldClim adatbázis globális éghajlati adatok (klíma rácsok) összessége. Térbeli felbontása kb. 1 négyzetkilométerre tehető, ugyanis az adatok egy 30 ív másodperces felbontású rács meteorológiai állomásainak havi átlagos adatait veszi alapul, illetve az alapadatokból generált térbeli rétegeket teszi elérhetővé.

A WorldClim adatrétegek több éghajlati adatbázis interpolálásával álltak össze, úgy mint a GHCN, a FAO, a WMO, a CIAT, az R-HYdronet, és számos további kisebb nemzeti adatbázis. Csak azokat az adatbázisokat használtuk fel, melyek legalább 10 év adatait tartalmazzák. A hosszú-idősoros átlagokat jellemzően az 1960-1990 időszakra, illetve az 1950-2000 időszakra képezték le. Ezek alapján nagyon jól vizsgálhatók az elmúlt 50 év környezeti feltételei.

2.1.2.3 Távérzékelte biomassza indikátorok

MODIS EVM adatbázis

A feldolgozáshoz a MODIS műholdak által szolgáltatott hosszú-idősoros adatok havi átlagát használtuk 250 méteres terepi felbontásra konvertálva a térképréteget (NASA 2015).

A MODIS-rendszer mind térbeli, mind spektrális felbontását tekintve jelentős előrelépést jelent a korábbi HRPT és CHRPT rendszerekhez képest. Spektrális csatornáinak száma 36, ami az űrbázisú észlelésekben már-már hiperspektrális felbontásnak számít. A csatornák közül kettő, a vörös és az ehhez közeli infravörös tartományban 250 méter, további öt látható és közeli infravörös tartománybeli csatorna 500 méter felszíni felbontású adatokat ad, a többi 29 csatorna felszíni felbontása 1 kilométer. A MODIS-rendszert hordozó holdak visszatérési gyakorisága egyenként kb. két nap, vagyis nagyjából minden második nap rögzítenek ugyanarról a helyről nappali és éjszakai felvételt.

A meteorológiai műholdak adatainak vétele közül az állomást az amerikai Terra és Aqua műholdak MODIS (MODerate resolution Imaging Spectroradiometer) szenzor

multispektrális adatainak közvetlen vétele (Direct Broadcast, DB) teszi különlegessé és a térségben egyedülállóvá.

A MODIS adatok (NASA 2015) használatával lehetővé vált az óceánok, a szárazföld, a légkör és a bioszféra közötti kapcsolatok vizsgálata, mely kiterjed mind a természetes, mind az antropogén globális klíma- és környezetváltozásra is.

2.1.2.4 Felszínborítási adatbázis

Globális felszínborítási adatbázis (Global land cover - GLC30)

A 2010-es globális felszínborítási térkép (GLC30, Jun et al., 2014) földhasználati osztályait használtuk fel a térképezés során, mely térképet 30 méteres felbontásról 250 méterre skáláztunk át a SagaGIS programcsomag segítségével.

A felszínborítási adatbázis információtartalma alapvető fontosságú a környezeti változások és a fenntartható fejlődés tanulmányozása során, ugyanis a legjelentősebb emberi hatások a földfelszín borításán keresztül jól érzékelhetők és megfigyelhetők. Az alaptérkép előállításához több, mint 10.000 Landsat műholdfelvételt használtunk fel, melyből az elkészített földfelszínborítási adatbázis általános osztályozási pontossága 80% feletti.

2.1.2.5 Geológiai adatok

AGROTOPO adatbázis geológiai adatai

Az AGROTOPO adatbázis jellemzőit az adatgazda MTA ATC TAKI (2015) részletesen bemutatja. E szerint az adatbázis alapját az Átnézetes Talajismereti Térképek (Kreybig-féle talajtérképek) képezték, melyek generalizálásával készült el az AGROTOPO térkép, illetve digitális adatbázis, mely alapját képezi a regionális léptékű agrár-környezeti programoknak és elemzéseknek. Az AGROTOPO EOTR szabványos, 1:100 000 méretarányú, országos adatokat tartalmaz. A talajtulajdonságok térképezéséhez az AGROTOPO talajképző kőzet kategóriatérképét használtuk fel segédváltozóként.

2.2 Adatelőkészítési és térképezési módszerek

Munkánk célja 250 méteres felbontású térképek készítése volt, hazánk mezőgazdasági területeinek feltalajának tulajdonságairól. Feltalajnak a legfelső 20 cm-es réteget, illetve szántók esetében a szántott réteget tekintettük. A LUCAS és AIIR adatbázisok adatai maguk is feltalaj adatokat tartalmaznak, míg a MARTHA adatbázisból a feltalajokra vonatkozó adatokkal dolgoztunk.

A fizikai féleség térkép mellett a kötetünkben a pH, mésztartalom, szerves szén- és humusztartalom térképek is osztályozott formában mutatják be az egyes talajtulajdonságokat. A térképkészítés során előállított térképi adatbázisok ugyanakkor – a fizikai féleség kivételével – folyamatos skálán jellemzik az egyes terület egységek talajtulajdonságait. A folyamatos valamint az osztályozott értékeket tartalmazó, a kutatási eredményeként kidolgozott térképi adatbázisok egyaránt szabadon hozzáférhetők.

2.2.1 A talajadatbázisok adatainak harmonizálása

Mivel a három nagy térképezési talajadatbázisban szereplő adatokat részben eltérő vizsgálati módszerrel határozták meg, szükséges volt a megfelelő konverziók elvégzése, egységes talajadatbázis kialakítása. Ezt a célt szolgálta a feltalajokra vonatkozó adatok kiválasztása, amit az adatharmonizáció első lépésében végeztünk.

A CaCO_3 tartalmat ugyanazzal a módszerrel mérték mindhárom nagy felvételezésnél, ezért ezeknél nem volt szükség az adatok harmonizálásra.

A pH-t az AIIR és a MARTHA adatbázis mintáinak esetében a sós kivonószerekkel történt vizsgálatok mellett elsősorban desztillált vizes kivonatban határozták meg, míg az AIIR adatbázis az agrokémiai vizsgálati módszertanban elterjedtebb KCl-os szuszpenzióban mért pH-értékeket adja meg. A jelen publikációban közölt pH térképünket a vizes kivonatban mért adatokból készítettük. Az egységes adatbázis alap kialakítása érdekében a Kocsis és munkatársai (2014) által kidolgozott becslő egyenlettel becsültük a talajok desztillált vizes pH-ját a KCl-os pH-ból.

A szerves anyag hazai meghatározása a Tyurin-féle humuszmeghatározási módszerrel történt, míg a LUCAS talajmintáknál a szervesszén-tartalmat határozták meg, a nemzetközi ISO szabványban leírtak szerint. A két adatféleség között az általánosan használt (Buzás, 1993) konverziós tényezőkkel 1,724 ill. 0,58 számoltunk. Ezen összefüggés lapján valamennyi minta humusztartalmát és szervesszén-tartalmát is megadtuk és ezekkel egészítettük ki az adatbázisokat.

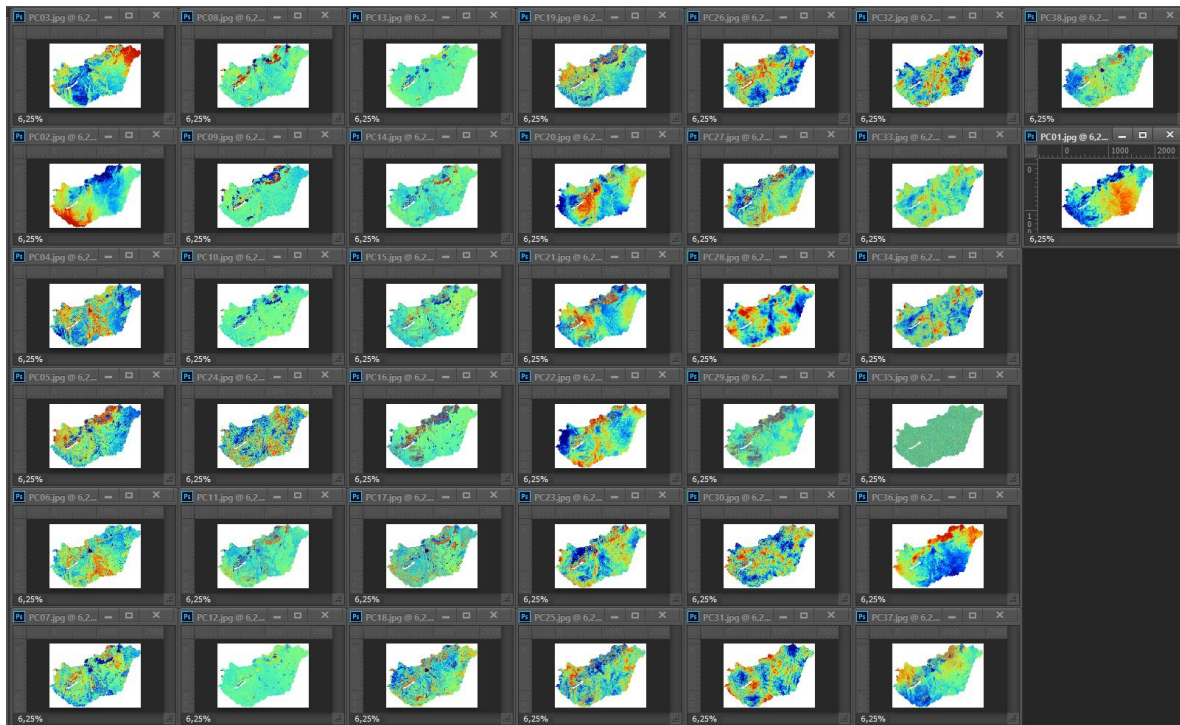
Az AIIR adatbázisban nem szerepelnek pontos mechanikai összetétel adatok, ezért azokat becsléssel határoztuk meg. A minták agyag- és homoktartalmának becslését a MARTHA adatbázis talajain dolgoztuk ki az R statisztikai szoftver (R Core Team, 2013) "cforest" típusú véletlen erdő (Strobl et al., 2008) módszerével. A minták portartalmát a becsült agyag- és homoktartalom ismeretében számítottuk. A becslésnél figyelembe vettük a talajok Arany-féle kötöttség értékét, mésztartalmát, humusztartalmát és taxonómiai besorolását. Az agyagtartalom becslésének megbízhatóságát 0,673 R^2 érték jellemzi, a homoktartalomét pedig 0,724.

A mechanikai összetétel vizsgálati eredményeinél a MARTHA és AIIR adatbázis esetén 0,05 mm a por- és homokfrakció határa, a LUCAS és BIOSOIL adatbázis mintáinál viszont 0,063

mm, ezért szükséges volt a frakciók harmonizálása. Az egységesítés során a 0,002–0,063 mm frakciót 0,002–0,05 mm-re, a 0,063–2 mm-est 0,05–2 mm-re számítottuk át. A térképezés során így a 0,002 mm-nél kisebb frakció adja meg az agyag-, a 0,002 és 0,05 mm közötti a por- és a 0,05–2 mm-es frakció a homoktartalmat. A frakciók harmonizálását a "soiltexture" R statisztikai programcsomaggal végeztük el (Moeys, 2014). A mechanikai adatok jellemzésénél a transzformált értékek szerepelnek.

2.2.2 Térképezési segédváltozók adatelőkészítése

Az adatelőkészítés során a környezeti segédváltozókból meghatároztuk főkomponens analízissel a talajtulajdonság becslő modell alkotóelemeit (Soil Predictive Components - SPCs), melyek valóban hatással vannak a talajtulajdonságok térbeli kiterjeszthetőségére. A főkomponens analízis használata csökkenti azt a potenciális hibát, hogy fennálljon a multikollinearitás a becslő változók esetében. Ha a multikollinearitás fennáll, akkor nem tudjuk teljes mértékben szétválasztani a független változók hatásait és így kevésbé lesz hatékony a térbeli becslés. A főkomponens analízist követően azokat a becslő alkotóelemeket, mely térképi mintázatánál nagy zaj volt észlelhető, tehát ahol nem lehetett egyértelműen elkülöníteni a térképi osztályokat, nem vettük figyelembe a becslés során. Ezek alapján a 38 SPC-ből (5. ábra) 29-et vettünk figyelembe a talajtulajdonságok térképezése során.



5. ábra. A főkomponens analízis során kialakított 38 féle becslő alkotóelem (Soil Predictive Components - SPCs)

2.2.3 Vetületi rendszerek

Az adatharmonizálás, illetve a geostatisztikai eljárások során háromféle vetületi rendszerrel kellett dolgoznunk. Az AIIR és a MARTHA alapadatbázis, illetve a környezeti segédváltozók közül az AGROTOPO adatbázis a Magyarországon 1972 óta használatos HD-72 (Hungarian Datum 1972) Egységes Vetületi Rendszerbe (EOV) volt illesztve. A LUCAS talajmintavételi adatbázis a jelenleg használatos európai szabványrendszert, az ETRS89 (EPSG:3035) vetületi rendszert (European Terrestrial Reference System) használta, a raszteres környezeti segédváltozók pedig WGS84-re (World Geodetic System), az egész Földet lefedő és érvényesíthető vonatkoztatási rendszerre voltak vonatkoztatva.

Ezeket a különböző forrásokból származó és eltérő vetületi rendszereket használó adatbázisokat vetületi transzformációkkal egységesen a magyar vonatkoztatási rendszerre transzformáltuk (EOV) és az elkészített térképeket és térképi adatbázisokat is ebben a vetületi rendszerben adjuk közre.

2.2.4 Geostatisztikai módszerek, térképkészítés

A talajtulajdonságok térképezéséhez az ún. véletlen erdő ("random forest") módszerét használtuk, majd a maradványértékeken (residuals) elvégeztük a térbeli krigelést. A becslő és mért értékek közti különbségekből (residual) krigelt különbségfelszínt a regressziós felszínhez hozzáadva jóval pontosabb végeredményt kapunk.

A térképezendő talajtulajdonságok és a talajképződési tényezőket jellemző térképi információkból képzett faktorértékek közötti összefüggéseket véletlen erdő - random forest - módszerrel vizsgáltuk (Breiman, 2001).

Ezzel a módszerrel mind a függő, mind a független változók mérési skálája bármilyen típusú lehet (folytonos, ordinális, nominális) és azok eloszlásával kapcsolatban sincs semmilyen feltétel. A módszerrel mind lineáris, mind nem lineáris összefüggések is feltárhatók. A véletlen erdőt előre meghatározott számú regressziós fából építjük fel. A regressziós fák algoritmusa a függő és független változók közötti kapcsolatrendszert fastruktúrába rendezi, mégpedig úgy, hogy az adatbázist minél homogénebb csoportokra ossza fel. A csomópontokban az összes rendelkezésre álló független változó közül azonban csak néhány véletlenszerűen kiválasztott változót vizsgálunk (Breiman, 2001).

A véletlen erdő alkalmazásával 500 db regressziós fát építettünk fel. A módszer számítási ideje miatt a becslő modelleket az adatbázis random 10%-án dolgoztuk ki, többszöri futtatással ellenőrizve a becslő modell stabilitását. A regressziós fák kidolgozásánál a rendelkezésre álló összes független változó közül 9 véletlenszerűen kiválasztottat vizsgáltunk.

A véletlen erdő becslési hibáját a tanítómintából kihagyott adatrészek (ot-of bag samples) alapján számoltuk (Breiman, 1996). A hiba nagyságát a determinációs koefficiens (R^2) és az átlagos négyzetes hiba értékével jellemeztük.

A statisztikai vizsgálatokat az R 3.0.2 szoftver (R Core Team, 2013) "gstat" (Pebesma, 2004) "randomForest" (Liaw & Wiener, 2002), "rgdal" (Bivand et al., 2015), "raster" (Hijmans, 2015), "GSIF" (Hengl, 2015), "quantregForest" (Meinshausen, 2006), "plotKML" (Hengl et al., 2015) és "snowfall" (Knaus, 2013) programcsomagokkal végeztük.

A vizsgálat során külön modellekkel becsültük a feltalajok humusztartalmát, kémhatását, mésztartalmát, agyag-, por- és homoktartalmát. A fizikai féleség térkép készítésénél portartalmat az agyag- és homoktartalom alapján számítottuk, hogy a becslési hibákból eredendő pontatlanság következtében a három frakció összege ne térjen el 100%-tól. A modellek R^2 értéke alapján a három frakció becslése közül a portartalomé a legkevésbé pontos, ez indokolta a másik két frakció alapján történő fizikai féleség meghatározását.

A végső becsült térképekből csupán a mezőgazdasági területekre tudtunk talajtulajdonság-térképeket krigelni megfelelő megbízhatóságban, a vízfelületek, lápterületek, lakott területek és az erdők felszínborítási részeit kitakartuk a végső adatbázisból a CORINE2006 (CLC 2015) alapadatai alapján.

3. Magyarország mezőgazdasági területeinek talajtulajdonság-térképei

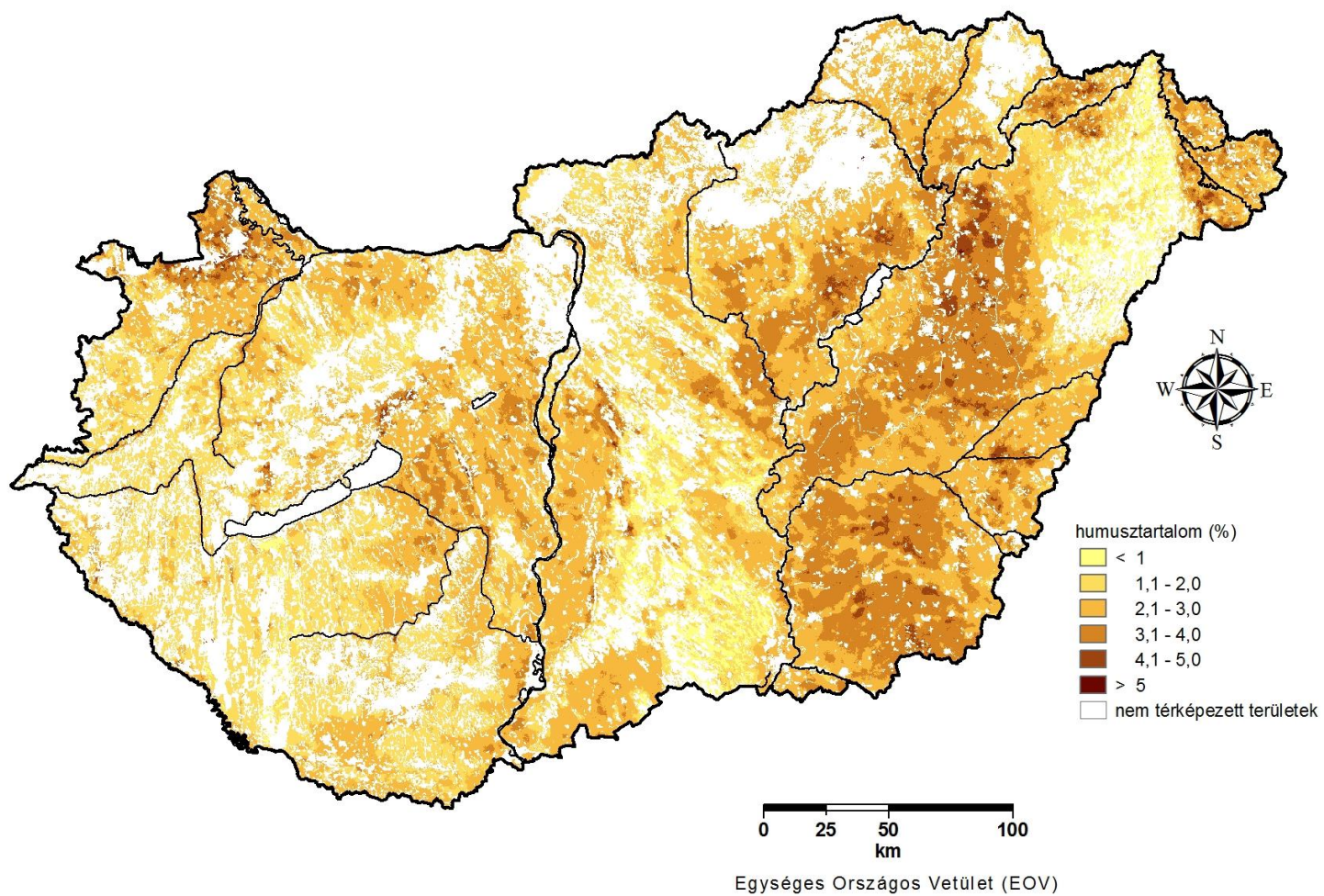
3.1 Szerves szén- és humusztartalom térképek

Magyarország a mezőgazdasági talajok humusztartalma szempontjából egymástól többé-kevésbé jól elkülöníthető körzetekre osztható. Általában nagy a feltalajok humusztartalma a Kisalföldön, a Mezőföld és a Dunai menti síkság Bácskai síkkal határolt területien, a Dráva-menti síkságon, az Észak-Alföldön és a Felső Tisza vidékén, valamint a Tiszántúlon, kivéve a Nyírséget. Kisebb humusztartalom szinteket találunk a Nyírségben, az Északi Középhegység térségében, a Duna-Tisza-közi síkvidéken és a Dunántúli középhegységeinek és dombságainak területén (6. ábra). Leegyszerűsítve azt mondhatjuk, hogy réti, öntés és csernozjom területeinken nagyobb, erdőtalaj jellegű területeinken kisebb, közethatású és váztalajok területein pedig a legkisebb a mezőgazdasági talajok humusztartalma. Természetesen a nem mezőgazdasági talajok esetében a humusztartalmak magasabbak lehetnek. Ezzel együtt, a korábbi, kevésbé részletes térképekhez képest szembetűnő különbség, hogy a művelésben lévő erdőtalajok humusztartalma az AIIR, MARTHA és a LUCAS vizsgálatokra alapozott részletes térképen alacsonyabb értékeket tükröz. Ebből arra is következtethetünk, hogy a barna erdőtalajokon a mezőgazdasági művelésű területek humusztartalmai az erdőterületek talajaihoz képest relatív alacsonyabb szinten érték el egyensúlyi állapotukat. A csernozjomok esetében, amely talajok nagyrészt mindig is művelésben álltak, korábbi térképeink is a mezőgazdasági használatban lévő állapot mellett mért szerves szén egyensúlyi mennyiséget tükrözték. Ebből következően kijelenthetjük, hogy a korábbi, gyengébb felbontású országos talajtérképeknél az itt közölt szerves szén- és humusztartalom térképek a mezőgazdasági területek szerves szén- ill. humusztartalmáról realisabb képet adnak, a korábbi térképeknél jóval részletesebb térbeli felbontással.

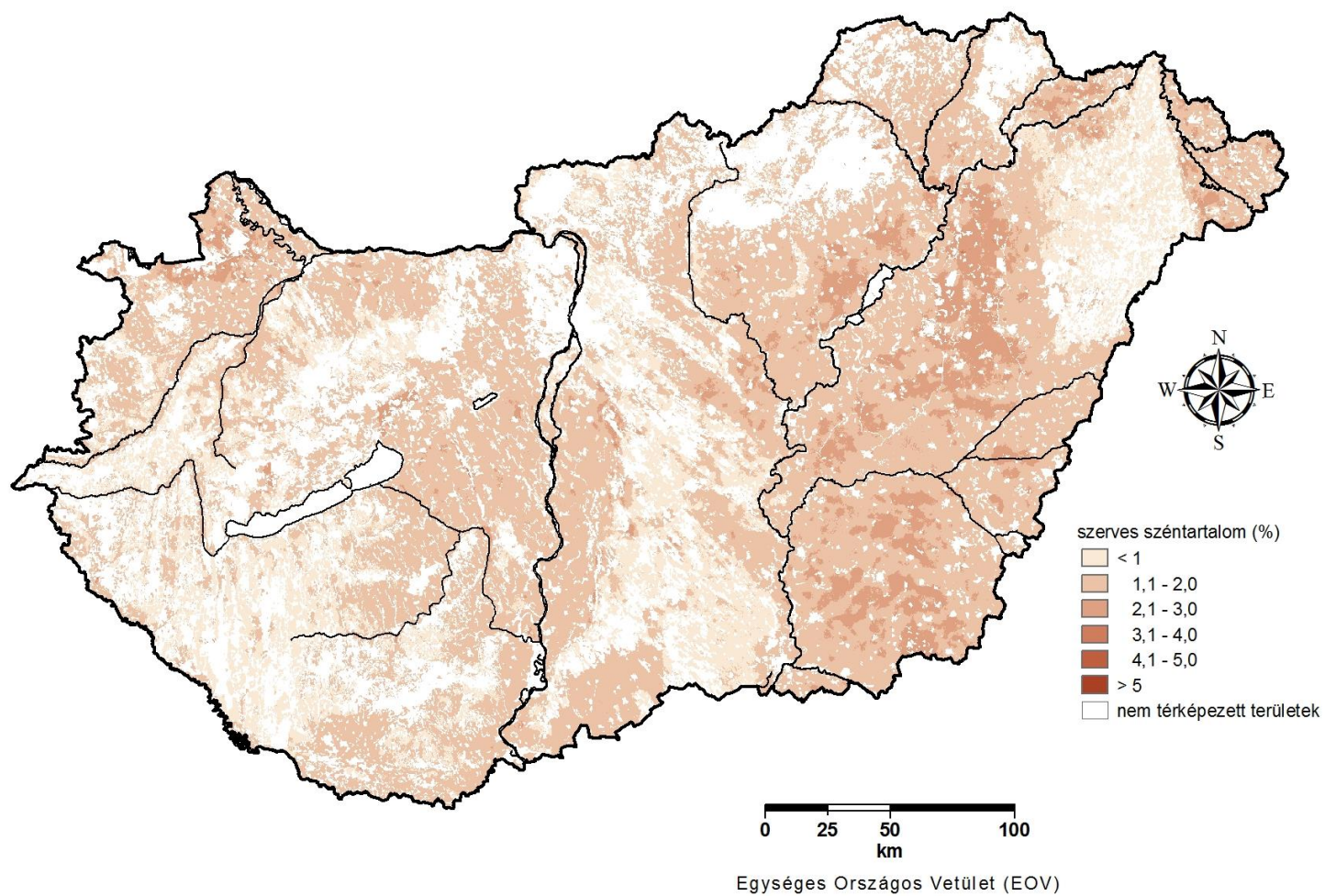
Földrajzi nagytájak tekintetében az Alföld és a Kisalföld mezőgazdasági talajai tartalmazzák a legtöbb humuszt, aztán sorrendben az Észak-magyarországi-középhegység, a Dunántúli-középhegység, a Dunántúli-dombság és Nyugat-magyarországi-peremvidéké (8. ábra). Míg az Alföld művelt talajainak majdnem 80 %-a legalább 3 % humuszt tartalmaz, sőt több mint 30 %-a legalább 4 %-ot, addig a legkevesebbet a Nyugat-magyarország peremvidék művelésbe vont talajai tartalmazzák, amelyeknek kevesebb, mint harmada tartalmaz 3 %-nál több humuszt.

A feltalajok humusztartalma mellett, a 2. fejezetben ismertetett elvek szerint elkészítettük a szervesszén-tartalmat bemutató térképet is (7. ábra). A szervesszén-tartalom nagytájankénti eloszlását a 9. ábra mutatja.

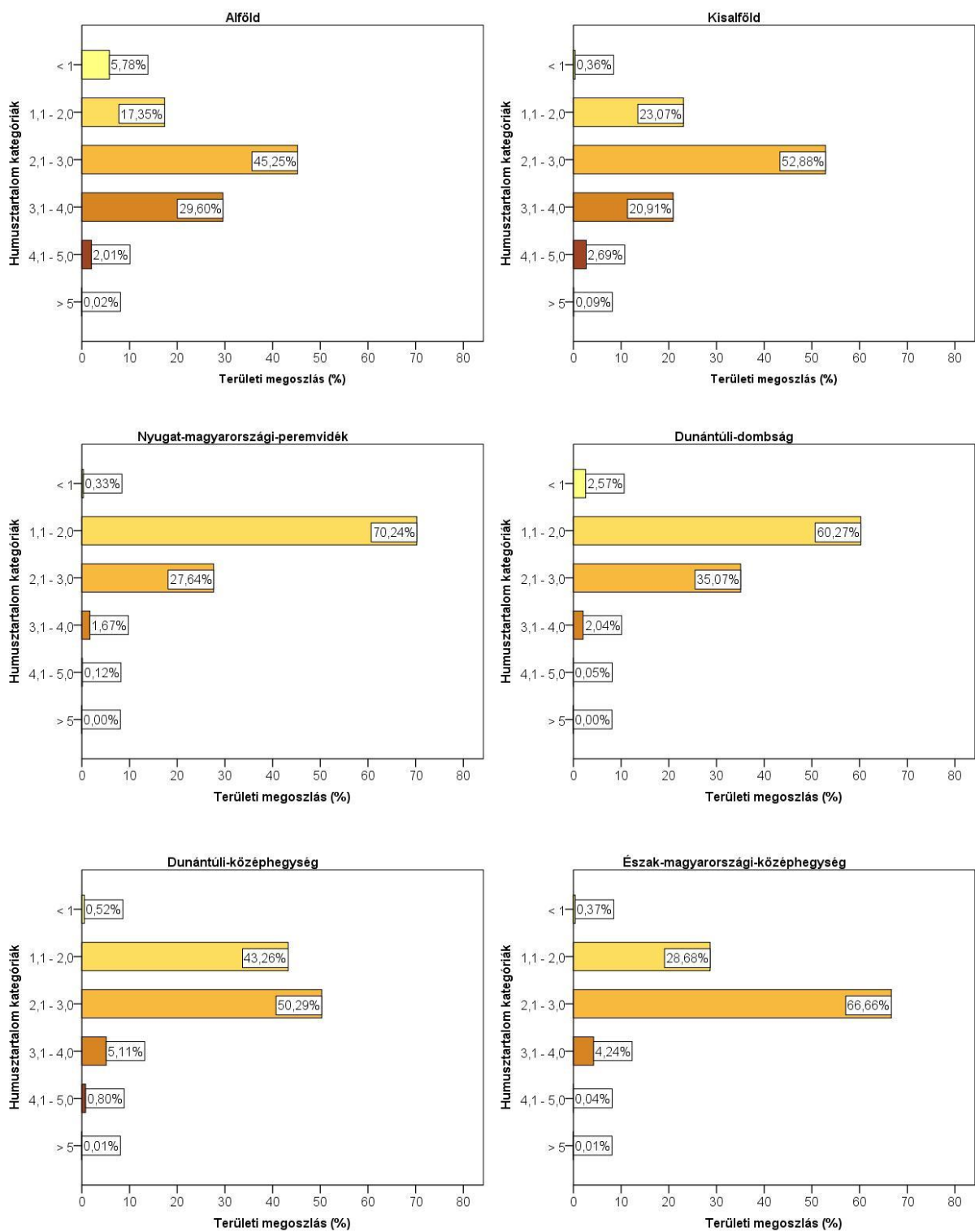
6. ábra. Mezőgazdasági területek feltalajának humusztartalom térképe (felbontás: 250 m)



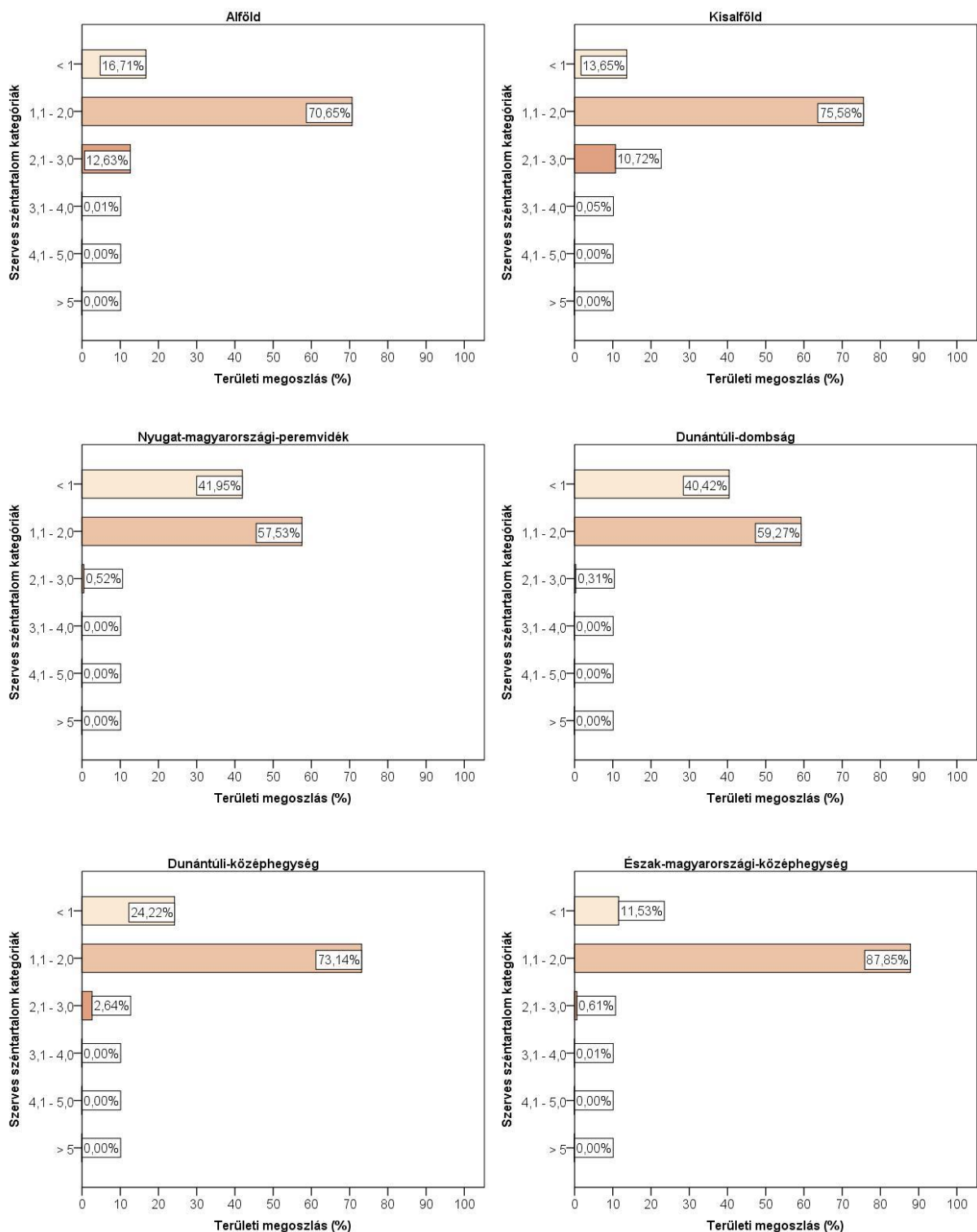
7. ábra. Mezőgazdasági területek feltalajának szervesszén-tartalom térképe (felbontás: 250 m)



8. ábra. Feltalajok humusztartalmának eloszlása a nagytájak mezőgazdasági területein



9. ábra. Szervesszén-tartalom eloszlása a nagytájak mezőgazdasági területeinek feltalajában



3.2 Mechanikai összetétel és fizikai féleség térképek

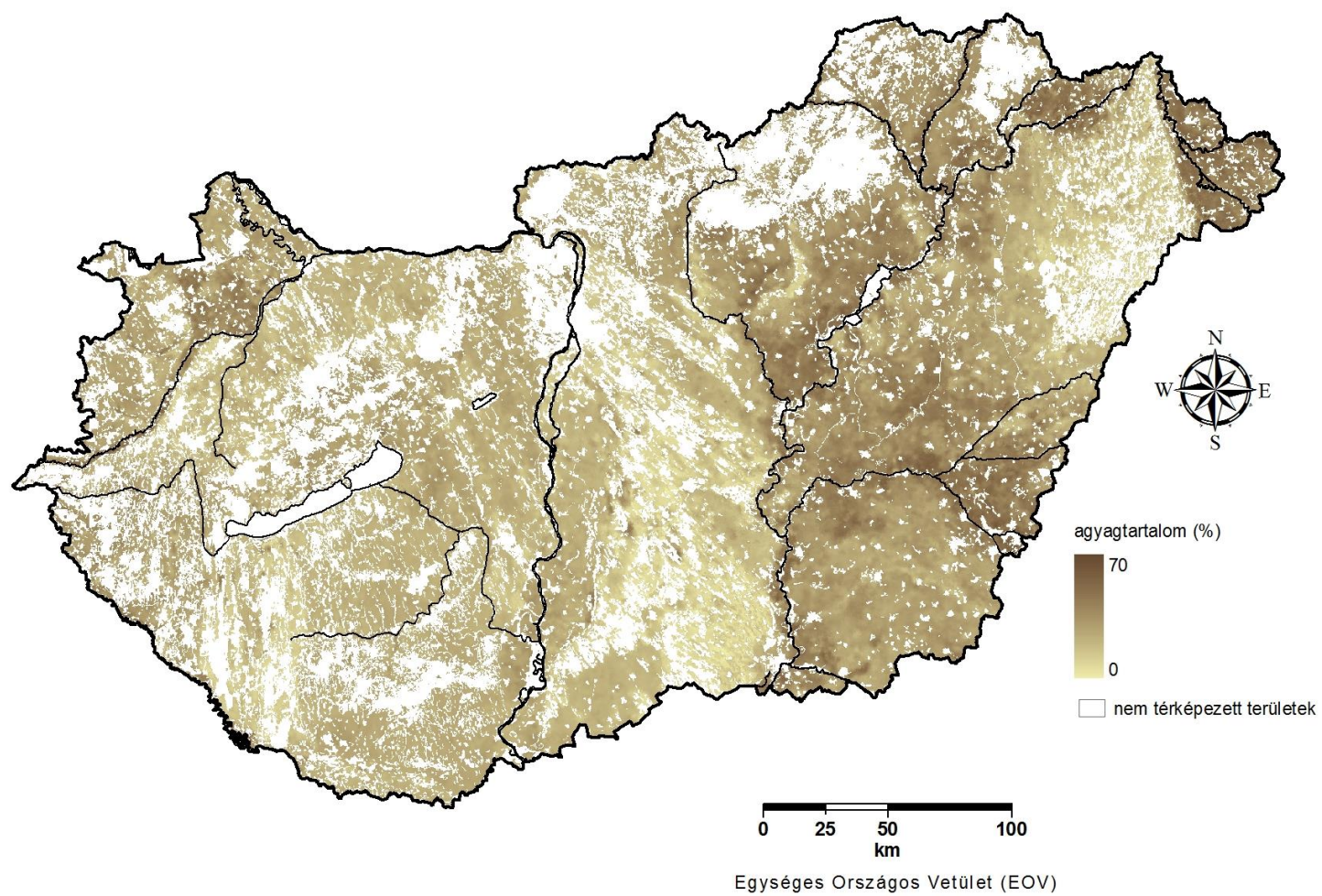
A talajok mechanikai összetételét adó agyag, por és homok frakciók országos térképei (10–12. ábrák), valamint az ezekből származtatott fizikai féleség térkép (13. ábra) olyan információbázist jelent, amivel a korábbiaknál részletesebb és megbízhatóbb ismereteket nyerhetünk hazánk feltalajaira vonatkozóan a fizikai tulajdonságok térbeli mintázatáról. Ennek a mintázatnak az elemzése lehetőséget ad számos tudományos kérdés pontosabb megválaszolásához, de a vízgazdálkodási, környezeti modellek és a mezőgazdasági gyakorlat számára is hasznos lehet.

Az agyagtartalom térkép erőteljes földtani determináltságot tükröz. Nagyobb agyagtartalmú talajok a folyóvízi üledékeken alakultak ki, a löszös összletek talajai kisebb, de általában még mindig jelentős agyagtartalmúak, míg a homokos geológiai alapokon az agyagosodás nem ment végbe, ezeken a területeken elenyésző a talajok agyagtartalma. Az itt közölt térképek a feltalaj textúrájának részletes ábrázolásával igazolják, hogy az ország nagy részén a fizikai féleség osztályok az egyes kistájakon belül is erősen mozaikos megoszlásúak. A Duna-Tisza közének nagy homokhátságán például átlagosan mintegy egy kilométeres váltakozással találjuk a vályog és a homoktalajok különböző átmeneteit, mint meghatározó fizikai féleséget a mezőgazdasági területek feltalajaiban. Nagyobb földrajzi térséget viszonylag egységes fizikai féleséggel a vályogos feltalajú Közép- és Kelet-Dunántúlon és a Duna menti síkságon, a homokkal fedett Nyírségben és Belső-Somogyban, illetve az agyagos feltalajú Észak-Magyarországon és Tiszántúl egyes részein találunk, de ezekben az esetekben is más fizikai féleségű mozaikokkal (esetleg kiterjedtebb területekkel, mint például a Békési-hát esetén) tarkázva.

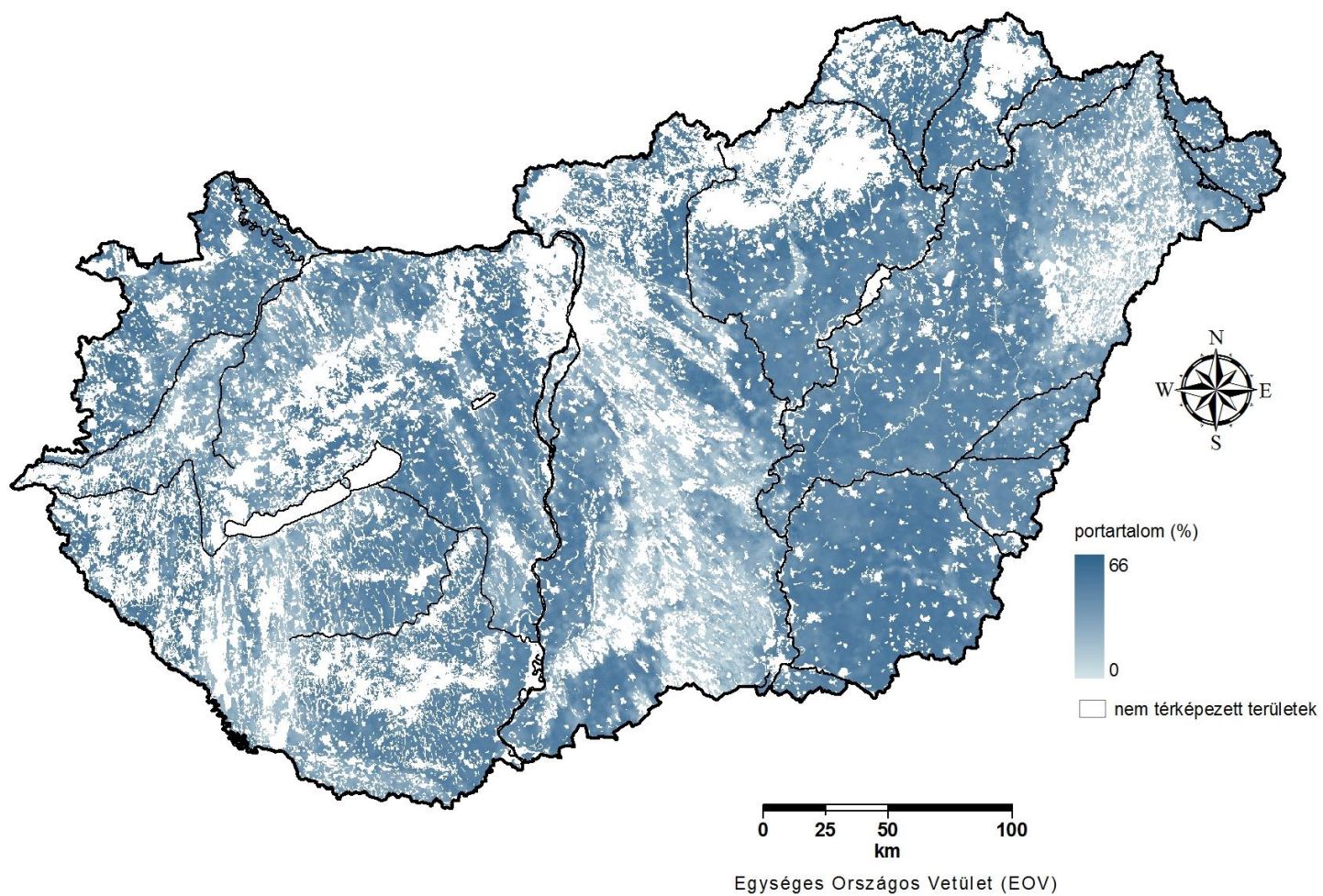
Amint a 14. ábra mutatja a Kisalföld, Dunántúli- dombság és Dunántúli-középhegység nagytájakon a vályog fizikai féleség kategória fordul elő a leggyakrabban, a többi kategória aránya jelentősen kisebb. Az Alföldön a vályog homokos vályog, iszapos homokos agyag, agyagos vályog és iszapos agyag fizikai féleségek hasonló aránnyal – 15-26 % - találhatók meg. A Nyugat-magyarországi peremvidéken a vályog, iszapos homokos agyag és agyagos vályog talajok dominálnak. Az Észak-magyarországi-középhegységben a finomabb fizikai féleségű iszapos homokos agyag és agyagos vályog fizikai féleség a legnagyobb arányú. A durvább fizikai féleségű (homok, vályogos homok, homokos vályog) talajokat legnagyobb arányban az Alföldön (21 %), a Dunántúli-dombságban (19 %) és a Kisalföldön (14 %) találunk. Kötöttebb talajok (homokos agyag, iszapos agyag, agyag) legnagyobb arányban az Alföldön fordulnak elő (17%), de a Kisalföldön és az Északmagyarországi-középhegységben is előfordulnak 6-7%-os aránnyal.

A szélső értékekkel jellemezhető fizikai féleség kategóriák – ahol egy frakció aránya magasan dominál a másik kettőhöz képest – előfordulási arányát befolyásolhatja, hogy az AIIR adatbázisnál a mechanikai összetételt becsléssel határoztuk meg (ld. 2.2.1. fejezet). A becslés következtében csökken a kiugró értékek előfordulása. Hazai és nemzetközi tapasztalatok szerint az iszap fizikai féleségű talajok előfordulási gyakorisága kicsi. A 100 % közeli porfrakció ritkán fordul elő természetes talajokban, mert ez a frakció „átmeneti mállási termék” a homok és agyagfrakció közötti mérettartományban. Gyakran könnyen málló ásványok (pl. földpátok, csillámok) alkotják. A porfrakció kisebb mérettartománya lehetővé teszi ezeknek az ásványoknak a gyors kémiai mállását, pl. a különféle agyagásványok képződését. A talajokban a porfrakció mellett ezért általában a nagyobb méretű – homokfrakcióba tartozó –, és/vagy a kisebb méretű, agyagfrakcióba tartozó szemcsék is előfordulnak. A mállási folyamatokon túl a szállítási és felhalmozódási folyamatok is közrejátszanak abban, hogy a talajok a különféle méretfrakciók változatos szemcseméret-eloszlású keverékeként jelenjenek meg a természetben.

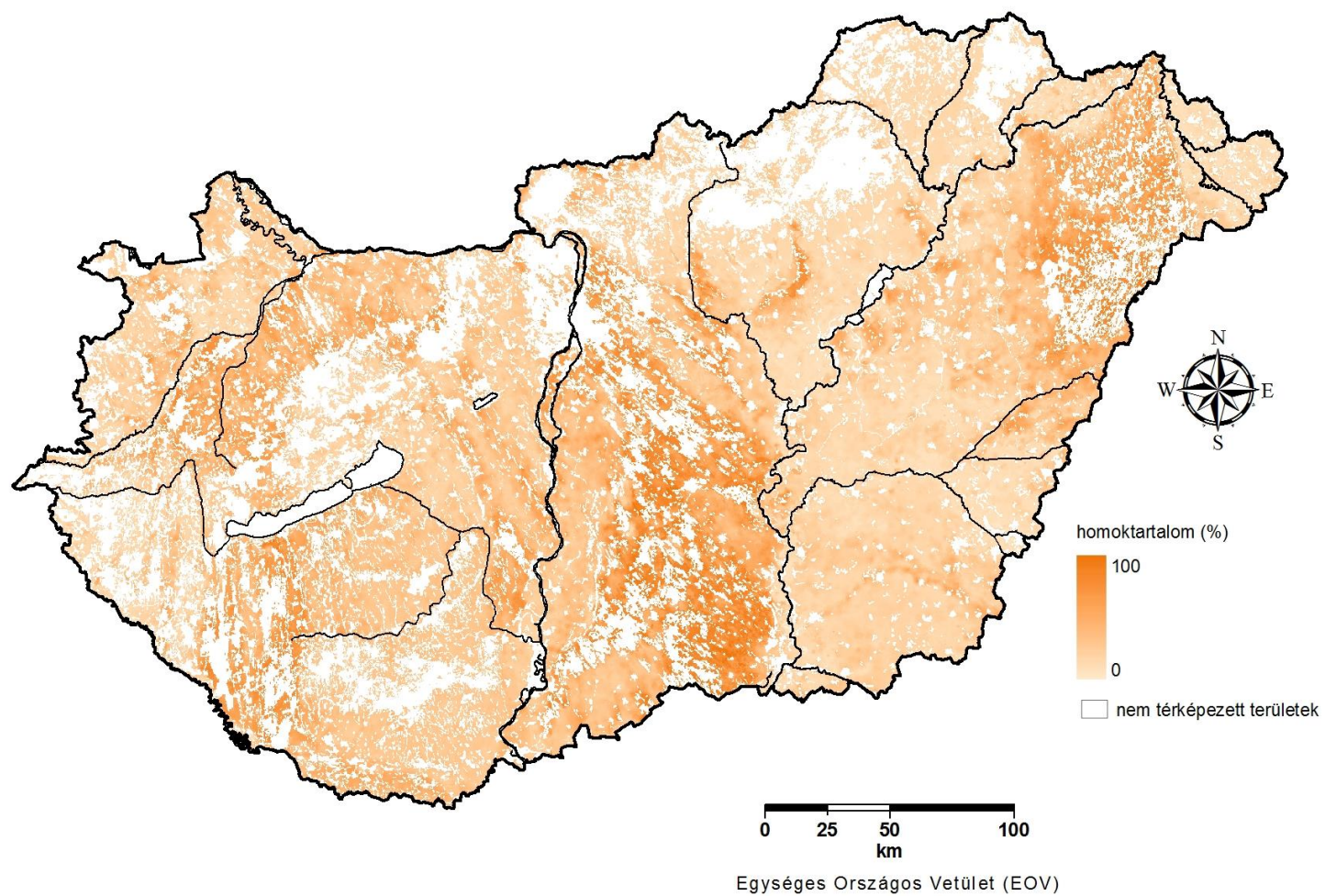
10. ábra. Mezőgazdasági területek feltalajának agyagtartalom térképe (felbontás: 250 m)



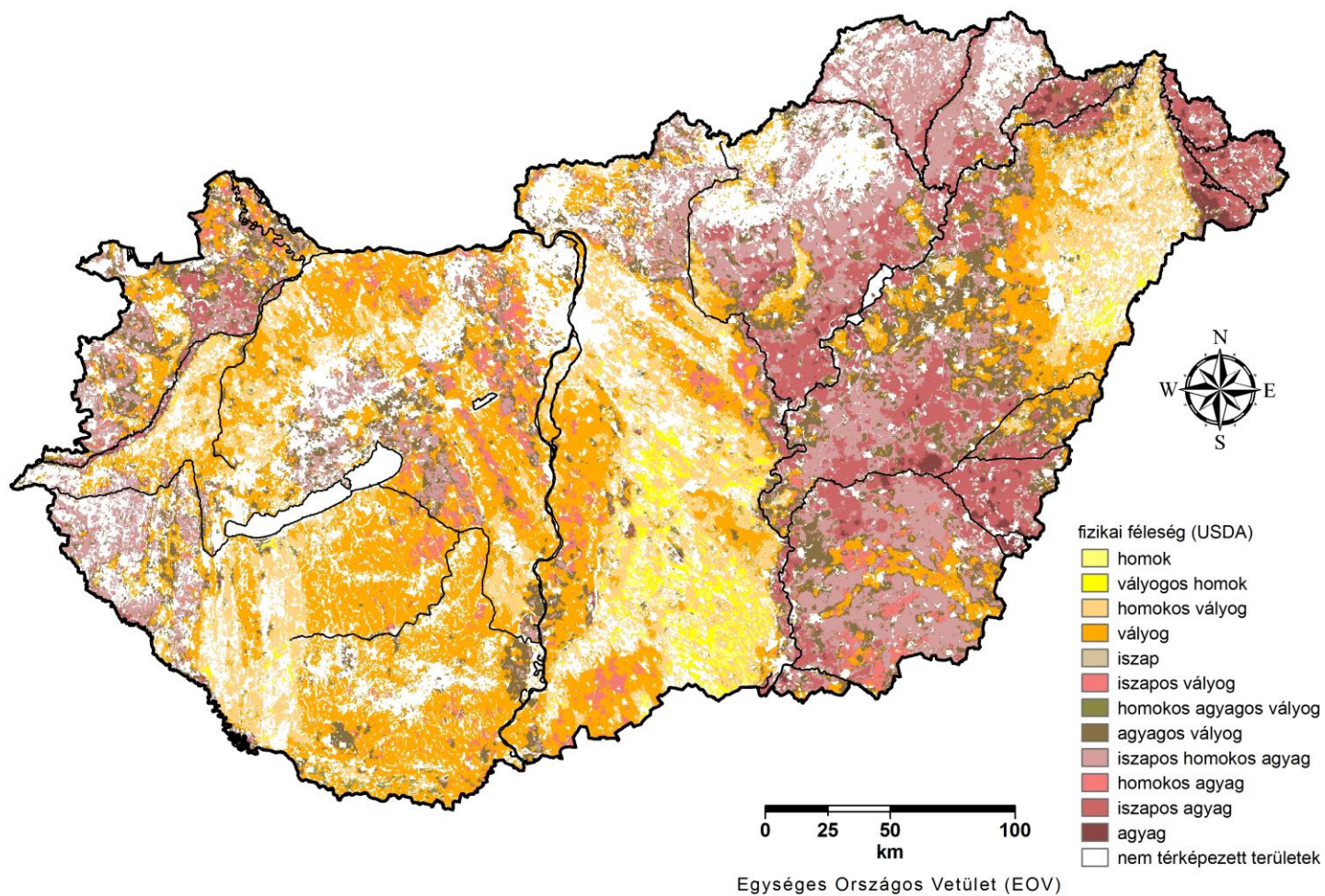
11. ábra. Mezőgazdasági területek feltalajának portartalom térképe (felbontás: 250 m)



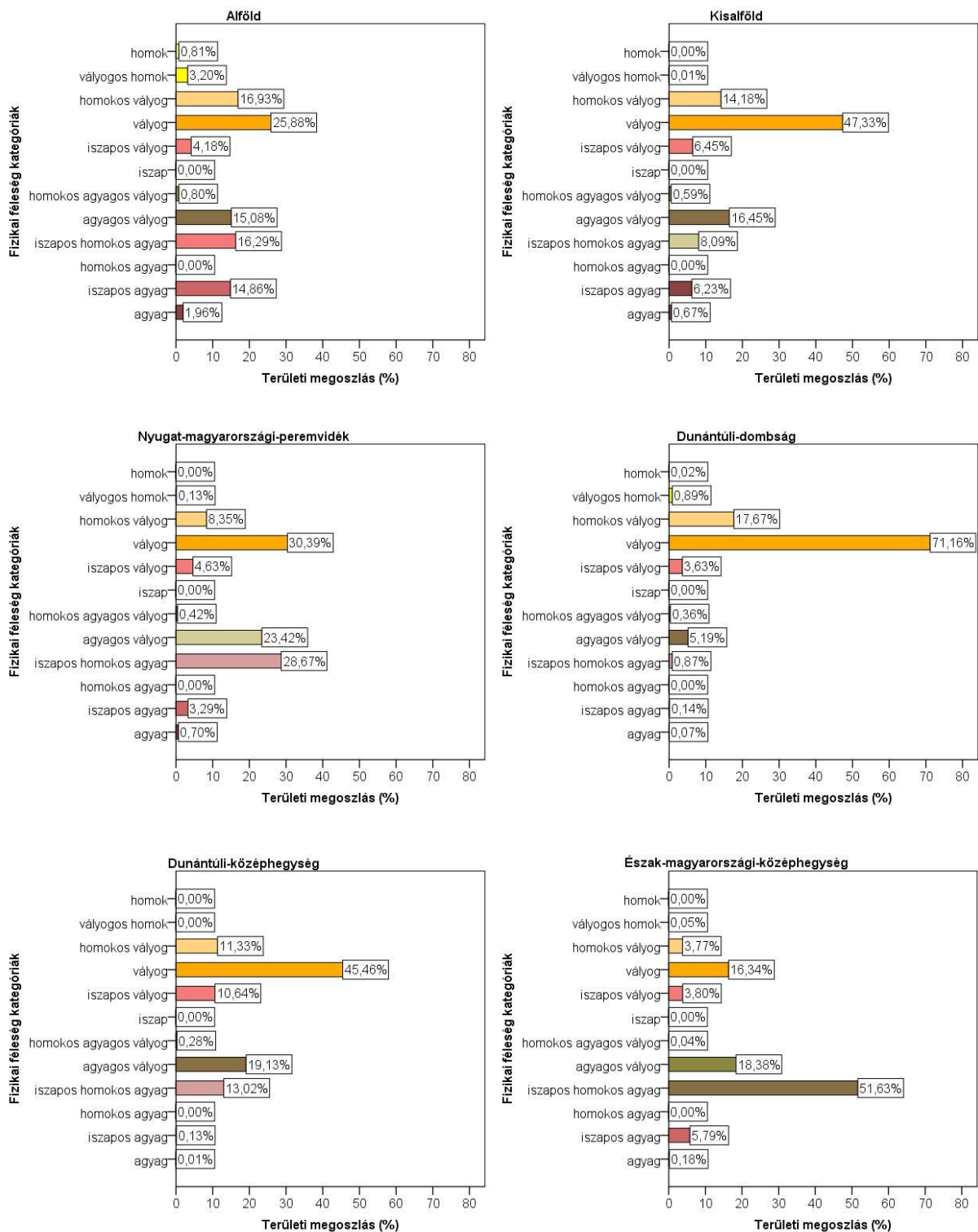
12. ábra. Mezőgazdasági területek feltalajának homoktartalom térképe (felbontás: 250 m)



13. ábra. Mezőgazdasági területek feltalajának fizikai féleség térképe (felbontás: 250 m)



14. ábra. Feltalajok fizikai féleségének eloszlása a nagytájak mezőgazdasági területein



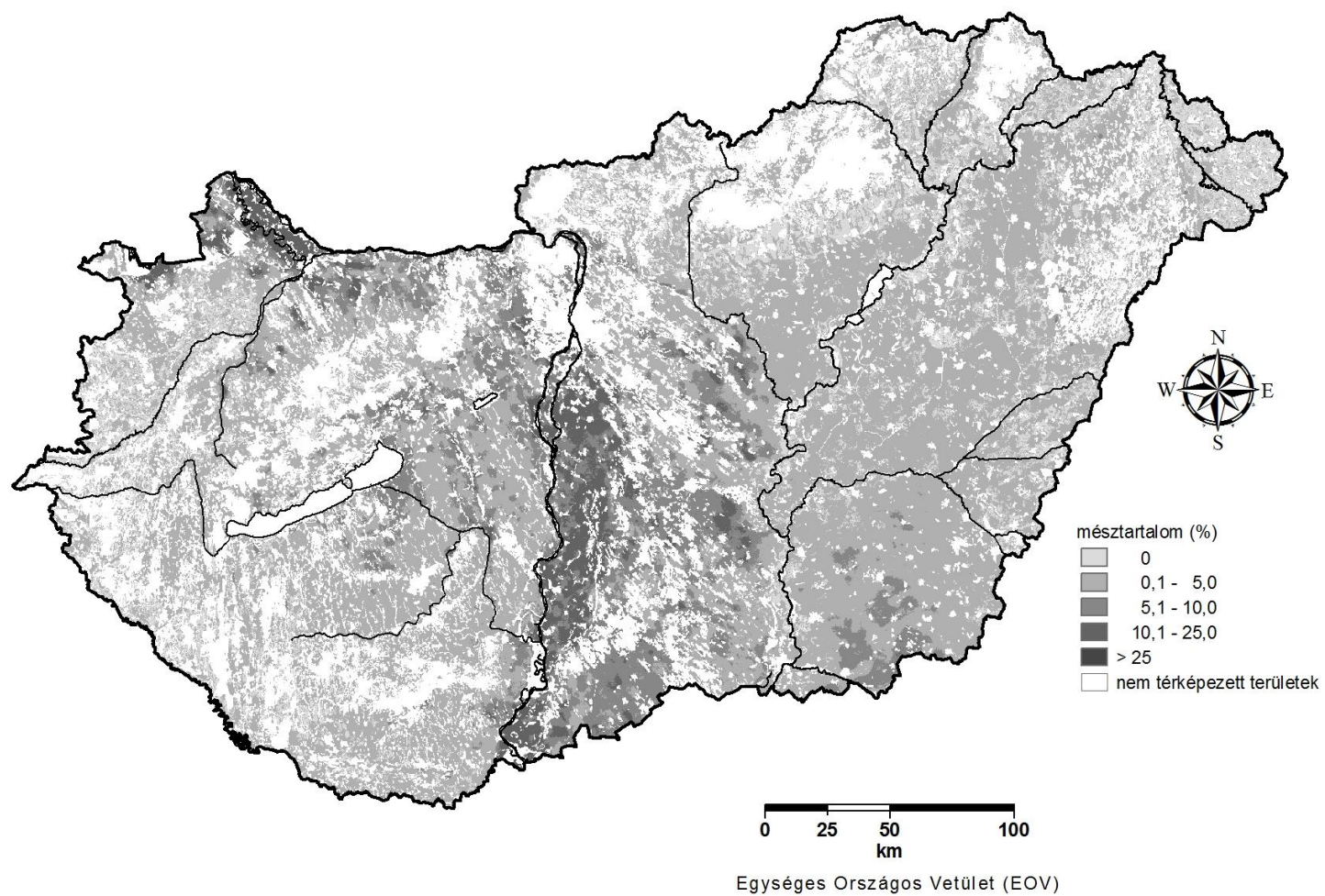
3.3 Mésztartalom térkép

Magyarország mezőgazdasági területeinek mésztartalom térképe (15. ábra) országos áttekintésben a genetikus talajféleségeknek megfelelő mintázatot mutat. Az országos mintázatban elsősorban a meszes csernozjom talajok és a Duna menti síkság meszes homokjai mellett a kilúgzott erdőtalajok különbségei jelennek meg. A legnagyobb mésztartalmú területek főleg a Duna-Tisza közén találhatók, amely tájegység általában is a nagy mésztartalmú talajok vidéke. Hasonlóan nagy mésztartalom viszonylag nagyobb összefüggő térségben csak a Szigetköz réti öntéstalajain és a Mosoni sík réti és teraszos csernozjomjain figyelhető meg. Nagyobb mésztartalommal rendelkező talajokat meszet tartalmazó talajképző kőzeten találunk, ott, ahol a kilúgzás nem erőteljes, mert a szelvényben lefelé szivárgó, valamint a párolgás hatására felfelé mozgó víz mennyisége az év egészét tekintve kiegyenlíti egymást. A növénytermesztési szempontból kedvező, gyengén vagy közepesen meszes talajok borítják a mezőgazdasági termőterületek nagy részét. A Körös-Maros köze, azon belül főleg a Csongrádi sík csernozjomjai a Mezőföld talajaihoz hasonlóan a feltalajban is közepesen nagy mésztartalommal rendelkeznek. Míg a csernozjomok mésztartalma elősegíti a jó agronómiai szerkezetet és egyben a kedvező vízgazdálkodást, ezzel stabilizálva ennek az egyensúlyi anyagforgalmi típusú talajnak a termőképességét, a mészhiányos területek általában egyéb talajjellemzőikben is gyengébb talajokat jelentenek.

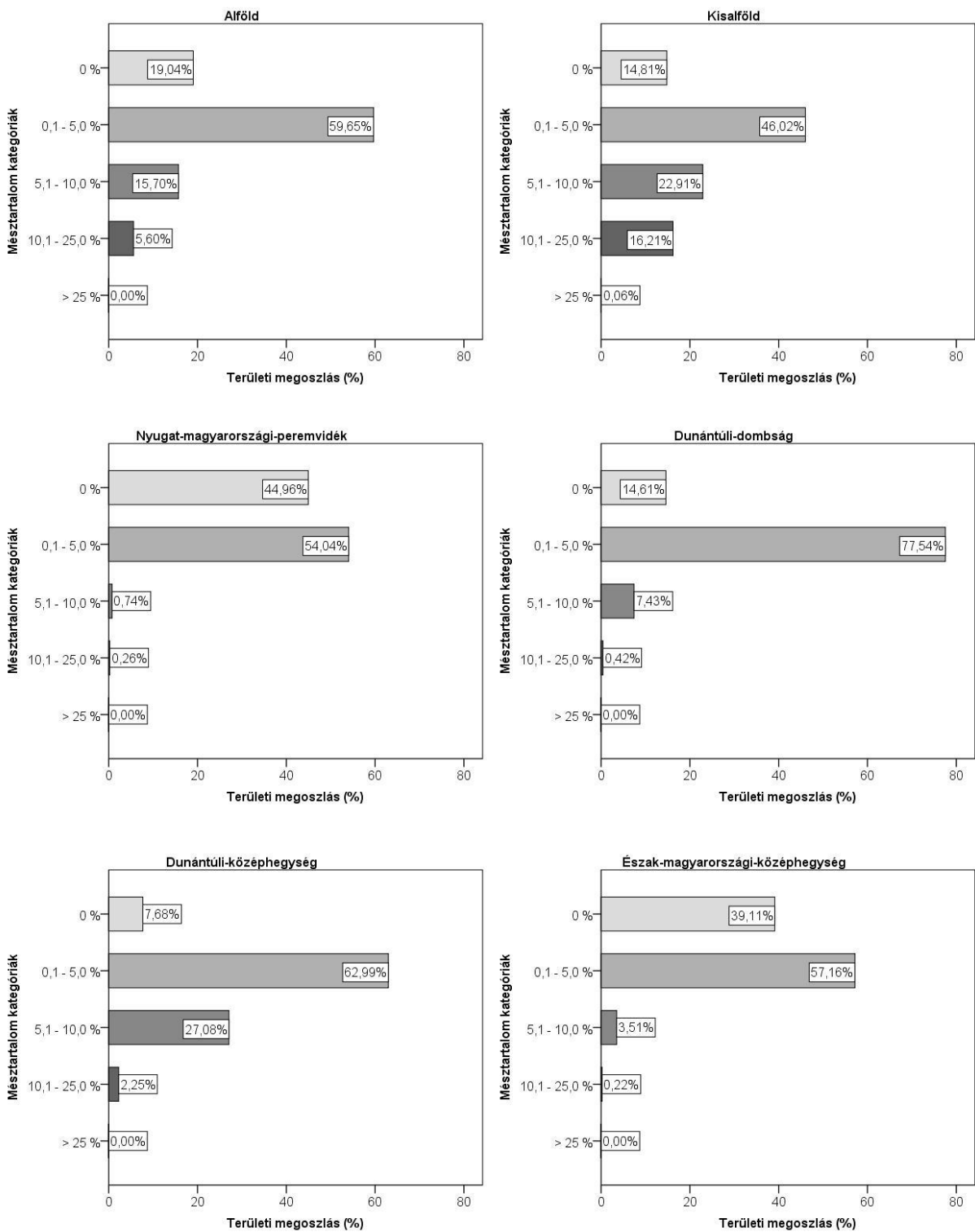
A Nyugat Dunántúlon és a Tiszántúl nagy részén a gyengén meszes és a meszet nem tartalmazó talajok mozaikosan váltják egymást. Mészhiányos talajok nagyobb összefüggő területen Belső-Somogyban, a Nyugat-magyarországi peremvidéken, a Nyírség középső területeinek nagy részén, a Tiszamenti öntés és réti talajokon, ezen belül is különösen a Felső-Tisza-vidéken találhatók. Ezeken a területeken általában nagyobb az éves csapadékmennyiség, ami fokozza a talajok kilúgzódását.

A mészmentes talajok aránya a Nyugat-magyarországi-peremvidék nagytájon a legnagyobb (45 %). A közepes és sok meszet tartalmazó talajok legnagyobb aránnyal a Kisalföldön fordulnak elő. A 25 %-nál több meszet tartalmazó talajok aránya az összes nagytájon elhanyagolható (16. ábra).

15. ábra. Mezőgazdasági területek feltalajának mésztartalom térképe (felbontás: 250 m)



16. ábra. Feltalajok mésztartalmának eloszlása a nagytájak mezőgazdasági területein



3.4 pH térkép

Hazánk talajainak pH értékei nagy változatosságot mutatnak (17. ábra).

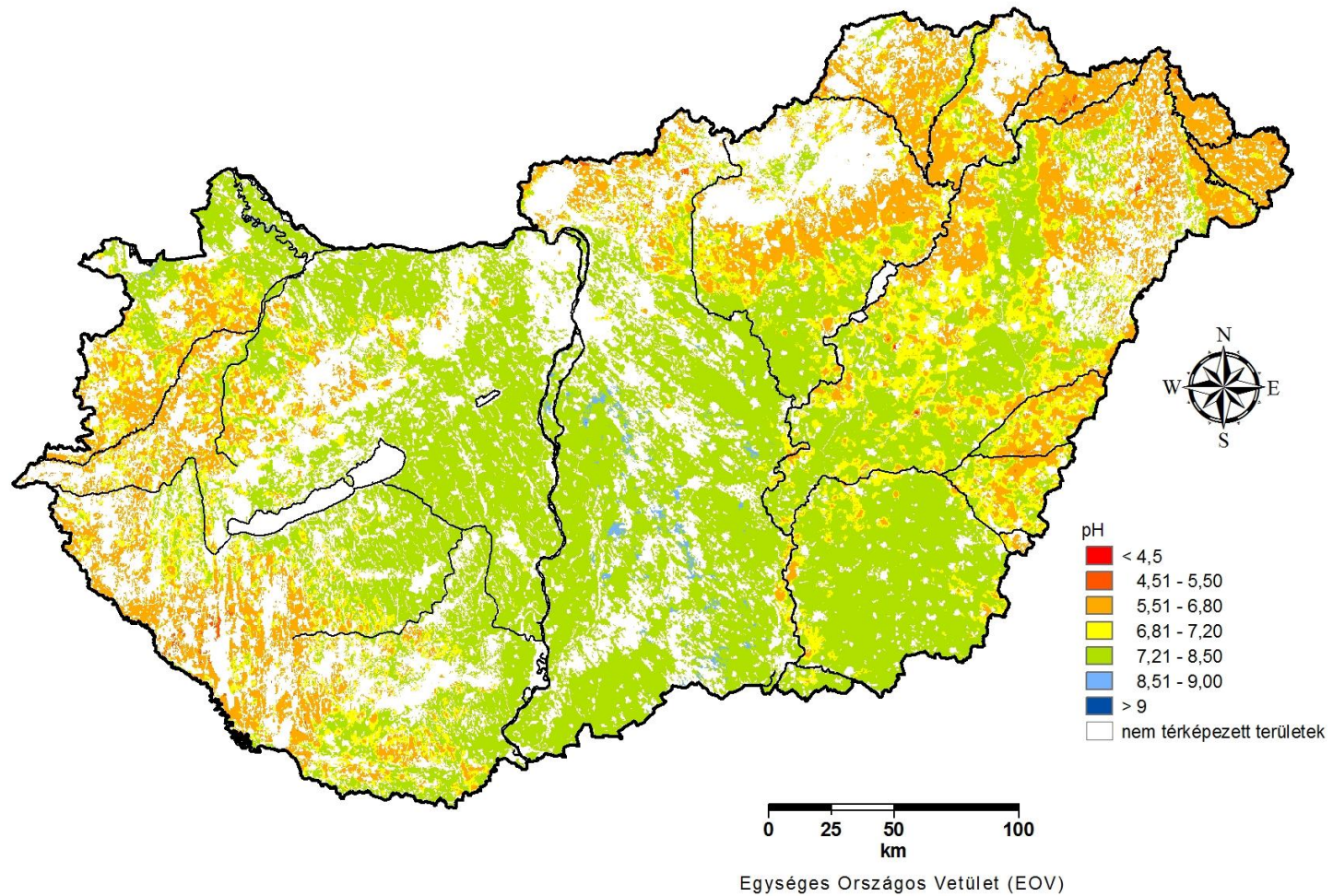
Az ország talajainak pH értékei, országos viszonylatban fordítottan arányosak a talajok mésztartalmával. Általánosságban elmondható, hogy a kilúgzás mértéke és a talajképző kőzet minősége a két meghatározó tényező a pH kialakulásában. Szántóföldek esetében a meszezés lúgosító hatása is érvényesülhet, illetve az ezzel ellentétes hatású, műtrágyázásból és légköri kiülepedésből eredő savanyodás is. A térképi alapadatok túlnyomó többségét szolgáltató felvételezések idején, az 1970-es és 80-as években mindkét folyamat érvényesült. A vizsgált talajtulajdonságok közül éppen a savanyú reakció az, ami meszezéssel rövidtávon is a semleges, illetve enyhén lúgos tartományba fordítható. Emiatt az egyes térképi cellák adatainak időbeli megbízhatósága a pH térkép esetében tekinthető a legkevésbé stabilnak, különösen a semleges és gyengén savanyú tartományban. A lúgos talajok esetében nagyobb megbízhatósággal állíthatjuk, hogy a térképi adatok területi kiterjedésben pontosak. Ezek alól talán csak az erősen lúgos, felszíntől karbonátos szikes talajok területei jelenthetnek kivételt, amik az országos területi arányuknál kisebb hányadban kerülnek szántóföldi művelésbe, emiatt a geostatistikai modellben is alulreprezentáltak lehetnek (18. ábra). Emiatt az általuk borított területükre történő becslés a nem szikes talajokéhoz képest pontatlanabb lehet. Úgy gondoljuk, hogy ezt a pontatlanságot csak újabb független változók (pl. talajvíz sótartalma) bevonásával, illetve a szikes talajok mintáinak sűrítésével lehet a későbbiekben javítani.

Mindezekkel együtt, az általunk kidolgozott országos pH térkép jó alapot adhat akár a táblaszintű termesztési és meliorációs tervekhez, pl. a mésztrágyázási feladatok tervezéséhez is. Regionális áttekintéshez pedig az eddigi legpontosabb alapot adja, részleteiben is bemutatva az egyes régiókon belüli mezőgazdasági területek pH értékeit.

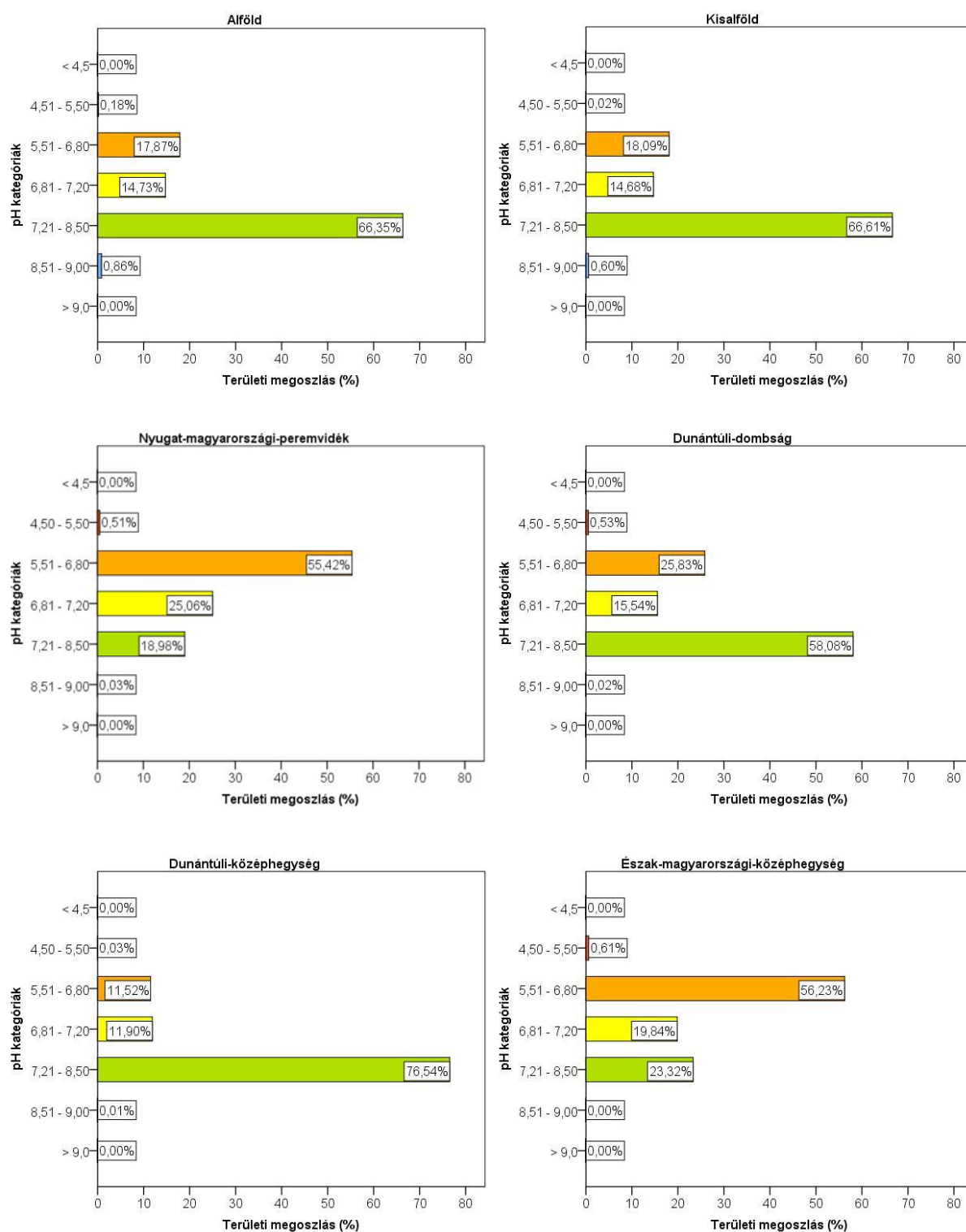
A pH térkép elemzése gyakorlati értékén túl segíthet a talajképző tényezők hatásainak országos értelmezésében is. Somogy talajainak pH értékei például világosan szemléltetik, miként hat a csapadék mennyisége és a különböző talajképző kőzet (ebben az esetben a homokos, ill. löszös altalaj) a talaj pH-jára.

A nagytájak tekintetében térképünk megerősíti a korábbi ismereteket. Alacsony pH-jú talajokat mutat az Északi középhegység deluviális üledékein és a Felső Tisza vidék mészmentes alluviumain csakúgy, mint a nyugat magyarországi különböző földtani összetek kilúgzási típusú területein (18. ábra). A Nagyalföld és a Kisalföld talajai ugyanakkor a Tisza-vidék és a Berettyó-Körös vidék egyes területeit leszámítva döntően enyhén lúgos pH-júak.

17. ábra. Mezőgazdasági területek feltalajának pH térképe (felbontás: 250 m)



18. ábra. Feltalajok kémhatásának eloszlása a nagytájak mezőgazdasági területein



4. A térképek térbeli és időbeni megbízhatóságának vizsgálatai

4.1 A térképek térbeli megbízhatóságának vizsgálatai

A térképek pontossága (7. és 8. táblázat) megfelel a nemzetközi szakirodalomban elfogadott értékeknek (Hartemink et al., 2008, Boettinger et al., 2010, Viscara Rossel et al., 2010, Hengl et al., 2015).

A modellek kidolgozásához használt adatbázison számított R^2 értékek alapján a modellek közül a talajok kémhatását becsülő véletlen erdő magyarázza a legnagyobb mértékben a függő változó varianciáját (7. táblázat). A mechanikai összetételt jellemző frakciók közül az agyagtartalom becslése a legpontosabb, mind az RMSE, mind az R^2 érték alapján.

7. táblázat. A becslések pontossága a modellillesztés során

Talajtulajdonság	Véletlen erdő modell (500 regressziós fá) ^a		
	RMSE	R^2	N
szerves szén (g/kg)	0,36	0,544	19973
agyag (m%)	6,50	0,643	19964
por (m%)	8,21	0,527	19965
homok (m%)	12,62	0,602	19970
mész (g/kg)	2,65	0,565	19891
pH (H ₂ O) (-)	0,49	0,667	19976

^aN: minták száma a modellépítésnél, RMSE: átlagos négyzetes hiba négyzetgyöke az 500 regressziós fára átlagolva, R^2 : determinációs koefficiens az 500 regressziós fára átlagolva.

A becsült talajtulajdonságok esetén kisebb az adatok varianciája, mint a valóságban (8. táblázat), amit a becsülő eljárás sajátossága magyaráz. A becsült értékeket a regressziós fák végső csoportjaiban szereplő elemek átlag értékei adják. Ezáltal a becsült értékek lehetséges minimum és maximum értékét meghatározzák a becslés kidolgozásához használt adatrészben előforduló minimum és maximum értékek. Ebből következően a módszer olyan értékeket nem tud becsülni, melyek a tanuló adatbázisban nem fordultak elő.

8. táblázat. A térképek pontosságának statisztikai jellemzői

Talajtulajdonság	Térkép - összefoglaló statisztika				Modell hibája a teljes adatbázison ^a	
	Medián	Var.	Min.	Max.	RMSE	R^2
szerves szén (g/kg)	1,39	0,14	0,09	4,60	0,34	0,588
agyag (m%)	25,48	65,46	5,01	56,89	6,08	0,683
por (m%)	43,49	63,54	7,86	59,83	7,76	0,580
homok (m%)	29,81	206,34	5,60	88,03	11,96	0,643
mész (g/kg)	1,47	8,07	0,00	44,65	2,46	0,616
pH (H ₂ O) (-)	7,34	0,37	5,06	9,19	0,43	0,697

^aRMSE: átlagos négyzetes hiba négyzetgyöke, R^2 : determinációs koefficiens.

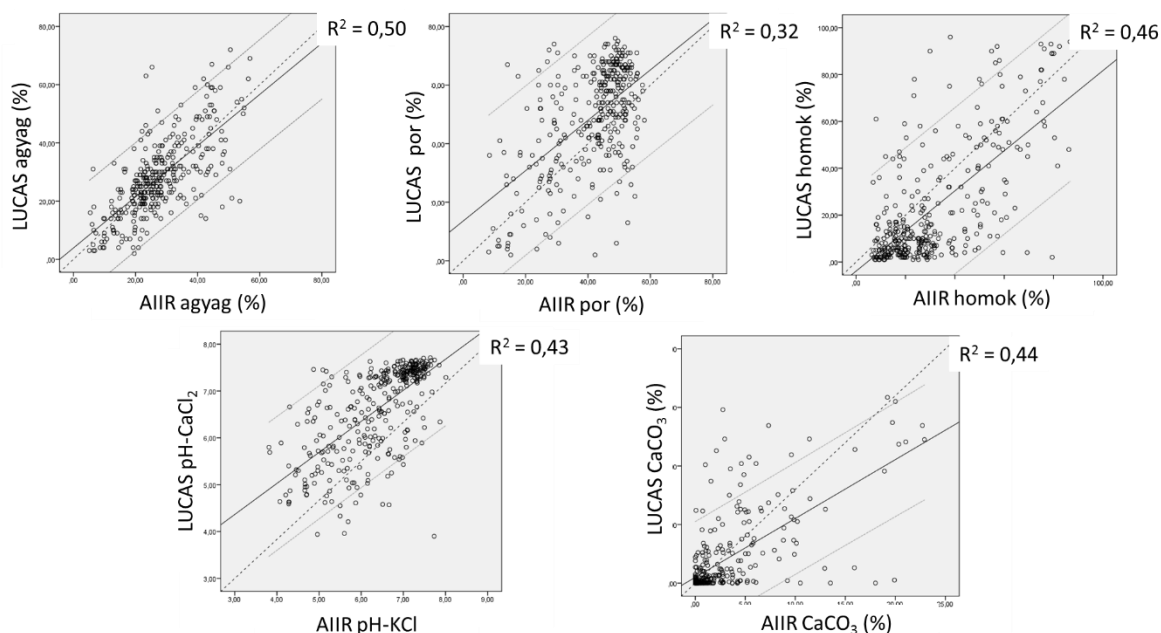
A térképezés során számított pontosság, ahogy a modell kidolgozásánál is, a kémhatásnál volt a legnagyobb és a portartalom becslésénél a legkisebb (8. táblázat). A térképezett talajtulajdonságok további elemzését a 3. fejezet tartalmazza.

4.2 A térképek időbeni megbízhatóságának vizsgálatai

Mivel a térképezéshez felhasznált adatok különböző időszakokból származnak, ezért érdemes megvizsgálni, hogy a felvételezési időszakok között történt-e változás az egyes talajtulajdonságokban. A talajtulajdonságok között van olyan, amelyik időben stabil (fizikai féleség), olyan, amely változása azonos földhasználat mellett viszonylag lassú (szerves anyag) és olyan, amely gyorsabban reagál a környezeti és emberi hatásokra (pl. pH). Az alacsony mésztartalom, illetve mészhiány és a talaj savanyúsága a művelt talajok esetében rövidtávon is javítható meszezéssel, a szervesanyag koncentrációja viszont már nehezebben befolyásolható (viszont a talajfunkciók szempontjából nagyon fontos jellemző), a mechanikai összetétel pedig az erózióknak erősen kitett területek talajait leszámítva néhány évtizedes távlatban nem változik.

A talajtulajdonságok időbeli változásának megállapításához a LUCAS minták eredményeit hasonlítottuk a mintavételi helyükön korábban vételezett AIIR talajminták vizsgálati eredményeivel. Az azonos táblákról különböző időben gyűjtött minták eredményeit pontpároknak hívtuk. Ez az eljárás csak megközelítő pontosságú eredményeket hozhatott, mivel az AIIR talajminták pontos mintavételi helye nem volt ismert, hiszen ezeket a mintákat az egyes táblákról vett részminták összekeverésével készítették. Így tehát a mintázott táblák egészéről meglévő adatokat (AIIR, 1980-as évek) tudtuk csak összehasonlítani a táblán belül véletlenszerűen kiválasztott és a LUCAS (2009) mintavételezésnek megfelelően néhány négyzetméter területre jellemző adatokkal.

További hibátényező volt a vizsgálati módszerek közötti különbség. Az AIIR adatbázis talajainak mechanikai összetételét például pedotranszfer függvényekkel becsültük, míg a MARTHA és LUCAS minták esetében ezek az adatok laboratóriumi méréseken alapulnak. Ráadásul az AIIR pontok agyag-, por- és homoktartalmának becslése az Arany-féle kötöttségből azokkal a pedotranszfer függvényekkel történt, melyeket a MARTHA adatbázison dolgoztunk ki, ahol a mechanikai összetételt a hazai (MSZ) szabvány szerint, a szervesanyag roncsolása nélkül mérték, míg a LUCAS adatbázisban az agyag-, por- és homoktartalmakat az ISO szabvány szerint, hidrogénperoxidos humuszroncsolás után mérték. A pH adatok esetében a mérésekhez használt kivonószer különbözősége (ld. az AIIR pH mérés KCl-os, a LUCAS pedig desztillált vizes és CaCl_2 -os szuszpenzióban történt, míg a MARTHA adatbázisban a TIM pontok esetében desztillált vizes és KCl-os mérések is rendelkezésünkre álltak, a többi mintánál azonban csak desztillált vizes mérések történtek) jelentette a fő különbséget. (Az egységes ábrázolás kedvéért ezért az AIIR KCl-os pH méréseket – a MARTHA adatbázis TIM adatain kidolgozott konverziós egyenlettel desztillált vizes pH adatokká alakítottuk és a térképeken így a három adatbázisnak ezeket a pH értékeit mutattuk be.) A talajok mésztartalmának meghatározása viszont azonos módszerrel történt. A szervesanyag, ill. szerves szén meghatározásának hazai (Tyurin-módszer) és nemzetközi (ISO) eljárásaiból adódó különbségeit specifikus konverziós függvények felhasználásával tudtuk kiküszöbölni.



19. ábra. A LUCAS-AIIR pontpárok adatainak összehasonlítása

A mechanikai összetétel, pH és mésztartalom elemzésével kapott eredmények (19 ábra) azt mutatják, hogy a két mintavételi periódusban vizsgált minták eredményei között nincs túl szoros kapcsolat (R^2 : 0,32–0,50), így azokból nem vonható tudományos konklúzió a talajjellemzők időbeli változásáról.

A 19. ábrán jól látható, hogy még a mésztartalom esetében is viszonylag gyenge a kapcsolat a pontpárok között. Ez a tapasztalat valószínűsíti azt a gyanút, hogy a pontpárok kijelölésében is nagy a bizonytalanság és főként ezzel magyarázható a LUCAS–AIIR pontpárok szerveszén-tartalom értékei közt tapasztalható gyenge regressziós kapcsolat is.

A pontpárok szervesanyag tartalmának összehasonlítására részletesebb elemzéseket is végeztünk.

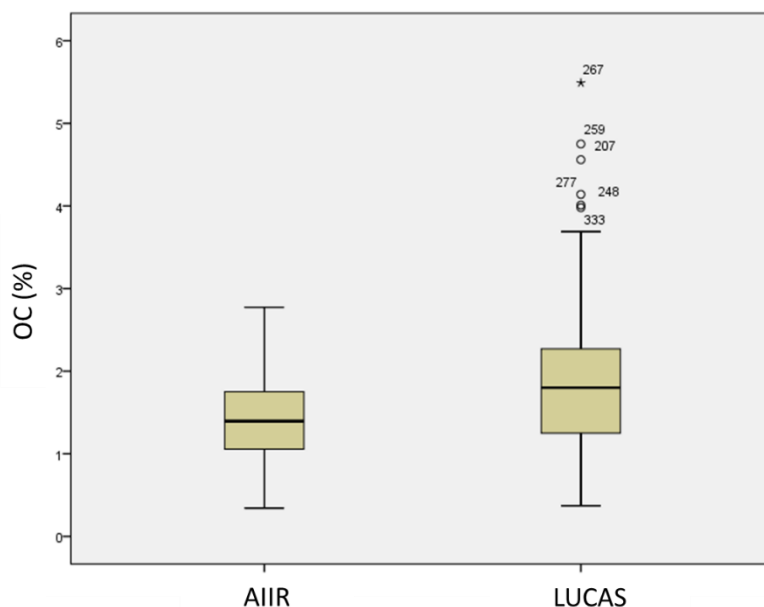
A szerves maradványok átalakulása a talajokban két, egymással párhuzamosan lejátszódó, ellentétes irányú folyamatsor eredménye. A mineralizáció során a talajban lévő szerves anyagok lebomlanak kis molekulatömegű összetevőkre (a folyamatsor végére akár szén-dioxidra, vízre és egyéb szervesetlen ásványi alkotókra). A humifikáció folyamatában viszont az egyszerűbb szerves (és szervesetlen) komponensekből bonyolult szerkezetű szerves molekulák jönnek létre. A két folyamatsor együttes hatására a talaj szerves anyagai dinamikusan változnak, ám a külső körülmények viszonylagos állandósága mellett egy egyensúlyi állapothoz közelítenek.

Mindez azt jelenti, hogy amennyiben a két mintavételi periódus (1980–89 között: AIIR és MARTHA; 2009: LUCAS) közt művelésmódban, éghajlati adottságokban stb. nem volt olyan számottevő különbség, mely a talaj biomassza produkcióját, nedvességállapotát, hőmérsékletét, a kijuttatott kemikáliák mennyiségét stb. jelentősen megváltoztatta volna, nem várható hosszabb távon (a vizsgált ~ 20 év alatt) a humusztartalomban statisztikailag igazolható változás.

Esetünkben azzal számolhatunk, hogy a két mintavételi időszak közt eltelt időben az éghajlat jelentősen nem változott, a birtokstruktúra kismértékben igen (több kisüzem),

ami magával hozta az intenzív termelés néminemű csökkenését (kevesebb műtrágya, kevesebb monokultúra, kisebb termések, kevesebb peszticid kijuttatás). Ez okozhatott ugyan kisebb eltéréseket a szervesanyag tartalom alakulásában, de nehéz elhinni, hogy országos átlagban ez alatt az időszak alatt szignifikánsan növekedett volna ezekre hatásokra a talajok szervesanyag tartalma.

Márpedig – a kiválasztott adatállományon – a statisztikai vizsgálatok a növekedést igazolták (ld. 20. ábra; a T próba eredménye: $t = -13,628$, $df = 346$, $P < 0,001$).



20. ábra. A két adatbázis szervesszén-tartalmának összehasonlítása

A két mintavételi periódus szervesanyag tartalom értékei közti eltérések magyarázata sokkal inkább lehet a talaj szerves anyag mérési módszerek különbözősége (esetleg a mintavételi módok különbözősége vagy a pontpárok képzésének hibája). Az AIIR adatbázis talajmintáinak szervesszén-tartalmát Tyurin (1931) módszerével határozták meg (nedves roncsolás kálium-bikromáttal), míg a LUCAS adatbázis esetében a szerves szén vizsgálatok száraz oxidációval (izzítással min. 900 °C-on) történtek (ISO 10 694, 1995).

A Tyurin-módszer esetében leggyakrabban a jelenlévő, illetve az agyagásványokból feltáródó – kétértékű, vegyértékváltó fémeket (pl. Fe^{2+}) tartalmazó – redukált formájú vegyületek, illetve a klorid ionok okozhatnak hamis szervesanyag-többletet (Nemecz, 1973).

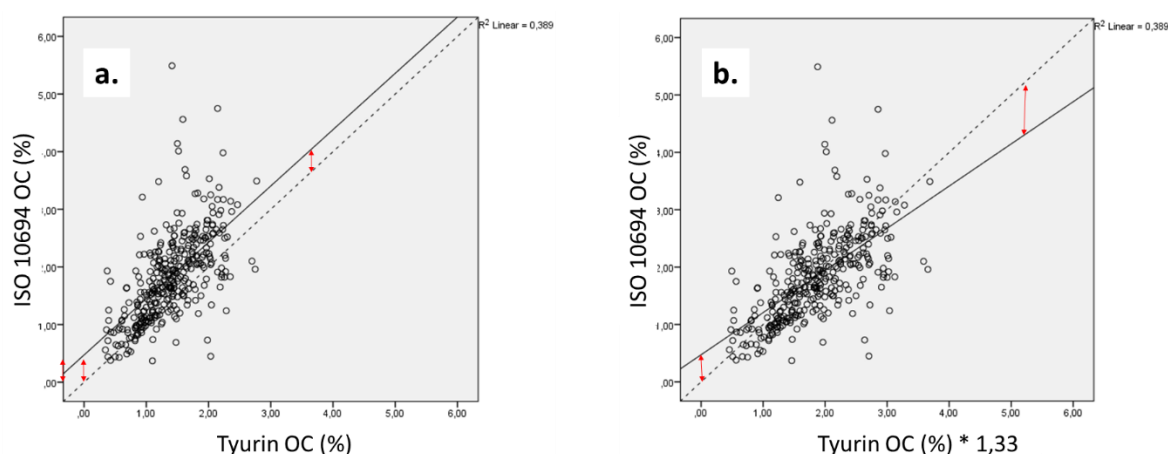
Az izzítás során az agyagásványok és szeszkvioxidok (pl. goethit) termikus bomlásával (a higroszkópos és szerkezeti víz eltávozásával) kell számolnunk az alkalmazott hőmérsékleten (Goldin, 1987; Howard & Howard, 1990; Németh & Sipos, 2006), illetve a talaj egyéb illékony alkotóinak, szennyeződéseinek (pl. cián tartalmú vagy halogénezett vegyületek) jelenléte okozhat esetlegesen téves eredményt (Jensen et al., 2003). További hibaforrás lehet a talaj elemi szén (pl. faszén) tartalmának oxidációja (Ball, 1964) is.

Viszonylag kevés szakirodalom foglalkozik a Tyurin és az ISO 10 694 módszer összehasonlításával (pl. Heczko et al., 2011), ellenben számos szerző összehasonlítja az ISO10964 módszert a Tyurin módszerrel (TY) rokon, szintén a kálium-bikromátos nedves oxidáción alapuló un. Walkley–Black módszerrel (WB) (Walkey & Black, 1934; Nelson & Sommers, 1996). A szakirodalmi források általában egyetértenek azzal, hogy a WB módszer az ISO szabványban rögzített száraz oxidációs módszerhez (DC: „dry

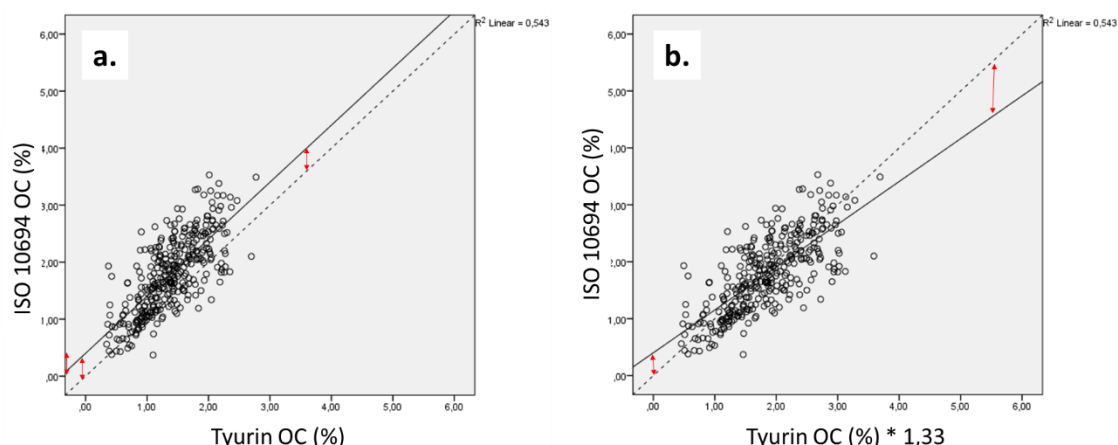
combustion”) képest alulbecsli a talaj szervesszén-tartalmát (Kerven et al., 2000; Mikhailova et al., 2003; Tivet et al., 2011; Zgorelec et al., 2011; Jha et al., 2014). Ennek oka főként az, hogy a WB módszer csak a leginkább hozzáférhető (aktív) szervesszén-formákat oxidálja, a bezárt, kötött formákat csak részben vagy egyáltalán nem (Nelson & Sommers, 1996). Amennyiben a WB módszerrel meghatározott szervesszén-tartalmat össze kívánják hasonlítani a DC módszerrel mért szervesszén-tartalmakkal, általában 1,32 vagy 1,33 konverziós faktort alkalmaznak (Sleutel et al., 2007; Jha et al., 2014; Tivet et al., 2011). Szakirodalmi források azonban beszámolnak arról, hogy ez a konverziós faktor széles határok közt változhat. Mikhailova és munkatársai (2003) az orosz csernozjomoknál 1,63-as, Nelson és Sommers (1996) 1,16 és 1,59 közötti, Jha és munkatársai (2014) Indiában 1,29 és 2,29 közötti, míg Dieckow és munkatársai (2007) a szubtrópusi brazil talajokra 1,05-ös konverziós faktor értékeket számoltak. A konverziós faktorok értéke függ a talaj mechanikai összetételétől (elsősorban a por és agyag tartalomtól), az agyagásvány minőségétől, a szervesanyag minőségétől (szénlánc hossza, funkciók csoportok stb.), a talajhasználattól és művelési módtól, a talajtípustól, a természetes vagy termelt növény fajtájától, a mintavétel mélységétől, illetve a talaj mállottsági állapotával összefüggésben a klimatikus körülményektől (Bornemissza et al., 1979; Tivet et al., 2011; Jha et al., 2014).

Statisztikai vizsgálataink során elsőként összehasonlítottuk az adatállományon a két módszerrel kapott szervesszén-tartalom értékeket, majd a DC módszerrel kapott szervesszén-tartalmakat a Tyurin-féle szervesszén-tartalmaknak a szakirodalomban használt átlagos 1,33 konverziós faktoriall szorozt értékeivel (21. ábra). A két mérési adatsor közötti regressziós kapcsolat gyenge-közepes erősségű ($R^2 = 0,39$), ami a szakirodalmi adatokhoz képest (ahol az azonos mintákon két módszerrel mért szervesszén-tartalmak közötti kapcsolat általában $R^2 > 0,9$) elgondolkodtató. Az ábrán jól látható, hogy az eredeti Tyurin szervesszén-tartalmakhoz képest átlagosan egy kismértékű ($\sim 0,3$ % körüli) széntartalom többlet tapasztalható a DC (ISO) módszer esetében (a regressziós egyenes párhuzamos az átlóval).

Amennyiben elvégezzük az átlagos konverziós faktoriall a szorzást, az 1,5–2,5 % közötti szervesszén-tartalom mellett ugyan közelítenek egymáshoz a Tyurin és DC eredmények, azonban a szélső értékek felé a különbségek nőnek (nagy humusztartalomnál inkább alá, kisebb humusztartalomnál fölébecslünk). Hasonlóakat tapasztaltunk a kiugró értékektől (ld. 22. ábra) megszűrt adatsoron is, bár itt a két mérési adatsor közötti kapcsolat erőssége nagyobb volt ($R^2 = 0,54$) (22. ábra).



21. ábra. A két módszerrel mért szervesszén-tartalmak összehasonlítása (a.: a Tyurin módszerrel meghatározott OC; b.: a szakirodalom szerint megadott 1,33 konverziós faktoriall átszámított Tyurin OC)



22. ábra. A két módszerrel mért szervesszén-tartalmak összehasonlítása a kiugró értékektől megszűrt adatsoron (a.: a Tyurin módszerrel meghatározott OC; b.: a szakirodalom szerint megadott 1,33 konverziós faktorról átszámított Tyurin OC)

A DC és Tyurin módszerrel meghatározott szervesszén-tartalmak hányadosaként számítható konverziós faktor a pontpárok adatai alapján átlagosan 1,36 (min.: 0,22; max.: 5,19; std. dev.: 0,53) volt a teljes adatbázison és 1,34 (min.: 0,34; max.: 5,19; std. dev.: 0,46) a szűrt adatállományon.

Ezek után azt vizsgáltuk meg, mennyire pontosíthatók a becslések úgy, hogy – a szakirodalmi közlésekhez hasonlóan – a talajok mechanikai összetétele alapján korrigáljuk a WB mérések eredményeit (esetünkben a Tyurin mérések eredményeit). Jha et al. (2014) olyan korrekciós egyenletet alkottak, melyben a DC szervesszén-tartalmat (DC_OC) a mért WB szervesszén-tartalom (WBC) értékéből, az agyag+por tartalom értékéből (SICL) és az éves átlagos csapadékmennyiségből (MAR) becsülték az alábbiak szerint:

$$\log_{10}(\text{DC_OC}) = 0.725 \times \log_{10}(\text{WBC}) + 0.198 \times \log_{10}(\text{SICL}) - 0.0759 \times \log_{10}(\text{MAR}) + 0.015 \quad (\text{Adj. } R^2 = 0.99, n = 100)$$

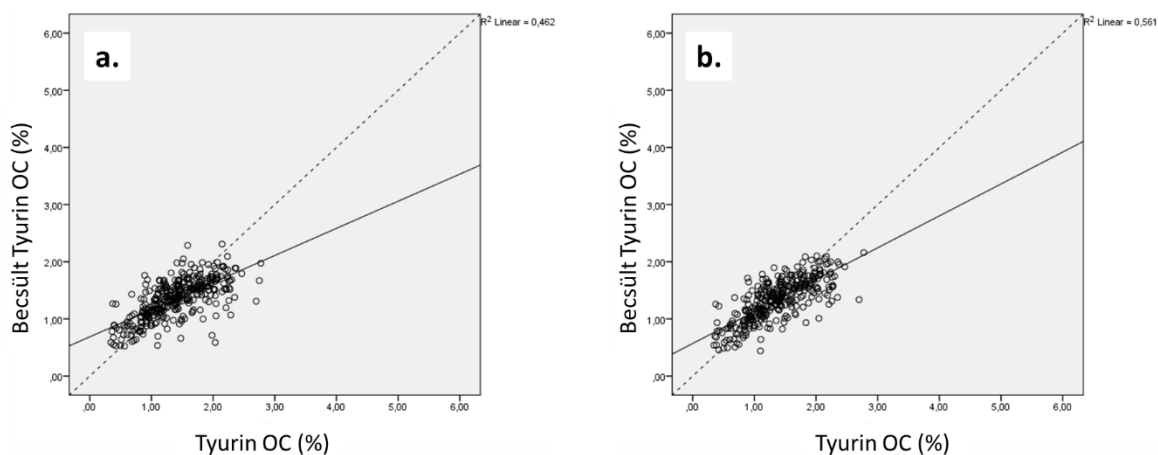
Mivel ezt az összefüggést indiai adatbázison dolgozták ki, illetve amúgy sem állnak rendelkezésünkre az egyes mintavételi pontok klimatikus adatai, azt gondoltuk, hogy saját konverziós egyenletet alkotunk a meglévő saját adatpárok alapján (feltételezve, hogy a pontpárok kijelölése megfelelően történt és ténylegesen ugyanazon talajok két módszerrel meghatározott szervesszén-tartalmáról van szó). A regressziós kapcsolatok vizsgálata során az agyag- és portartalom mellett a talajok kémhatását (pHCaCl_2) és mésztartalmát is figyelembe vettük (hiszen ezek a talajtulajdonságok is – mivel befolyásolják pl. az aggregátum stabilitást – kapcsolatban lehetnek a bezárt szénformák mennyiségével, valamint a DC szervesszén-tartalom méréseknél előzőleg eltávolítják sósavval a CaCO_3 -ot, míg a Tyurin módszerrel ez nem történik meg). Az alkalmazott backward eliminációs módszerrel (Linear regression, SPSS 13.0) a teljes és a kiugró adatoktól megszűrt adatsorokra az alábbi korrekciós egyenleteket határoztuk meg:

$$\log_{10}\text{TY_OC} = 0,401 \times \log_{10}\text{DC_OC} + 0,003 \times \text{CL} + 0,001 \times \text{SI} + 0,017 \times \text{pH} - 0,228 \quad (\text{Adj. } R^2 = 0.49, n = 347);$$

$$\log_{10}\text{TY_OC} = 0,555 \times \log_{10}\text{DC_OC} + 0,002 \times \text{SI} + 0,168 \times \log_{10}\text{CL} - 0,133 \times \log_{10}\text{SI} - 0,132 \quad (\text{Adj. } R^2 = 0.58, n = 331),$$

ahol TY_OC a Tyurin módszerrel, DC_OC a száraz oxidációval meghatározott szervesszén-tartalom, CL és SI a százalékos agyag- és portartalom, pH a CaCl₂-os szuszpenzióban mért kémhatása a talajmintáknak.

A 23. ábra mutatja be a teljes és szűrt adatállományon a ténylegesen mért és a LUCAS adatbázis talajvizsgálati adataiból (a DC szervesszén-tartalom, a mechanikai összetétel, illetve a pH adatok felhasználásával) becsült Tyurin féle széntartalmak kapcsolatát.



23. ábra. A mért és a becsült Tyurin szervesszén-tartalmak összehasonlítása (a.: teljes adatbázis; b.: kiugró értékektől szűrt adatbázis)

A becslési módszer pontossága láthatóan nem túl nagy. Ezek után feltételezhető, hogy a pontpárok szerves széntartalom adatai közt tapasztalt gyenge kapcsolatnak jórészt a pontpárok képzésének a hibája az oka.

Vizsgálatainkkal arra a következtetésre jutottunk, hogy a felhasznált adatok alapján nem állapítható meg a talajtulajdonságok, köztük a szerves anyag tartalom változásának iránya és mértéke.

Továbbá mivel fenti a konverziós egyenletek megbízhatósága viszonylag gyenge, csak tájékoztatásul szolgálhatnak arra vonatkozóan, amennyiben a LUCAS adatbázis talajain mért szervesszén-tartalmakat (illetve az ezekből számolt humusztartalmakat) és az AIIR adatbázis Tyurin módszerrel meghatározott szervesszén-tartalom (illetve humusztartalom) értékeit teljesen egységesítve szeretnénk alkalmazni. Az ilyen jellegű egységesítést (a Tyurin adatok konverzióját), éppen az eredmények gyenge megbízhatósága, illetve az egyéb hazai tapasztalatok hiánya miatt jelenlegi térképezési munkánknál elvetettük. Ugyanakkor az itt ismertetett módszer, pontosabb térbeli monitoring adatok rendelkezésre állása esetén hozzájárulhat a majdan felújított térképek megbízhatóságának javításához.

Az általunk közölt térképek megbízhatóságával kapcsolatban úgy foglalhatunk állást, hogy azok a rendelkezésre álló adatok alapján a lehető legpontosabb, sőt, legnaprakészebb információbázist jelentik. A mintevételezés idejéből adódóan a LUCAS minták körzetében a legmegbízhatóbbak a térképek, de a térképezési módszertant követve új adatfelvételezéssel a térkép további szegmenseinek információi is naprakészé tehetők.

Összefoglalás

Három talajadatbázis harmonizálásával (LUCAS, AIIR, MARTHA), digitális domborzat modell, klíma adatok, távérzékelt biomassza indikátorok, felszínborítási adatbázis és geológiai adatok segítségével, véletlen erdő (random forest) statisztikai módszerrel 250 méteres felbontású talajtulajdonság-térképeket készítettünk Magyarország mezőgazdasági területeire.

A különböző forrásokból származó és eltérő vetületi rendszereket használó adatbázisokat vetületi transzformációkkal egységesen a magyar vonatkoztatási rendszerre transzformáltuk (EOV) és az elkészített térképeket és térképi adatbázisokat is ebben a vetületi rendszerben adjuk közre.

A térképek 250m-es felbontásban, a magyar szabványok szerinti eljárásokon alapuló mutatóknak megfelelően ábrázolják a feltalajok (a felső 20 cm-es réteg ill. a szántott réteg) fizikai féleségét, pH-ját, mésztartalmát, szervesszén-tartalmát, humusztartalmát, por-, agyag- és homoktartalmát.

A modellek kidolgozásához használt adatbázison számított R^2 értékek alapján a modellek közül a talajok kémhatását becslő véletlen erdő magyarázza a legnagyobb mértékben a függő változó varianciáját. A mechanikai összetételt jellemző frakciók közül az agyagtartalom becslése a legpontosabb, mind az RMSE, mind az R^2 érték alapján. A térképezés során számított pontosság, ahogy a modell kidolgozásánál is, a kémhatásnál volt a legnagyobb, de a többi térképezett tulajdonság esetén is megfelel a nemzetközi szakirodalomban elfogadott értékeknek.

Az általunk közölt térképek időbeli megbízhatóságával kapcsolatban úgy foglalkozhatunk állást, hogy azok a rendelkezésre álló adatok alapján a lehető legpontosabb, sőt, legnaprakészebb információbázist jelentik. A mintevételezés idejéből adódóan a LUCAS minták körzetében a legmegbízhatóbbak a térképek, de a térképezési módszertant követve új adat-felvételezéssel a térkép további szegmenseinek információi is naprakészé tehetők.

Irodalom

- Ball, D. F., 1964. Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non-calcareous soils. *Journal of Soil Science* 15: 84-92.
- Baranyai, F., Fekete, A., Kovács, I., 1987. A magyarországi tápanyag-vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 8-11; 19-27; 37-40; 75-79.
- Bivand, R., Keitt, T., Rowlingson, B. 2015. rgdal: Bindings for the Geospatial Data Abstraction Library. R package version 0.9-2. <http://CRAN.R-project.org/package=rgdal>
- Breiman, L., 1996. Out-of-bag estimation. <http://www.stat.berkeley.edu/~breiman/oobestimation.pdf> (Legutóbbi megtekintés: 2015 október)
- Breiman, L., 2001. Random forests. *Machine Learning* 45 (1): 5-32.
- Boettinger, J.L., Howell, D.W., More, A.C., Hartemink, A.E., Kienast-Brown, S. 2010. Digital Soil Mapping, Bridging Research, Environmental Application, and Operation. Springer.
- Bornemissza, E., Constenla, M., Alvarado, A., Ortega, E. J., Vasquez, A. J., 1979. Organic-Carbon determination by the walkley-black and dry combustion methods in surface soils and andepts profiles from Costa-Rica. *Soil Science Society of America Journal* 43: 78-83.
- Buzás, I. (szerk.), 1993. Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv. 1-2. INDA Kiadó. Budapest.
- CLC. 2015. CORINE Land cover dataset for 2006. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/>. (Legutóbbi megtekintés: 2015 november)
- Dieckow, J., Mielniczuk, J., Knicker, H., Bayer, C., Dick, D. P., Kogel-Knabner, I., 2007. Comparison of carbon and nitrogen determination methods for samples of a paleudult subjected to no-till cropping systems. *Science Agriculture* 64: 532-540.
- Eurostat. 2015. Land cover and land use (LUCAS) statistics. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Land_cover_and_land_use_\(LUCAS\)_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Land_cover_and_land_use_(LUCAS)_statistics). Legutóbbi megtekintés: 2015 november
- FOSS (2009). Guide to Near-Infrared Spectroscopic Analysis of Industrial Manufacturing Processes. Download from: <http://www.foss-nirsystems.com>. Accessed 20 June 2010.
- Goldin, A., 1987. Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter in non-calcareous soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 22: 233-241.
- Hartemink, A.E., McBratney, A., Mendonça-Santos, M.L. 2008. Digital soil mapping with limited data, Springer.
- Heczko, J., Gselman, A., Turinek, M., Bavec, M., Kristl, J., 2011. Organic carbon content in soils of long-term field trial: Comparison of analytical methods. *Agricultura* 8: 17-22.
- Hengl, T. 2015. GSIF: Global Soil Information Facilities. R package version 0.4-4. <http://CRAN.R-project.org/package=GSIF> (Legutóbbi megtekintés: 2015 november)
- Hengl T., Heuvelink G.B.M., Kempen B., Leenaars J.G.B., Walsh M.G., et al. (2015.) Mapping Soil Properties of Africa at 250 m Resolution: Random Forests Significantly Improve Current Predictions. *PLoS ONE* 10(6): e0125814. doi: 10.1371/journal.pone.0125814 (Legutóbbi megtekintés: 2015 november)

- Hengl, T., Roudier, P., Beaudette, D., Pebesma, E. 2015. plotKML: Scientific Visualization of Spatio-Temporal Data. *Journal of Statistical Software*, 63(5), 1-25. URL <http://www.jstatsoft.org/v63/i05/>. (Legutóbbi megtekintés: 2015 november)
- Hijmans, R.J. 2015. raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 2.3-40. <http://CRAN.R-project.org/package=raster> (Legutóbbi megtekintés: 2015 november)
- Howard, P. J. A., Howard, D. M., 1990. Use of organic carbon and loss-on-ignition to estimate soil organic matter in different soil types and horizons. *Biology and Fertility of Soils* 9: 306-310.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis, 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- ISO 10390. (1994). Soil Quality – Determination of pH. International Organization for standardization. Geneva, Switzerland. 5 p.
- ISO 10693. (1994). Soil Quality – Determination of carbonate content - Volumetric method. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 7 p.
- ISO 10694. (1995). Soil Quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 7p.
- ISO 11261. (1995). Soil Quality – Determination of total nitrogen – Modified Kjeldahl method. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 4p.
- ISO 11263. (1994). Soil quality -- Determination of phosphorus -- Spectrometric determination of phosphorus soluble in sodium hydrogen carbonate solution. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 5p.
- ISO 11277. (1998). Soil Quality – Determination of particle size distribution in mineral soil material – Method by sieving and sedimentation. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 30 p.
- Jassó F. (szerk.), 1989. Útmutató a nagyméretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. Melioráció-öntözés és talajvédelem, '88 melléklet, Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium (MÉM) Földügyi és Térképészeti Hivatal Növényegészségügyi és Talajvédelmi Főosztály. Agroinform. Budapest.
- Jensen, V., Andersen, K. J., Krysell, M., 2003. Desk study on total organic carbon (TOC). Eurofins A/S. august 2003., Horizontal: 2-17.
- Jha, P., Biswas, A. K., Lakaria, B. L., Saha, R., Singh, M., Rao, A. S., 2014. Predicting total organic carbon content of soils from walkley and black analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 45: 713-725.
- Jun Chen, Jin Chen, et.al., 2014, Global Land Cover Mapping at 30m Resolution: a POK-based Operational Approach, *ISPRS Journal of P&RS*, doi:10.1016/j.isprsjprs.
- Kerven, G. L., Menzies, N. W., Geyer, M. D., 2000. Soil carbon determination by high temperature combustion a comparison with dichromate oxidation procedures and the influence of charcoal and carbonate carbon on the measured value. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 31: 11-14.
- Knaus, J. 2013. snowfall: Easier cluster computing (based on snow). R package version 1.84-6. <http://CRAN.R-project.org/package=snowfall> (Legutóbbi megtekintés: 2015 november)
- Kocsis M., Tóth G., Berényi Üveges J., Makó A. 2014. Az Agrokémiai Irányítási és Információs Rendszer (AIIR) adatbázis talajtani adatainak bemutatása és térbeli reprezentativitás-vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan*. 63 (2) 223-248.

- Liaw, A., Wiener, M., 2002. Classification and regression by randomforest. R news 2 (3): 18-22.
- Makó, A., Máté, F., Szász, G., Tóth, G., Sisák, I., Hernádi, H., 2009. A talajok klímaérzékenységének vizsgálata a kukorica termésreakciói alapján. „Klíma-21” Füzetek 56: 18-35.
- Makó, A., Tóth, B., Hernádi, H., Farkas, Cs., Marth, P., 2010. Introduction of the Hungarian Detailed Soil Hydrophysical Database (MARTHA) and its use to test external pedotransfer
- Meinshausen, N. 2006. Quantile regression forests. The Journal of Machine Learning Research. 7, 12. 983-999functions. Agrokémia és Talajtan 59: 29-38.
- MÉM, 1976. A Minisztertanács 7/1976. (IV. 6.) MÉM számú rendelete a Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium Növényvédelmi és Agrokémiái Központjáról. Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Értesítő. XXVII. évfolyam 10: 283-285.
- MÉM, 1978: A mezőgazdasági és élelmezésügyi miniszter 5/1978. (V. 26.) MÉM számú rendelete a gazdálkodó szervezetek talaj-tápanyagvizsgálati kötelezettségéről. Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Értesítő XXIX. évfolyam 12: 387-388.
- Mikhailova, E. A., Noble R. R. P., Post, C. J., 2003. Comparison of soil organic carbon recovery by walkley-black and dry combustion methods in the Russian Chernozem. Communications in Soil Science and Plant Analysis 34: 1853-1860.
- Moeys, J., 2014. The soil texture wizard: R functions for plotting, classifying, transforming and exploring soil texture data. R package version 1.2.13. from http://cran.r-project.org/web/packages/soiltexture/vignettes/soiltexture_vignette.pdf
(legutóbbi megtekintés: 2015 október)
- MSZ-08-0453-1970: A talaj KCl-ban oldható nitrit-, nitrát- és nitrogén-tartalmának együttes mennyiségi meghatározása Contiflo műszersoron.
- MSZ-08-0205-1978: A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálata.
- MSZ-08-0206-2-1978: A talaj egyes kémiai tulajdonságainak vizsgálata. Laboratóriumi vizsgálatok (pH-érték, szódában kifejezett fenoltalein lúgosság, vízben oldható összes só, hidrolitos /y1-érték/ és kicserélődési aciditás /y2-érték/).
- MSZ-08-0450-1980: A talaj KCl-ban oldható magnézium-tartalmának mennyiségi meghatározása Contiflo műszersoron.
- MSZ-08-0451-1980: A talaj EDTA- + KCl-ban oldható réz-, cink- és mangántartalmának mennyiségi meghatározása Contiflo műszersoron.
- MSZ-08-0452-1980: A talaj szerves széntartalmának mennyiségi meghatározása Contiflo műszersoron.
- MSZ-08-0454-1980: A talaj AL-oldható K₂O- és nátrium-tartalmának mennyiségi meghatározása Contiflo műszersoron.
- MSZ-08-0455-1980: A talaj AL-oldható P₂O₅-tartalmának mennyiségi meghatározása Contiflo műszersoron.
- MSZ-21470-51-1983: A talaj kötöttségének meghatározása.
- MTA ATC TAKI 2015. AGROTOPO - Az Agrotopográfiai adatbázisról. <http://mta-taki.hu/hu/osztalyok/kornyezetinformatikai-osztaly/agrotopo> (legutóbbi megtekintés: 2015 november)
- NASA 2015. MODIS - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer. <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/> (Legutóbbi megtekintés: 2015 november)

- Nelson, D. W., Sommers, L. E., 1996. Total carbon, Total organic carbon, and organic matter. In: Methods of soil analysis, part 3: Chemical methods (Ed: Sparks, D. L.). Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America.
- Nemecz, E., 1973. Agyagásványok. Akadémia Kiadó, Budapest.
- Nemes, A., 2003. Multi-scale pedotransfer functions for Hungarian soils. Doctoral thesis. Wageningen. p. 115.
- Németh, T., Sipos, P., 2006. Characterization of clay minerals in Brown forest soil profiles (Luvisols) of the Cserhát mountains (North Hungary). *Agrokémia és Talajtan* 55 (1): 39-48.
- Pebesma, E.J. 2004. Multivariable geostatistics in S: the gstat package. *Computers & Geosciences*, 30: 683-691.
- Rabus, B., Eineder, M., Roth, A. & Bamler, R. 2003. The shuttle radar topography mission- a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar, *Photogramm. Rem. Sens.* 57: 241-262.
- Rajkai K., Várallyay Gy., Pacsepszikij, J. A., Cserbakov, R. A., 1981. pF-görbék számítása a talaj mechanikai összetétele és térfogattömege alapján. *Agrokémia és Talajtan* 30: 409-438.
- R Core Team, 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- Sleutel, S., De Neve, S., Singer, B., Hofman, G., 2007. Quantification of organic carbon in soils: A comparison of methodologies and assessment of the carbon content of organic matter. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 38: 2647-2657.
- Stefanovits, P., 1963. Magyarország talajai. Akadémiai kiadó, Budapest.
- Strobl, C., Boulesteix, A. L., Kneib, T., Augustin, T., Zeileis, A., 2008. Conditional variable importance for random forests. *BMC Bioinformatics* 9: 307-318.
- Szabolcs I. (szerk.), 1966. A genetikus üzemi talajtérképezés módszerkönyve. Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet (OMMI). Budapest.
- Szász G. 1977. Agrometeorológiai. Debreceni Agrártudományi Egyetem, Debrecen.
- Tivet, F., De Moraes Sá, J. C. Borszwskei, P. R., Letourmy, P., Briedis C., Ferreira A. O., Inagaki, J. B. D. S. T. M., 2011. Soil carbon inventory by wet oxidation and dry combustion methods: Effects of land use, soil texture gradients, and sampling depth on the linear model of c-equivalent correction factor. *Soil Science Society of America Journal* 76: 1048-1059.
- Tóth G. 2009. Hazai szántóink minősítése a D-e-Meter rendszerrel. *Agrokémia és Talajtan* 58: 227-242.
- Tóth, G., Jones, A., Montanarella, L. 2013a. LUCAS Topsoil Survey – methodology, data and results. EUR 26102 EN Luxembourg: Office for Official Publications of the European
- Tóth G., Jones, A., Montanarella, L. 2013b. The LUCAS topsoil database and derived information on the regional variability of cropland topsoil properties in the European Union. *Environmental Monitoring and Assessment*. 85: 7409–7425
- Communities; p. 141
- Tyurin, I. V. 1931., Novoe vidoizmenenie Obemnogo metoda. *Opredeleniya gumusa s pomoshchyu khromovoi kisloty pochvovedenie* 26: 36-47.
- USDA-NRCS 2004. Soil Survey Laboratory Manual; Soil Survey Investigation Report No. 42. Version 4.0. NH4OAc Extractable Cations: Potassium measured with Atomic Absorption Spectrophotometer. P184-188 United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service

- Várallyay, Gy., Szűcs, L., Murányi, A., Rajkai, K., Zilahy, P., 1980. Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 térképe II. *Agrokémia és Talajtan* 29: 35-76.
- Várallyay, Gy., 1987. A talaj vízgazdálkodása. MTA Doktori Értekezés. Budapest.
- Várallyay, Gy., Berényi Üveges, J., Marth, P., Karkalik, A., Thury, I. 2009. Magyarország talajainak állapota a Talajvédelmi Információs és Monitoring rendszer alapján. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, Budapest.
- Viscarra Rossel, R.A., McBratney, A.B., Minasny, B. 2010. *Proximal Soil Sensing*. Springer.
- Walkey, A., Black, I. A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 34: 29-38.
- WorldClim 2015. Global Climate Data. Free climate data for ecological modeling and GIS. <http://www.worldclim.org/bioclim> (legutóbbi megtekintés: 2015 november)
- Zgorelec, Z., Mesić, M., Vuković, I., Jurišić, A., Komesarović, Klaić, D., Kisić, I., Bašić, F., Sajko, K., 2011. Comparison of methods for soil sampling and carbon content determination. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 76 (1): 15-18.

Ábrák jegyzéke

1. ábra. Az AIIR ver3.0 adatbázis talaj főtípusainak területi megoszlása
2. ábra. Az AIIR adatbázisban található talaj főtípusok becsült mechanikai összetétele
3. ábra. A MARTHA adatbázis feltalajainak mechanikai összetétele
4. ábra. A LUCAS talajadatbázisban szereplő magyarországi minták mechanikai összetétele művelési ágak szerint
5. ábra. A főkomponens analízis során kialakított 38 féle becsülő alkotóelem
6. ábra. Mezőgazdasági területek feltalajának humusztartalom térképe
7. ábra. Mezőgazdasági területek feltalajának szervesszén-tartalom térképe
8. ábra. Feltalajok humusztartalmának eloszlása a nagytájak mezőgazdasági területein
9. ábra. Szervesszén-tartalom eloszlása a nagytájak mezőgazdasági területeinek feltalajában
10. ábra. Mezőgazdasági területek feltalajának agyagtartalom térképe
11. ábra. Mezőgazdasági területek feltalajának portartalom térképe
12. ábra. Mezőgazdasági területek feltalajának homoktartalom térképe
13. ábra. Mezőgazdasági területek feltalajának fizikai féleség térképe
14. ábra. Feltalajok fizikai féleségének eloszlása a nagytájak mezőgazdasági területein
15. ábra. Mezőgazdasági területek feltalajának mésztartalom térképe
16. ábra. Feltalajok mésztartalmának eloszlása a nagytájak mezőgazdasági területein
17. ábra. Mezőgazdasági területek feltalajának pH térképe
18. ábra. Feltalajok kémhatásának eloszlása a nagytájak mezőgazdasági területein
19. ábra. A LUCAS-AIIR pontpárok adatainak összehasonlítása
20. ábra. A két adatbázis szervesszén-tartalmának összehasonlítása
21. ábra. A két módszerrel mért szervesszén-tartalmak összehasonlítása
22. ábra. A két módszerrel mért szervesszén-tartalmak összehasonlítása a kiugró értékektől megszürt adatsoron
23. ábra. A mért és a becsült Tyurin szervesszén-tartalmak összehasonlítása

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat. Az AIIR ver3.0 adatbázis jellemzői
2. táblázat. AIIR adatbázisban szereplő főbb talajparaméterek jellemzői főtípusonként
3. táblázat. A MARTHA ver2.0 adatbázisban található talajtulajdonságok és azok meghatározási módszere
4. táblázat. A MARTHA adatbázisban szereplő feltalajok jellemzői
5. táblázat. A LUCAS feltalaj adatbázis adatai
6. táblázat. A LUCAS talajadatbázisban szereplő magyarországi minták jellemzői
7. táblázat. A becslések pontossága a modellillesztés során
8. táblázat. A térképek pontosságának statisztikai jellemzői

Europe Direct is a service to help you find answers to your questions about the European Union
Free phone number (*): 00 800 6 7 8 9 10 11
(*) Certain mobile telephone operators do not allow access to 00 800 numbers or these calls may be billed.

A great deal of additional information on the European Union is available on the Internet.
It can be accessed through the Europa server <http://europa.eu>

How to obtain EU publications

Our publications are available from EU Bookshop (<http://bookshop.europa.eu>),
where you can place an order with the sales agent of your choice.

The Publications Office has a worldwide network of sales agents.
You can obtain their contact details by sending a fax to (352) 29 29-42758.

JRC Mission

As the Commission's in-house science service, the Joint Research Centre's mission is to provide EU policies with independent, evidence-based scientific and technical support throughout the whole policy cycle.

Working in close cooperation with policy Directorates-General, the JRC addresses key societal challenges while stimulating innovation through developing new methods, tools and standards, and sharing its know-how with the Member States, the scientific community and international partners.

*Serving society
Stimulating innovation
Supporting legislation*

