Szent István Egyetem

Környezettudományi Doktori Iskola

Hazai térképi és más talajadatok nemzetközi digitális térképekbe és adatbázisokba illesztésének megalapozása

Doktori (Ph. D.) értekezés

Waltner István

2013

A doktori iskola

megnevezése: Környezettudományi Doktori Iskola

tudományága: Környezettudományok

vezetője: Dr. Heltai György
egyetemi tanár, az MTA doktora
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Környezettudományi Intézet, Kémia és Biokémia Tanszék

Témavezető: Csákiné Dr. Michéli Erika
egyetemi tanár, az MTA doktora
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Környezettudományi Intézet, Talajtani és Agrokémiai Tanszék

....

Az iskolavezető jóváhagyása A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK 3
RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE 5
1. BEVEZETÉS 6
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS 8
2.1 Talajtani térképek és adatbázisok 8
2.1.1 Globális adatbázisok 8
2.1.2 Regionális adatbázisok 9
2.1.3 Magyar adatok 10
2.2 A World Reference Base (WRB), mint globális korrelációs rendszer 16
2.2.2 Nemzetközi kitekintés 17
2.2.3 Hazai harmonizációs és korrelációs munkák 20
2.3 Archív talajadatok feldolgozása digitális térképezéssel 22
2.3.1 A digitális talajtérképezés nemzetközi trendjei 22
2.3.2 A digitális talajtérképezés hazai fejlődése 24
3. ANYAG ÉS MÓDSZER 26
3.1 A felhasznált adatok és anyagok 26
3.1.1 Talajadatok 26
3.1.2 Digitális domborzatmodell 27
3.1.3 Műholdfelvételek 27
3.2 A mintaterület jellemzői 28
3.2.1 A Gyöngyösi Kistérség bemutatása 28
3.2.2 A Kreybig-féle Átnézetes Talajismereti Térképezés és a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (Kreybig) 29
3.2.3 A Géczy-féle térképek adatai (Géczy) 30
3.2.4 Az 1:10 000 méretarányú üzemi talajtérképezés adatai (Üzemi) 30
3.2.5 A Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer adatai (TIM) 31
3.3 Az alkalmazott módszerek 33
3.3.1 Korrelációs algoritmusok (szelvény-adatok) 33
3.4 A talajdatok előzetes vizsgálata 35
3.5 Digitális térképezés 36
3.5.1 A segédváltozók előkészítése 36
3.5.2 Geostatisztika, regresszió krigelés 36
3.5.3 Az alkalmazott digitális térképezési módszertan 39
4. EREDMÉNYEK 41
4.1 Az egyes adatbázisokra kidolgozott algoritmusok WRB egységenként 46

4.1.2 Diagnosztikai tulajdonságok 52
4.1.3 Diagnosztikai anyagok 55
4.1.4 Minősítők 57
4.2 Az előzetes elemzés eredményei 67
4.2.1 A szelvényadatok jellemzői 67
4.2.2 Az adatok térbeli vizsgálata 74
4.3 A digitális térképezés eredményei 78
4.4 Új tudományos eredmények 85
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK 86
ÖSSZEFOGLALÁS 88
SUMMARY 89
MELLÉKLETEK 90
M1. IRODALOMJEGYZÉK 90
M2. Az egyes adatbázisokra kidolgozott döntési folyamatok 100
M3. A mintapontok és a segédváltozók összehasonlító hisztogramjai 138
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 159

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

AGROTOPO	Agrotopográfiai adatbázis
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
DSM	Digital Soil Mapping
FAO	Food and Agriculture Organization
ISRIC	International Soil Reference and Information Centre
DKTIR	Kreybig Digitális Talajinformációs Rendszer
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MTA TAKI	Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Intézet
OK	Ordinary Kriging (általános krigelés)
RK	Regression Kriging (regresszió krigelés)
SOTER	Soil and Terrain Database
TIM	Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer
TIR	Talajinformációs Rendszer
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
WISE	World Inventory of Soil Emission Potentials
WRB	World Reference Base for Soil Resources

1. BEVEZETÉS

Maga a talajtan viszonylag fiatal tudományágnak tekinthető, de hazánkban már több mint 150 éve folynak talajfelvételezési munkálatok, melyeknek köszönhetően mára nemzetközi szinten is kiemelkedő mennyiségű talajtani adat halmozódott fel (Várallyay 2002; Várallyay 2012). Ezek az egymást esetenként több évtizeddel követő talaj-felvételezési munkálatok a maguk idejében mind kiemelkedő színvonalúak voltak, ám eltérő felmérési és laboratóriumi módszertanuk miatt gyakran nehezen és korlátozottan használhatók fel a mai kor kérdéseinek megválaszolására (Cook et al. 2008).

Tekintettel arra, hogy mind globálisan, mind országos szinten csökkennek a lehetőségek új, egységes módszertanú talaj-felvételezések kivitelezésére, így egyre nagyobb figyelem összpontosul a már meglévő adatok minél hatékonyabb megőrzésére és felhasználására. Mivel ezek az archív adatok gyakran eltérő módszertan, osztályozási rendszer alapján készültek, szükségessé vált valamilyen közös nevezőre hozásuk, harmonizációjuk (Baumgardner & Oldeman 1986; Dobos 2006).

A Világ Talaj Referenciabázis-t (World Reference Base for Soil Resources, WRB) a Nemzetközi Talajtani Unió 1998-ban elfogadta, mint hivatalos talaj korrelációs rendszerét. A rendszer a talajosztályozás diagnosztikai szemléletű megközelítésén alapszik, határozott definíciókkal és mennyiségileg kifejezhető feltételekkel (IUSS Working Group WRB 2007). Ezzel ellentétben számos nemzeti osztályozási rendszer – beleértve a magyart is – eltérő elveket követ, így nem feltétlen rendelkeznek a WRB eredeti követelményeinek maradéktalanul megfelelő adatokkal (Dobos et al. 2010; Eberhardt & Waltner 2010).

A hazai archív talajadatok felhasználásával és digitális adatbázisokba rendezésével kapcsolatosan az elmúlt tíz évben számos publikáció született (Tóth & Máté 2006; Sisák & Bámer 2008; Dobos et al. 2010; Pásztor et al. 2012, Pásztor et al. 2013), ám a mai napig nem jött létre egy egységes, országos, harmonizált adatbázis, amely összhangban lenne a talajtan jelenleg elfogadott nemzetközi nevezéktanával, azaz a WRB-vel.

Kutatómunkám főbb célkitűzései az alábbiak voltak:

1. Felmérni a hazánkra legnagyobb területi és tematikus lefedettséggel rendelkező, archív adatokra épülő talajtani adatbázisok adatrendszerét és megfeleltetési lehetőségeiket a WRB-vel.
2. Korrelációs módszertan részletes kidolgozása a három legnagyobb országos lefedettséggel rendelkező adatbázisra a hazai talajadatok megfeleltetésére a WRB-vel.

3. A módszertan kidolgozása a korrelált adatok térbeli kiterjesztésére egy mintaterületen a digitális talajtérképezés eszközeivel.
4. Az alkalmazott módszerek kiértékelése, az eredmények ellenőrzése.
5. Módszertan fejlesztése a hazai archív talajadatok országos szinten alkalmazható integrációjára.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Talajtani térképek és adatbázisok

A talaj-felvételezés elsődleges célja hagyományosan a talajtérképek készítése. Ugyanakkor célja lehet a talaj leírása, osztályozása is (Webster 1977), illetve egy konkrét helyszínen bekövetkező időbeli változások vizsgálata (monitoring). Ezekben az esetekben a talaj-felvételezés alapegységét, a pedon-t, illetve az azt bemutató talajszelvényt írják le. (Legros 2006)

Tekintettel arra, hogy a dolgozat témája elsődlegesen a hazai adatbázisokra alkalmazható módszertan, így jelen áttekintés fokozatosan közelít az egész Földre kiterjedő adatbázisoktól a regionális/kontinentális léptéken át az országos szintre.

2.1.1 Globális adatbázisok

A globális lefedettségű, elsősorban a fenti adatokra épülő adatbázisokról a legfrissebb összefoglalót Grunwald et al. (2011) készítették.

Egységes, globális talajfelvételezési kampány hiányában az egész Földre kiterjedő talajtani adatbázisok létrehozása kizárólag az adatokkal rendelkező országok által hozzáférhetővé tett talajtani adatok alapján valósítható meg. Az egyes országok ugyanakkor a legtöbbször eltérő, saját módszertan alapján készítették/készítik talajtérképeiket és adatbázisaikat, így a harmonizációból eredő problémákon túl térbeli adatbázisoknál a talaj kontinuum jellegéből adódó problémák is felmerülhetnek (például az országhatárok megjelenése a talajtípusok/tulajdonságok eloszlásában).

A Föld felszínének legnagyobb részére léteznek talajtérképek, változó méretarányban. Ezek egy része mára digitális formában hozzáférhető.

Az első, az egész világot lefedő, közös, harmonizált jelkulcsot alkalmazó, 1:5 000 000 méretarányú talajtérképet a FAO-Unesco (1974) hozta létre. A térképet később felülvizsgálták (FAO 1988). A térkép jelkulcsának létrehozásához komoly harmonizációs munkákra volt szükség, az eredmény ugyanakkor gyakorlatilag a talajok összehasonlításának közös nemzetközi eszközévé, a későbbi World Reference Base elődjévé vált (Deckers et al. 2000). A papír alapú térképet később digitalizálták, és alapul használták több, globális talajtani adatbázishoz is. Sanchez et al. (2009) ugyanakkor rámutattak, hogy ezek a digitális térképek több hátrányos tulajdonsággal is rendelkeznek. Ezek a térképek nem a talajok jelenlegi állapotát mutatják be, valamint nem tükrözik a talajokról szerzett legfrissebb ismereteinket. Talán a legnagyobb, globális, szelvényadatokat tartalmazó talajtani adatbázis a Világ Talajainak Emisszió-potenciál Nyilvántartása (World Inventory of Soil Emission potentials, WISE), melynek jelenleg a 3.1 verziója a legfrissebb. Az

adatbázis 149 ország több mint 10 000 talajszelvényére tartalmaz adatokat, melyeket a FAO-Unesco rendszer szerint harmonizáltak (Batjes 2009). Az WISE adatbázis adatainak térképezési egységekhez való kapcsolásával további globális digitális térképeket is létrehoztak (Batjes 2000; Batjes et al. 2007).

A FAO talajtérképe és a WISE alapján készült el a Nemzetközi Talaj Referencia és Információs Központ (International Soil Reference and Information Center, ISRIC) gondozásában a Származtatott Talajadatok Globális Adatbázisa (Global Data Set of Derived Soil Properties) 2005-ben, valamint a Származtatott Talajadatok Adatbázisa (Derived Soil Properties Database) 2006-ban.

A legfrissebb globális talajadatbázis a Világ Harmonizált Talajadatbázisa (Harmonised World Soil Database, FAO/IIASA/ISRIC/ISSCAS/JRC 2012), mely közelítőleg egy kilométeres felbontású raszteres adatbázisában 13 talajtulajdonságról tárol adatokat.

2.1.2 Regionális adatbázisok

A digitális kontinentális és regionális adatbázisok túlnyomó többsége régebbi, papír alapú térképek digitalizálásával készült, új felvételezési munkák nélkül. A legtöbb esetben ezek több, térben, időben és módszertanban egyaránt eltérő felvételezés alapján készültek, melyek a fentiekben is említett hibákat eredményezhetik.

Jelen felsorolás nem tér ki azon országos adatbázisokra, melyek – az adott ország méretei miatt (Ausztrália, Kanada, USA, Oroszország)– kontinentálisnak, vagy regionálisnak tekinthetőek, mivel ezek többnyire egységes, vagy harmonizált módszertannal készültek, így mérsékelten igényeltek nemzetközi megfeleltetést.

Az Európai Közösség 1:1 000 000 méretarányú talajtérképéből készült el az Európai Talajadatbázis (Deckers et al. 2000), mely jó példa volt a szakemberek számára az eltérő módszertanokból és a korlátozott dokumentációból eredő problémákra (King et al. 1994).

A SOTER (Soil and Terrain Database) talajtani és domborzati adatbázis eredeti célja egy globálisan alkalmazható módszertan és keretrendszer kialakítása volt, ami lehetővé tenné a talajtani adatok harmonizációját és integrációját akár globális szinten. Az adatbázis talajok, felszínformák és talajképző kőzetek különböző asszociációit jeleníti meg. (Oldeman & van Engelen 1993; Nachtergaele 1999).

Bár globális lefedettséget napjainkig nem ért el, a módszertan alapján számos régióra (Dél-Amerika, Dél- és Közép-Afrika, Közép- és Kelet-Európa) készültek adatbázisok változó (1:2 000 000-tól 1:5 000 000-ig) méretarányban.

Az e-SOTER EU FP7 project keretében került sor a SOTER módszertanának felülvizsgálatára, kiterjesztésére. Az európai és nemzetközi igényekkel összhangban a megújított módszertan az

eredeti információk mellett már a WRB szerinti besorolást is lehetővé teszi (Pourabdollah et al. 2012).
Mindeddig a BioSoil az egyetlen kontinentális szintű adatbázis mely egységes, WRB besorolást is magába foglaló módszertan alapján készült. Az adatbázis talajtani és biodiverzitás modulokból áll. Az egységes módszertan ellenére így is adódtak eltérések az egyes országok által jelentett adatok között (Hiederer et al. 2011).

A huszadik század végén a robbanásszerű számítástechnikai fejlődés új utakat nyitott a környezeti információk térbeli vizsgálatára. Ennek következtében több helyen elindultak törekvések országos lefedettségű térinformatikai adatbázisok létrehozására (Masser 1999, Kok & Loenen, 2004).
Hartemink (2008) 75 ország adatai alapján állapított meg korrelációt az egyes országok nemzeti összterméke és talajtérképekkel való ellátottságuk között. Ugyanakkor tanulmányából nem derül ki, hogy Magyarország esetében ez mit jelent, az európai országokra vonatkozó adatokat ugyanis nem közli, csupán a korrelációra tesz utalást.

2.1.3 Magyar adatok

A hazai talajtérképezés több mint 150 éves múltra tekint vissza. A térképezési munkák mindig az adott kor ismereteinek és igényeinek megfelelő módszertant követtek, így eltérő talajtulajdonságok szerepeltek az egyes kampányok fókuszában (Várallyay 1989; Várallyay 2012).
Kezdetben, a XIX-XX. század fordulóján a térképezési munkák az agrogeológiai felmérések részeként folytak, de már talajhasznosítási szempontból lényeges információkat is hordoztak.
A XX. század első negyedében készültek először a Magyarország klímazonális térképei Treitz Péter, valamint Ballenegger Róbert és Timkó Imre munkája nyomán.
Az 1930-as évek elején Timkó Imre és Sümeghy József agrogeológiai jellegű felvételezéseket végzett, míg ugyanebben az időszakban alakította ki Kreybig Lajos a később országosra kiterjesztet talajtérképezési módszertanát.

2.1.3.1 A Kreybig-féle térképek, és a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (DKTIR)

A Kreybig Lajos által vezetett felvételezés adatait tartalmazó adatbázis az egész országra kiterjedő források közül a legrészletesebb (Szabó et al., 2011). Az úgynevezett Kreybig-féle átnézetes talajismereti térképek az ország egész területére készültek 1:25 000 méretarányban, egységes helyszíni vizsgálati és laboratóriumi módszertannal, 1934 és 1951 között (Kreybig, 1937, Szabó et al. 2000). A térképezés lezárásakor Magyarország a világon elsőként rendelkezett ilyen részletes, az ország teljes területére kiterjedő talajtérképekkel (Várallyay 1989).

Az MTA TAKI GIS laborjának munkatársai 1998-ban elkezdték a Kreybig-térképek anyagának digitalizálását és térinformatikai feldolgozását (Németh et al. 1998). Szabó et al. (2000) összefoglalta a Kreybig-féle térképezés történetét, az adatok akkori helyzetét, továbbá felvázolta a térképek térinformatikai feldolgozásának aktuális helyzetét és az adatokkal kapcsolatos terveket.
Szabó et al. (2005) hangsúlyozta az igényt egy országos térbeli talajinformációs rendszer létrehozására, összefoglalta a hazai talajinformációs rendszereket, valamint rámutatott, hogy a legrészletesebb, az egész országra rendelkezésre álló ilyen adatforrás a „Kreybig-féle Átnézetes Talajismereti Térképezés". Utaltak arra, hogy a nemzetközi tendenciákhoz hasonlóan hazánkban sem várható újabb országos talajfelvételezési kampány, és hogy a rendelkezésre álló talajtani adatok jelentős része már valamilyen formában felhasználásra került újabb adatbázisok létrehozásánál. Összehasonlították a három legjelentősebb hazai térképi talajinformációs rendszert (Agrotopográfiai adatbázis [AGROTOPO], Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer [DKTIR], Nagyméretarányú üzemi talajtérképek [1:10 000]), és megállapították, hogy a megadott hét szempont alapján (térbeli felbontás, tematikus részletesség, talajszelvény adatok, országos lefedettség, aktualizálhatóság, digitális feldolgozottság, adatgazdálkodás/elérés) a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszernek kiemelkedő szerepe lehet egy országos rendszer létrehozásában. Ismertették a DKTIR módszertanát, mely az adatok digitalizálásán túl az információk pontosítását és terepi aktualizálását is magába foglalja.
A fenti cikk nyomán élénk szakmai diskurzus indult el a hazai szakemberek között (Tóth & Máté 2006; Pásztor et al. 2006; Sisák & Bámer 2008a; Pásztor et al. 2008). Sisák & Bámer (2008a) megerősítették az igényt egy országos, integrált digitális talajinformációs rendszerre, valamint hangsúlyozták, hogy egy ilyen rendszernek nem csupán egy kiemelt, hanem valamennyi hozzáférhető adatforrásra támaszkodnia kell. Munkájuk során négy ilyen talajtani adatforrást hasonlítottak össze (DKTIR, Géczy Gábor-féle talajismereti és talajhasznosítási térképek, Agrokémiai adatbázis, földminősítési mintaterek adatai). Javasolták, hogy a négy vizsgált adatforrást egy közös rendszerbe összevonva jöjjön létre egy országos adatbázis. Ugyanakkor arra is felhívták a figyelmet, hogy ez nem történhet meg mechanikusan, az adatok konzisztenciájának figyelembe vétele nélkül. Felhívták a figyelmet, hogy egy ilyen adatbázisnak magába kell foglalnia mind az egyes adatforrásokon belüli, mind a különböző források közötti vizsgálatokat.

Bár anno a kor lehetőségei korlátozták ezen adatok felhasználhatóságát, a jelenlegi technikák az adatok számos új felhasználási módját teszik lehetővé, melyeket az MTA TAKI munkatársai rendeztek a modern informatikai eszközök számára könnyen kezelhető elektronikus adatbázisba (Pásztor et al., 2010). Az egyes térképlapokat közös, országos térbeli adatbázisba rendezték, a térképlapok határainál előforduló illeszkedési problémákat feloldották. A frissített poligonok létrehozásához a hagyományos adatokon túl CORINE Land Cover adatokat, légifotókat és erdészeti

adatbázisokat is figyelembe vettek. Az adatbázis folyamatos fejlesztés alatt áll, melyek elsődleges célja a tematikus és térbeli pontosság javítása, kiegészítve új terepi felvételezésekkel is. (Pásztor et al., 2012a, b)

A Kreybig-féle térképeket a későbbiek során számos térképszerkesztési munkához használták alapként (Szabó et al. 2000).

A térképlapok alapján hozták létre Magyarország genetikus talajtérképét először 1:200.000, majd 1:500.000 méretarányban (Stefanovits 1963; Stefanovits & Szűcs 1961). Ezeken a magyar talajosztályozás (Stefanovits 1981; Szabolcs 1966) 29 talajtípusa és altípusa lett feltűntetve 18 talajképző kőzettípussal (Várallyay 1989).

Az adatbázisban található talajjellemzőkről az 1. táblázat ad tájékoztatást.

1. táblázat A DKTIR által tárolt adatok és kódjaik (Forrás: MTA ATK TAKI)

Kreybig adatmezők és kódjaik	
Helyszíni adatok	
P_ID	a területen belül előforduló talajszelvény
POSITION	a vizsgálati hely fekvése
HUM_DEPTH	humuszos réteg vastagsága (cm-ben)
ROOTS	gyökérfejlődés mélysége (cm-ben)
CROP	utolsó termény
DESCRIPTION	különleges talajtani és növénytermelési
Helyszíni vizsgálatok adatai	
P_ID	a területen belül előforduló talajszelvény
DNUM	a talajréteg mélység szerinti sorszáma
L_DEPTH	a talajréteg alsó mélysége (cm-ben)
COLOR	a talajréteg színe
TEXTURE	fizikai talajféleség
STRUCTURE	morfológiai szerkezet
PH_H2O	helyszínen mért vizes pH
CACO3	helyszíni CaCO3 vizsgálat (a pezsgés
Talajszelvény laboratóriumi alapvizsgálati eredményei	
P_ID	a területen belül előforduló talajszelvény
DNUM	a talajréteg mélység szerinti sorszáma
PH_H2O	laboratóriumi vizes pH
PH_KCL	laboratóriumi kálium kloridos pH
TEXTURE	fizikai talajféleség
HIDRAC	hidrolitos aciditás
CACO3	CaCO3 tartalom (%-ban)
SALT_SUM	összes vízben oldható só (%-ban)
SODA	Na2CO3 tartalom (%-ban)
KAP_5	5 órás kapilláris vízemelés (m/m)
HUMUS	humusztartalom (%-ban)
N	N-tartalom (%-ban)
P2O5	P2O5-tartalom (%-ban)
K2O	K2O-tartalom (%-ban)

Maga az adatbázis a talajfoltokon túl a felvételezési pontok helyét is tartalmazza, így az eredeti jegyzőkönyvek alapján összeállított adatbázisból hozzáférhetőek a térképezési munkálatok adatai.
Mivel az eredeti módszertan fő célja a mezőgazdasági igények kiszolgálása volt, így az adatbázisban található adatok jelentős része is az alapvető talajfizikai, illetve talajkémiai paraméterekre áll rendelkezésre. A felvételezési munkák során megkülönböztettek reprezentatív és nem-reprezentatív szelvényeket. Előbbiek egy vagy több talajfoltra jellemző feltárások voltak, ezekre rendelkezésre állnak részletes laboratóriumi vizsgálati eredmények is, míg utóbbiak a digitális térképezési munkák számára jelenthetnek értékes adatforrást, mivel jól visszaadják az egyes talajfoltokon belüli heterogenitást (Szabó et al. 2005).

2.1.3.2 A Géczy-féle térképek

Géczy Gábor a Kreybig-féle térképekből kiindulva dolgozta ki egy alapvetően a növénytermesztési igényekre alapozott, 1:25 000 méretarányban készülő térképezés módszertanát (Géczy 1959, 1960). Az új talajfelvételezési munkákkal kiegészített és frissített térképek el is készültek az ország teljes mezőgazdasági területére, községhatáros térképlapokon (Géczy 1968).
A Géczy-féle térképek adatainak digitalizálásával Sisák és Bámer (2008b) hoztak létre talajinformációs adatbázist a Balaton vízgyűjtőjén. Rámutattak, hogy ugyan a térképek mintavételi pontjainak sűrűsége nem megfelelő ahhoz, hogy táblaszintűként elfogadhatóak legyenek, ám úgy gondolták, hogy további adatforrások alkalmazásával és megfelelő digitális térképezési technikákkal ez javítható.
A Géczy Gábor által kidolgozott módszertan fontos eleme volt, hogy a térképek minél könnyebb kezelhetősége és átláthatósága érdekében több talajjellemzőt összevonva kezeltek. A hazánk területét lefedő teljes, hiánytalan térképállomány egyik fele a Debreceni Egyetem, míg a másik a keszthelyi Georgikon tulajdonában van. Utóbbi intézményben elkészült a térképek digitalizálása a Balaton vízgyűjtőjére, s az adatok hozzáférhetőek térképszerverükön (Sisák & Bámer, 2008). Mivel a térképezést kifejezetten a növénytermesztésre hatást gyakorló jellemzőkre koncentrálva végezték, így alapvetően a feltalajra találhatunk rajtuk információkat, kiegészülve további, a talajhasználat szempontjából kritikus információkkal. A térképeken fellelhető adatokról a 2. táblázat ad áttekintő képet.

2. táblázat A Géczy-térképeken megjelenő talajtulajdonságok

Talajtulajdonságok
Feltalaj tulajdonságai (fizikai féleség, szikesség mértéke, vizes területek, erdő, kövesség)
Feltalaj tulajdonságai (mészhiány és kémhatás)
Mésztartalom jelzése a feltalajban
Altalaj tulajdonságai (mészhiány és kémhatás)
Humusz réteg átlagos vastagsága (cm)
Talajvíz mélysége (cm)
Altalajhiba
Altalajhiba megjelenési mélysége cm-ben
Eltemetett humusz réteg vastagsága
Eltemetett humusz réteg mélysége cm-ben
Genetikai talajváltozatok
A talajfoltra jellemző talajszelvény azonosító száma
Eróziós térkép figyelembevételével
Vízgazdálkodási térkép figyelembevételével
Talajhasznosítás
Művelési ág

2.1.3.3 A nagyméretarányú üzemi térképezés

A szocialista rendszer mezőgazdasági elképzeléseinek támogatására kezdték el létrehozni – az ország szinte teljes területét lefedő termelőszövetkezetek területére – a nagyléptékű, 1:10 000 méretarányú genetikus üzemi térképeket, melyek nem csupán a talajtípust jelölték, hanem tematikus kartogramjaikon az adott területen kiemelten fontos talajtulajdonságokról (pl. kémhatás, mészállapot, mechanikai összetétel, vízgazdálkodás, humuszos réteg vastagsága stb.), illetve talajhasználati javaslatokról is tartalmaztak információt (Szabolcs 1966)

A térképezési munkák eredményeképpen számos további térkép és tanulmány született talajvédelmi, öntözési és meliorációs területeken (Szabolcs & Jassó 1961; Szabolcs et al. 1969)

Miután ezek a térképek az egykori termelő szövetkezetek által megművelt földterületekre készültek, így az erdészeti hasznosítás alatt álló régiókra nem állnak rendelkezésre adatok. Ez még inkább igaz a pontadatokat figyelembe véve. A talajinformációk jelentős része (3. táblázat) nem a genetikus talajtérképeken, hanem a hozzájuk csatlakozó tematikus kartogramokon szerepel. Sajnos ezek a kartogramok nem állnak rendelkezésre egyforma mértékben minden területre, így ez az esetleges feldolgozásuk során is korlátot jelenthet.

A nagyméretarányú üzemi talajtérképezés munkálatai az 1960-as években indultak (Szabolcs 1966), majd tovább folytatódtak az 1980-a évek végétől (Jassó, 1989).

3. táblázat A Nagyméretarányú üzemi térképek által hordozott talajinformációk

1:10 000 Talajadatok
Mechanikai összetétel
Humusz réteg vastagsága
Humusz tartalom
pH
CaCO3 megj. Mélysége
Szántott réteg CaCO3 tartalma
Szántott alatti réteg fizikai félesége
Művelési ág
Művelhetőség mélysége

2.1.3.4 Az agrotopográfiai térképek

AZ 1970-es évek végén készült el „Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők térképe” (Várallyay et al. 1979, 1980), mely később kiegészítve „Agrotopográfiai térkép” néven kerültek kiadásra. Ez a térképi állomány képezte az alapját számos későbbi országos, közepes léptékű munkának, valamint az MTA TAKI digitális agrotopográfiai adatbázisának. A hazai talajok vízháztartási típusait és anyagforgalmi kategóriáit ábrázoló térképet az agrotopográfiai térképek adataiból kiindulva Várallyay et al. (1985, 1989) készítették el. Hasonló elven készült el, a hazai talajok savanyodással szembeni érzékenységét bemutató térkép is (Várallyay et al. 1993).

2.1.3.5 Agrokémiai adatbázis

A jelenleg a Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központ Növény-, Talaj- és Agrár-környezetvédelmi Igazgatósága által gondozott adatbázis az 1980-as évekre visszamenően tartalmazza a szakhatósági vizsgálatok, táblatörzskönyvi és termésadatok, valamint talajvizsgálati eredmények adatait, melyeket Baranyai et al. (1987) elsősorban a felvehető tápanyagtartalmat figyelembe véve dolgozták fel.

2.1.3.6 Az aranykorona rendszerű földminősítés mintatereinek talajszelvény adatai

A nagyméretarányú, 1:10 000 méretarányú üzemi térképezés kezdeti fázisaiban készült el az aranykorona rendszerű földminősítés mintatereinek újabb felvételezése és vizsgálata (Baranyai et al. 1989). Kizárólag pontszerű adatoka4t tartalmaznak, és országos szinten korlátozott területi kiterjedéssel rendelkeznek.

2.1.3.7 A Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer (TIM)

Az egész országa kiterjedő, több mint 1200 reprezentatív pontot magába foglaló rendszer 1992-ben jött létre, és azóta gyűjti a talajvizsgálati adatokat paramétertől függő gyakorisággal (TIM 1995). A TIM pontok sűrűségét, illetve a módszertan minőségét kiválóan mutatja, hogy Arrouays et al. (2008) alapján az Európai talaj monitoring rendszereket összehasonlítva a hazai monitoring rendszer mind pontjainak számát és sűrűségét, mind a módszertanát figyelembe véve az élvonalba tartozik.

A TIM 1236 pontján 1992 óta történnek rendszeres mérések. A pontok a kisebb tájegységek reprezentatív területein találhatók. Tekintettel arra, hogy a TIM kizárólag pontszerű adatokat tartalmaz, nehezen összevethető a többi, térbeli poligonos állományokkal is rendelkező archív adatbázissal. Ennek ellenére ez az egyetlen olyan, országos lefedettségű adatbázis, ami folyamatosan bővül, továbbá ennek a módszertana a legfrissebb, a leginkább összehasonlítható a jelenlegi nemzetközi módszerekkel. Az adatbázis adatainak egy része korlátozottan megtekinthető az Agrár-környezetgazdálkodási Információs Rendszer és a MgSZH Növény- és Talajvédelmi Igazgatóságok közös térképszerverén, míg a részletesebb adatok kérésre hozzáférhetőek a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatalnál. (TIM 1995; Várallyay et al. 2006; NÉBIH 2012).

2.2 A World Reference Base (WRB), mint globális korrelációs rendszer

2.2.1 A rendszer kialakulása és szerepe

A talajtan – mint viszonylag fiatal tudományág – alig több mint száz éves története alatt sokáig nem jött létre egy globálisan elfogadott és használt, egységes talajosztályozási rendszer. A Világ Talaj Referenciabázis (World Reference Base for Soil Resources, WRB) eredetileg a FAO és az Unesco kezdeményezése volt, melyet támogatott az UNEP és a Nemzetközi Talajtani Társaság (International Society of Soil Science) is. A projekt feladata egy a meglévő talajosztályozási rendszerek harmonizációját lehetővé tevő, nemzetközileg elismert keretrendszer létrehozása volt. A végső cél az volt, hogy létrejöjjön egy nemzetközi egyetértés a globális léptékben elismert fő talajcsoportokról, valamint a meghatározásukra és elkülönítésükre szolgáló módszertanról (Deckers et al. 2000). A WRB felépítését, fogalmait és definícióit nagyban befolyásolta az 1:5 000 000 Világ Talajtérképe (FAO-UNESCO 1974; FAO 1988), mivel ez volt az a kiindulási alap melyre a legújabb tudományos ismereteket felhasználva létrehozták a WRB-t. A projekt további céljai között volt a talajok és talajszintek közötti térbeli kapcsolatok vizsgálata topo- és kronoszekvenciákon keresztül, valamint a talajok leírásának elsősorban morfológiai alapokra helyezése a pusztán laboratóriumi vizsgálatokra épülő megközelítésekkel szemben.

1998-ban a Nemzetközi Talajtani Unió Világkongresszusa Montpellier-ben elfogadta a WRB-t, mint a talajok leírásának közös nyelvét (Nachtergaele et al. 2000).

A rendszer lényeges tulajdonsága, hogy a talajok különböző kategóriákba való elhelyezését konkrét értékekkel meghatározott, ún. diagnosztikai szintek, anyagok és tulajdonságok (diagnosztikai egységek, szakmai gyűjtőnevükön „diagnosztikák") jelenlétéhez vagy kizásárához köti.

A WRB (IUSS Working Group WRB 2010) két fő szintet különböztet meg:

1. A referencia csoportok szintjén 32 fő talajtípust különít el, egy terepi, illetve laboratóriumi vizsgálatokra épülő kulcs alapján.
2. A minősítők (qualifiers) szintjén az egyes referencia csoportoknál előforduló további jellemzők (összesen 179) közül lehet választani, a megfelelő kritériumok teljesülése esetén. A rendszer megkülönböztet ún. elő- (prefix) és utó- (suffix) minősítőket.

2.2.2 Nemzetközi kitekintés

De Bakker (1970) szerint a talajosztályozás célja alapvetően kétféle lehet: a) elméleti, vagy tudományos, illetve b) gyakorlati. Utóbbi esetében alkalmasnak kell lennie az információk térképi megjelenítésére.

A WRB rendszere a legtöbb esetben alkalmas a térképi megjelenítésre, nagy- és közepes méretarányú térképekhez. Az 1:250 000 és kisebb méretarányú térképezéseket figyelembe véve készült egy kiegészítés, mely javaslatot tesz az ilyen térképek készítésekor ábrázolandó WRB egységekre (IUSS Working Group WRB 2010).

A WRB elődjének a FAO-Unesco Világ Talajtérkép Jelmagyarázata, illetve annak felülvizsgált változata tekinthető (FAO-Unesco 1974; FAO, 1988).

Bockheim & Gennadiyev (2000) tanulmányukban vizsgálták a talajképző folyamatok a WRB és az amerikai talajosztályozási rendszer (Soil Taxonomy) talajcsoportjainak definícióiban betöltött szerepét. Rámutattak, hogy bár a WRB első ránézésre szigorúan diagnosztikai szemléletű, valójában az egyes csoportok kialakításában továbbra is fontos szerepet játszanak a meghatározott talajképző tényezők (Bockheim & Gennadiyev 2000).

Roca és munkatársai kimutatták, hogy az egyes WRB osztályozási egységek nem csupán a meghatározásukból adódó talajparaméterekkel állhatnak kapcsolatban, hanem indikátorai lehetnek más, a referencia csoportok meghatározásakor közvetlen nem vizsgált tulajdonságoknak is.

Mintaterületükön összefüggést mutattak ki a talajok nehézfémtartalma és WRB-besorolása között (Roca et al. 2008).

A WRB diagnosztikai igényeinek teljes kielégítéséhez szükséges vizsgálatok a nemzeti felvételezési módszertanokban általában nem állnak maradéktalanul rendelkezésre. Ezek hiányában ugyanakkor az adatok tökéletes harmonizációja gyakorlatilag lehetetlen, így a legtöbb esetben valamilyen korrelációra van szükség, mellyel számos tanulmány foglalkozott az elmúlt bő egy évtizedben.

Reintam és Köster (2006) a talajok kémiai tulajdonságainak példáján keresztül mutatott rá, hogy az észt talajfelvételezési és osztályozási rendszer módosítása szükséges ahhoz, hogy az megfelelő mértékben összevethető legyen WRB-vel, illetve a Soil Taxonomy-val.

Shi és munkatársai 7292 talajszelvény részletes vizsgálatával hoztak létre adatbázist a kínai talajosztályozás és a WRB egységeinek megfeleltetésére. Eredményeik alapján ugyanakkor az egyes kínai talajtípusok megfeleltethetősége a WRB csoportjainak 29,4 % és 100% között ingadozik (Shi et al. 2010)

A Munsell színskála bevezetése sok esetben megnehezíti az archív adatbázisokban tárolt hagyományos, sok esetben szubjektív alapokra épülő színkódok újraértékelését. Albrecht et al. (2004) a német talajfelvételezési módszertanban használt színekre készítettek korrelációs szoftvert, mely azokat Munsell skála szerint osztályozza.

A talajok sokféleségének globális vizsgálatához és a WRB rendszerének numerikus vizsgálatára Minasny et al. (2010) végeztek taxonómiai távolság számításokat. Elsődleges céljuk a WRB referencia csoportjainak összehasonlítása volt az őket meghatározó fő tulajdonságok alapján. Eredményeik alapján a WRB referencia csoportok közötti eltérések korlátozott mértékben kvantifikálhatóvá váltak, ugyanakkor ők is rámutattak, hogy a megközelítés további finomítást igényel.

A korábbi, elsősorban korrelációs, harmonizációs alapú országos szintű munkáktól eltérő, automatizálható módszertant javasoltunk 2010-ben (Eberhardt & Waltner 2010). Német és magyar archív módszertanokat a WRB követelményeivel összevetve hét fő problémaforrást különítettünk el: 1. Hiányzó adatok; 2. Különböző módszerekkel mért analitikai adatok; 3. Osztályhatárok eltérése osztályozott tulajdonságoknál; 4. A közelítő értékek pontatlansága; 5. A leírásokban található alternatívák szerzőnként eltérő stílust eredményezhetnek; 6. A morfogenetikus szintek alkalmazása elrejtheti a diagnosztikai szintek pontos elhelyezkedését; 7. A mélységi adatok tárolási módja befolyásolja a diagnosztikai egységek meghatározását.

A javasolt módszertan lényege az egyes nemzeti talajosztályozási egységek harmonizációja helyett az eredeti talajfelvételezési adatok felhasználása az egyes WRB egységek meghatározásához. Ehhez minden egyes eltérő módszertanú adatbázisra külön létre kell hozni a szükséges algoritmusokat. A módszer hátránya, hogy az algoritmusok létrehozása időigényes, valamint az eltérő

módszertanokból adódó hibák csak korlátozott mértékben küszöbölhetők ki. Előnye, hogy egy rendszer felállítása után gyakorlatilag korlátlan mennyiségű talajegység osztályozható automatikusan, ezzel lehetővé téve nagyobb méretű adatbázisok feldolgozását is.

Zádorová & Penížek (2011) 433 talajszelvény vizsgálata alapján tanulmányozta a cseh talajosztályozási egységek korrelációját a WRB-vel. Vizsgálataik során ők is a talajfelvételezési adatokból indultak ki, és egyszerű algoritmusokat alkalmaztak az egyes szelvények WRB-megfeleltetésére. Rámutattak, hogy a legjobb korreláció azoknál a talajcsoportoknál jelentkezett, melyek WRB szerinti definíciójában kiemelt szerepe van a morfológiai jellemzőknek.

A WRB referencia csoportok domborzat, klíma és talajképző kőzet szerinti globális eloszlását vizsgálták az ISRIC WISE adatbázis alapján Gray et al. (2011). Munkájuk eredményeképpen kördiagramokon ábrázolták a vizsgált talajképző tényezők egyes kombinációinál előforduló referencia csoportok arányát. Módszerük, bár tájékoztatást nyújt az egyes körülmények között előforduló talajtársulásokról, nem nyújt numerikus információt, így digitális térképezési célokra nem, vagy csak igen korlátozott mértékben használható, ugyanakkor kisléptékű modellezési alkalmazásokra részletesebb adatok híján megfelelő lehet.

Az Európai Unió INSPIRE direktívája által megfogalmazott adatharmonizációs igények kielégítését célozta a GS Soil projekt. A konzorcium célja egy, az INSPIRE által igényelt adatstruktúrába beilleszkedő talajinformációs portál létrehozása volt, amely többnyelvű tezauruszt, valamint metaadat-szerkesztő és katalógus-szolgáltatásokat is tartalmaz (Feiden et al. 2011). A munka egyik központi eleme volt a különböző nemzeti adatok integrálásának, illetve harmonizációjának támogatása a WRB, mint közös rendszer felé, amely munkához kis mértékben a jelen dolgozatban közölt eredmények is hozzájárultak.

Figyelembe véve a WRB rendkívül nagy adatigényét, Michéli et al. (2011) egyszerűsített algoritmusokat dolgoztak ki a harmonizáció megkönnyítésére az e-SOTER FP7 projekt keretein belül. Ezen algoritmusok kiemelik az egyes WRB-egységek meghatározása szempontjából leginkább kritikus paramétereket, így leszűkítve az igényelt adatok mennyiségét. Az e-SOTER projekt elsődleges célja a korábbi SOTER módszertan felülvizsgálata, modernizálása volt, valamint a módszertan kipróbálása európai, marokkói és kínai mintaterületeken, amely munkának része volt az adatok WRB-megfeleltetésének megkönnyítése a felhasználók számára.

Pourabdollah et al. (2012) a WRB adatstruktúrájával kompatibilis XML sémát dolgoztak ki a SOTER módszertanának alapjain, ezzel lehetővé téve a SOTER (és WRB)- kompatibilis adatok egyszerű áramlását különböző adatbázisok között.

2.2.3 Hazai harmonizációs és korrelációs munkák

A WRB és a magyar talajosztályozás közötti különbségeket és kapcsolatokat elsőként Michéli et al. (2006) (lásd 1. táblázat) és Krasilnikov et al. (2009) foglalták össze, egyben fel is állítva korrelációs kulcsokat, melyek elsősorban terepi tapasztalatokon, illetve az osztályozási egységek definícióin alapultak. Ugyanakkor rámutatnak, hogy egy az egyben megfeleltetni a két rendszer osztályait eltérő megközelítésükből és módszertanukból adódóan nem lehetséges.

Fehér et al. (2006) vulkáni kőzeten kialakult talajokon vizsgálta a magyar osztályozás és a WRB viszonyát, elsősorban mikromorfológiai, kémiai és fizikai paraméterek függvényében. Eredményeik alapján ők is rámutattak, hogy nem állapítható meg egy az egyben megfeleltetés a hazai és a WRB osztályozás között, több esetben is egy hazai talajtípusba tartozó talajok eltérő WRB referencia csoportba kerültek a besorolási kulcs alapján. Barta et al. (2009) öt hazai rendzina talajszelvény vizsgálata alapján hasonló következtetésre jutott.

Michéli et al. (2011) a TIM adatbázisra alkalmazható egyszerűsített WRB algoritmusokat dolgoztak ki a hazai területeken előforduló talajegységek meghatározására.

Egy, a hazai archív talajvédelmet szolgáló korszerű felvételezési és talajinformációs rendszer kidolgozását célozta az OSIRIS nevű, több hazai kutatóműhely együttműködésével létrehozott rendszer, amely – részben a jelen dolgozatban is közölt eredmények felhasználásával – lehetővé teszi a felhasználók számára a legnagyobb hazai archív talajadat-források információinak automatizált WRB-megfeleltetését. A rendszer létrehozását az OTKA 73183 NK pályázat támogatta. Az OSIRIS minden regisztrált felhasználó számára elérhető, és célja, hogy valamennyi talajtani, vagy talajtani adatokat használó szakember számára megkönnyítse a talajadatok WRB-megfeleltetését. (osiris.helion.hu; Szabó et al. 2009)

A hazai talajosztályozás és a WRB numerikus alapokon nyugvó harmonizációjára Láng et al. (2010, 2013) alkalmazták a taxonómiai távolság alapú összehasonlítást. Tanulmányukban a barna erdőtalajok hazai és WRB besorolását, illetve az adott osztályozási egységek egymás közötti távolságát vizsgálták, elsőként alkalmazva a módszertant korrelációs célokra. Eredményeik alapján lehetővé vált a hazai talajtípusok numerikus összehasonlítása a WRB hasonló egységeivel.

4. táblázat. A magyar talajosztályozás típusai és azok kapcsolatai a WRB referencia csoportjaival (Forrás: Michéli et al. 2006)

Magyar talajosztályozás	Jellemző genetikai szintek (FAO)	Referencia csoportok (WRB, 1998)
Váztalajok		
köves, sziklás váztalaj	A R	Leptosols
kavicsos váztalajok	AR, A(C)R	Leptosols, Regosols, Cambisols
földes kopár	A C(k)	Regosols, Calcisols
futóhomok	C, Ck	Arenosols
humuszos homok	A C(k)	Arenosols, Cambisols
Kőzethatású talajok		
humuszkarbonát-talaj	A Bk Ck	Cambisols, Calcisols
rendzina	A(Bw)R, A(B)C	Leptosols, Cambicols
fekete nyirok	A R	Leptosols, Umbrisols
ranker	A R	Leptosols, Umbrisols
Csernozjom talajok		
öntés csernozjom	A B 2C(k) 3C(k)	Fluvisols, Chernozems
kilúgozott csernozjom	A AB Ck	Chernozems, Phaeozems
mészlepedékes csernozjom	A ABk Ck	Chernozems
réti csernozjom	A Bkg Cgk	Chernozems, Vertisols
Barna erdőtalajok		
csernozjom barna erdőtalaj	A Bt C(k)	Chernozems
barnaföld	A Bw Ck	Cambisols
agyabemosódásos barna erdőtalaj	A E Bt C(k)	Luvisols
podzolos barna erdőtalaj	A E Bhs C	Luvisols, Umbrisols
pangó vizes barna erdőtalaj	A E Btr Btg C(k)	Luvisols
kovárványos barna erdőtalaj	A Btl B Bt2 Bt3 C	Luvisols
savanyú barna erdőtalaj	A Bw C (R)	Cambisols, Umbrisols
Mocsári erdők talajai		
Mocsári erdők talajai	(Ag) Bwg Cr	Gleysols, Cambisols
Szikes talajok		
szoloncsák	A Cg 2Cg 3Cgk	Solonchaks
szoloncsák-szolonyec	A Btng(k) Cr(k)	Solonchaks
réti szolonyec	A E Btn (Btnh) Cgk	Solonetz, Vertisols
sztyeppesedő réti szolonyec	A Bt Bk Cgn	Chernozems, Vertisols
Réti talajok		
szoloncsákos réti talaj	A Bgz(k) Crz(k)	Solonchaks, Cambisols
szolonyeces réti talaj	A Bgn(k) Crn(k)	Cambisols, Vertisols
réti talaj	A Bkg Cg(k)	Phaeozems, Chernozems, Vertisols,
öntés réti talaj	A B 2Bg(k) 3Cr(k)	Fluvisols, Phaeozems
lápos réti talaj	Ah Bg Cr(k)	Chernozem, Phaeozem
csernozjom réti talaj	A Bg(k) Cr(k)	Chernozems
Láptalajok		
mohaláptalaj	H 2H 3H(k) Cr(k)	Histosols
rétláptalaj	H(k) Cr(k)	Histosols
lecsapolt és telkesített rétláptalaj	Ah AH HCg	Histosols, Chernozems, Phaeozems,
A folyóvizek, tavak üledékeinek, valamint a lejtők hordalékainak talajai		
nyers öntéstalaj	(A) 2B 3C(g)(k)	Fluvisols
humuszos öntéstalaj	A 2B 3B 4Cg	Fluvisols
lejtőhordalék-talaj	A 2B 3B 4C(k)	Regosols

2.3 Archív talajadatok feldolgozása digitális térképezéssel

A digitális talajtérképezés definíciója szerint „*térbeli talajinformációs rendszerek létrehozása és feltöltése terepi és laboratóriumi vizsgálati módszerek, valamint térbeli és egyéb talajtani következtető rendszerek összekapcsolásával*”(Lagacherie & McBratney 2007).

Az alkalmazott determinisztikus, illetve sztochasztikus modellek segítségével mind talajtípusok/csoportok, talajtulajdonságok és/vagy talajfunkciók, degradációs tényezők becslése lehetségessé vált (Dobos et al. 2006). Mivel a talajtérképezés lényegében térbeli predikció (Leenhardt et al. 1994), így a térképek minőségét alapvetően meghatározza megbízhatóságuk egy adott pontban. A digitális talajtérképezési eljárások során gyakran alkalmazott geostatisztikai eljárások – azon belül is a krigelés – lehetővé teszik, hogy egy adott területre ne csupán egy becsült értéket közöljünk, hanem a variancia ismeretében a predikciók megbízhatóságáról is szolgáltathatunk információkat. A módszerek egy része már az 1970-es évektől rendelkezésre állt, ugyanakkor szükség volt a távérzékelési és terepi műszeres vizsgálati módszerek valamint a számítástechnika fejlődéséhez a felhasználható adatok mennyiségének és minőségének javulásához, valamint a nagyméretű adatállományok feldolgozásához. A digitális talajtérképezés kialakulásáról, valamint alapvető módszereiről McBratney et al. (2003) készítettek összefoglaló munkát.

Az elmúlt évtized a digitális talajtérképezéssel kapcsolatos tanulmányok robbanásszerű gyarapodását hozta, melyről rendszeresen születnek áttekintő, összefoglaló kiadványok. (Grunwald 2006; Lagacherie et al. 2007; Hartemink et al. 2008; Boettinger et al. 2010).

2.3.1 A digitális talajtérképezés nemzetközi trendjei

A világ számos országában rendelkezésre állhatnak olyan talajtani információk, melyek a mai napig nem lettek digitalizálva, sok esetben egy, vagy csak néhány példányban állnak rendelkezésre, papír alapon, kitéve az esetleges káreseményeknek. Ezen adatok értékével bizonyos esetekben maguk a tulajdonosok sincsenek tisztában, így előbb utóbb, megfelelő feldolgozás hiányában ezek az adatok elveszhetnek. Rossiter (2008) hangsúlyozta ezt a problémát, egyben be is mutatja, hogy a digitális talajtérképezés hogyan segíthet az adatok megújításában.

Rossiter (2004) összegyűjtötte a világhálón fellelhető információk alapján az akkor létező digitális talajtérképeket, ugyanakkor rámutatott, hogy míg kis méretarányban gyakorlatilag globális lefedettséggel rendelkezünk, a nagyobb méretarányok felé haladva mind ritkábbá és nehezen elérhetővé válnak a talajtani információk.

Számos fejlett ország döntéshozói már befejezett folyamatként tekintenek a talajok felvételezésére és térképezésére, amely megfelelő a mezőgazdasági igények kielégítésére. A globális talajinformációk iránti igények növekedésével, valamint a vizsgálati módszerek fejlődésével ugyanakkor világossá vált, hogy szükséges ezen térképek frissítése, felülvizsgálata, melyre a digitális térképezési módszerek kínálnak viszonylag költséghatékony megoldást (Cook et al. 2008).

Howel et al. (2008) mintaterületükön bemutatták, hogy a digitális térképezés nagy segítség lehet a hagyományos felvételezési munkák megtervezésénél is.

Bár a digitális talajtérképezés nem szigorúan talajosztályozási egységek becslésére fókuszál, számos tanulmány született ebben, a jelen dolgozat szempontjából kritikus témában is.

Mazaheri et al. (1995) az ausztrál talajosztályozás fő egységeinek térbeli eloszlását vizsgálta fuzzy logika alapú módszerrel. Eredményeik alapján a fuzzy módszereket alkalmasnak találták a talajok osztályokba sorolására, így felhasználhatók lehetnek új talajosztályozási rendszerek alkalmazására archív térképi adatok esetén.

Minasny & McBratney (2007a) taxonómiai távolság számítást is alkalmazott a talajosztályok digitális térképezésének kiértékeléséhez. Rámutattak, hogy az osztályozási egységek becslésénél a becslési hiba nem pusztán a megfelelő csoport eltalálásától függ, hanem attól is, hogy az egyes csoportok között milyen mértékű eltérés van tulajdonságaik alapján.

A technológia fejlődésével az egyes DSM projektek által lefedett terület mérete is növekedett (Lagacherie & McBratney 2007), napjainkra elérve a globális szintet a GlobalSoilMap.net projekt révén (Hartemink et al. 2010, Minasny & McBratney 2010).

Debella-Gilo & Etzelmüller (2009) a WRB referencia csoportjait próbálta meghatározni digitális domborzatmodell adatok alapján, norvég mintaterületre. Eredményei jól megfeleltek az elméleti elvárásoknak és a terepi felvételezéseknek, de csak azoknál a referencia csoportoknál, ahol a domborzat egyértelműen domináns talajképző tényezőnek tekinthető.

Egy a talajtanban korábban nem alkalmazott, de az ökológia területén jól szereplő, genetikus algoritmusokon alapuló modellt kísérelt meg talajtípusok archív adatokból kiinduló digitális térképezésére adaptálni Nelson & Odeh (2009). Vizsgálatuk alapján végül a modell nem teljesített jobban a hagyományos döntési fáknál az adott mintaterületen, így megállapították, hogy annak talajtani alkalmazása előtt további fejlesztésre van szüksége.

A távérzékelési adatok talajtérképezési alkalmazásairól Mulder et al. (2011) készített összefoglaló tanulmányt, melyben bemutatják a napjainkban leggyakrabban használt távérzékelési alkalmazásokat, illetve ezek alkalmazhatóságát vizsgálják közepes- és kis méretarányú digitális térképek létrehozásánál.

2.3.2 A digitális talajtérképezés hazai fejlődése

Mivel a hazai archív adatbázisok a legtöbb esetben tartalmaznak pontadatokat, és a közeljövőben nem várható nagyobb talajtérképezési kampány hazánkban, így a világ számos országához hasonlóan hazánkban is előtérbe kerültek az archív adatokat is felhasználó digitális térképezési módszerek. A hazai archív talajadatok digitalizálásával és feldolgozásukkal több hazai kutatóműhely is foglalkozott az elmúlt 15-20 évben.

Bár még nem talajtérképezési, hanem erózió becslési céllal, Kertész & Márkus (1990) digitális modellt hoztak létre, amivel elsősorban domborzati adatokból becsülték a talajréteg vastagságát.

Az 1990-es évek elején Tóth et al. (1991) és Csillag et al. (1993) első sorban a szikes talajok lehatárolására választottak ki spektrális sávokat műholdfelvételekről.

A SOTER módszertan (ISRIC, 1993) alkalmazásával létrehozott HunSOTER adatbázis az agro-topográfiai térképek, az MTA TAKI talajinformációs rendszere (TIR) és a TIM adataira alapozva készült el egyedülállóan részletes, 1:500 000 méretaránybban az egész országra (Várallyay et al. 1994).

Dobos et al. (1997) a digitális domborzatmodellek, mint másodlagos adatforrások felhasználását vizsgálta kis méretarányú talajtérképezéshez. Négy alapvető domborzati jellemzőt vizsgáltak: tengerszint feletti magasságot, lejtésviszonyokat, felszínkonvexitást és felszíntagoltságot. Eredményeik alapján rámutattak, hogy az alapvetően alacsony szintkülönbségű területekre (mint például az Alföld) a felszíntagoltsági mutató jó hatásfokkal alkalmazható kis méretarányú vizsgálatokhoz, elsősorban a hidromorf talajok lehatárolására.

A kis méretarányú talajtérképezéshez felhasználható további másodlagos adatforrásként Dobos et al. (1998) az akkor hozzáférhető AVHRR nagy felbontású sugárzásmérő műszerrel mért értékek és a talajtani adatok kapcsolatának statisztikai vizsgálata mellett az akkor még nem elérhető MODIS adatok felhasználhatóságát is elemezték. A módszertant később tovább fejlesztették (Dobos et al. 2001; Dobos et al. 2002).

Szabó et al. (1998) A tájdegradáció vizsgálatára, illetve szűkebb mintaterületeken az erózió és a szikesedés által befolyásolt területek lehatárolására kombináltak talajtani információkat és műholdfelvételeket.

Illés et al. (2003) „fuzzy” osztályozás alkalmazásával modelleztek termőhelyi viszonyokat, majd a digitális térképezési módszerek erdőgazdálkodási tervezésre való alkalmazhatóságát vizsgálták tőzeges, valamint domb- és hegyvidéki mintaterületeken (Illés et al. 2006). Eredményeik alapján rámutattak, hogy a módszertanhoz kapcsolódó elsődlegesen fejlesztendő területek a környezeti adatbázisok összeállítása, az adatbányászati módszerek fejlesztése, a térbeli hibák kiértékelése, és egy önálló, termőhely-értékelési alkalmazás létrehozása.

A Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (DKTIR) kialakítása és aktualizálása során az archív adatok esetenkénti terepi felülvizsgálatán túl egyéb térbeli adatforrásokra is támaszkodtak. (Pásztor et al. 2006, 2012, 2013).

A hazai talajok szervesanyag-tartalmára hozott létre térinformatikai rendszert Dobos et al. (2007). Munkájuk során a TIM adatai alapján domborzati és műholdadatok felhasználásával hoztak létre 500 m cellaméretű digitális állományt regresszió krigelés alkalmazásával.

Jelen dolgozat szempontjából nagy jelentőséggel bírnak a Bodrogköz területére elvégzett digitális térképezési és harmonizációs munkálatok (Dobos & Kobza 2008; Dobos et al. 2010), mivel itt komoly szerep jutott az adatok WRB-harmonizációjának is. A munka érdekessége, hogy mivel egy határon átnyúló területről van szó, így a magyar adatokon túl a szlovák adatokat is harmonizálni kellett. A pont adatok jelentős részét a DKTIR-ből emelték ki, de felhasználtak 1:10 000 méretarányú térképezési munkákból származó pontokat is. Az osztályozás korrelációját reprezentatív szelvények terepi vizsgálatával és WRB osztályozásával érték el, majd az így kapott adatok alapján műholdadatok segítségével becsülték a WRB referencia csoportokat. Az eredményeket főkomponens analízis segítségével pontosították tovább. A WRB minősítők meghatározásához pedotranszfer függvényeket alkalmaztak, egyes esetekben a referencia csoportokból, máskor az univerzális krigeléssel, illetve ko-krigeléssel előállított talajparaméter-térképekből következtetve a minősítők jelenlétére. Munkájuk bizonyította, hogy lehetséges eltérő forrásból származó archív talajadatokat integrálni, valamint digitális térképezési módszerekkel WRB egységeket térképezni.

A hazai archív és modern adatbázisok harmonizációjában jelentős lépés volt egy egységes talajfizikai talajinformációs adatbázis létrehozása Szentes környékére Bakacsi et al. (2010) által. Munkájukhoz a Kreybig adatbázison és a TIM információin túl – agrogeológiai adatokat is felhasználtak a FAO textúra osztályainak megfelelő rendszer létrehozására.

Sisák & Pőcze (2011) a Balaton környékén egy mintaterületre hozott létre főkomponens-analízis és krigelés alkalmazásával harmonizált adatbázist a talajok fizikai féleségére vonatkozóan, a korábban Sisák & Bámer (2008a) által felvázolt adatok felhasználásával. Eredményeik megerősítették, hogy az adatbázisok integrált felhasználása jelentősen javítja a digitális térképezés hatékonyságát.

Három, talajtípusok becslésére alkalmazható digitális talajtérképezési módszert hasonlított össze Illés et al. (2011a, b): diszkriminancia analízist, klasszifikációs fa és mesterséges neuronhálózat módszereket alkalmaztak egy mintaterületre. A végső térképet a három módszer eredményeinek együttes alkalmazásával hozták létre, és eredményeik alapján megállapították, hogy az egyes módszerek alkalmazásával szemben azok kombinációja esetükben 10%-kal növelte az osztályozás pontosságát.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1 A felhasznált adatok és anyagok

3.1.1 Talajadatok

Mivel munkám elsődleges célja az volt, hogy országosan alkalmazható módszertant dolgozzak ki, így alapvetően három talajtani adatforrásra támaszkodtam, melyeket a 2. fejezetben már részletesen bemutattam:

- A Kreybig-féle Átnézetes Talajismereti Térképezés és a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (Kreybig)
- A Géczy-féle térképek adatai (Géczy)
- 1:10 000 méretarányú üzemi talajtérképezés adatai (Üzemi)

Az adatok térbeli vizsgálatára és a digitális térképezési munkához a Gyöngyösi Kistérség területére a fenti három adatforrásból származó, az MTA ATK TAKI által rendelkezésemre bocsátott adatbázisból indultam ki, melynek tartalmát az 5. táblázat foglalja össze.
Tekintettel arra, hogy a Géczy-térképek esetébe nem rendelkeztem pontadatokkal, a kategorikus térképi adatok krigelésben való felhasználása pedig túlságosan leterhelte volna a számítási kapacitást, így végül az adatok elhagyása mellett döntöttem, azaz a végső digitális térképezési munkában csupán a maradék két adatforrás szerepelt tanuló adatsorként.
A digitális térképezés során a vizsgált WRB egységek térbeli elhelyezkedésének meghatározásához a talajadatokon túl domborzati és távérzékelési adatokat is felhasználtam.

5. táblázat A Gyöngyösi Kistérségre rendelkezésre álló talajadatok

Adatforrás	Adatállomány típusa
Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer	pontadatok, vizsgálati eredményekkel
	talajfolt adatok, kategorikus információkkal
Géczy-féle térképek adatai	talajfolt adatok, kategorikus információkkal
1:10 000 méretarányú üzemi talajtérképezés adatai	pontadatok, vizsgálati eredményekkel
	talajfolt adatok, kategorikus információkkal

3.1.2 Digitális domborzatmodell

A digitális domborzatmodellek talajtérképezési felhasználása hazánkban a digitális talajtérképezés kezdeti időszakától jelentős. Mivel munkám célja egy országos szinten alkalmazható módszertan kidolgozása volt, így a domborzati adatok kiválasztásánál is elsődleges szempont volt azok ingyenes hozzáférhetősége. Két olyan, az internetről szabadon letölthető állományt vizsgáltam, melyek hazánk egész területére rendelkezésre állnak, az SRTM (Jarvis et al. 2006), és az ASTER magassági modelleket vizsgáltam meg a felhasználhatóságuk szempontjából. Utóbbi előnye, hogy felbontása nagyobb (~30x30m-es rács) mint az SRTM adatoké (~90x90m), ugyanakkor bizonyos területeken sok adathiányos cellát tartalmaz. A Gyöngyösi mintaterületre letöltött adatokból is ez derült ki, ugyanis a magasabban fekvő területeken az ASTER szelvény hiányos volt, így végül az SRTM adatok felhasználása mellett döntöttem. (Az ASTER GDEM a METI és a NASA terméke**.)**

3.1.3 Műholdfelvételek

A domborzati adatok mellett műholdas adatállományként a LANDSAT 5 Thematic Mapper (TM) felvételeit használtam fel. Ezek az adatok az előbbiekhez hasonlóan ingyenesen rendelkezésre állnak. A Landsat TM 7 hullámhossz-sávban készít felvételeket, a hatost kivéve (120x120m) 30x30m-es felbontással:

1. 0,45-0,52 µm (kék)
2. 0,52-0,60 µm (zöld)
3. 0,63-0,69 µm (vörös)
4. 0,76-0,90 µm (közeli-infravörös)
5. 1,55-1,75 µm (közép-infravörös)
6. 10,4-12,5 µm (termális-infravörös)
7. 2,08-2,35 µm (közép-infravörös)

Mivel a felvételek értékeit jelentősen befolyásolják a vegetációs viszonyok, ezért több, eltérő időpontban készült felvételt is felhasználtam, az alábbi dátumokkal:

- 2000. október 23. (ősz)
- 2001. február 1. (tél)
- 2002. június 23. (nyár)
- 2003. március 22. (tavasz)
- 2007. szeptember 17. (ősz)

3.2 A mintaterület jellemzői

3.2.1 A Gyöngyösi Kistérség bemutatása

A digitális térképezési munka számára kiválasztott mintaterület természeti környezetének sokféleségéből adódóan ideális egy később más területekre is kiterjeszthető módszertan vizsgálatára.

A Gyöngyösi Kistérség 750,78 m^2 –en terül el az Észak-magyarországi régió délnyugati részén a Mátra hegyvonalát követve. Heves megyében található és 25 településből áll, melyek közül egyedül Gyöngyös rendelkezik városi ranggal: Abasár, Adács, Atkár, Detk, Domoszló, Gyöngyös, Gyöngyöshalász, Gyöngyösoroszi, Gyöngyöspata, Gyöngyössolymos, Gyöngyöstarján, Halmajugra, Karácsond, Kisnána, Ludas, Markaz, Mátraszentimre, Nagyfüged, Nagyréde, Pálosvörösmart, Szűcsi, Vámosgyörk, Vécs, Visonta, Visznek.

A Gyöngyösi kistérség az Északi-középhegység és az Alföld nagytájak találkozásánál található. Két középtáj területén található, ezek a Mátravidék és az Észak-alföldi hordalékkúp-síkság (Dövényi 2010).

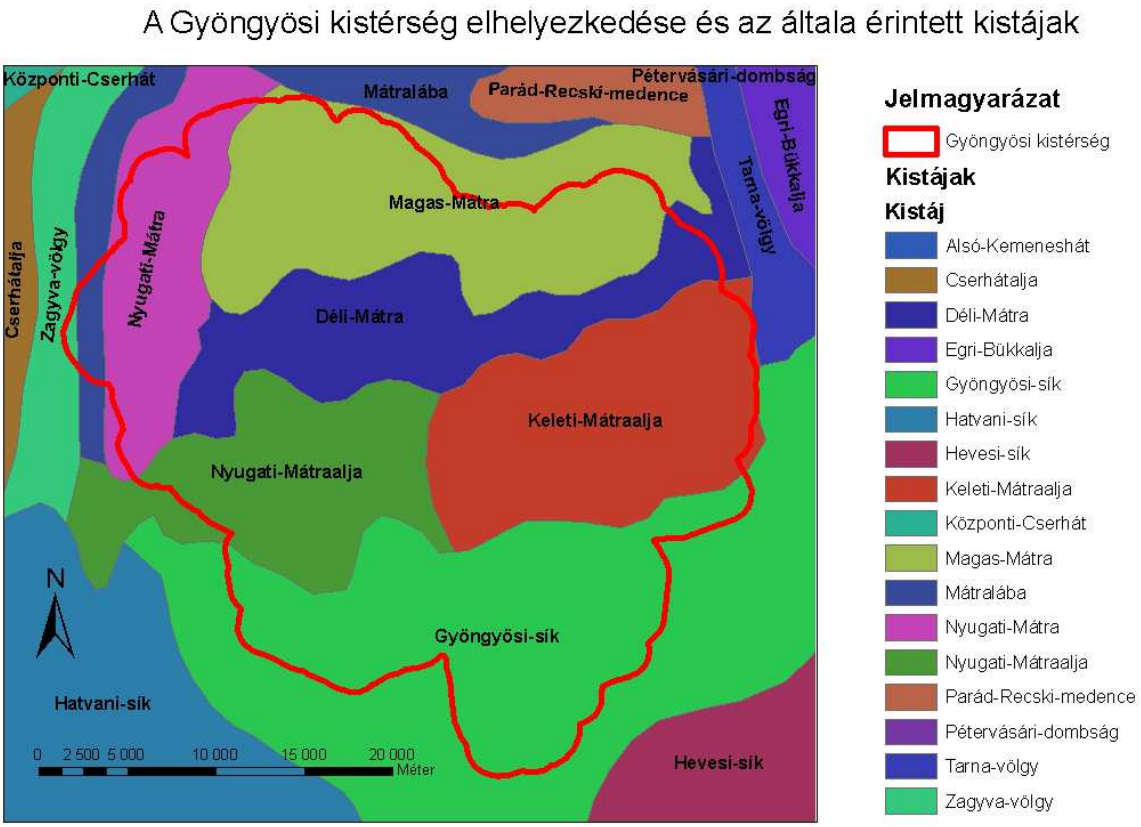
A kistérség öt hegyvidéki (Magas-Mátra, Nyugati-Mátra, Déli-Mátra, Keleti-Mátraalja, Nyugati-Mátraalja – Mátravidék középtáj) és egy síksági (Gyöngyösi-sík - Észak-alföldi hordalékkúp-síkság középtáj) kistájon fekszik (1. ábra).

A környezeti erőforrások számos típusa található a kistérség területén. A táj karaktere rendkívül sokszínű, domborzata változatos.

A terület jellemző felszíni kőzetei: andezit, dácit és riolittufa, márga, homokkő, agyag, hordalékkúp- és lejtőtörmelék-anyag, löszös homok, homokos lösszel fedett futóhomok, infúziós lösz, folyóvízi feltöltés.

Éghajlata a területtől függően változik a mérsékelten meleg, száraz és a mérsékelten hűvös, nedves között, elsősorban a tengerszint feletti magasság és a domborzati viszonyok függvényében.

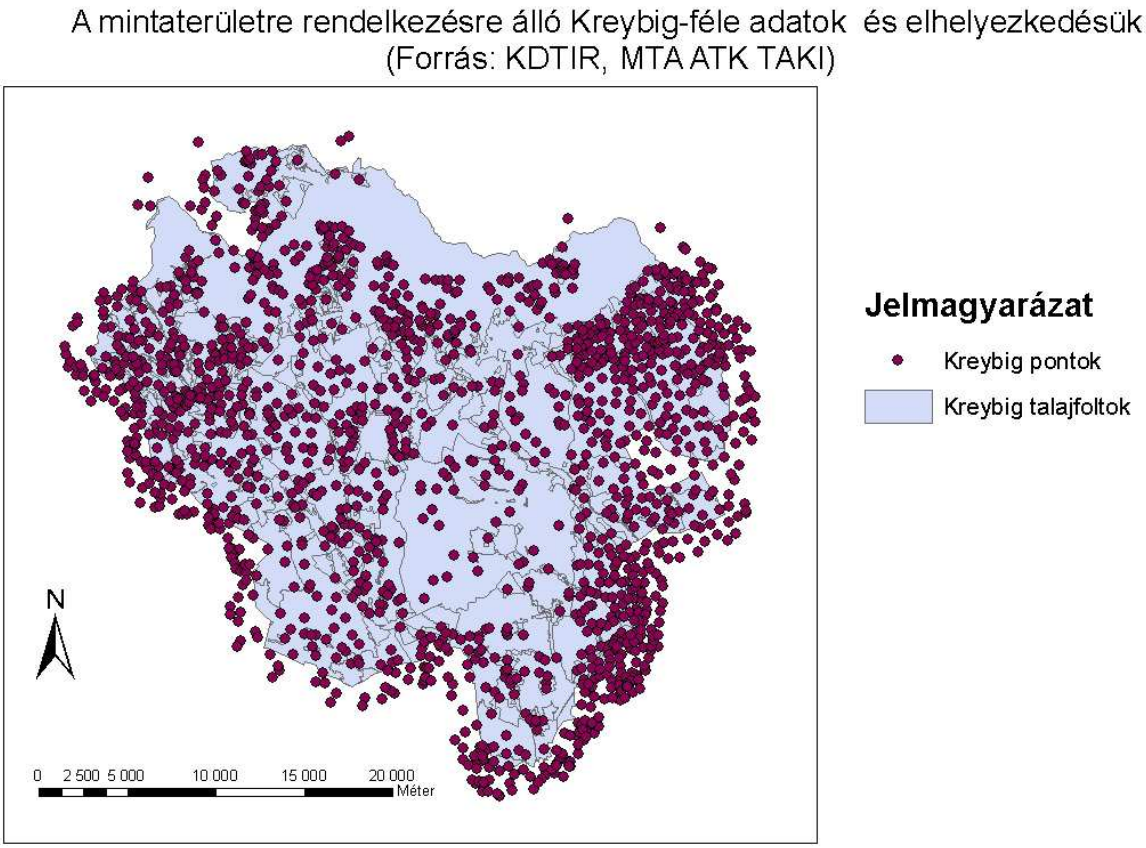
A csapadék éves átlaga 550 és 700 mm közötti.



1. ábra A Gyönyösi kistérség mintaterület

3.2.2 A Kreybig-féle Átnézetes Talajismereti Térképezés és a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (Kreybig)

A mintaterületre 224 db Kreybig szelvény állt rendelkezésre, összesen 700 talajszinttel. Az ún. a nem-reprezentatív szelvényekre csak a terepi mérések adatait tartalmazza az adatbázis, ám mivel a digitális térképezés szempontjából a mintavételi pontok minél magasabb száma kritikus jelentőségű, így dolgozatomban valamennyi szelvény adatait felhasználtam. A talajszelvények térbeli eloszlásáról a 2. ábra nyújt információt.



2. ábra A DKTIR pontjai és talajfoltjai a Gyöngyösi kistérség területén

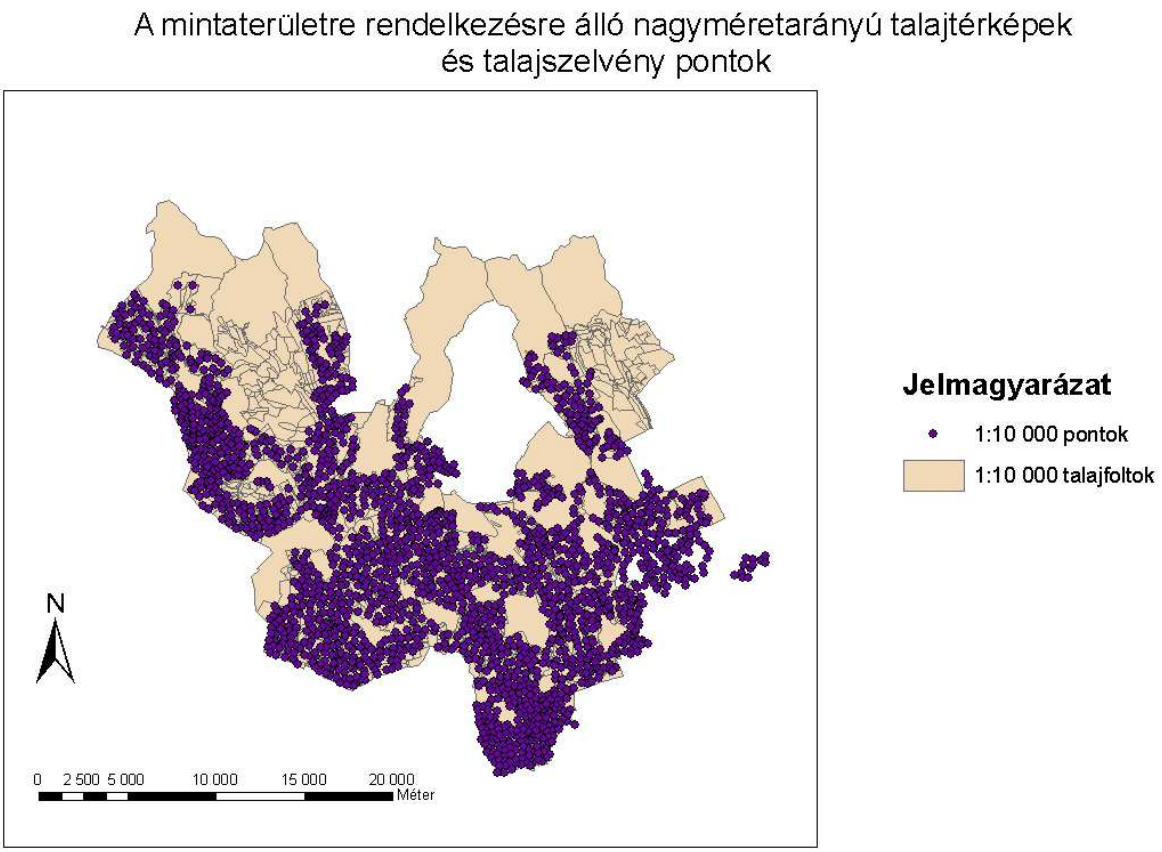
3.2.3 A Géczy-féle térképek adatai (Géczy)

Mivel szelvényadatok nem álltak rendelkezésemre, így Géczy-térképek adatait a digitális térképezés céljára nem használtam fel.

Ennek ellenére, a többi adatbázissal való összehasonlításra a talajfoltok térbeli kiterjedése alapján vizsgáltam a fizikai jellemzők térbeli kiterjedését.

3.2.4 Az 1:10 000 méretarányú üzemi talajtérképezés adatai (Üzemi)

A térképezés adatai országos szinten is csak a mezőgazdasági területek egy részére állnak rendelkezésre, így a mintaterületen való előfordulásukat tulajdonképpen reprezentatívnak tekinthetjük a hazai viszonyokra (3. ábra).



3. ábra A mintaterületen felhasznált üzemi talajtérképek és talajszelvényeik elhelyezkedése

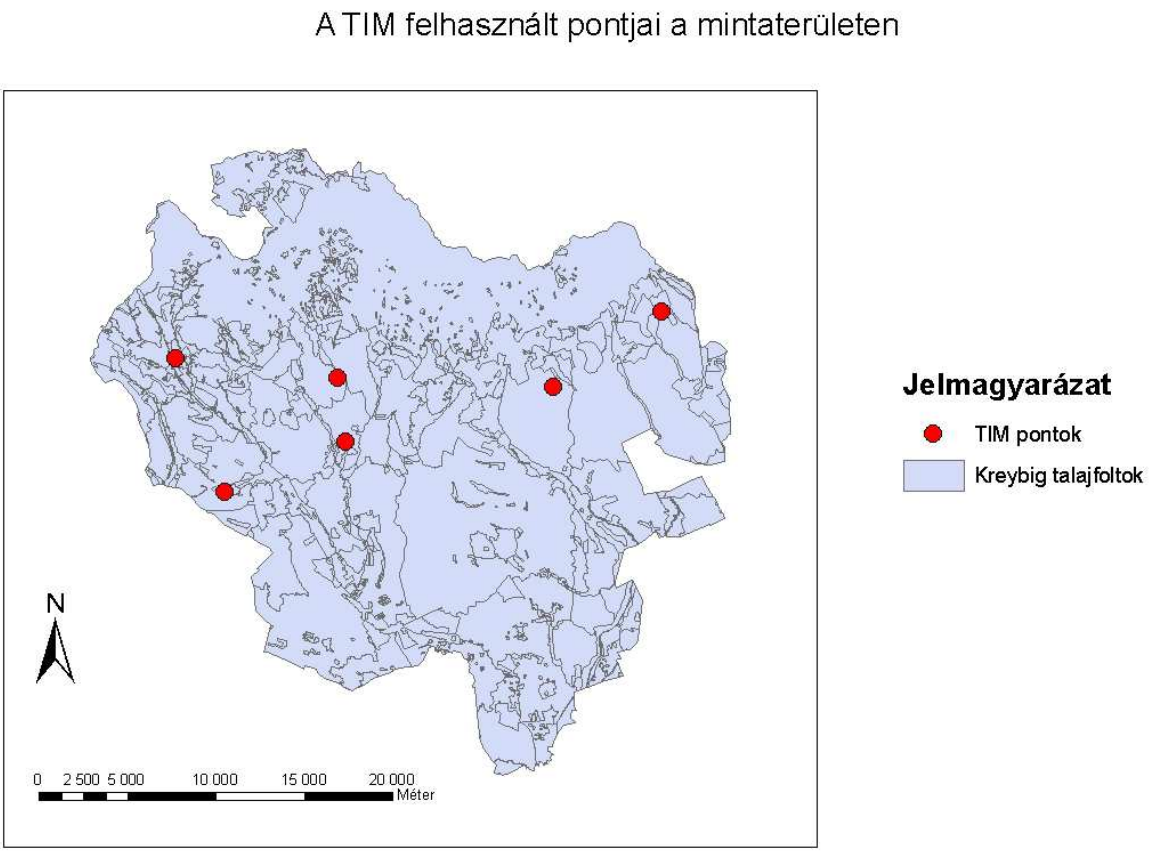
3.2.5 A Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer adatai (TIM)

A digitális térképezés eredményeinek ellenőrzésére használtam fel a TIM hat, a vizsgált területen található pontját (4. ábra). Tekintettel arra, hogy az adatbázis forrásanyaga a vizsgált három archív állományhoz képest új, módszertana és információ tartalma lényegesen könnyebben összeegyeztethető a WRB követelmény-rendszerével. Michéli et al. (2011) módszertana alapján a TIM pontjaira számíthatóak a hazai területeken előforduló WRB egységek.

Bár a TIM országos lefedettséggel rendelkezik, kialakítása nem felvételezési, térképezési célokat szolgált, hanem reprezentatív talajok időbeli nyomon követését, monitorozását.

Tekintettel arra, hogy a területen csak hat pont volt, illetve, hogy az adatokat a térképezés során nem használtam fel bemeneti változóként, így az adatokon további részletes elemzést nem végeztem.

Az adatokat a NÉBIH bocsátotta a rendelkezésemre.



4. ábra A TIM hat, a Gyöngyösi kistérség területén található pontja a DKTIR talajfoltjaihoz képest

3.3 Az alkalmazott módszerek

Munkám alapvető célja egy általánosan alkalmazható módszertan kialakítása volt, így a rendelkezésre álló adatokat figyelembe véve az archív adatokra alapozó modern talaj-felvételezés és térképezés két, alapvetően egymásra épülő szintjén vizsgáltam a WRB-megfeleltetési problémákat:

1. A talajszelvény szintjén
2. A talajtérképek szintjén.

Az első szint adatai többnyire táblázatos formában állnak rendelkezésre, így az alkalmazott módszertan csupán az adatbázis kezelés szintjén eltérő.

Talajszelvény adatok esetében a WRB követelményrendszerét is figyelembe véve kézenfekvő volt az alapjaiban Eberhardt & Waltner (2010) által a leíró jellegű talajadatokra javasolt WRB-algoritmusok módszerének részletes hazai kidolgozása archív adatokra. Ezek kialakításuk után az egyes adatbázisokra viszonylag könnyen alkalmazhatóak, így lehetővé téve a talajszelvény adatok tömeges WRB-harmonizációját.

3.3.1 Korrelációs algoritmusok (szelvény-adatok)

Tekintettel arra, hogy az archív talajadatoknak ma már jelentős része rendelkezésre áll digitális adatbázis formájában, munkám során három ilyen hazai adatbázis felvételezési módszertanából kiindulva vizsgáltam, hogy a bennük tárolt adatok milyen mértékben használhatók fel a nemzetközi harmonizációra. Vizsgálataim fókuszában a WRB állt, mint a talajtani korreláció nemzetközileg elfogadott eszköze.

A módszertan alapjait a Michéli és munkatársai (2011) által a WRB-re kidolgozott egyszerűsített algoritmusok képezik. Ezek kiemelték az egyes WRB egységeknél kritikus tulajdonságokat, melyeknek meghatározó szerepük van az adott egység meghatározásakor. Az algoritmusok hazai adaptálásakor a TIM módszertanát vették első sorban figyelembe.

A WRB 65 diagnosztikai szintjéből, tulajdonságából és talajanyagából 28 nem fordul elő hazai viszonyok között:

- *Diagnosztikai szintek:* Cryic, Duric, Ferralic, Fragic, Fulvic, Gypsic, Melanic, Nitic, Petroduric, Petrogypsic, Petroplinthic, Pisoplinthic, Plinthic, Sombric, Spodic, Takyric, Thionic és Yermic szint.
- *Diagnosztikai tulajdonságok:* Kilúgzott, kifakult nyelves benyúlások; Andic, Aridic, Ferralic, Geric és Vitric tulajdonságok.

– *Diagnosztikai anyagok:* Gypsiric, Ornithogenic, Sulphidic és Tephric anyag.

További 9 pedig antropogén vagy városi környezetre jellemző (Anthraquic, Anthric, Hortic, Hydragric, Irragric, Plaggic és Terric szintek, műtermékek, mesterséges kemény kőzet). Ezeket vizsgálataim során nem vettem figyelembe, mivel a hazai adatbázisok nem tartalmazzák a szükséges információkat.

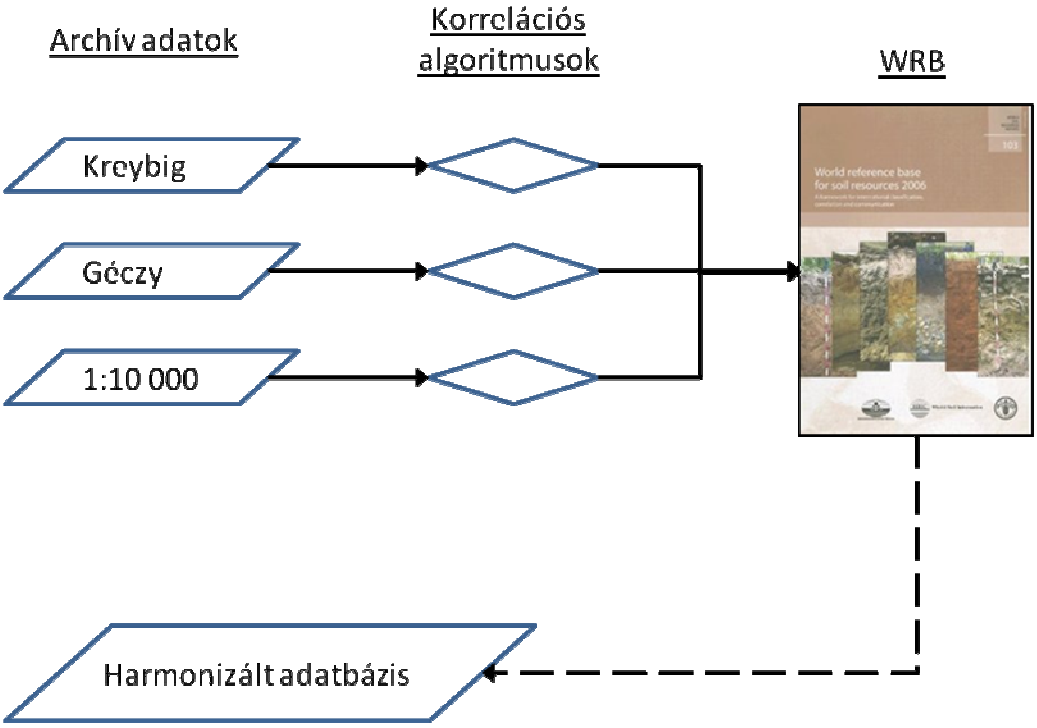
A fennmaradó 28 WRB diagnosztika kritériumaira, valamint 30, többnyire ezekből származtatható WRB minősítőre megfeleltetési módszertant dolgoztam ki mindhárom adatbázisra.

A három adatbázis eltérő felvételezési és mintázási útmutatót, valamint részben eltérő laboratóriumi módszereket használt.

A korrelációs szabályok kialakítása során bizonyos esetekben szakértői tapasztalatokat kellett figyelembe venni, hogy mérlegelni lehessen az egyes archív adatok beilleszthetőségét a mai adatbázisokba. Ennek következtében alkalmanként kénytelen voltam igen korlátozott adatokból származtatni WRB diagnosztikai egységeket („diagnosztikákat”) vagy minősítőket.

A kialakított korrelációs szabályok értékelésénél és felhasználásánál meg kell jegyezni, hogy ezek csupán „legjobb megközelítést” jelentenek a vizsgált hazai talajadatokra és semmiképpen sem tekinthetők egy az egyben megfeleltetésnek.

A kidolgozott algoritmusok módszertani szerepét szemlélteti az 5. ábra.



5. ábra A felállított korrelációs algoritmusok alkalmazásának folyamata

3.4 A talajdatok előzetes vizsgálata

A kidolgozott algoritmusok segítségével példákon keresztül összehasonlítottam a mintaterületre rendelkezésre álló három archív adatbázist. Figyelmem középpontjában elsősorban a WRB egységek térbeli elhelyezkedése volt, illetve annak változása a különböző források alapján.

A térinformatikai adatok megjelenítésére és feldolgozására részben a SAGA geoinformatikai szoftvercsomagot (System for Automated Geoscientific Analyses 2008) használtam. A szoftver egyik előnye, hogy nyílt forráskódú, ingyenesen hozzáférhető, így a dolgozat eredményei könnyebben és jobban reprodukálhatóak. A SAGA másik nagy előnye, hogy számos, jól használható modullal rendelkezik a raszteres alapú, így domborzat- vagy távérzékelési adatok feldolgozására és vizsgálatára.

A SAGA alapvető raszter-orientált jellegéből adódóan egyes vektoros műveletekhez a Quantum GIS programot használtam, amely ugyancsak nyílt forráskódú, ám elsősorban vektoros adatok feldolgozására fejlesztették ki (Quantum GIS Development Team 2012).

A korrelált adatok előzetes vizsgálata alapján nyilvánvalóvá vált: ahhoz, hogy az osztály jellegű adatokra alkalmazhassam a technikát – az egyes WRB egységek jelenlétére 1, míg hiányukra 0 értéket kaptak a mintavételi pontok algoritmusok alapján – a térbeli kiterjesztéskor elsősorban előfordulási valószínűséget jelző térképek létrehozására kell törekednem.

A harmonizált adatok térbeli kiterjesztésének vizsgálatához, olyan WRB egységekre volt szükség, amelyeket mindhárom adatbázisból lehet becsülni, valamint a vizsgált területen is rendelkeznek megfelelő térbeli változatossággal ahhoz, hogy a térképezési munka megfelelő színvonalon kiértékelhető lehessen.

A pontadatok térbeli eloszlásának ellenőrzésére a teljes random ponteloszlás módszert (complete spatial randomness, CLS) alkalmaztam. A módszer nullhipotézise, hogy a pontok a vizsgált területen egymástól függetlenül, egyenletesen oszlanak el. A véletlenszerű eloszlás közelítésére a Poisson-eloszlást veszi alapul. A vizsgálat során a G függvényt alkalmaztam, amely az egyes pontok legközelebbi szomszédaitól mért távolságán alapul. A teljes véletlenszerű eloszlás vizsgálatára az empirikus $\hat{G}$ (r) függvény adatait az elméleti G (r) eloszlással együtt ábrázoljuk. A klaszterekbe csoportosult pontok esetében a megfigyelt pontok közelebb lesznek egymáshoz mint az elméleti távolság, míg egy rendszerezett eloszlás a becsültnél magasabb távolságokat fog adni.

3.5 Digitális térképezés

3.5.1 A segédváltozók előkészítése

Domborzati adatok

A domborzati adatok a digitális talajtérképezés során leggyakrabban alkalmazott környezeti változók, ám nem csupán a „nyers” magassági adatokat, hanem azokból számított további domborzati mutatókat is széles körben alkalmaznak (Dobos & Hengl 2009). Témámhoz kapcsolódóan tehát logikus volt néhány ilyen mutató alkalmazása. A SAGA programcsomag moduljainak alkalmazásával a magassági adatokból az alábbi paramétereket számítottam:

- lejtőszög
- konvergencia index
- lejtőhajlás
- lefolyási viszonyok
- anyagmérleg
- nedvességi index
- vízhálózattól való függőleges távolság
- felszín érdességi index

Landsat műholdfelvételek

Tekintettel arra, hogy a Landsat 5 TM hét sávja egyszerre túl sok, egymással korreláló adatot hordoz, így főkomponens analízis alkalmazásával a 7 sávot 4 főkomponensre redukáltam.

A fentiek mellett a műholdfelvételből számított NDVI növényborítási indexet is csatoltam külön rétegként a digitális talajtérképezést szolgáló adatbázishoz.

A fentiek alkalmazásával minden időpontra 5 db raszter réteg jött létre, azaz a Landsat felvételekből összesen 5x5 = 25 réteg került végül a digitális térképezési fázisba.

3.5.2 Geostatisztika, regresszió krigelés

Mint azt az irodalom rész 2.3-as pontjánál is tárgyaltam, a digitális térképezés eszköztárának egyik legszélesebb körben használt ága a geostatisztika, azon belül is kitüntetett szerepe van a krigelés különböző alkalmazásainak.

Ripley (2004) szerint a térbeli (geo-) statisztika lényegében egy olyan folyamat, mely során térbeli adatokból összefoglaló statisztikát készítünk, majd azt összehasonlítjuk a térbeli minták eredetét és kialakulását megmagyarázó elméleti modellekkel. Ez a geostatisztikai módszerek digitális

talajtérképezési alkalmazása esetében a leggyakrabban azt jelenti, hogy a vizsgált talajtulajdonság térbeli változását mért adatok alapján, annak térbeli változását leíró, illetve a vele közvetlen vagy közvetett térbeli kapcsolatban álló (általában a mért adatnál könnyebben és olcsóbban hozzáférhető) környezeti változókat figyelembe véve kíséreljük meg leírni valamilyen matematikai modell segítségével. A modell felállítása után az adatok a környezeti változók alapján olyan helyekre is becsülhetőek, ahol az eredeti tulajdonságot nem vizsgálták.

A krigelés, mint interpolációs módszer lényege, hogy a vizsgált tulajdonság értékét egy adott $\mathbf{s_0}$ pontra úgy közelíti, hogy az ismert ($\mathbf{s_1}$, $\mathbf{s_2}$, … $\mathbf{s_i}$) pontokban ismert értékek alapján olyan lineáris interpolációs függvényt keres melynek segítségével (az ismert pontok megfelelő súlyozásával) a becsült pontra vonatkozó variancia a lehető legkisebb.

A krigelés általános változata (ordinary kriging, OK) az alábbi képletet alkalmazza becslésre:

$$Z(s) = \mu + \varepsilon'(s) \tag{1}$$

ahol μ az állandó függvény (globális számtani középérték), míg ε´(s) a sztochasztikus komponens. Mint látható, a módszer feltételezi, hogy minden változás statisztikai, trend nincs, és a felület középértéke állandó. A módszer a becsléseket a

$$\hat{z}_{OK}(\mathbf{s}_0) = \sum_{i=1}^{n} w_i(\mathbf{s}_0) \cdot z(\mathbf{s}_i) = \lambda_0^{\mathrm{T}} \cdot \mathbf{z} \tag{2}$$

képlet alapján számolja, ahol λ_0^T a (w_i) krigelési súlyok vektora, **z** pedig az *n* darab minta vektora.

A krigelés módszerénél bevezetett újdonság az úgynevezett félvariancia, melyet a szomszédos értékek különbsége alapján számolnak:

$$\gamma(\mathbf{h}) = \frac{1}{2} E\left[\left(z(\mathbf{s}_i) - z(\mathbf{s}_i + \mathbf{h})\right)^2\right] \tag{3}$$

ahol ($\mathbf{s}_i$) a vizsgált tulajdonság értéke egy mintázott helyen, z ($\mathbf{s}_i$ + **h**) pedig a szomszéd minta értéke $\mathbf{s}_i$ + **h** távolságra. Ha feltételezzük, hogy *n* pontra rendelkezünk mintával, akkor n(n – 1)/2 ilyen értékpárunk lesz, melyekre a félvarianciát számíthatjuk. A félvariancia értékek pontok közötti távolság szerinti ábrázolásával kapjuk az úgynevezett variogram felhőt. A félvariancia értékek egységes lépésenkénti megjelenítésével a nehezen értelmezhető variogram felhők helyett ún. félvariogramot kapunk (a szakemberek többsége többnyire csak a *variogram* kifejezést használja helyette). Erre illeszthető a variogram modell, melyet az interpoláció során használ a módszer.

A krigelést és elméleti hátterét részletesen számos tan- és szakkönyv tárgyalja, alapvető bevezetést ad Szabó (2011), míg részletesebb, átfogó képet nyújt Goovaerts (1997), Nielsen & Wendroth (2003), illetve Webster & Oliver (2007).

Számos geostatisztikai módszer alkalmazható környezeti változók térképezésére. Egy rendkívül széles körűen alkalmazható ezek közül a regresszió krigelés (RK), melynek speciális eseteként felfogható a legtöbb egyéb krigelési módszer (Hengl 2011).

A regresszió krigelés lényege, hogy a térbeli eloszlási függvény determinisztikus összetevőjét (trendet) regresszió analízis segítségével meghatározzuk a segédváltozók alapján, majd a determinisztikus részt eltávolítva csak a reziduális hibára számítjuk a variogramot, és a determinisztikus részt utólag illesztjük a krigelt értékekre.

A módszer előnye, hogy az elkülönített trendet nem csupán lineáris módszerekkel lehet modellezni, mint más krigelési technikáknál. Általános tapasztalat, hogy az utólag illesztett trenddel többnyire jobb minőségű térképek készíthetőek.

A módszer hátránya, hogy nagy mintaszámot igényel, valamint a pontok viszonylag egyenletes térbeli eloszlását, mivel a pontok klaszterei komolyan torzíthatják a regressziós koefficiens értékét. Ez megnyilvánulhat az R^2 érték torzulásában is.

Mind Minasny és McBratney (2007b) rámutattak, hogy a regresszió krigelés megfelelő mintaszám mellet megbízható eredményt ad, és nagyobb számú segédváltozó alkalmazása esetén is felhasználható.

Hátrányai ellenére a regresszió krigelés mint módszer alkalmasnak tűnt a teszterületen való alkalmazásra. Bár az üzemi térképezés és a Kreybig adatbázis pontjainak sűrűsége eltérő, a két adatbázis bizonyos esetekben jól kiegészíti egymást a terület nagyobb, mezőgazdasági szempontból aktívabb részén. A módszer alkalmazása mellett szólt az is, hogy a WRB-algoritmusok által becsült adatok bináris jellegéből adódóan a lineáris modellek nehezen illeszthetőek a mintákra. Ez utóbbi előnyét ki is használtam, a lineáris regresszió helyett ugyanis a bináris adatokra jobban alkalmazható logisztikus regressziót használtam.

A regresszió krigelést összesen 34 bemeneti segédváltozó adatréteggel végeztem (20 Landsat főkomponens, 5 NDVI, 9 domborzati jellemző), két WRB egységre: a **calcaric anyag**ra és a **clayic minősítő**re. Míg előbbi elsősorban a talaj kémiai állapotáról ($CaCO_3$ tartalom), utóbbi a fizikai féleségről (agyagtartalom) nyújt mezőgazdasági szempontból kiemelkedően fontos információt.

3.5.3 Az alkalmazott digitális térképezési módszertan

A jelen dolgozathoz alkalmazott regresszió krigelés módszertana javarészt a Hengl (2011) által leírt módszertant veszi alapul, ám azt több ponton módosítottam, illetve kiegészítettem az adatok és a célkitűzések figyelembevételével.

A térinformatikai elemzéseket a SAGA programcsomaggal, míg a statisztikai, geostatisztikai vizsgálatokat az R szoftvercsomag (R Development Core Team 2012) sp (Bivand et al. 2008), maptools (Bivand & Kewin-Koh 2013), lattice (Sarkar & Deepayan 2008), gstat (Pebesma 2004), rgdal (Bivand et al. 2013) és spatstat (Baddeley & Turner 2005) csomagjaival végeztem.

A felhasznált bemeneti adatokat és felhasználásukat egyszerűsítve a 6. ábra foglalja össze.

A pontos munkamenet az alábbi volt:

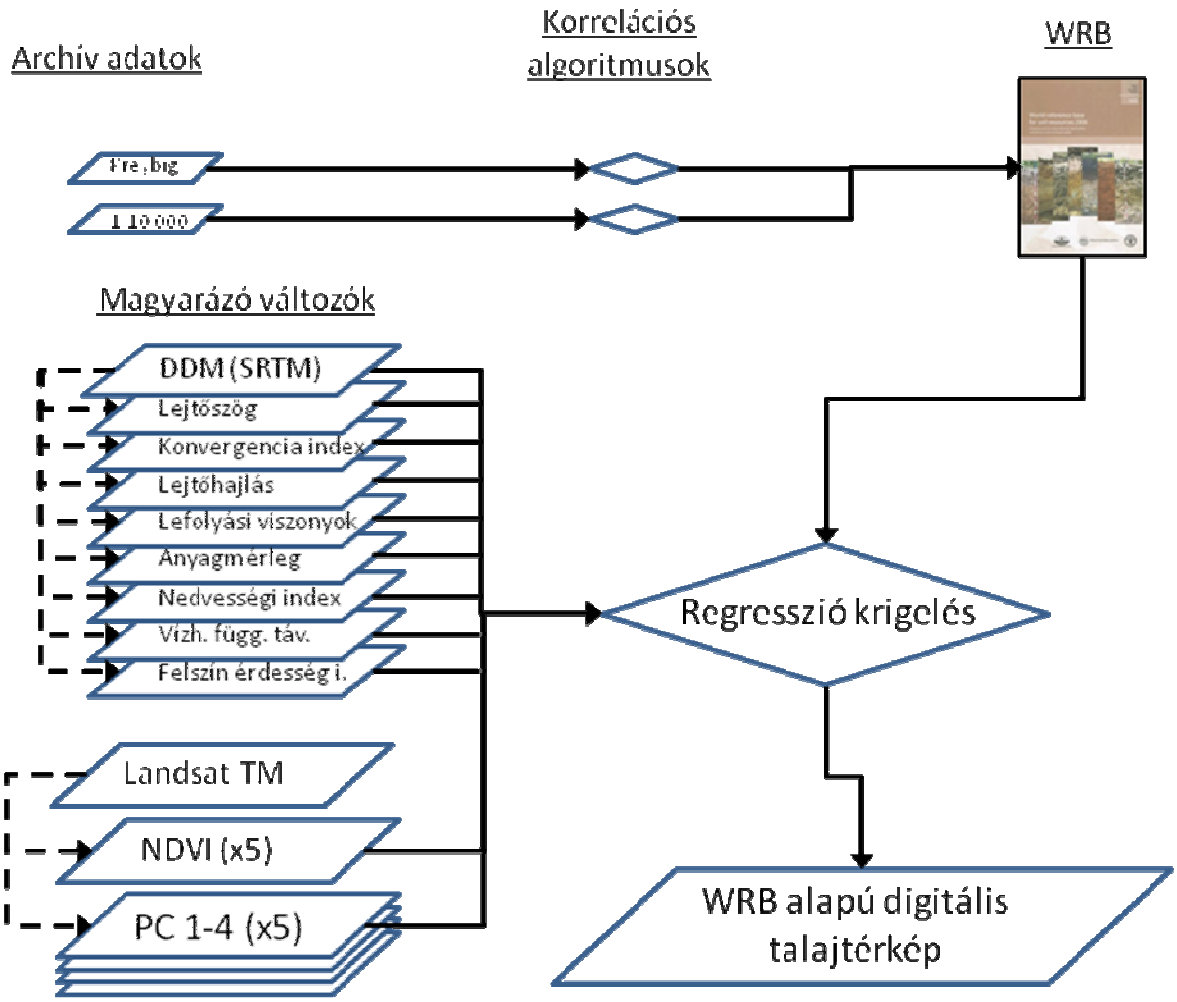
1. A raszter állományok átalakítása egységes, 100 x 100 m cellaméretre.
2. Az adatok szétválasztása tanuló és teszt populációra.
3. A felhasznált adatok előzetes statisztikai vizsgálata.
4. A segédváltozók multikollinearitásának csökkentése, a változók helyett főkomponensek számításával.
5. Logisztikus regressziós modellt illesztettem a tanuló populációra a főkomponensek felhasználásával mindkét vizsgált WRB egységre.
6. Lépcsős (stepwise) regresszió alkalmazásával csökkentettem a vizsgálandó főkomponensek számát.
7. Variogram modellt illesztettem a reziduális hibákra, valamint az egyszerű krigelés kivitelezéséhez az alapadatokra is.
8. Elvégeztem magát a krigelést mindkét esetben (OK és RK).
9. Az adatokat exportáltam térinformatikai programok által hozzáférhető formátumba.
10. Az eredményeket mind térinformatikai, mind statisztikai módszerekkel kiértékeltem.

3.5.4 Az eredmények ellenőrzése

Az eredmények statisztikai vizsgálatát Baldi és munkatársai (2000) alapján, az eredeti adatokból elkülönített tesztadatok és a hat TIM pont felhasználásával végeztem.

A teszt- és forrásadatok alapján öt különböző hozzátartozási határérték esetén meghatároztam a találati arányok átlagából képzett Qα mutatót, valamint a Pearson-féle korrelációs együtthatót.

A TIM esetében a tesztszelvények alacsony száma miatt csupán találati táblázat felállítására volt lehetőség.



6. ábra A digitális térképezés bemeneti paraméterei és felhasználásuk sematikus ábrája

4. EREDMÉNYEK

4.1 Az archív adatok WRB-megfeleltetése

Munkám során vizsgáltam, hogy a kifejlesztett korrelációs szabályok felhasználásával milyen arányban lehet információt kinyerni az archív adatokból a WRB diagnosztikák, illetve minősítők meghatározására.

A 6. táblázat összefoglalja a WRB követelmények és a vizsgált adatbázisok tartalmának összehasonlítását. Számos esetben a konkrét adattípus nem állt rendelkezésre (a táblázatban ezeket szürkével jelöltük), ugyanakkor voltak olyan egyéb paraméterek (kategorikus, vagy származtatott adatok), amelyek segítségével – ha egzakt, numerikus módon nem is, de – következtetni lehet az adott tulajdonságra. Az adatokkal kapcsolatos problémák közül a leginkább jellemző a mélységi értékek korlátozott száma volt. Mindhárom „archív" adatbázis adatainak egy részét feltalaj-altalaj felosztásban kezelte, ami a WRB precíz mélységi kritériumainak való megfeleltetést sok esetben megnehezíti vagy kizárja. Összehasonlításként szerepelnek a táblázatban a TIM jellemzői is Michéli et al. (2011) alapján.

A 7., 8. és 9. táblázatok bemutatják, hogy a vizsgált 28 WRB diagnosztikai elemből (15 szint, 8 tulajdonság, 5 anyag), illetve a 29 vonatkozó WRB minősítőből melyekhez sikerült legalább közelítő mértékű adatforrást találni az egyes forrásokból. A zöld szín a lehetséges megfeleltetést, a sárga szín a korlátozottan lehetséges megfeleltetést, míg a piros szín a megfeleltetéshez szükséges adatok hiányát jelzi.

Az eredmények alapján látható, hogy a diagnosztikai szinteket figyelembe véve a vizsgált archív adatforrások a szintek többségénél nem rendelkeznek elegendő információval azok meghatározásához. Ez a WRB módszertanát követve kizárja a talajadatok WRB-besorolását, mivel annak a legtöbb referencia csoport esetén feltétele valamely diagnosztikai szint jelenléte, vagy kizárása. Az adatok hiányából következik, hogy nem csupán az egyes szintek pozitív azonosítása, hanem jelenlétük kizárása is jelentősen nehezül. Ugyanakkor látható, hogy a diagnosztikai tulajdonságok és anyagok esetén már nem ilyen rossz a helyzet.

Megfigyelhető, hogy az adatbázisok – kevés kivételtől eltekintve ugyanazoknál a WRB egységeknél mutatnak fel adathiányt. Ez magyarázható a hasonló módszertannal, illetve a Géczy-féle térképek esetében a Kreybig térképek felhasználásával.

6. táblázat A kiválasztott WRB kategóriák által igényelt 15 legfontosabb talajtulajdonság és elérhetőségük a vizsgált adatbázisokban

Talajtulajdonság	**Géczy**	**Kreybig**	**1:10 000**	**TIM**
a) Talaj színe (Munsell)				
b) Mélységi adatok				
c) FAO talajszint jelölések				
d) Agyagtartalom				
e) Mésztartalom (%)				
f) Másodlagos karbonátok				
g) Szerves szén (%)				
h) Talaj textúra				
i) Szerkezet				
j) Bázistelítettség (%)				
k) Kicserélhető Na-tartalom (%)				
l) Elektromos vezetőképesség				
m) pH				
n) Anyakőzet				
o) Durva részek aránya				
p) Glejes mintázat				
q) Homoktartalom				
r) Vályogtartalom				
s) Kationcsere kapacitás				

Megjegyzés: Adatbázisok: Géczy: A Géczy-féle térképek adatai; Kreybig: Kreybig-féle Átnézetes Talajismereti Térképezés és a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer; 1:10 000: az 1:10 000 méretarányú üzemi talajtérképezés adatai, TIM: Talajvédelmi információs és Monitoring Rendszer. *Jelmagyarázat:* **zöld**: hozzáférhető, **sárga**: korlátozottan hozzáférhető, **piros**: nem áll rendelkezésre

.

7. táblázat Az egyszerű megfeleltetési szabályok alkalmazásának lehetőségei a WRB diagnosztikai szintek esetében

Diagnosztikai szintek

	Géczy	Kreybig	Üzemi	TIM
Albic szint				
Argic szint				
Calcic szint				
Cambic szint				
Ferric szint				
Folic szint				
Histic szint				
Mollic szint				
Natric szint				
Petrocalcic				
Salic szint				
Spodic szint				
Umbric szint				
Vertic szint				
Voronic szint				

Megjegyzés: Adatbázisok: lásd 6. táblázat

8. táblázat Az egyszerű megfeleltetési szabályok alkalmazásának lehetőségei a WRB diagnosztikai tulajdonságok és anyagok esetében

Diagnosztikai tulajdonságok

	Géczy	Kreybig	Üzemi	TIM
Textúrában				
Tömör kőzet				
Gleyic				
Talajképző				
Reduktív				
Másodlagos				
Stagnic				
Vertic				
Diagnosztikai anyagok				
Calcaric				
Colluvic				
Fluvic anyag				
Limnic anyag				
Organic				

Megjegyzés: Adatbázisok: lásd 6. táblázat

9. táblázat

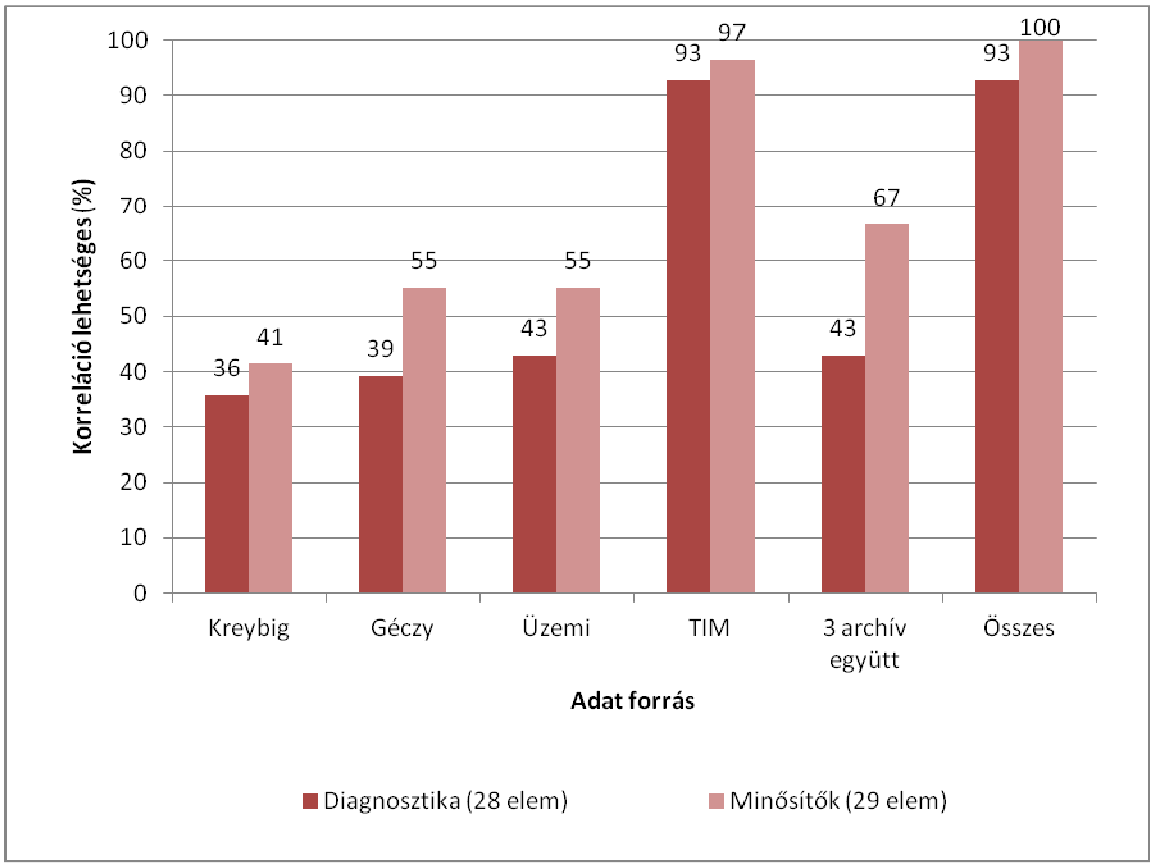
Az egyszerű korrelációs szabályok alkalmazásának lehetőségei a WRB minősítők esetében

Minősítők	***Géczy***	***Kreybig***	***Üzemi***	***TIM***
Albic ab				
Arenic ar				
Calcaric ca				
Calcic cc				
Cambic cm				
Clayic ce				
Cutanic				
Dystric dy				
Eutric eu				
Fluvic fv				
Gleyic gl				
Histic hi				
Humic hu				
Lamellic ll				
Leptic le				
Lithic li				
Luvic lv				
Mollic mo				
Natric na				
Nudilithic nt				
Protic				
Rendzic rz				
Salic sz				
Siltic sl				
Skeletic sk				
Sodic so				
Stagnic st				
Umbric um				
Vertic vr				

Megjegyzés: Adatbázisok: lásd 6. táblázat

A fenti táblázatok összesítéseként a 7. ábra bemutatja, hogy a vizsgált 28 WRB diagnosztikára, illetve 29 minősítőre milyen arányban volt lehetséges a megfeleltetés. A jobb áttekinthetőség kedvéért a felhasznált adatbázisok a felmérések időpontja szerint vannak felsorolva.

Az ábrában megfigyelhető egyfajta időben emelkedő trend a WRB-be beilleszthető adatok mennyiségét tekintve. Ennek valószínűsíthető magyarázata a módszertanok fejlődése. Jól látható továbbá, hogy míg önmagában egyetlen adatbázis sem képes információt szolgáltatni valamennyi Magyarországon előforduló WRB egységre, kombinációjukkal – főleg a minősítők esetében – lényeges javulás érhető el.



7. ábra Az egyes adatbázisok által elérhető „legjobb” megfelelés a WRB követelményeinek

4.1 Az egyes adatbázisokra kidolgozott algoritmusok WRB egységenként

Az alábbiakban bemutatom a Michéli és munkatársai által kidolgozott (2011) egyszerűsített harmonizációs algoritmusok alapján az egyes WRB egységekre kidolgozott döntési folyamatokat mind a három vizsgált adatbázis esetén. Megfelelő bemutatásukhoz elengedhetetlen a WRB adott definíciójának ismertetése, így ezek saját, nem hivatalos fordításai az eredeti dokumentumnak (IUSS Working Group WRB 2007). Minden esetben készült döntési fa is, ám ezeket – a calcic szint példáját kivéve – csak a melléklet tartalmazza (M2).

Tekintettel arra, hogy az eltérő felvételezési módszertanokból az adatok típusán túl további hibaforrások is következhetnek – különböző kategóriahatárok, laboratóriumi módszerek – ideális esetben szükség lenne az alábbi következtető módszerek numerikus megbízhatóságának leírására. Sajnos ez az adatok jellegéből adódóan a jelenlegi hazai körülmények között nem megvalósítható, mivel az adatok időben és módszertanban annyira eltérnek egymástól, hogy egységes, az időbeli változásokat az 1900-as évektől követő monitoring rendszer, vagy egy országos újrafelvételezés hiányában csupán kvalitatív jellegű meghatározásuk lehetséges. Ezen okból valamennyi esetben (több döntési ág esetén többször) nagybetűs, vastagon szedett, zárójelbe zárt „megbízhatósági mutató” jelzi az egyes algoritmusok felhasználhatóságát az alábbiak szerint:

(MAGAS) – Az adott döntés nagy valószínűséggel pontosan becsli az adott WRB-egység jelenlétét. Ezen esetekben általában rendelkezésre állnak a szükséges laboratóriumi, illetve terepi adatok, a döntés elsősorban ezekre támaszkodik.

(KÖZEPES) – A döntés közepes megbízhatóságú, a vizsgált WRB-egység meghatározásánál kisebb hibák előfordulhatnak, mivel a döntés kisebb-nagyobb mértékben szakmailag megalapozott becslésekre épül.

(ALACSONY) – A döntésnél az adatok hiányából adódóan szinte kizárólag becslésekre lehet támaszkodni, a felhasznált kategóriák nem minden esetben mutatják egyértelműen az adott WRB kritériumok teljesülését. Alkalmazásuk fokozott körültekintést igényel!

Az egyes WRB egységeknél csak azokat az archív adatbázisokat soroltam fel, melyeknél rendelkezésre állnak a meghatározáshoz szükséges információk.

4.1.1 Diagnosztikai szintek

Calcic szint

WRB:

Egy calcic szint rendelkezik:

1. *a földes részben mért legalább 15 százalékos kalcium karbonát egyenértékkel*

és

2. *legalább öt (térfogat)százalék másodlagos karbonáttal* ***vagy*** *legalább 5 (abszolút, tömeg) százalékkal több kalcium karbonát egyenértékkel mint az alatta fekvő réteg*

és

3. *legalább 15 cm vastagsággal.*

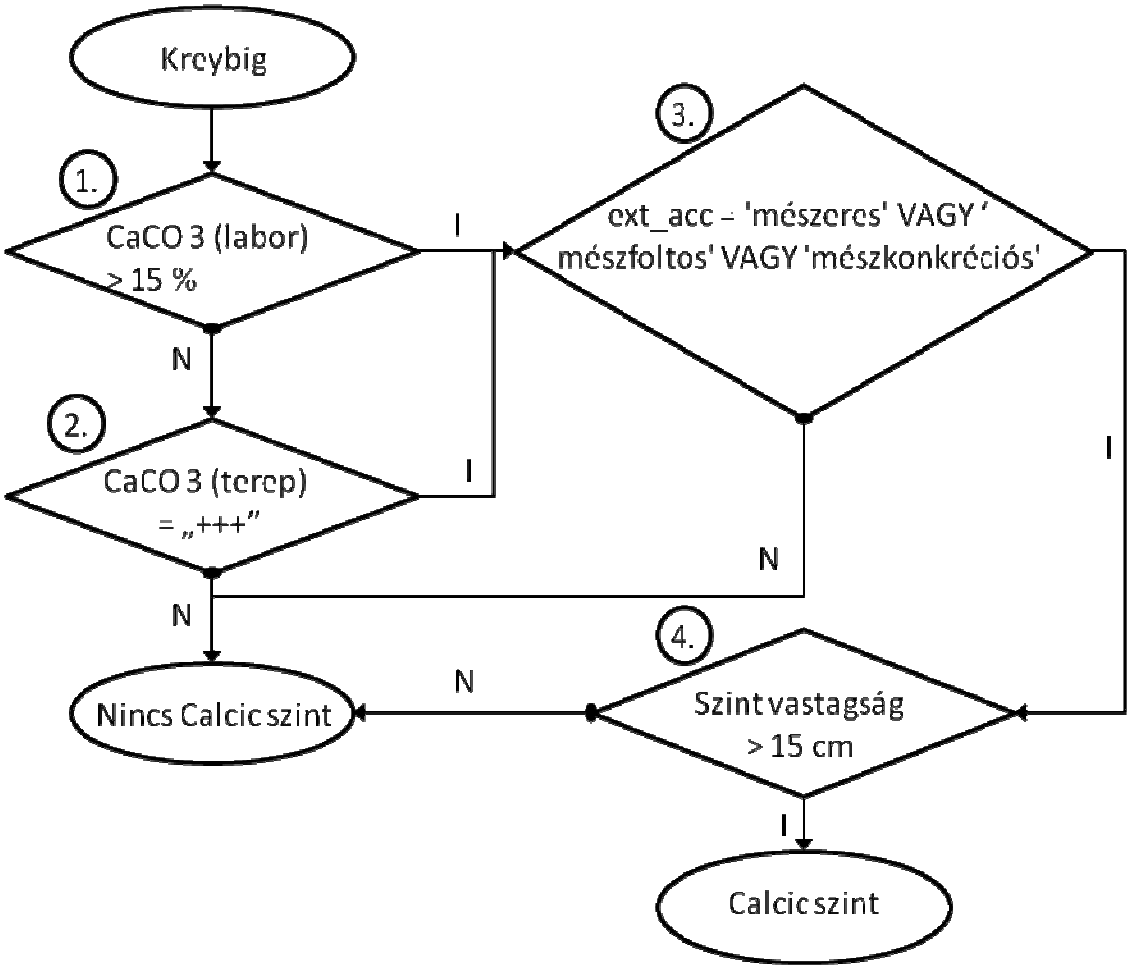
Kreybig

Tekintettel arra, hogy az eredeti felvételezés során is történtek laboratóriumi mérések, azoknál a szelvényeknél ahol ezek rendelkezésre állnak, a $CaCO_3$ tartalomból (8. ábra 1. döntési pont) közvetlenül becsülhető a calcic szint jelenléte **(MAGAS)**, ám az eredmények felhasználásakor figyelembe kell venni, hogy az eltérő laboratóriumi módszerekből hibák következhetnek. Amennyiben az adott szelvényhez nem készültek laboratóriumi vizsgálatok akkor általában terepi, HCl csepegtetéses módszerrel vizsgált adatok vannak. A „+++” jelölésű szelvényeknél előfordulhat a calcic szint, mivel ez több, mint 8% karbonát jelenlétére utal (8. ábra 2. döntési pont). Ugyanakkor ez a becslés szignifikáns hibát eredményezhet, ha nem kellő körültekintéssel alkalmazzuk, hiszen a kategória az eredeti követelménynél lényegesen alacsonyabb értékeket is magába foglal **(ALACSONY)**. A másodlagos karbonátok jelenlétére a mészerek, mészfoltok és mészkonkréciók jelenlétéből következtethetünk (8. ábra 3. döntési pont). A vastagsági kritériumot általában a mintázott talajszint vastagsága alapján, illetve több, a kritériumoknak megfelelő, közvetlenül egymás alatt/felett található szint együttes vastagságából számíthatjuk (8. ábra 4. döntési pont).

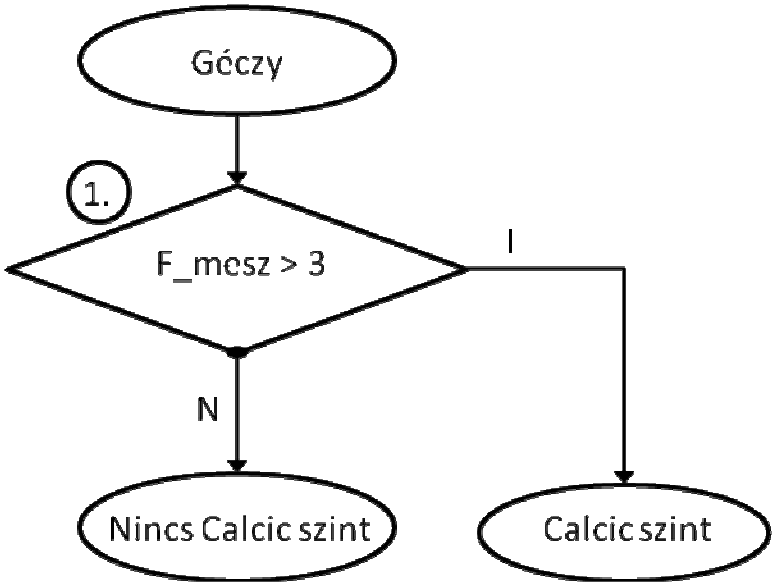
Géczy

A térképezés módszertana alapján a feltalaj kalcium karbonát tartalmát 5 kategóriába rendezve fejezték ki. A 3. kategória felső határa 15%, így mindkét magasabb kategória valószínűsíti a calcic szint jelenlétét **(KÖZEPES)** (9. ábra 1. döntési pont). A másodlagos karbonátokra sajnos nem áll rendelkezésre adat, ám 15% feletti karbonát tartalom mellett többnyire valószínűsíthető a jelenlétük. Bár mélységi adatokat az adatbázis nem tartalmaz, mivel a feltalajt vizsgáljuk, így feltételezve a

minta reprezentativitását a talajszintre vastagsági kritériumnak az adott szint nagy valószínűséggel megfelel.



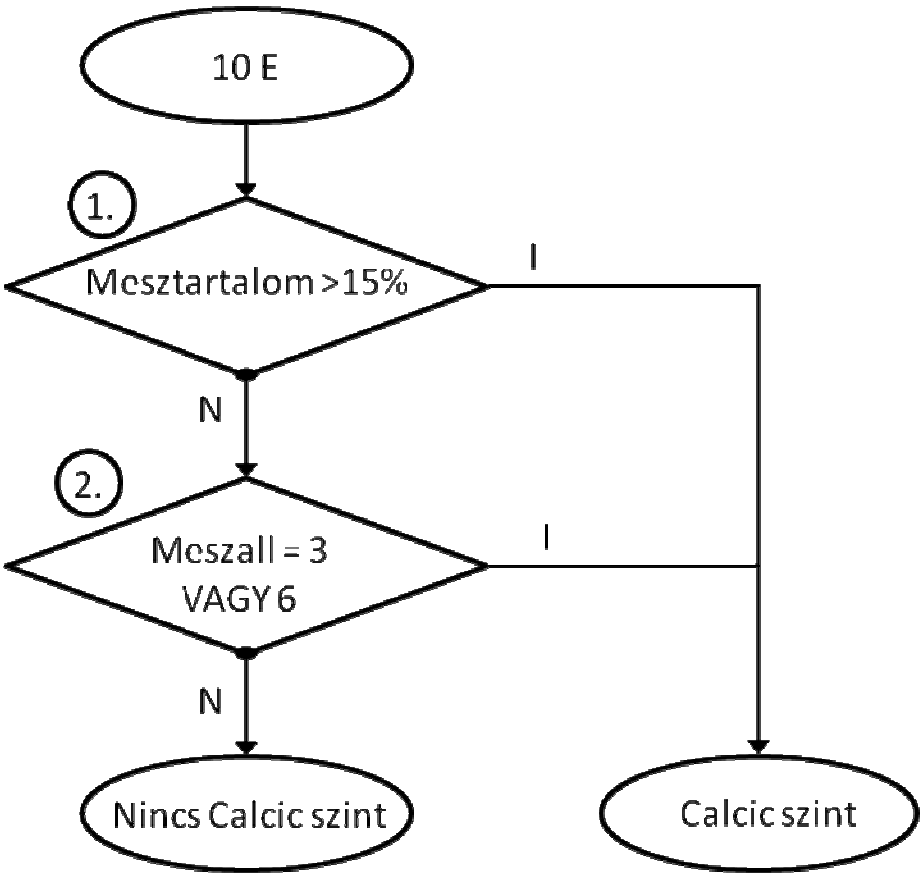
8. ábra Calcic szint meghatározása a Kreybig adatok alapján



9. ábra Calcic szint meghatározása a Géczy adatok alapján

1:10 000

Amennyiben rendelkezésre állnak laboratóriumi $CaCO_3$ tartalom adatok, úgy azokból egyszerűen meghatározható a calcic szint **(MAGAS)** (10. ábra 1. döntési pont). Az adatbázis „Mészállapot” kategóriák közül a 3-as és a 6-os számú 15 %-nál magasabb CaCO3 tartalomra utal 0-25 illetve 25-50 cm mélységben **(MAGAS)** (10. ábra 2. döntési pont). A másodlagos karbonát adatok korlátozottan állnak rendelkezésre, ám 15% feletti karbonát tartalom mellett többnyire valószínűsíthető a jelenlétük. Laboratóriumi adatok esetén a mintázott talajszintek szinte minden esetben meghaladják a 15 cm vastagságot. A mészállapot kategóriák 25 cm vastagságú rétegekre vonatkoznak.



10.ábra Calcic szint meghatározása az 1:10 000 térképek adatai alapján

Folic szint

WRB:

Egy folic szint olyan szerves anyagból áll, amely:

1. *a legtöbb évben kevesebb, mint 30 egymást követő napig vízzel borított*

és

2. *legalább 10 cm vastag.*

1:10 000

A szerves anyag meghatározásához szükségünk van a szerves szén tartalomra, melyet a humusztartalmat átváltva számíthatunk a szerves szén tartalomból (OC = hum./1,72). A mélységi kritérium teljesülése a szintek mélységi adataiból számítható, ám mivel a 10 centiméternél vékonyabb szint igen ritka, így a legtöbb esetben ennek a talajok megfelelnek. A „mohaláp”, „rétláp”, „lecsapolt rétláp” és „lápos réti” talajtípusok esetén a H genetikai szint (szerves szint) feltétele az adott típusba történő besorolásnak, ám ezek, mivel vízzel borított körülmények között képződtek, kizárják a folic szint jelenlétét **(MAGAS)**.

Histic szint

WRB:

A histic szint szerves anyagból épül fel, amely:

1. *a legtöbb évben legalább 30 egymást követő napig vízzel borított (kivéve, ha lecsapolt)*

   és

2. *legalább 10 cm vastag. Amennyiben a szerves réteg 20 cm-nél vékonyabb, a felső 20 cm, vagy ha 20 cm-en belül tömör kőzet van a felette lévő teljes talajréteg keverése után kell tartalmazzon legalább 20 % szerves szenet.*

Kreybig

Pontos mérési adatok hiányában a „tőzeges” anyag jelenlétéből következtethetünk, mivel az a histic szinttel nagyjából megegyező anyagú, magas szerves széntartalmú. A tőzeges talajok kialakulásában hazai körülmények között jellemzően a vízzel való borítás játszott kiemelkedő szerepet. A szelvények mélységi adataiból a vastagság kikövetkeztethető. **(KÖZEPES)**

Géczy

Mérési adatok hiányában a talajtípusokból indulhatunk csak ki a meghatározásnál. A 1-es (tőzeg) és 2-es (kotu) talajtípusok szerves talajokat jelölnek, melyek sok esetben megfelelnek a WRB követelményeknek. A tőzeges és kotus talajok kialakulásában hazai körülmények között jellemzően a vízzel való borítás játszott kiemelkedő szerepet. Bár mélységi adatokat az adatbázis nem tartalmaz, mivel elsősorban a feltalajt vizsgálja, így feltételezve a minta reprezentativitását a talajszint vastagsági kritériumára, az adott szint nagy valószínűséggel megfelel. **(KÖZEPES)**

1:10 000

A szerves anyag meglétének ellenőrzésére a humusztartalmat átváltva számíthatjuk a szerves szén tartalmat (OC = hum./1,72), a mélységi kritérium teljesülése a szintek mélységi adataiból számítható. **(MAGAS)**

Vertic szint

WRB:

„A vertic szint:

1. *legalább 30% agyagtartalom az egész szintben*

és

2. *ék alakú szerkezeti elemek, melyek a függőlegessel 10° - 60° közötti szöget zárnak be*

és

3. *egymást metsző csúszási tükrök*

és

4. *legalább 25 cm vastagság. „*

Kreybig

Mivel pontos szemeloszlási adatok nincsenek az adatbázisban, így a talajok textúra kategóriáit lehet felhasználni. Az „agyagnyirok" textúrával jellemzett talajok agyagtartalma garantáltan meghaladja a 30 %-ot, míg a „repedéses/kötött" szerkezeti elemek jelenléte utal a duzzadó típusú agyagásványok jelenlétére, hiszen kialakulásukban ezek játszanak kiemelkedő szerepet **(MAGAS)**. (Fuchs & Michéli 2010)

Géczy

Szemeloszlási adatok hiányában a „nehéz agyag" és „igen nehéz agyag" fizikai féleségű talajok esetében hazánk túlnyomó részén találkozhatunk a vertic szint jellemzőivel. **(KÖZEPES)** (Fuchs & Michéli 2010)

1:10 000

A másik két térképezés adataihoz hasonlóan itt is a feltalaj fizikai féleségének 5-ös (agyag) és 6-os (nehéz agyag) kategóriája, bár önmagában nem garantálja a csúszási tükrök jelenlétét, de valószínűsíti előfordulásukat, míg a mélységi kritériumnak a feltalaj vastagsága többnyire megfelel **(KÖZEPES)**. (Fuchs & Michéli 2010)

4.1.2 Diagnosztikai tulajdonságok

Tömör kőzet

WRB:

„A talaj alatt fekvő szilárd anyag, a cementálódott szintek (mint például a petrocalcic, petroduric, petrogypsic és petroplinthic) kivételével. A tömör kőzet elég szilárd ahhoz, hogy egy légszáraz, 25-30 mm oldalhosszúságú minta 1 óra vízbe merítés után is ép maradjon. Egy kőzet csak akkor tekinthető tömörnek, ha a növények gyökerei 10 cm-nél ritkábban tudnak behatolni a repedésekbe, melyek a kőzet térfogatának kevesebb, mint 20 százalékát teszik ki, a kőzet jelentősebb elmozdulása nélkül."

Géczy

A talaj fizikai tulajdonságai közül a „köves talaj", illetve az altalaj hibák közül a „köves réteg" egyaránt a tömör kőzetnek WRB definíciójának megfeleltethető anyagra utal. **(KÖZEPES)**

1:10 000

Egyéb információk hiányában a genetikai D szint (egybefüggő, tömör kőzet) jelölése megfelel kritériumoknak. **(MAGAS)**

Gleyic mintázat

WRB:

A gleyic mintázat az alábbi jellemzők egyikét, vagy mindegyikét mutatja:

1. *A megnyitott felület legalább 90 %-án látható reduktív bélyegek, melyek semleges fehértől feketéig (Munsell hue N1/ - N8/) vagy kékestől zöldesig (Munsell hue 2.5 Y, 5 Y, 5 G, 5 B) változhatnak*

vagy

2. *A megnyitott felület legalább 5 %-án látható oxidatív színek, melyek a reduktív színeket kivéve bármilyenek lehetnek.*

A glejesedés a levegőtlenség eredményeképp fellépő redukció révén megy végbe, és a vas vegyértékváltása által jellegzetes színmintázatot alakíthat ki a talajszintekben (Stefanovits et al. 1999). A hazai szakirodalom hagyományosan egyaránt glejesedésnek nevezi a talajvíz, illetve a felszíni vízborítás hatására kialakuló folyamatokat, és bár megkülönböztetünk talajvíz- (WRB gleyic) illetve pangóvíz (WRB stagnic) glejt, az archív talajadatok jó része ezt nem tükrözi, így

többnyire a glejes réteg elhelyezkedéséből, illetve a talajvíz mélységéből lehet következtetni a pontos típusukra.

Kreybig

A felvételezés során „glejes agyag” névvel jelölt textúra utal a megfelelő mintázat jelenlétére. Amennyiben rendelkezésre állnak megfelelő mélységi adatok, úgy a mintázat elkülöníthető lehet a WRB stagnic mintázatától **(ALACSONY).**

Géczy

A térképezés során a glejesség az csupán az altalajhibák szintjén jelenik meg, így „glej” altalajhiba jellegéből adódóan megfelel a glejes mintázat követelményeinek, egyúttal mutatja, hogy nagy valószínűséggel talajvíz glejjel, vagyis a WRB gleyes mintázattal megfeleltethető kategóriával van dolgunk. **(ALACSONY)**

1:10 000

A talajgenetikai „G” szint glejes szintet jelöl, mely megfelel a gleyic mintázat kritériumainak. Ugyanakkor a másik két térképezéshez hasonlóan itt is figyelembe kell venni a szint, vagy esetleg a talajvíz mélységét. **(ALACSONY)**

Reduktív körülmények

WRB:

A reduktív viszonyokra jellemző:

1. *a hidrogén parciális nyomásának negatív logaritmusa (rH) kevesebb, mint 20;*

vagy

2. *szabad Fe^{2+} jelenléte, mely kimutatható a szabadföldi nedvességtartalmú talajminta friss törési felületére csepegtetett 0.2 százalékos α,α, dipyridyl 10 százalékos ecetsavas oldatával;*

vagy

3. *vas-szulfid jelenléte*

vagy

4. metán jelenléte.

Kreybig

A felvételezés során „glejes agyag” névvel jelölt textúra utal a reduktív körülmények jelenléte, mivel az a glejesedés kialakulásának feltétele. **(KÖZEPES)**

Géczy

A „glej” altalajhiba jelzi reduktív körülmények jelenlétét, mivel az a glejesedés kialakulásának feltétele. **(KÖZEPES)**

1:10 000

A talajgenetikai „G” szint glejes szintet jelöl, melynek kialakulásához elengedhetetlen a reduktív viszonyok megléte. **(KÖZEPES)**

Másodlagos karbonátok

WRB:

A másodlagos karbonátok a talajoldatból kicsapódott, és nem a talajképző kőzetből öröklött meszes kiválásokra utalnak. Diagnosztikai bélyegként történő megítéléséhez nagy mennyiségben kell jelen lennie.

Kreybig

A „mészeres”, „mészfoltos” és „mészkonkréciós” tulajdonságok mind másodlagos karbonátok jelenlétére utalnak. **(MAGAS)**

Géczy

A másodlagos karbonátok külön nem kerülnek jelölésre, ám a másodlagos karbonátok adott talajszintben történő felhalmozódásával kialakult „mészpadka” szerepel az altalajhibák között. **(KÖZEPES)**

1:10 000

Amennyiben a „meszesség” paraméter nem üres az adatbázisban, az nagy valószínűséggel másodlagos karbonátokra utal. **(KÖZEPES)**

Stagnic mintázat

WRB:

A talajok akkor vesznek fel stagnic mintázatot, ha legalább időszakosan vízzel borítottak a felszínen, elég hosszú ideig, hogy reduktív viszonyok alakuljanak ki (ez néhány naptól néhány hétig tarthat).

A hazai szakirodalom hagyományosan egyaránt glejesedésnek nevezi a talajvíz, illetve a felszíni vízborítás hatására kialakuló, a vas vegyértékváltásával járó folyamatokat, és bár megkülönböztetünk talajvíz- (WRB gleyic) illetve pangóvíz (WRB stagnic) glejt, az archív

talajadatok jó része ezt nem tükrözi, így többnyire a glejes réteg elhelyezkedéséből, illetve a talajvíz mélységéből lehet következtetni a pontos típusukra. **(ALACSONY)**

Kreybig

A „glejes agyag” textúra a gleyic mellett utalhat stagnic mintázatra is, mivel a magyar osztályozás hagyományosan mindkettőt glejnek nevezi. **(ALACSONY)**

Géczy

Az „időszakos vízborítás” fizikai tulajdonság jelezhet pangóvizet, és ebből következően stagnic mintát, míg a „glej” altalajhiba a magyar osztályozás hagyományaiból adódóan jelezhet mind pangóvíz, mint talajvíz glejt. **(ALACSONY)**

1:10 000

A G szint glejes szintet jelöl, ám a fentiekhez hasonlóan itt sem lehet pusztán a jelölés alapján egyértelműen elkülöníteni a pangóvíz és a talajvíz következtében kialakult glejes mintázatot. **(ALACSONY)**

4.1.3 Diagnosztikai anyagok

Calcaric anyag

WRB:

A calcaric anyag 1 M HCl oldattal lecseppentve a földes rész túlnyomó részén erősen pezseg. A definíció olyan anyagokra érvényes, melyek legalább 2 % kalcium karbonát egyenértéknyi karbonátokat tartalmaznak.

Kreybig

Azoknál a szelvényeknél ahol rendelkezésre álltak laboratóriumi adatok, a $CaCO_3$ tartalomból közvetlenül becsülhető a calcaric anyag jelenléte, ám figyelembe kell venni az eltérő laboratóriumi módszerekből adódó esetleges eltéréseket. Amennyiben csak terepi adatok vannak, a „++” és „+++” jelölésű szintek mind utalhatnak calcaric anyagra. **(KÖZEPES)**

Géczy

A karbonáttartalom 1-es kategóriája 1-5 % karbonátra utal, ami (nyilvánvaló hibával terhelve) már utalhat a calcaric anyag jelenlétére, míg a 2-es kategória (5-15%) garantálja azt. **(KÖZEPES)**

1:10 000

Amennyiben a karbonáttartalom 2% fölött van, de még nem éri el a 15%-ot, úgy egyértelmű a calcaric anyag jelenléte. 15 % felett már a calcic szint követelményeit is kielégíti. **(MAGAS)**

Szerves anyag

WRB:

A szerves talajanyag az alábbi tulajdonságokkal rendelkezik:

1. *legalább 20 % szerves szén a földes részben*

vagy

2. *ha a legtöbb évben 30 napnál tovább borítja víz folyamatosan (kivéve, ha lecsapolt), az alábbiak egyike:*
   a. *(12 + [az ásványi rész agyagtartalma × 0.1]) százalék (tömeg) vagy több szerves szén a földes részben*

   vagy

   b. *legalább 18 %(tömeg) szerves szén a földes részben.*

Kreybig

A „tőzeges” textúra a láptalaj jellegre utal, amelyek akár 60-80 % szervesanyagot is tartalmazhatnak (Stefanovits et al. 1999). Láptalajok kialakulásában a vízzel való telítettség alapvetően meghatározó. **(KÖZEPES)**

Géczy

A feltalaj tulajdonságai közül a „tőzeg”, illetve a „kotu” (F_fizika = 1, 2) nagy valószínűséggel megfelel a követelményeknek, hiszen mindkettő szerves eredetű, szerves szénben gazdag talajanyag. A tőzeges talajokból alakulhatnak ki az ún. kotu, amely már jobban ásványiasodott mint a tőzeg, de szervesanyag tartalma még mindig igen magas. **(KÖZEPES)**

1:10 000

A humusztartalomból az általánosan használt képlettel (OC = hum.%/1,72) jó közelítéssel számítható a szerves széntartalom, amely ha meghaladja a 20%-ot akkor a szerves anyag definíciójának a talaj megfelel. **(MAGAS)**

4.1.4 Minősítők

Arenic (ar)

WRB:

Vályogos homok, vagy durvább talajszövet legalább 30 cm vastagságban, a talajfelszíntől mért 100 cm-en belül.

> *Epiarenic (arp): Vályogos homok, vagy durváb talajszövet legalább 30 cm vastagságban, a talajfelszíntől mért 50 cm-en belül.*
>
> *Endoarenic (arn): Vályogos homok, vagy durvább talajszövet legalább 30 cm vastagságban, a talajfelszíntől mért 50 és 100 cm között.*

Kreybig

Mind a „finom homok” és a „durva homok” a talajszövet megfelelő tulajdonságára utal, így ezek jelenléte biztosítja az Arenic minősítő jelenlétét. Amennyiben a szintek vastagsága egyenként, vagy kombinálva meghaladja a 30 cm-t, kimondhatjuk az arenic minősítő jelenlétét. **(MAGAS)**

Géczy

A „futóhomok”, „durva homok” és „finom homok” kategóriák mind alapvetően durva, homokos szövetű feltalajt jeleznek, így ez sok esetben akár az epiarenic minősítőre is utalhat. A „kavicsos homok” és a „durva homok” altalajhibák, amennyiben 100 cm-en belül jelentkeznek szintén utalnak arenic minősítőre. **(MAGAS)**

1:10 000

A feltalaj fizikai féleségének 1-es kategória homok textúrára utal, így a követelményeket kielégíti. **(MAGAS)**

Calcaric ca

WRB:

A talajfelszíntől számított 20 és 50 cm, vagy 20 cm és a tömör kőzet, vagy cementált, tömődött réteg között (amelyik sekélyebb) calcaric anyag jelenléte.

Kreybig

Azoknál a szelvényeknél ahol rendelkezésre álltak laboratóriumi adatok, a $CaCO_3$ tartalomból közvetlenül becsülhető a calcaric anyag jelenléte, ám figyelembe kell venni az eltérő laboratóriumi módszerekből adódó esetleges eltéréseket. Amennyiben csak terepi adatok vannak, a „++” és „+++” jelölésű szintek mind utalhatnak calcaric anyagra. A mélységi kritérium teljesülését a talajszintek határainak mélységéből számíthatjuk. **(KÖZEPES)**

Géczy

A karbonáttartalom 1-es kategóriája 1-5 % karbonátra utal, ami (nyilvánvaló hibával terhelve) már utalhat a calcaric anyag jelenlétére, míg a 2-es kategória (5-15%) garantálja azt. Altalajhiba mélysége 20 és 50 cm között kell legyen. **(KÖZEPES)**

1:10 000

Amennyiben a karbonáttartalom 2% fölött van, de még nem éri el a 15%-ot, úgy egyértelmű a calcaric anyag jelenléte. 15 % felett már a calcic szint követelményeit is kielégíti. A „mész megjelenése”paraméter 20 és 50 cm közé kell essen. **(MAGAS)**

Calcic cc

WRB:

A talajfelszíntől számított 100 cm-en belül calcic szint, vagy másodlagos karbonátok jelenléte.

Pisocalcic (cp): csak másodlagos karbonátok jelenléte, a felszíntől mért 100 cm-en belül.

Kreybig

Amennyiben laboratóriumi vizsgálati eredmények rendelkezésre állnak, a $CaCO_3$ tartalomból közvetlenül becsülhető a calcic szint jelenléte **(MAGAS)**, ám az eredmények felhasználásakor figyelembe kell venni, hogy az eltérő laboratóriumi módszerekből hibák következhetnek. Ha az adott szelvényhez nem készültek laboratóriumi vizsgálatok akkor általában terepi, HCl csepegtetéses módszerrel vizsgált adatok vannak. A „+++” jelölésű szelvényeknél előfordulhat a calcic szint, mivel ez több, mint 8% karbonát jelenlétére utal. Ugyanakkor ez a becslés szignifikáns hibát eredményezhet, ha nem kellő körültekintéssel alkalmazzuk, hiszen a kategória az eredeti követelménynél lényegesen alacsonyabb értékeket is magába foglal **(ALACSONY)**. A másodlagos karbonátok jelenlétére a mészerek, mészfoltok és mészkonkréciók jelenlétéből következtethetünk. A vastagsági kritériumot általában a mintázott talajszint vastagsága alapján, illetve több, a

kritériumoknak megfelelő, közvetlenül egymás alatt/felett található szint együttes vastagságából számíthatjuk. A szint felső határának 100 cm-en belül kell lennie.

Géczy

A térképezés módszertana alapján a feltalaj kalcium karbonát tartalmát 5 kategóriába rendezve fejezték ki. A 3. kategória felső határa 15%, így mindkét magasabb kategória valószínűsíti a calcic szint jelenlétét **(KÖZEPES)**. A másodlagos karbonátokra sajnos nem áll rendelkezésre adat, ám 15% feletti karbonát tartalom mellett többnyire valószínűsíthető a jelenlétük. Bár mélységi adatokat az adatbázis nem tartalmaz, mivel a feltalajt vizsgáljuk, így feltételezve a minta reprezentativitását a talajszintre vastagsági kritériumnak az adott szint nagy valószínűséggel megfelel. A mélységi kritérium miatt az altalajhiba mélysége nem érheti el a 100 cm-t.

1:10 000

Amennyiben rendelkezésre állnak laboratóriumi $CaCO_3$ tartalom adatok, úgy azokból egyszerűen meghatározható a calcic szint **(MAGAS)**. Az adatbázis „Mészállapot” kategóriák közül a 3-as és a 6-os számú 15 %-nál magasabb CaCO3 tartalomra utal 0-25 illetve 25-50 cm mélységben **(MAGAS)**. A másodlagos karbonát adatok korlátozottan állnak rendelkezésre, ám 15% feletti karbonát tartalom mellett többnyire valószínűsíthető a jelenlétük. Laboratóriumi adatok esetén a mintázott talajszintek szinte minden esetben meghaladják a 15 cm vastagságot. A mészállapot kategóriák 25 cm vastagságú rétegekre vonatkoznak. Amennyiben a „mész megjelenése” paraméter alacsonyabb, mint 100 cm, szintén beszélhetünk calcic minősítőről **(KÖZEPES)**.

Clayic (ce)

WRB:

A felszíntől számított 100 cm-en belül legalább 30 cm vastag agyagos szint.

Epiclayic (cep): a felszíntől számított 50 cm-en belül legalább 30 cm vastag agyagos szint.

Endoclayic (cen): a felszíntől számított 50 és 100 cm között legalább 30 cm vastag agyagos szint.

Kreybig

Az alábbi textúra kategóriák mind alapvetően az agyagfrakció által domináltak: „agyag”; „szívós agyag”; „agyag nyirok”; „szikes agyag”; „tavi agyag”. A mélységi követelmények miatt ügyelni kell a talajszintek vastagságára. **(MAGAS)**

Géczy

A feltalaj fizikai jellemzői közül az „agyag”, „nehéz agyag”, „igen nehéz agyag” fedik le az agyagos szövetű talajokat. **(KÖZEPES)**

1:10 000

„Agyag”, vagy „nehézagyag” textúra. A mélységi követelmények miatt ügyelni kell a talajszintek vastagságára. **(MAGAS)**

Dystric (dy)

WRB:

Kevesebb, mint 50 % bázistelítettség (1 M NH_4OAc) a felszíntől számított 20 és 100 cm közötti rész nagyobb részén, vagy 20 cm és tömör kőzet, illetve cementált, vagy tömődött réteg között (amelyik sekélyebb), vagy egy legalább 5 cm vastag rétegben közvetlenül a tömör kőzet fölött, ha az 25 cm-en belül kezdődik.

Kreybig

Az 5,5 alatti pH esetén következtethetünk az 50 %-nál alacsonyabb bázistelítettségre (Michéli et al. 2011). Az adott szintnek 100 és 20 cm között kell lennie. **(KÖZEPES)**

Géczy

A feltalaj kémiai jellemzőinél a 2-es kategória esetén a pH alacsonyabb, mint 6, ami jó eséllyel utal az 50 % -nál alacsonyabb bázistelítettségre (Michéli et al. 2011). **(KÖZEPES)**

1:10 000

A fentiekhez hasonlóan, 5,5-nél alacsonyabb pH-nál valószínűsíthető a dystric minősítő (Michéli et al. 2011). **(KÖZEPES)**

Eutric eu

WRB:

Több mint 50 % bázistelítettség (1 M NH_4OAc) a felszíntől számított 20 és 100 cm közötti rész nagyobb részén, vagy 20 cm és tömör kőzet, illetve cementált, vagy tömődött réteg között (amelyik sekélyebb), vagy egy legalább 5 cm vastag rétegben közvetlenül a tömör kőzet fölött, ha az 25 cm-en belül kezdődik.

Kreybig

Az 5,5 feletti pH esetén következtethetünk az 50 %-nál magasabb bázistelítettségre (Michéli et al. 2011). Az adott szintnek 100 és 20 cm között kell lennie. **(KÖZEPES)**

Géczy

A feltalaj kémiai jellemzőinél a 3-4-5-ös kategóriák esetén a pH magasabb, mint 6, ami egyértelműen utal az 50 % -nál magasabb bázistelítettségre. **(KÖZEPES)**

1:10 000

A mért adatokból a fentiekhez hasonlóan, 5,5-nél magasabb pH-nál valószínűsíthető az eutric minősítő. **(KÖZEPES)**

Gleyic gl

WRB:

A felszíntől számított 100 cm-en belül legalább 25 cm vastag, gleyic mintázatú talajréteg.

Kreybig

A felvételezés során „glejes agyag" névvel jelölt textúra utal a megfelelő mintázat jelenlétére. Amennyiben rendelkezésre állnak megfelelő mélységi adatok, úgy a mintázat elkülöníthető lehet a WRB stagnic mintázatától, egyúttal a mélységi kritérium is ellenőrizhető **(ALACSONY).**

Géczy

A térképezés során a glejesség az csupán az altalajhibák szintjén jelenik meg, így „glej" altalajhiba jellegéből adódóan megfelel a glejes mintázat követelményeinek, egyúttal mutatja, hogy nagy valószínűséggel talajvíz glejjel, vagyis a WRB gleyes mintázattal megfeleltethető kategóriával van dolgunk. Amennyiben az altalajhiba 100 cm-en belül jelentkezik, nagy valószínűséggel kielégíti a gleyic minősítő követelményeit. **(ALACSONY)**

1:10 000

A talajgenetikai „G" szint glejes szintet jelöl, mely megfelel a gleyic mintázat kritériumainak. Ugyanakkor a másik két térképezéshez hasonlóan itt is figyelembe kell venni a szint, vagy esetleg a talajvíz mélységét. A szint mélységéből következtethetünk a mélységi kritériumra. **(ALACSONY)**

Histic hi

WRB:

A felszíntől mért 40 cm-en belül megjelenő histic szint.

Kreybig

„Tőzeges” textúra esetén, amennyiben 40 cm-en belül kezdődik a szint, a histic minősítő alkalmazható. **(KÖZEPES)**

Géczy

Pontos mérési adatok hiányában a „tőzeges” anyag jelenlétéből következtethetünk, mivel az a histic szinttel nagyjából megegyező anyagú, magas szerves szén tartalmú. A tőzeges talajok kialakulásában hazai körülmények között jellemzően a vízzel való borítás játszott kiemelkedő szerepet. A szelvények mélységi adataiból a vastagság kikövetkeztethető. Tekintettel arra, hogy a vizsgált paraméter az adatbázisban a feltalajra vonatkozik, a mélységi kritériumnak automatikusan megfelel. **(KÖZEPES)**

1:10 000

A szerves anyag meglétének ellenőrzésére a humusztartalmat átváltva számíthatjuk a szerves szén tartalmat (OC = hum./1,72), a mélységi kritérium teljesülése a szintek mélységi adataiból számítható. **(MAGAS)**

Lamellic ll

WRB:

Agyagos sávok jelenléte a felszíntől számított 100 cm-en belül, összesen legalább 15 cm vastagságban.

1:10 000

Bár a kritériumokra explicit módon nem rendelkezünk adatokkal, a hazai talajtípusok közül a kovárványos barna erdőtalajok megfeleltethetőek a kategóriának, a rájuk jellemző kovárványcsíkok megfelelnek a WRB által leírt agyagos sávokkal. **(KÖZEPES)**

Leptic le

WRB:

Tömör kőzet a felszíntől mért 100 cm-en belül.

Endoleptic (nl): Tömör kőzet a felszíntől mért 50 és 100 cm-en között.

Epileptic (el): Tömör kőzet a felszíntől mért 50 cm-en belül

Géczy

A „köves talaj” fizikai jellemző utal a tömör kőzet jelenlétére, ám nem ad felvilágosítást annak mélységéről. **(ALACSONY)**

1:10 000

A „D” genetikai talajszint tömör kőzetet jelöl, természetesen figyelembe kell venni a mélységi kritériumot is. **(MAGAS)**

Lithic li

WRB:

Tömör kőzet a felszíntől mért 100 cm-en belül (Leptosoloknál).

Nudilithic (nt): tömör kőzet a talaj felszínen (Leptosoloknál).

Géczy

A „köves talaj” fizikai jellemző utal a tömör kőzet jelenlétére, ám nem ad felvilágosítást annak mélységéről. **(ALACSONY)**

1:10 000

A „D” genetikai talajszint tömör kőzetet jelöl, természetesen figyelembe kell venni a mélységi kritériumot is. **(MAGAS)**

Natric na

WRB:

Natric szint a felszíntől számított 100 cm-en belül.

Géczy

Bár a natric szint egyértelműen nem határozható meg, a „szikes, sós réteg” altalajhiba, amennyiben megjelenése 100 cm-en belül van megfelelhet ennek a kritériumnak. **(ALACSONY)**

Nudilithic nt

WRB:

Tömör kőzet a talaj felszínen (Leptosoloknál).

Géczy

A „felszíni tömör kőzet” fizikai tulajdonság utal a minősítőre. **(MAGAS)**

Protic

WRB:

A szelvényen nem látszanak a talajképződés jegyei (Arenosoloknál).

Kreybig

Amennyiben a humuszos réteg vastagsága 0, és a textúra „finom homok” vagy „durva homok”, következtethetünk arra, hogy nem alakultak ki a megkülönböztethető talajszintek. **(MAGAS)**

Géczy

A „futóhomok”, „durva homok” és „finom homok” kategóriák mind alapvetően durva, homokos szövetű feltalajt jeleznek, így ez sok esetben akár az epiarenic minősítőre is utalhat. A „kavicsos homok” és a „durva homok” altalajhibák, amennyiben 100 cm-en belül jelentkeznek szintén utalnak arenic minősítőre. A megfeleltetéshez szükséges, hogy a humuszos réteg 0 vastagságú legyen. **(MAGAS)**

1:10 000

Amennyiben a humuszos réteg vastagsága 0, illetve a feltalaj fizikai félesége „homok” (1), úgy megfelel a követelményeknek. **(MAGAS)**

Siltic sl

WRB:

Iszap, iszapos vályog, iszapos agyagos vályog vagy iszapos agyag textúrájú, legalább 30 cm vastag réteg a felszíntől mért 100 cm-en belül.

Kreybig

A fenti kategóriáknak megfelelő textúra osztályok jelen vannak a Kreybig adatbázisban, így megfeleltetésük nem jelent problémát, az WRB követelmények közvetlenül alkalmazhatók. **(MAGAS)**

Géczy

A fizikai jellemzők három kategóriája (7, 8, 9) alkalmazható: „könnyű vályog”, „vályog”, „nehéz vályog”. Miután a feltalajról van szó, így a mélységi kritériumoknak automatikusan megfelel. **(MAGAS)**

1:10 000

A feltalaj fizikai féleség 3-as kategória „vályog” textúrára utal. **(KÖZEPES)**

Sodic so

WRB:

Legalább 15 % kicserélhető Na és Mg a kicserélési oldatban a felszíntől számított 50 cm-es rétegben végig.

> *Endosodic (son): 15 % kicserélhető Na és Mg a kicserélési oldatban a felszíntől számított 50 és 100 cm között végig.*
>
> *Hyposodic (sow): legalább 6% kicserélhető Na a kicserélési oldatban a felszíntől számított 100 cm-es rétegben, legalább 20 cm-es vastagsággal.*

1:10 000

A kicserélhető Na és Mg a laboratóriumi adatokból rendelkezésre áll, így a minősítő az eredeti követelményeknek megfelelően számítható. **(MAGAS)**

Stagnic st

WRB:

A felszíntől számított 100 cm-en belül reduktív viszonyok az év egy részében, a talajtérfogat legalább 25 százalékában önmagában, vagy stagnic mintázattal vagy albic szinttel együtt.

Kreybig

A „glejes agyag” textúra a gleyic mellett utalhat stagnic mintázatra is, mivel a magyar osztályozás hagyományosan mindkettőt glejnek nevezi. A mélységi kritérium teljesülése alapvető követelmény. Alkalmazása csak további információk (talajszelvény felépítése, genetikai szintek) ismeretében ajánlott. **(ALACSONY)**

Géczy

A G szint glejes szintet jelöl, ám a fentiekhez hasonlóan itt sem lehet pusztán a jelölés alapján egyértelműen elkülöníteni a pangóvíz és a talajvíz következtében kialakult glejes mintázatot. Az

altalaj hiba esetén mindenképpen figyelemmel kell lenni a mélységre. Alkalmazása csak további információk (talajszelvény felépítése, genetikai szintek) ismeretében ajánlott. **(ALACSONY)**

1:10 000

A stagnic mintához hasonlóan a „G” genetikai szint jelenlétéből következtethetünk. Alkalmazása csak további információk (talajszelvény felépítése, genetikai szintek) ismeretében ajánlott. **(ALACSONY)**

Vertic vr

WRB:

A felszíntől mért 100 cm-en belül vertic szint, vagy vertic tulajdonságok.

Kreybig

Mivel pontos szemeloszlási adatok nincsenek az adatbázisban, így a talajok textúra kategóriáit lehet felhasználni. Az „agyagnyirok” textúrával jellemzett talajok agyagtartalma garantáltan meghaladja a 30 %-ot, míg a „repedéses/kötött” szerkezeti elemek jelenléte utal a duzzadó típusú agyagásványok jelenlétére, hiszen kialakulásukban ezek játszanak kiemelkedő szerepet **(MAGAS)**. (Fuchs & Michéli 2010)

Géczy

Szemeloszlási adatok hiányában a „nehéz agyag” és „igen nehéz agyag” fizikai féleségű talajok esetében hazánk túlnyomó részén találkozhatunk a vertic szint jellemzőivel. Mivel a vizsgált paraméter a feltalajra vonatkozik, így a mélységi kritériumnak automatikusan megfelel. **(KÖZEPES)** (Fuchs & Michéli 2010)

1:10 000

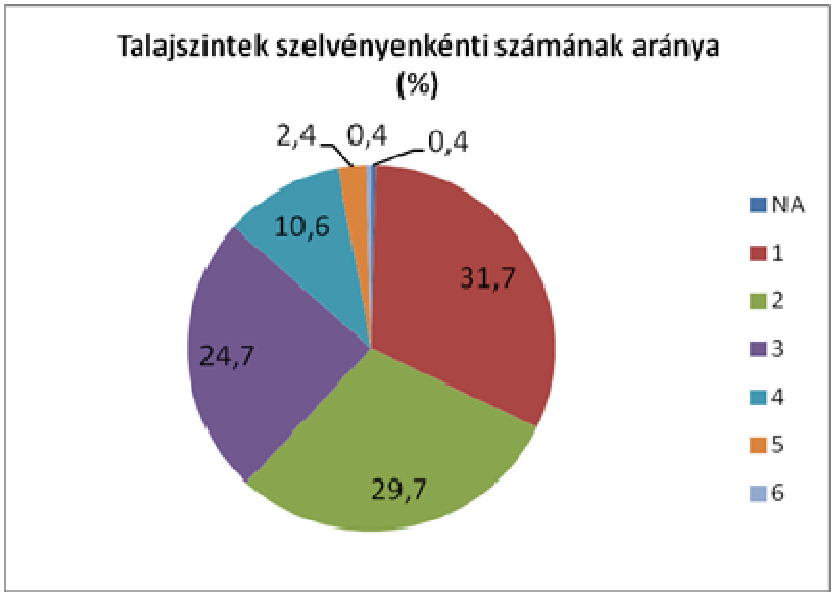
A mások két térképezés adataihoz hasonlóan itt is a feltalaj fizikai féleségének 5-ös (agyag) és 6-os (nehéz agyag) kategóriája, bár önmagában nem garantálja a csúszási tükrök jelenlétét, de valószínűsíti előfordulásukat, míg a mélységi kritériumnak a feltalaj definíciójából adódóan megfelel **(KÖZEPES)**. (Fuchs & Michéli 2010)

4.2 Az előzetes elemzés eredményei

4.2.1 A szelvényadatok jellemzői

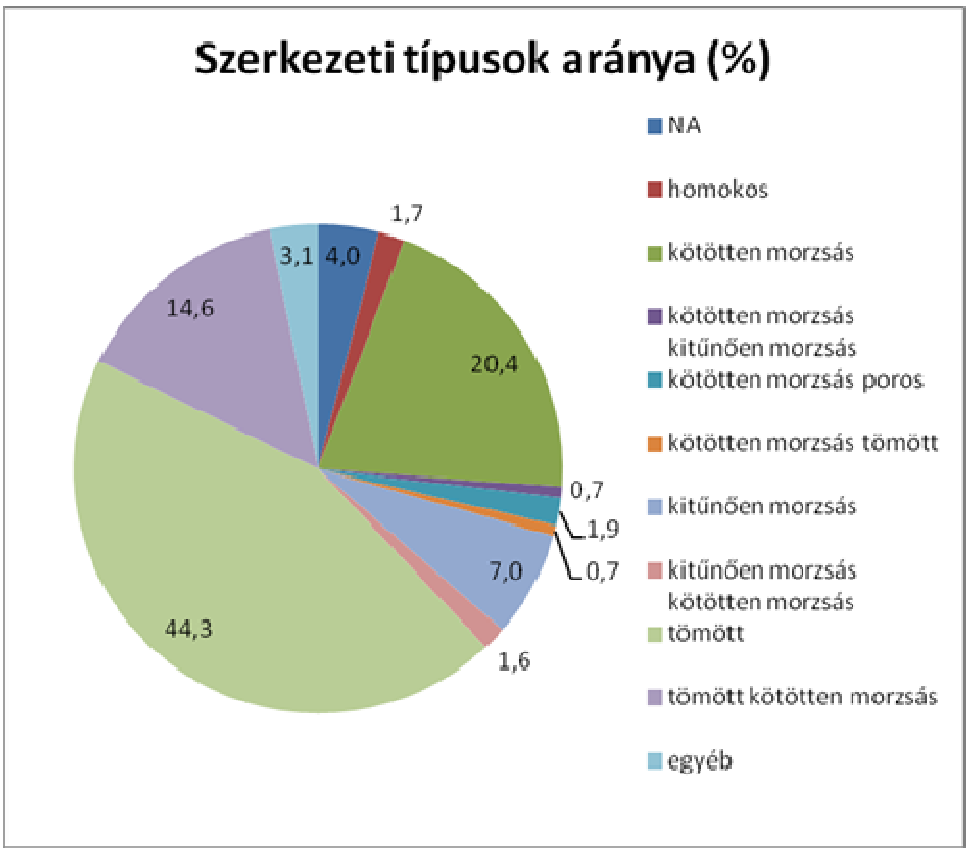
4.2.1.1 A Kreybig-féle Átnézetes Talajismereti Térképezés és a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (Kreybig)

Az egyes szelvények talajszintjeinek számáról a 11. ábra ad áttekintést. Megállapíthatjuk, hogy a felmért szelvények jelentős részére 1-4 talajszintet írtak le, míg több mint 60 % rendelkezik háromnál kevesebb leírt szinttel.



11. ábra A leírt talajszintek számának eloszlása a DKTIR pontjainál a Gyöngyösi kistérség területén

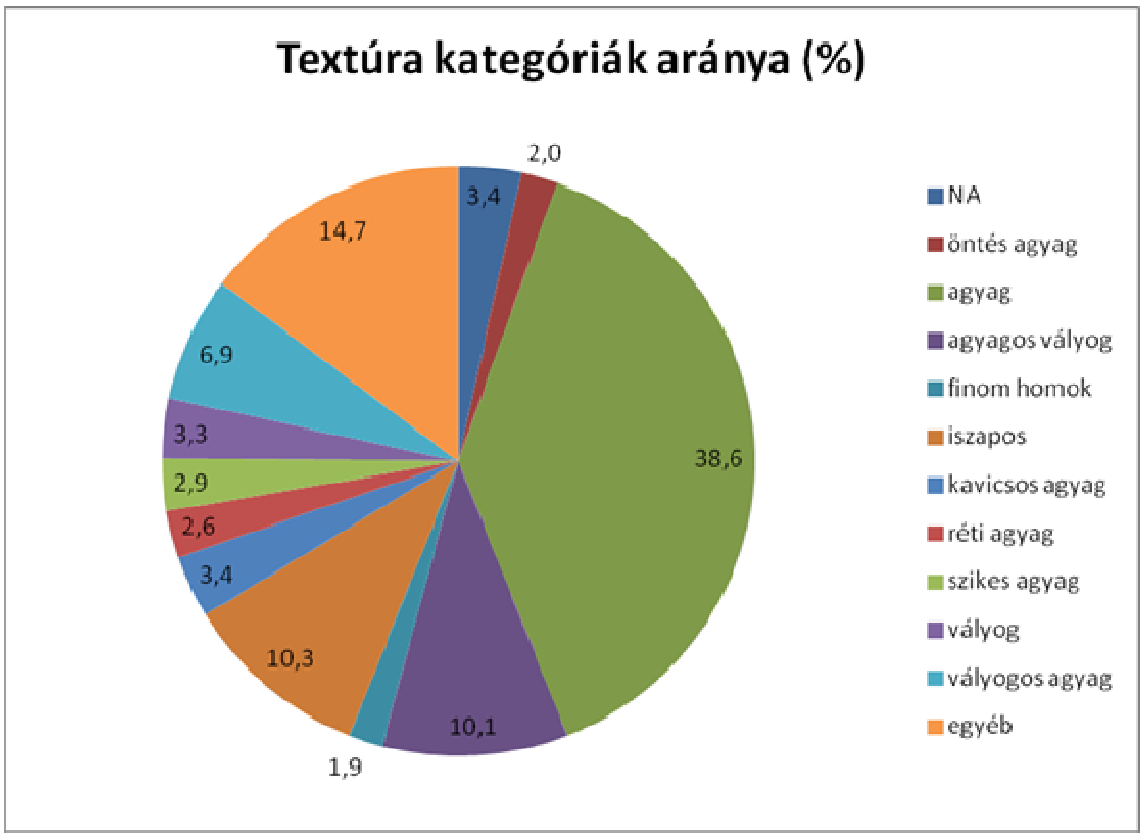
A talajszintek jellemző szerkezeti típusainak vizsgálata alapján megállapíthatjuk, hogy a felhasznált szelvények szintjeinek többsége tömött, illetve kötött szerkezettel rendelkezik, valamint viszonylag magas a morzsás szerkezeti elemek előfordulása (12. ábra).



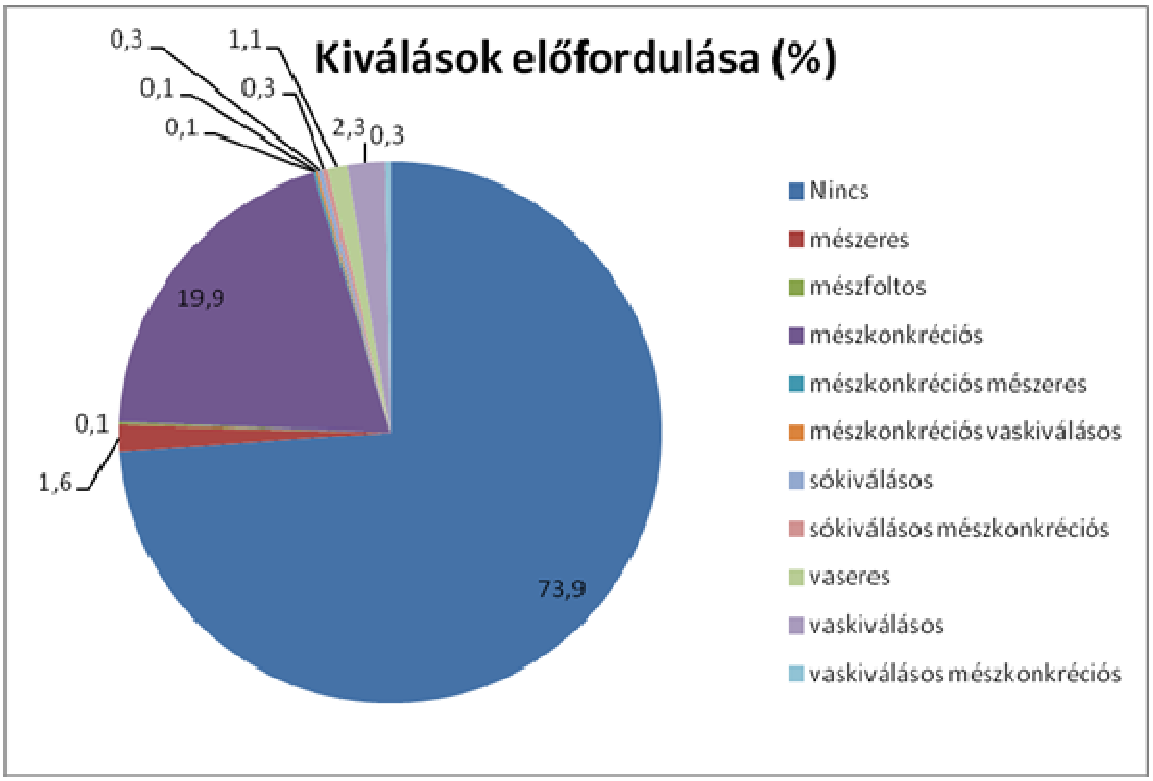
12. ábra A talaj szerkezeti típusainak eloszlása a DKTIR pontjainál a Gyöngyösi kistérség területén

A talajok textúrájáról az 13. ábra alapján látható, hogy a szintek csaknem felét agyag, illetve agyagos vályog szövetű anyag alkotja. Jelentős még az iszapos, a vályogos agyag, illetve a finom homok textúrájú talajok aránya.

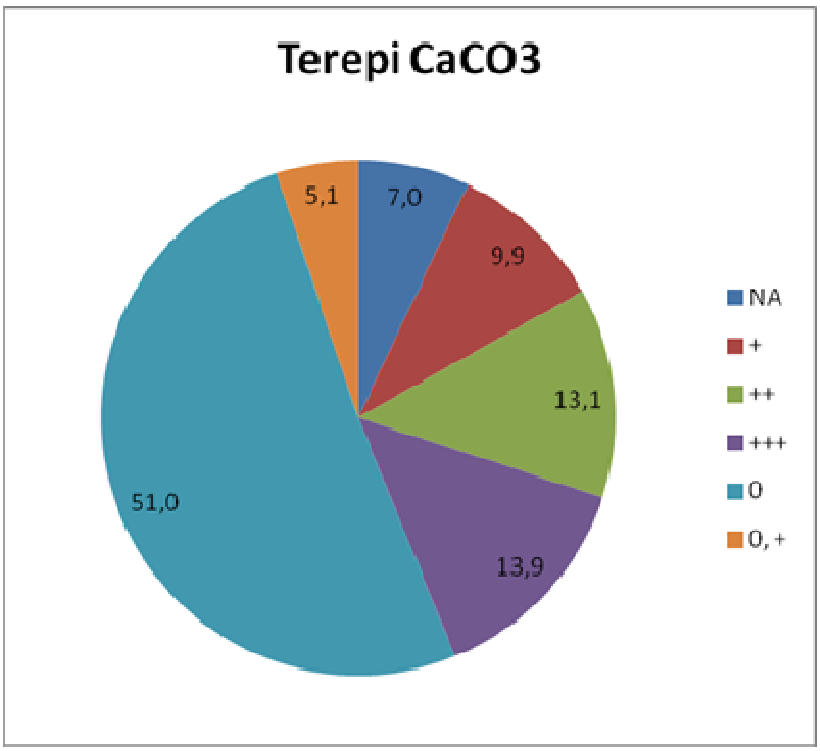
A talajszinteken megfigyelt kiválások és konkréciók közül a leggyakrabban a karbonátos (mészkonkréciók, mészerek, mészfoltok), illetve vaskiválások fordulnak elő (14. ábra). Ezzel összhangban, a talajszintek közel 37 százalékánál mértek a terepen legalább „+” kategóriájú (1-2%) karbonát tartalmat (15. ábra).



13. ábra A talaj textúra kategóriáinak eloszlása a DKTIR pontjainál a Gyöngyösi kistérség területén

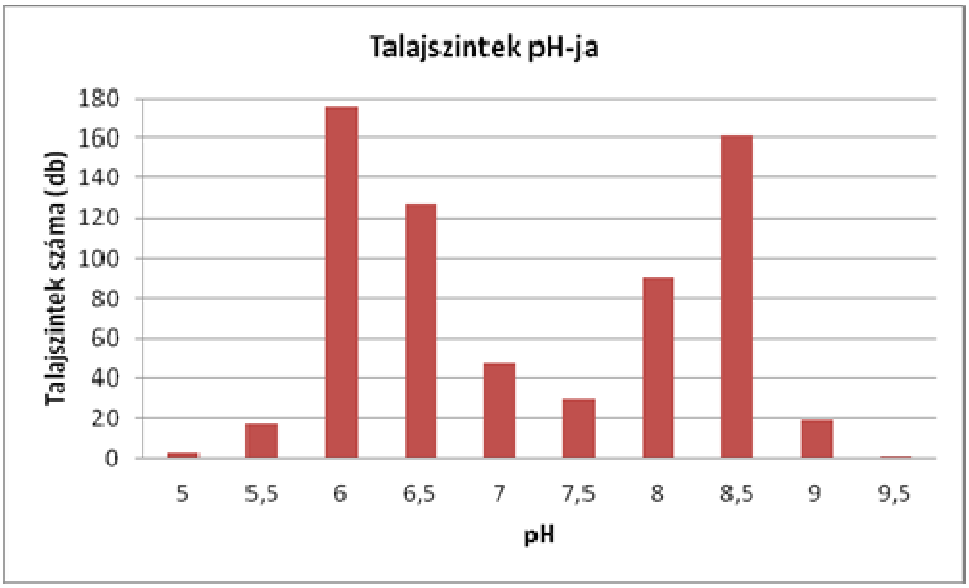


14. ábra A különböző kiválások előfordulása a DKTIR pontjainál a Gyöngyösi kistérség területén



15. ábra A terepi karbonátvizsgálatok adatainak eloszlása a DKTIR pontjainál a Gyöngyösi kistérség területén

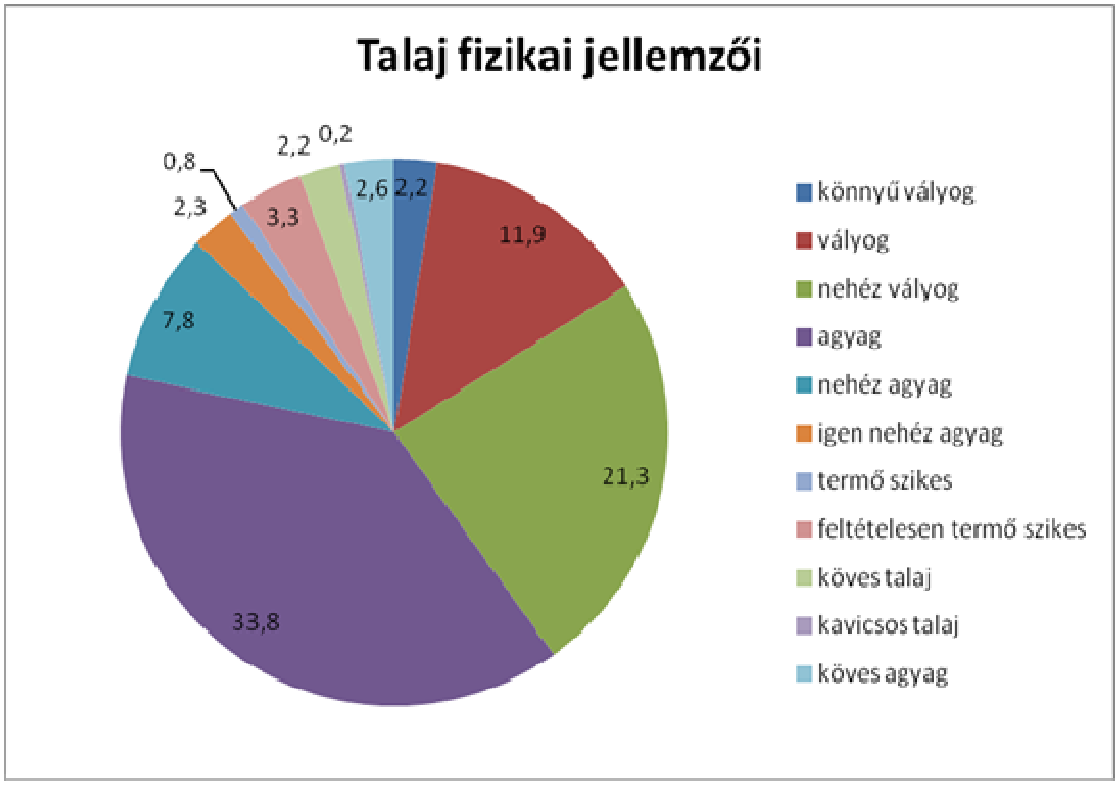
A talajszintek pH-ja 4,8 és 9,3 közötti, számtani középértékük 6,4 míg eloszlásukat a 16. ábra mutatja be. Megfigyelhető, hogy a területen inkább az enyhén savanyú, valamint az enyhén lúgos pH-jú talajszintek a jellemzőek, a semleges és az extrém pH igen ritka.



16. ábra A talajszintek pH-jának eloszlása a DKTIR pontjainál a Gyöngyösi kistérség területén

4.2.1.2 A Géczy-féle térképek adatai (Géczy)

A 17. ábra bemutatja a Géczy-térképeken a talaj fizikai jellemzőiként összegyűjtött tulajdonságokat. Megfigyelhető, hogy a Kreybig adatokkal összhangban itt is erősen dominálnak a kötöttebb (agyag, nehézagyag, nehéz vályog) talajok.

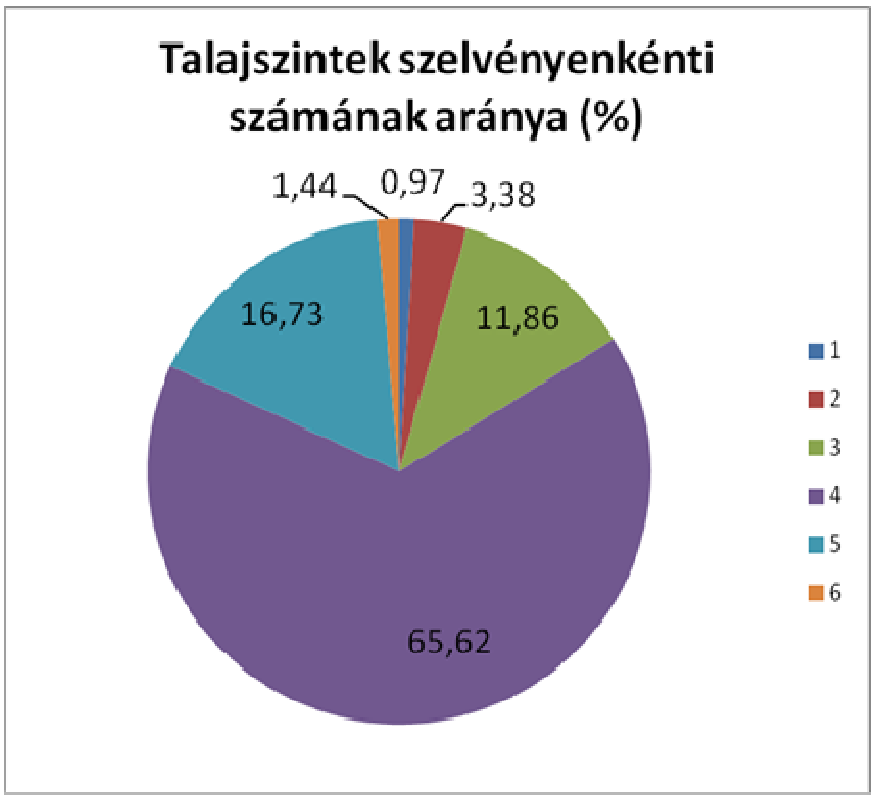


17. ábra A talajok fizikai jellemzőinek területi eloszlása a Géczy-féle térképek alapján a Gyöngyösi kistérség területén

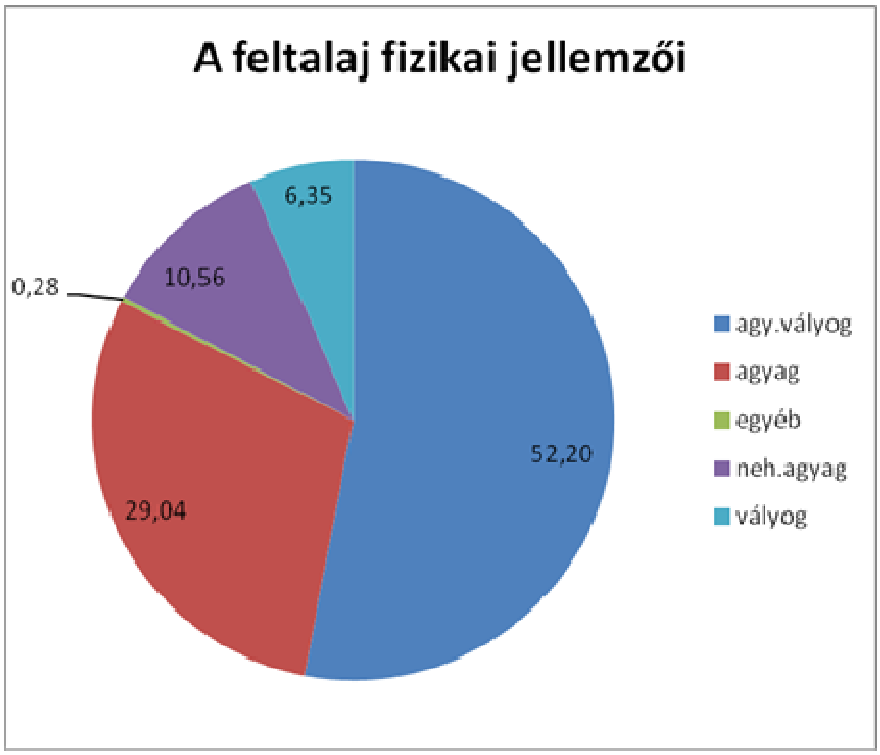
4.2.1.3 Az 1:10 000 méretarányú üzemi talajtérképezés adatai (Üzemi)

A leírt talajszintek számát tekintve a legtöbb talajnál négy szintet írtak le (18. ábra). Ez érdekes kontrasztban áll a DKTIR-rel, ahol az egyetlen leírt szinttel rendelkező talajokból van a legtöbb. Ez mutathatja többek között a módszertan fejlődését.

A talajok fizikai jellemzőinek vizsgálatakor ez az adatbázis is hasonló eloszlást mutat, mint az előző kettő: dominálnak az agyag, nehéz agyag, agyagos vályog talajok (19. ábra). Ugyanakkor feltűnő ezen kategóriák – a többi adatbázishoz viszonyított – túlzott dominanciája, a durvább szövetű talajok ezen felosztás alapján szinte meg sem jelennek a diagramon.

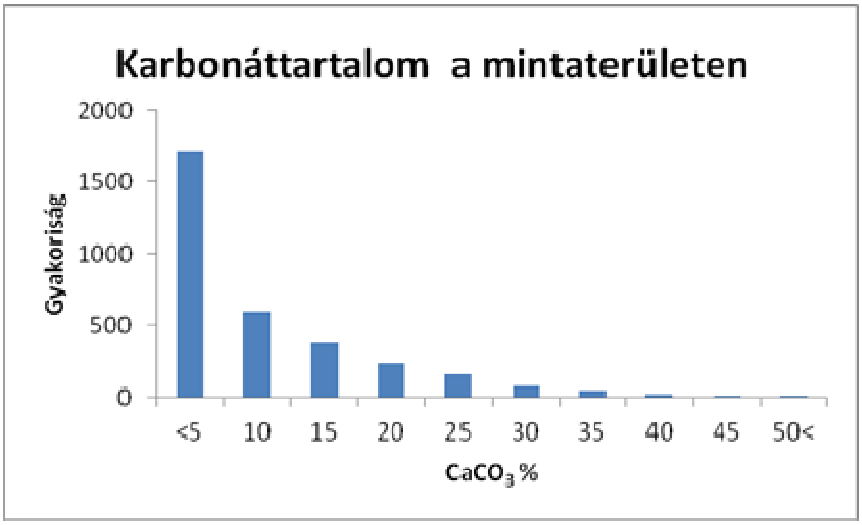


18. ábra A leírt talajszintek számának eloszlása a mintaterületen az üzemi talajtérképek szelvényei alapján



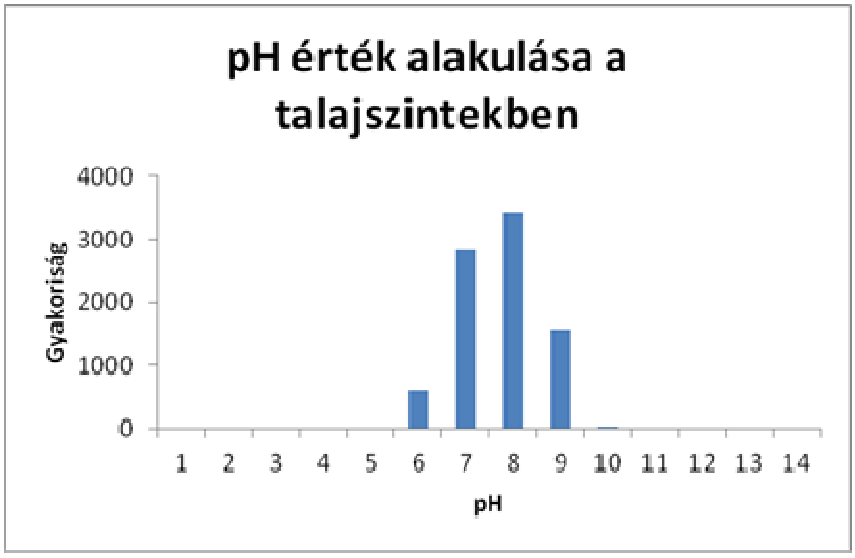
19. ábra A feltalaj fizikai jellemzőinek eloszlása a mintaterületen az üzemi talajtérképek szelvényei alapján

A mintaterületre alapvetően az alacsony karbonáttartalmú talajok a jellemzőek. Az adatbázisban fellelhető 8539 talajszintből 5244 nem tartalmazott karbonátot. A fennmaradó 3219, karbonátot legalább kis mértékben tartalmazó szint eloszlását mutatja a 20. ábra.



20. ábra A karbonátot tartalmazó szintek eloszlása a mintaterület talajszintjeiben az üzemi talajtérképek szelvényei alapján

A talajszintek pH értékeinek vizsgálatakor látható, hogy alapvetően a semleges, enyhén lúgos talajszintek dominálnak (21. ábra). A térképezés módszertanából, ezáltal a pontok területi eloszlásából következik, hogy csak a mezőgazdasági művelés alatt álló területekről mintáztak, így a domb- és hegyvidéki, erdős területek erősen alulreprezentáltak az adatbázisban.



21. ábra A pH eloszlása a mintaterület talajszintjeiben az üzemi talajtérképek szelvényei alapján

4.2.2 Az adatok térbeli vizsgálata

A mintaterületre rendelkezésre álló pontadatok tanuló, illetve tesztpopulációra való szétválasztásánál az adatok tíz százalékát különítettem el. A 11. táblázat bemutatja, hogy a két részhalmaz mindkét vizsgált WRB egység esetén megőrizte az eredeti eloszlást, így reprezentatívnak tekinthetőek a teljes populációra.

11. táblázat Az adatok felosztásának hatása az eloszlásra

Adatok	Pontok száma (db)				
	Calcaric anyag		Clayic minősítő		Összesen
	db	%	db	%	db
Teljes Kreybig/Üzemi	741	19,9	2600	69,7	3732
Tanuló populáció	716	21,3	2339	69,6	3359
Teszt populáció	75	20,1	261	70,0	373

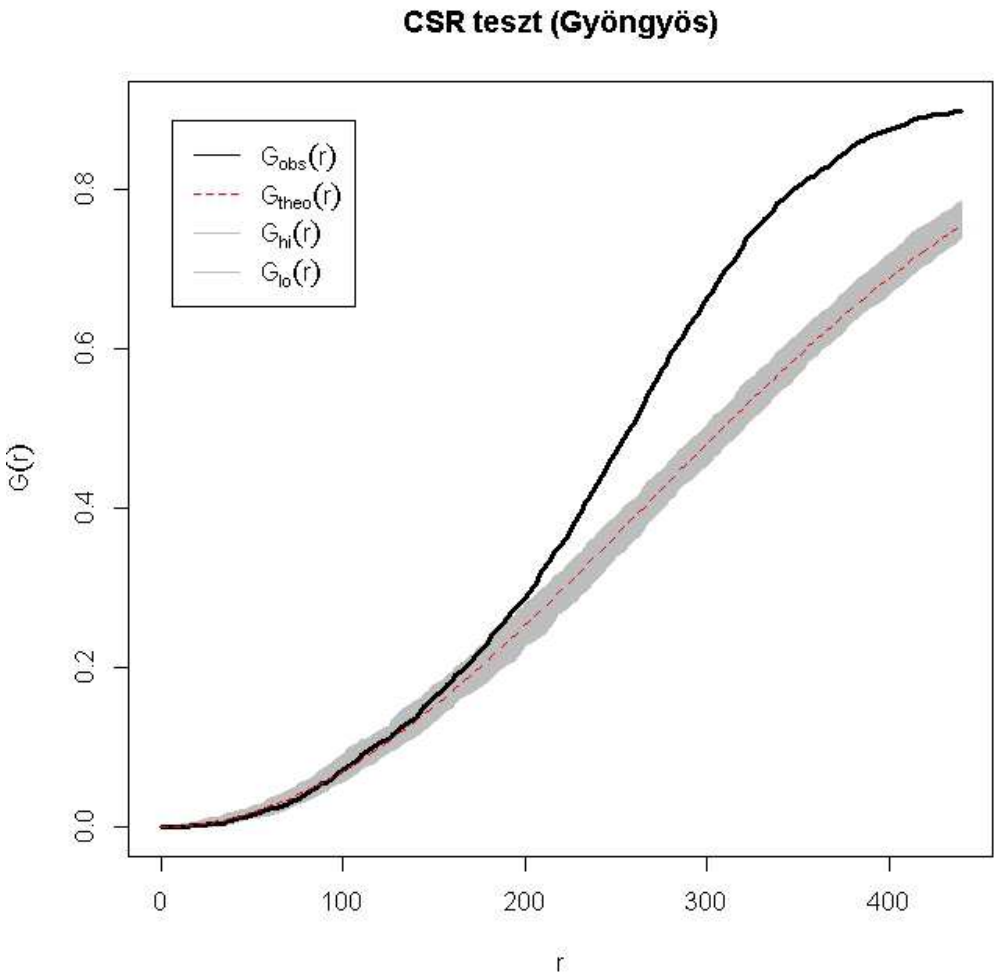
A tanuló adatok eloszlásának vizsgálatára meghatározott átlagos távolság számítás összefoglalóját tartalmazza a 12. táblázat. Ebből megállapítható, hogy az egyes pontok legközelebbi szomszédainak átlagos távolsága 277 m. Ugyanakkor a minimum és maximum közötti különbség igen nagy. Ez többek között következhet a két eltérő méretarányú térképezés pontjainak kombinációjából, valamint a domb- és hegyvidéki, illetve erdős területek hiányos felvételezéséből. Előbbi magyarázhatja minimum, míg utóbbi a maximum értéket.

12. táblázat A mintaterület pontjainak távolsága legközelebbi szomszédaiktól

Min.	Q1	Medián	Sz. átlag	Q3	Max.
16.55	185.70	258.40	277.00	327.40	2457.00

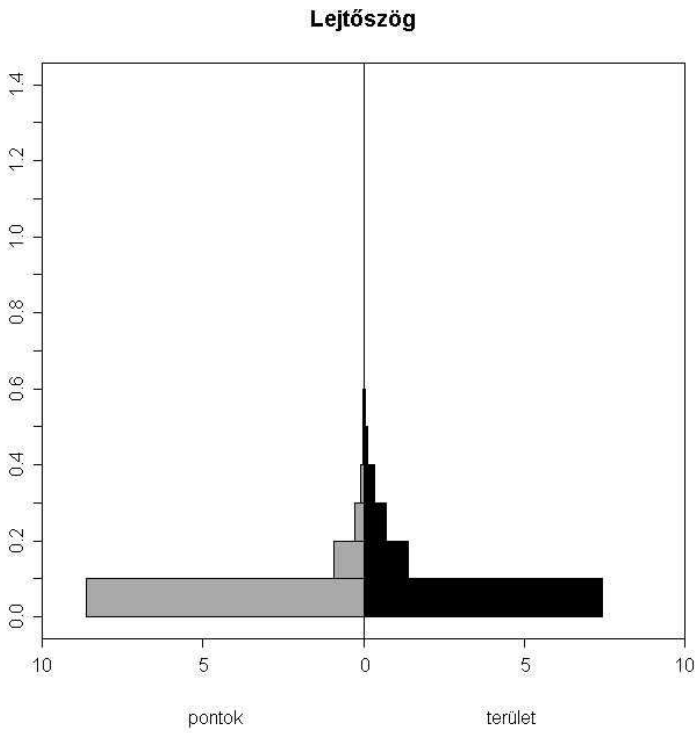
A mintaterületre elkülönített tanuló populációra elvégzett térbeli eloszlás (CSR) vizsgálat alapján megállapítható, hogy a pontok körülbelül 150 m-es távolságon belül jellemzően véletlenszerű eloszlást mutatnak, míg e fölött a pontok csoportosulása figyelhető meg (21. ábra). Ennek több, egymással esetenként összefüggő magyarázata is lehetséges. Az üzemi térképezés pontjainak a térképezés méretaránybeli különbségéből adódóan nagyobb a sűrűsége. A terület egyes részein – többnyire domborzati viszonyok, illetve területhasználati, vagy egyéb okokból – a térképezés során nem készült felvételezés, vagy nem megfelelő pontsűrűséggel. Ugyanakkor ezek a területek

többnyire ma sincsenek mezőgazdasági művelés alatt, így a talajtérképek felhasználhatósága szempontjából kritikus területekre a pontok eloszlása és sűrűsége megfelelő.



21. ábra A tanuló populáció pontjainak térbeli eloszlása (CRS)

A pontadatokat a segédváltozók raszteres állományaira helyezve lehetővé vált utóbbiak eloszlásán túl a tulajdonságterek vizsgálata is. Erre azért volt szükség, hogy értékelhessem a segédváltozók pontbeli adatai mennyire tekinthetőek reprezentatívnak a teljes területre vonatkoztatva. Ehhez ún. back-to-back hisztogramokon ábrázoltam valamennyi segédváltozó eloszlását a pontok és a teljes mintaterület szerint (3. Melléklet). Mintaként a lejtőszög értékek eloszlását mutatja be a 22. ábra, amely jól példázza, hogy míg általánosságban az eloszlások jellege megegyezett, a változók többségénél megfigyelhetőek olyan területek melyek többnyire alul- illetve felülreprezentáltak a mintában.



22. ábra A lejtőszög paraméter eloszlása a pontok (bal) és a teljes terület (jobb) alapján

A pontokon és a teljes területen vizsgált eloszlások összehasonlítására Kolmogorov-Szmirnov tesztet végeztem valamennyi segédváltozóra (13. táblázat). Az eredmények tükrözik a hisztogramok vizuális vizsgálata alapján levont következtetéseket, szinte valamennyi eloszlásnál kimutatható statisztikailag szignifikáns különbség.

A domborzati információkat hordozó változóknál figyelhető meg elsősorban az eltérés, ez megerősíti a korábbi feltételezést, miszerint a hegy- és dombvidéki területekre az adatbázis nem rendelkezik elegendő információval.

Ez elsősorban azt mutatja, a hazai archív talajadatok digitális térképezési célú felhasználásához a mintaterület alapján a mezőgazdasági térképezések adatain túl várhatóan további, elsősorban erdészeti talajinformációkra is szükség lehet, amennyiben maximalizálni kívánjuk a területi lefedettséget.

Az adatok ugyanakkor felhasználhatóak, figyelembe véve, hogy várható eredményeik az alulreprezentált területeken kevésbé lesznek felhasználhatóak.

12. táblázat A pontokon és a teljes területen vizsgált eloszlások összehasonlítására Kolmogorov-Szmirnov teszttel

	D	p
Magasság	0,381	0,09493
Lejtőszög	0,5714	0,02069
Konvergencia index	0,1667	0,9639
Lejtőhajlás	0,8667	2,56E-05
Lefolyási viszonyok	0,6957	2,93E-05
Anyagmérleg	0,3	0,3291
Felszín érdességi index	0,8462	1,65E-08
Nedvességi index	0,1875	0,9412
Vízhálózattól való függőleges távolság	0,5294	0,01705
NDVI2000	0,2222	0,7658
NDVI2001	0,2778	0,491
NDVI2002	0,25	0,4413
NDVI2003	0,2632	0,5262
NDVI2007	0,2174	0,6487
PC1_2000	0,3	0,3291
pc12	0,1364	0,9867
pc13	0,2	0,9251
pc14	0,3125	0,4154
pc21	0,4444	0,05713
pc22	0,3333	0,1938
pc23	0,5	0,03663
pc24	0,4783	0,01038
pc31	0,1875	0,9412
pc32	0,2	0,9251
pc33	0,2353	0,7344
pc34	0,3571	0,3338
pc41	0,2632	0,5262
pc42	0,3846	0,04272
pc43	0,3125	0,4154
pc44	0,3333	0,27
pc61	0,2105	0,7937
pc62	0,15	0,978
pc63	0,3529	0,2402
pc64	0,1739	0,8775

4.3 A digitális térképezés eredményei

4.3.1 A térképezés eredményei

A krigelés során a calcaric anyag esetén exponenciális, a clayic minősítőnél gauss típusú elméleti variogramot illesztettem az adatokra. Az illesztett variogramok és a reziduális variogramok ábráit és adatait a 4. melléklet tartalmazza.

A 23. és 24. ábrákon a calcaric anyag regresszió krigeléssel becsült térbeli eloszlása, illetve a modell varianciája látható, valamint az ellenőrző pontok és értékeik. A térképek vizuális interpretációja alapján látható, hogy a tesztpopuláció calcaric anyagot tartalmazó pontjai (fehér) többnyire azokra a területekre esnek, ahol a modell magasabb valószínűséggel jósolta jelenlétüket (vörös), míg a calcaric anyagot nem tartalmazó szelvények (fekete) az alacsonyabb valószínűségű (kék) területekre esnek az esetek többségében.

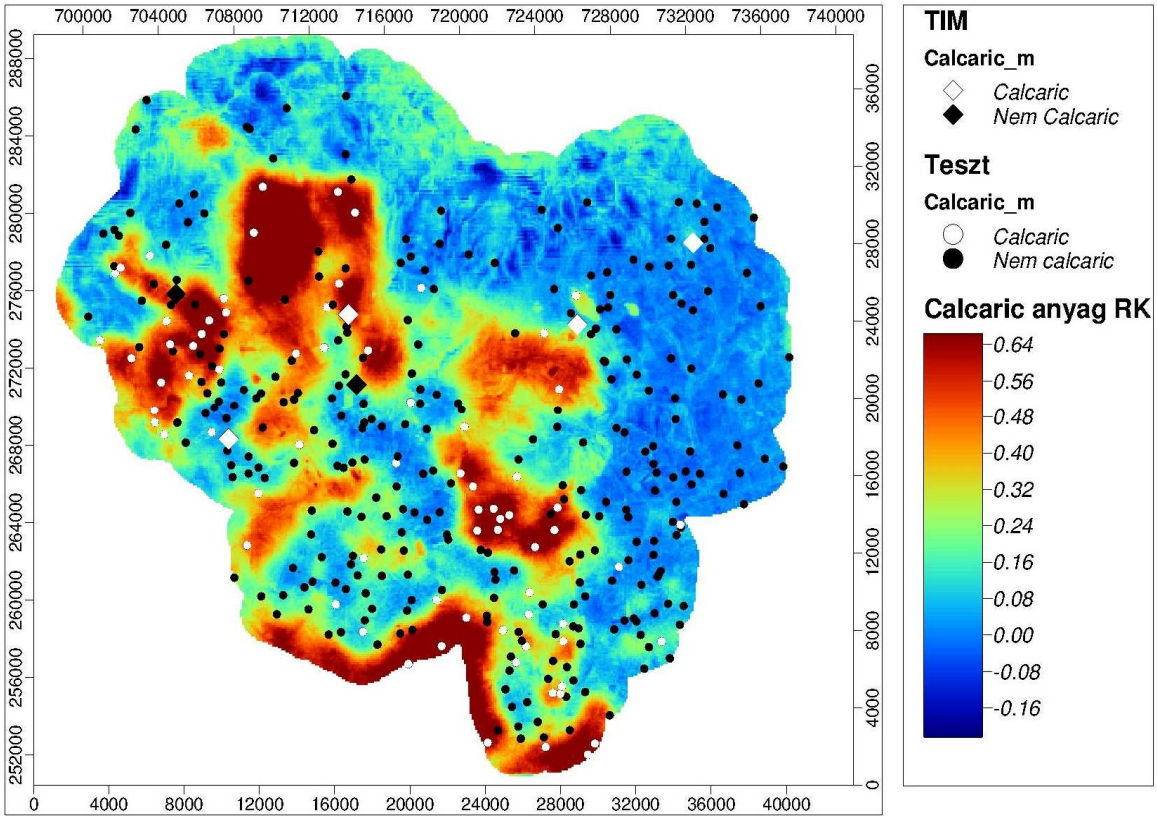
Ugyanakkor a valószínűségi értékek általában alacsonyak, ez következhet abból is, hogy a felhasznált segédváltozók között nem szerepelt semmilyen, a talajképző kőzetre információt hordozó réteg.

A varianciát figyelembe véve látható, hogy azokon a területeken, ahol a tanuló populáció pontsűrűsége magasabb volt, a variancia lényegesen alacsonyabb, mint a pontokban szegény, magasabban fekvő, illetve peremterületeken.

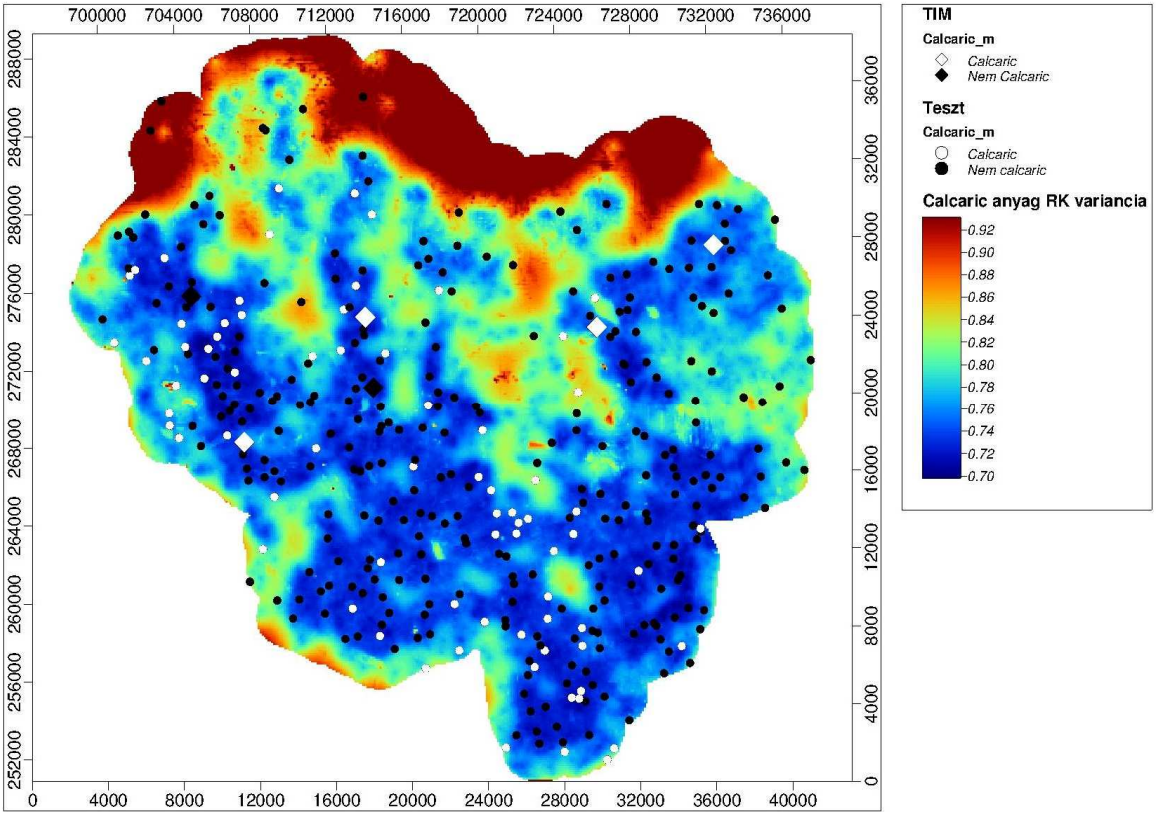
Ugyanakkor feltűnő, hogy Domoszló térségében a nagyméretarányú térképezés pontjainak hiánya nem csökkentette szignifikánsan a modell varianciáját, a pontok eredeti eloszlásán ugyanis látható, hogy a Kreybig-féle pontok sűrűsége valamivel magasabb az átlagosnál azon a területen, így az egyes adatbázisok kompenzálhatják egymás hiányosságait.

Az regresszió krigelés azt általános krigelés eredményeivel (25. és 26. ábra) összevetve megfigyelhető, hogy bár térbeli mintázatuk hasonló képet mutat, előbbi sokkal részletesebb, kevésbé elnagyolt képet ad a területről, ugyanakkor varianciája valamivel magasabb. A variancia értékek térbeli eloszlása lényegében megegyezik, ami várható, hiszen mindkét modell ugyanazon pontok alapján dolgozott.

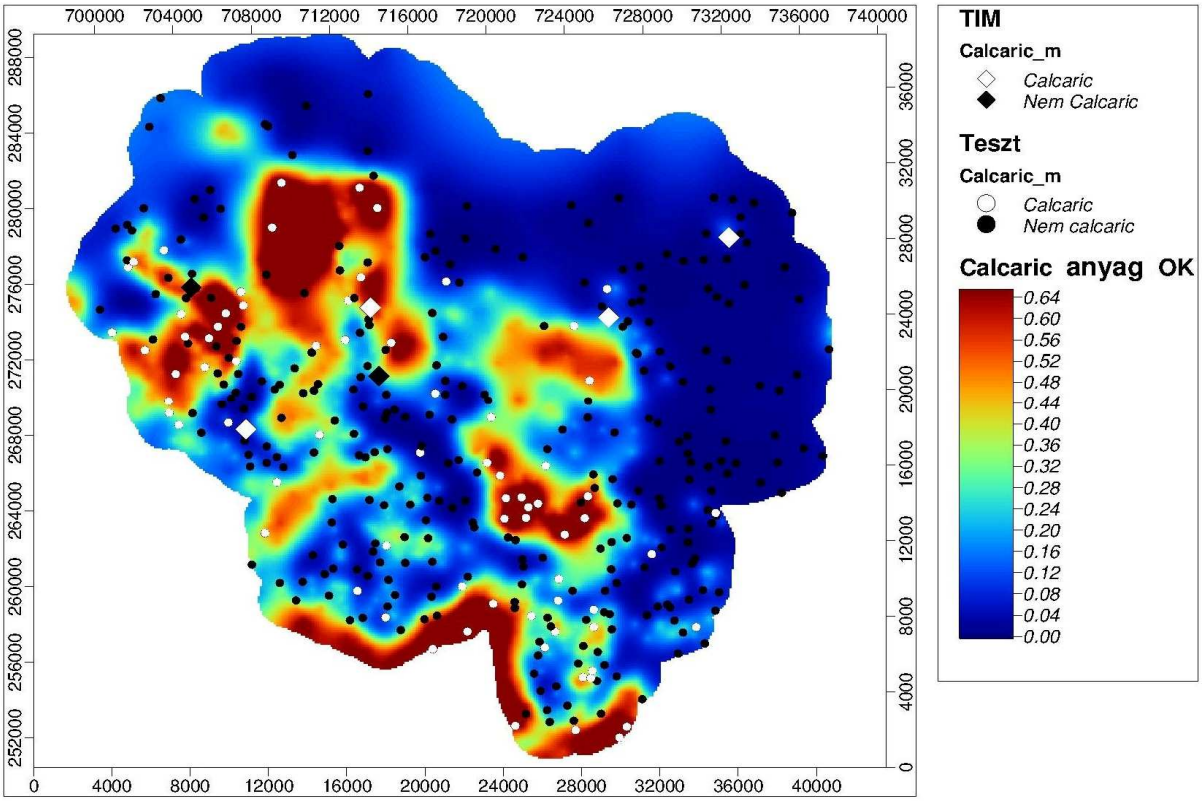
A clayic minősítő esetén (27-30. ábrák) látható, hogy mindkét modell magasabb valószínűségi értékeket adott meg. Figyelembe véve az adatok előzetes vizsgálatát, a magas agyagtartalmú talajok dominanciája alapján várható volt a terület jelentős részén a clayic minősítő jelenléte.



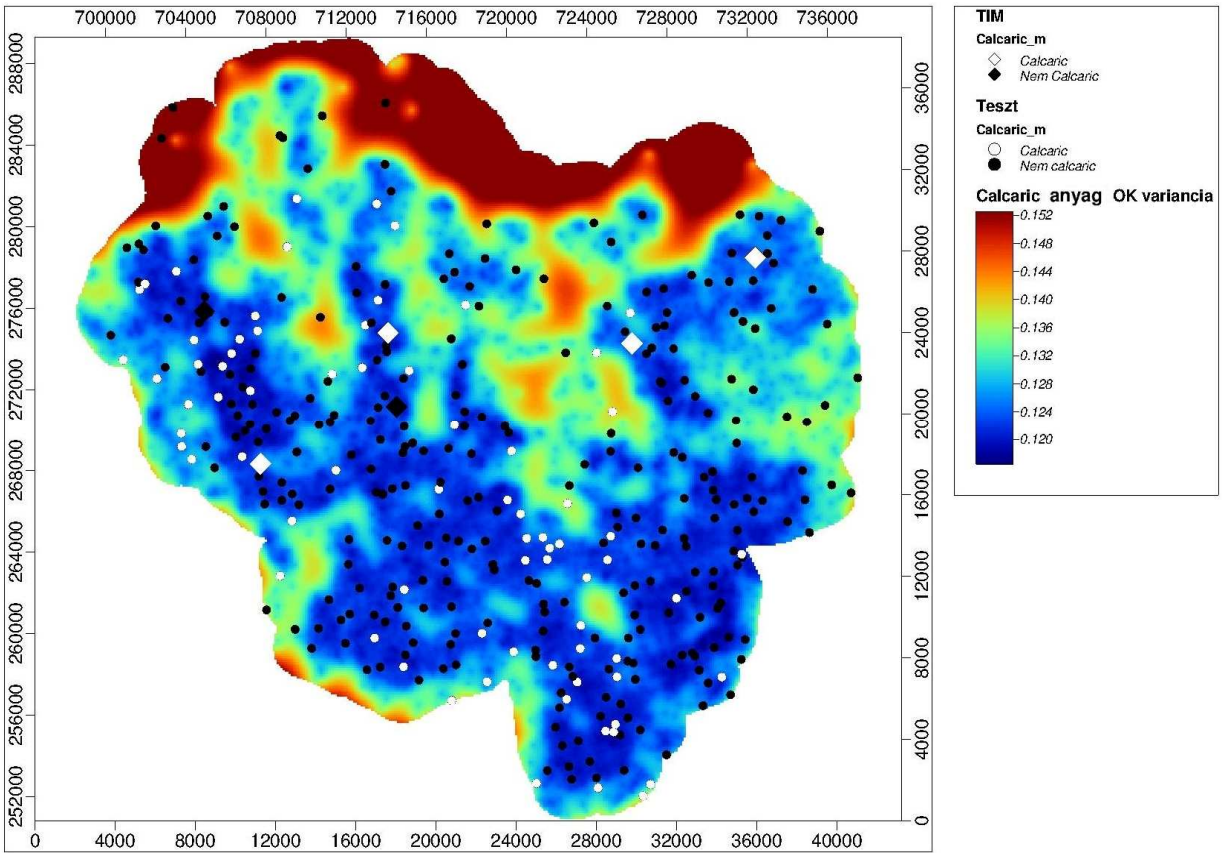
23. ábra Calcaric anyag térbeli eloszlása regresszió krigelés alapján Gyöngyös térségében



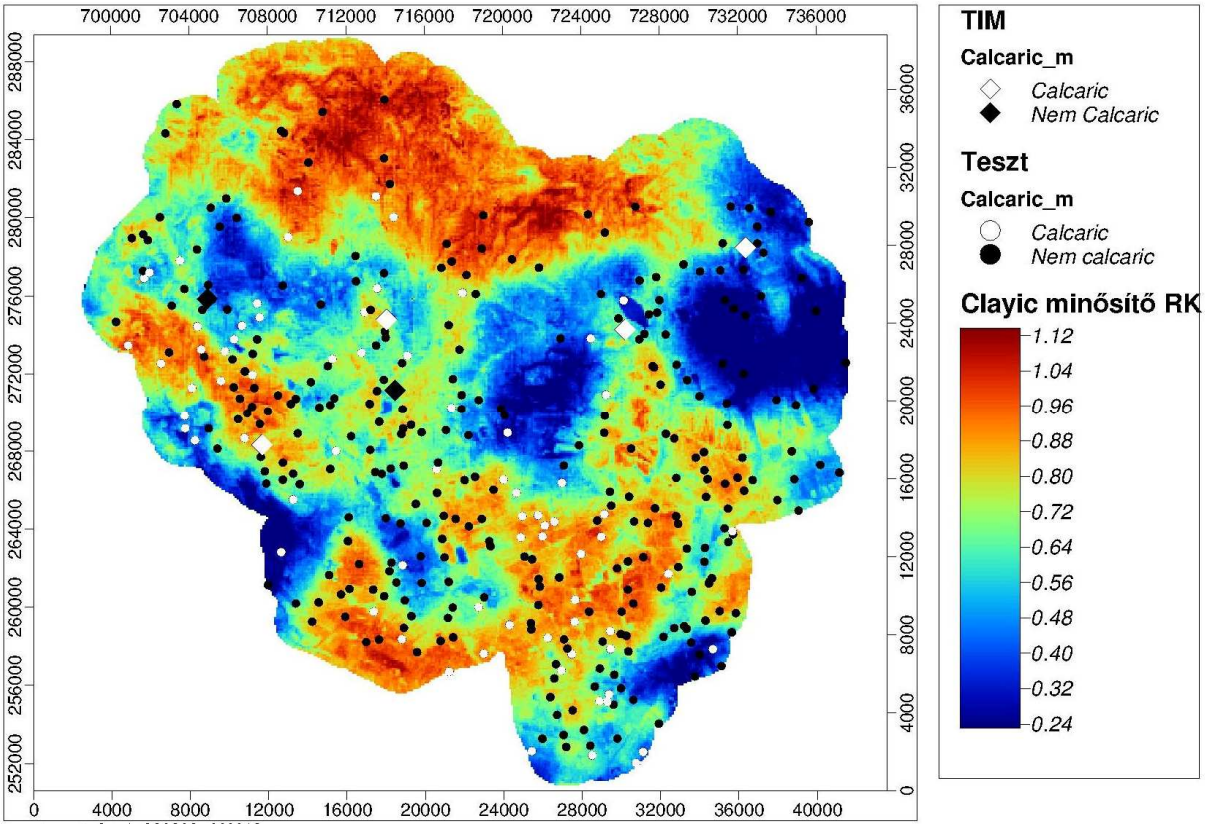
24. ábra A regresszió krigelési modell varianciája a calcaric anyag meghatározásánál



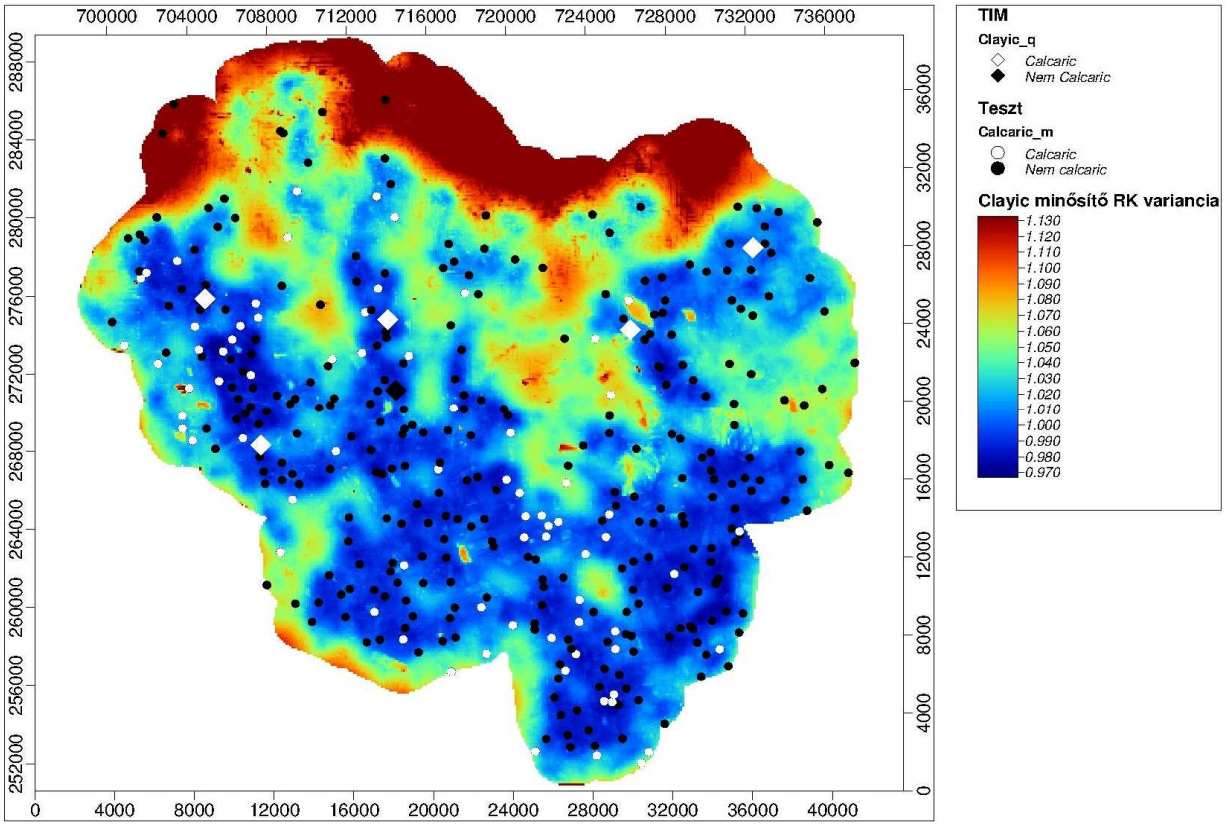
25. ábra Calcaric anyag térbeli eloszlása általános krigelés alapján Gyöngyös térségében



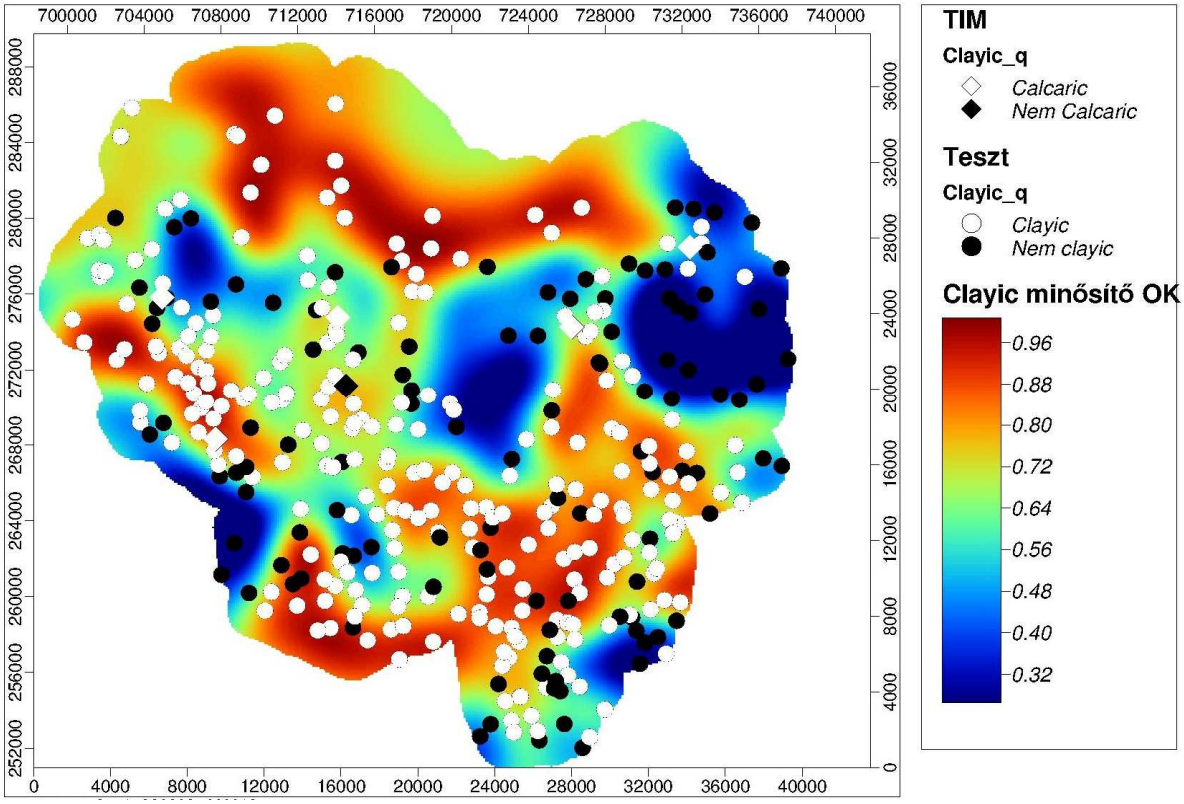
26. ábra Az általános krigelési modell varianciája a calcaric anyag meghatározásánál



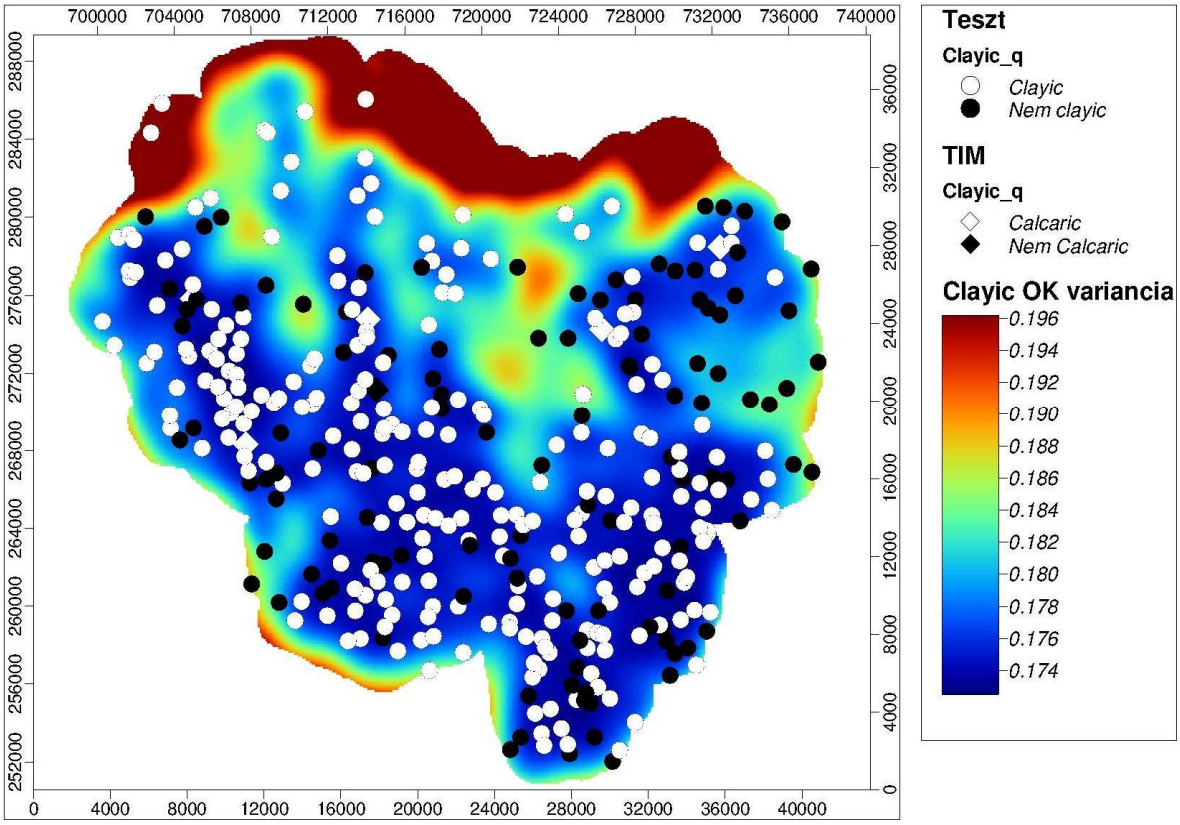
27. ábra A Clayic minősítő térbeli eloszlása regresszió krigelés alapján Gyöngyös térségében



28. ábra A regresszió krigelési modell varianciája a clayic minősítő meghatározásánál



29. ábra A Clayic minősítő térbeli eloszlása általános krigelés alapján Gyöngyös térségében



30. ábra Az általános krigelési modell varianciája a clayic minősítő meghatározásánál

4.3.2 Az eredmények vizsgálata

Tekintettel arra, hogy a krigelt térképek előfordulási valószínűséget határoznak meg, az eredmények kiértékelésekor az elmosódott (fuzzy) halmazok módszertanához hasonlóan alkalmazhatóak hozzátartozási függvények, melyek a felhasználó igényei szerinti valószínűség felett jósolják egy adott feltétel teljesülését. Mindezek alapján az általános, 50%-os határérték mellett további, szigorúbb hozzátartozási értékeket is meghatároztam, melyeket a 14. táblázat tartalmaz.

14. táblázat A krigelés eredményeinek értékelése során alkalmazott hozzátartozási értékek

Igaz pozitív határértéke (%)	Igaz negatív határértéke (%)	Nem eldönthető (%)
>=50	<50	-
>=60	<40	40-60
>=70	<30	30-70
>=80	<20	20-80
>=90	<10	10-90

A tesztadatokból, a modellek első- és másodfajú hibái alapján számolt Q_α értékekből (15. táblázat) látható, hogy a regresszió-krigelés – bár nem szignifikáns mértékben, de – az esetek többségében jobban teljesített, mint az általános, pusztán a minták térbeli elhelyezkedését vizsgáló krigelési eljárás.

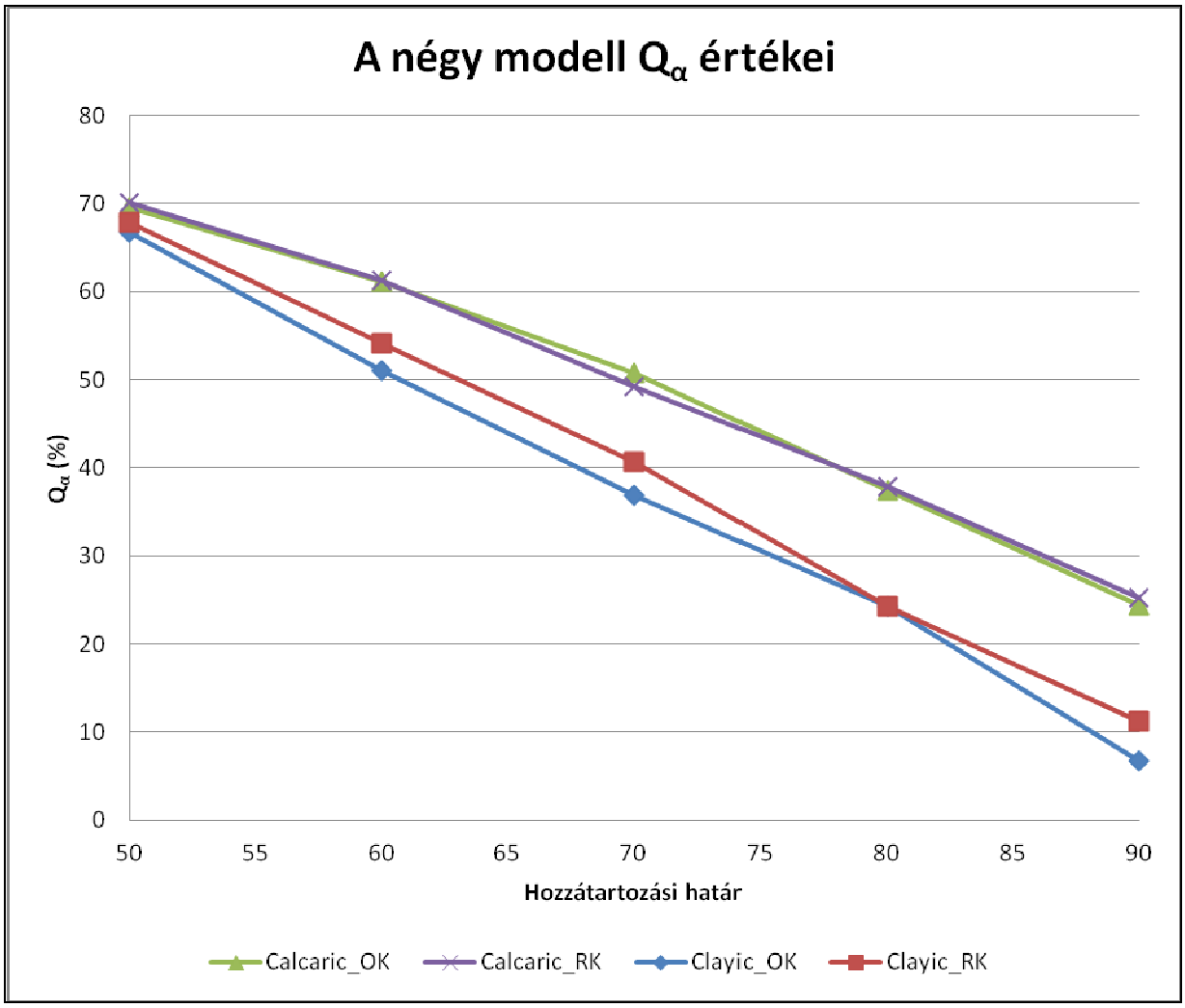
14. táblázat A krigelés eredményeinek értékelése során alkalmazott hozzátartozási értékek

Q_α	Calcaric_OK	Calcaric_RK	Clayic_OK	Clayic_RK
50,00	69,62	70,13	66,72	67,91
60,00	61,20	61,37	51,10	54,20
70,00	50,76	49,25	36,85	40,73
80,00	37,48	37,82	24,31	24,31
90,00	24,42	25,26	6,79	11,25

A 15. táblázat eredményeinek grafikus szemléltetésére szolgál a 31. ábra, melyen látható, hogy a calcaric anyag esetén a két módszer szinte azonos találati aránnyal bírt. Ezzel szemben a clayic

minősítő esetében a regresszió krigelés szinte valamennyi hozzátartozási szinten láthatóan jobban teljesített.

A Pearson-féle korrelációs együttható megerősíti a Q_α mutatót, a regresszió krigelés mindkét esetben jobban teljesített, bár nem szignifikáns különbséget felmutatva.



31. ábra A négy modell Q_α értékei a hozzátartozási szintek függvényében

15. táblázat A krigelés eredményeinek korrelációja a tesztpopulációval

Pearson-féle korrelációs együttható		
Calcaric	OK	RK
Teszt adat	0,5402	0,5519
Clayic	OK	RK
Teszt adat	0,4384	0,4771

Tekintettel arra, hogy a TIM szelvényeiből csak hat található a mintaterületen, az eredmények statisztikai kiértékelése nem volt lehetséges. A 16. táblázat a modellek által becsült értékek találati eredményeit tartalmazza a TIM pontok helyszínére. Megfigyelhető, hogy mindkét modell lényegesen jobban teljesített a clayic minősítő esetében, ez magyarázható a magas agyagtartalmú talajok nagyobb arányával a területen.

16. táblázat A krigelés eredményeinek összehasonlítása a TIM adataival

TIM	Calcaric_OK	Calcaric_RK	Clayic_OK	Clayic_RK
a	HN	HN	IP	IP
b	HN	HN	IP	IP
c	IP	IP	IP	IP
d	IN	IN	IP	HN
e	HN	HN	IP	IP
f	IN	IN	HP	IP

Magyarázat: IP – igaz pozitív, IN – igaz negatív, HP – hamis pozitív, HN – hamis negatív

4.4 Új tudományos eredmények

1. A rendelkezésre álló adatok alapján nemzetközi szinten is újszerű megfeleltetési módszertant adaptáltam a Kreybig, a Géczy és a Nagyméretarányú országos talajtérképezések által felhalmozott adatokra, így megkönnyítve azok integrációját más nemzetközi, a nemzetközi Talajtani Unió terminológiáját alkalmazó adatbázisokkal.
2. Megállapítottam, hogy az archív talajadatok WRB célú felhasználhatóságak időbeli változása emelkedő trendet mutat. (A WRB-megfelelés szerinti rangsor 1. TIM; 2. Üzemi; 3. Géczy; 4. Kreybig)
3. A módszertan példáján bemutattam, hogy az egyes adatbázisok alkalmazása helyett azok kombinációja jelentősen megnövelheti a harmonizációs munkák várható eredményességét.
4. A módszertan alapján digitális térképezési módszert alkalmaztam a WRB egységeinek közvetlen becslésére eltérő módszertanú és felvételezési idejű archív talajadatbázisok alapján.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az eredmények rámutatnak, hogy az országosan legnagyobb területi lefedettséggel rendelkező, elsősorban archív adatokra épülő adatbázisok önmagukban nem elégítik ki teljes körűen napjaink adatigényeit.

A vizsgálatok alapján megfigyelhető egyfajta emelkedő trend az archív adatok WRB-célú felhasználhatóságában, ahogy közelebb jutunk napjainkhoz. Mindez természetesen logikusan következik a talajtani ismeretek bővüléséből és a felhasználási célok változásából. Bár a TIM látszólag közel maximálisan megfelel a követelményeknek, nem hagyhatjuk figyelmen kívül azonban, hogy az adatbázis csak pontadatokat tartalmaz. Ez utóbbi probléma kapcsán számos kísérlet folyik a TIM pontok adatainak térbeli kiterjesztésére digitális talajtérképezési módszerek segítségével. (Dobos et al., 2005; Pásztor et al. 2012a,b). Egyértelműen látszik ugyanakkor, hogy az archív talajadatok kombinált felhasználása jelentősen (esetünkben akár 24 százalékkal is) megnövelheti a harmonizációs munkák várható eredményességét.

Fontos megjegyezni, hogy jelen tanulmány nem tért ki a korlátozottan felhasználható adatok alkalmazásából következő magasabb hibalehetőségekre. Ebből adódóan az adatok felhasználásakor minden esetben figyelembe kell venni az eltérő módszertanokból és felvételi időpontokból következő pontatlanságot. Kutatómunkám eredményei alapján sikerült a hazai három legnagyobb talajtani adatbázis információinak korlátozott WRB-megfeleltetése. Bár módszertanuk alapján nem tudnának megfelelni a WRB – egyébiránt igen szigorú és nagy adatigényű – kritériumainak, a Kreybig, a Géczy és az 1:10 000 méretarányú térképezések tárházai még napjainkban is hordoznak elegendő mennyiségű szemi-kvantitatív, sőt, bizonyos esetekben kvantitatív információt, ami alapján lehetséges a nemzetközi adatbázisokkal való összekapcsolásuk, vagy integrálásuk.

Az elvégzett kutatómunka során bebizonyítottam, hogy az általam alkalmazott módszertan alkalmas lehet a hazai talajtani adatok nemzetközi megfeleltetésére. A megújuló hazai talajosztályozás ugyanakkor várhatóan az eddigieknél nagyobb hangsúlyt helyez majd a konkrét határértékekre a talajok besorolásánál, így várható, hogy bizonyos archív talajadatok esetén szükség lehet majd a jelen dolgozatban leírthoz hasonló módszertan alkalmazására (Michéli et al. 2009).

A digitális térképezési munka eredményeképpen megállapítható, hogy a regresszió krigelés alkalmazása a hagyományos krigelési eljárásnál jobb eredményeket adott a mintaterületen. Ugyanakkor az is kiderült, hogy a megfelelő segédváltozók kiválasztása kritikus lehet az egyes WRB egységek térképezésekor.

Talán a fentieknél is lényegesebb, hogy eredményeim alapján úgy érzem munkám nem csupán lehetőséget teremt a hazai adatok nemzetközi megfeleltetésére – hiszen ilyen irányú törekvések már

évtizedek óta folynak hazánkban –, de talán rámutatott arra is, hogy egy hasonló módszertannal nem csak a WRB-be lehetne beintegrálni adatokat, hanem egy országos, valamennyi hazai talajtanos szakember javát szolgáló adatbázisba is.

Mindezt alátámasztani látszik, hogy a jelen dolgozatban bemutatott algoritmusok egy része felhasználásra került az OSIRIS (Observation and Spatial Information System for Soil Conservation – Talajvédelmi felvételezési és talajinformációs rendszer, osiris.helion.hu) rendszer létrehozásánál, amely egy a fentiekben felvázolt rendszer alapjait fekteti le (Szabó et al.2009).

Az elmúlt mintegy 8-10 év során a különböző hazai szakmai műhelyek mind a saját területükön, az általuk birtokolt adatbázisokra építve hoztak létre módszertant azok megújítására. Ez a trend valamelyest javulni látszik, hiszen több regionális projekt is volt az országban ahol több intézmény kutatói dolgoztak együtt az adatok integrációján, ugyanakkor látszólag még mindig messze vagyunk egy egységes, minden adatot befogadó, folyamatosan épülő, fejlődő, dinamikus talajtani adattárháztól.

A számos kis projektben elvégzett munkát ugyanakkor egy a jelen dolgozatban felvázolthoz hasonló módszertan segítségével össze lehetne fogni, és egy ilyen „alulról épülő”, folyamatosan bővülő adatbázissal az ország valamennyi talajtanos szakembere nyerhetne.

ÖSSZEFOGLALÁS

Tekintettel arra, hogy mind globálisan, mind országos szinten csökkennek a lehetőségek új, egységes módszertanú talaj-felvételezések kivitelezésére, így egyre nagyobb figyelem összpontosul a már meglévő adatok minél hatékonyabb megőrzésére és felhasználására. Mivel ezek az archív adatok gyakran eltérő módszertan, osztályozási rendszer alapján készültek, szükségessé vált valamilyen közös nevezőre hozásuk, harmonizációjuk. A Világ Talaj Referenciabázis-t (World Reference Base for Soil Resources, WRB) mind a Nemzetközi Talajtani Unió, mind az Európai Unió elfogadta, mint hivatalos talaj korrelációs rendszerét. A hazai archív talajadatok felhasználásával és digitális adatbázisokba rendezésével kapcsolatosan az elmúlt tíz évben számos publikáció született, ám a mai napig nem jött létre egy egységes, országos, harmonizált adatbázis, amely összhangban lenne a talajtan jelenleg elfogadott nemzetközi nevezéktanával, azaz a WRB-vel.

Doktori kutatómunkám elsődleges célja az volt, hogy az országosan legnagyobb lefedettséggel rendelkező archív talajadat-források alapján részletes módszertant dolgozzak ki adataik megfeleltetésére a WRB-vel. Ehhez először felmértem a talajadatok hazai helyzetét, majd a három kiválasztott adatforrás (Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer, Géczy-féle térképek, 1:10 000 méretarányú üzemi térképezés) adatainak áttekintése után döntési fákat dolgoztam ki azok megfeleltetésére a WRB rendszerével. A szelvényadatok korrelációján túl vizsgáltam az adatok térbeli kiterjeszthetőségét is, ehhez a digitális térképezés módszerei közül a regresszió krigelés alkalmazhatóságát vizsgáltam két kiválasztott WRB egység esetében. Ehhez a talajadatokon túl felhasználtam domborzati és távérzékelési adatokat is.

Munkám eredményei alapján létrejött egy, a három vizsgált adatbázisra alkalmazható megfeleltetési algoritmus-gyűjtemény a WRB legtöbb hazai körülmények között előforduló egységére. Megállapítottam egy időben emelkedő trendet az archív talajadatok WRB-célú felhasználhatóságát figyelembe véve. Regresszió krigeléssel archív adatokból közvetlenül becsültem WRB egységek térbeli előfordulását.

Munkám alapján rámutattam egy országos, az archív talajadatok folyamatos integrációját célzó egységes módszertan létrehozásának előnyeire és szükségességére.

.

SUMMARY

In light of the fact that opportunities for implementing new, harmonised soil surveys are declining both globally and regionally, there is more and more attention towards the effective preservation and use of already existing data. Since these legacy datasets were often created through different methodologies, it has become a necessity to harmonize them to a common platform. The World Reference Base for Soil Resources has been adopted both by the International Union of Soil Science and the European Union as an official soil correlation system. In the past decade, there were several publications focusing on the use and digital integration of Hungarian legacy soil data. However, to date, there is still no one national harmonised database in accordance with the international terminology of WRB.

The primary objective of my doctoral research was to develop a detailed methodology for the correlation of our legacy data with the WRB. To achieve this, I have first assessed the present state of soil information in Hungary. After reviewing the data stored by the three data sources (Digital Kreybig Soil Information System, Géczy maps, Farm level mapping) with the largest national coverage, I have developed decision trees for their correlation with the WRB system. Besides the correlation of profile data, I have also studied the possibilities for spatial extension of the data. In order to achieve this, I have assessed the application of regression kriging for two selected WRB units, for which I have also used digital elevation and remote sensing data.

As output from my research, an algorithm-set was developed for the correlation of most WRB units occurring in Hungary I have indicated that the WRB-applicability of Hungarian legacy data is increasing with being closer to the present. Trough regression kriging I have estimated the spatial pattern of WRB units directly from legacy data.

Based on my work I have emphasized the benefits of and the need for a harmonised methodology for the continuous integration of Hungarian legacy soil data.

.

MELLÉKLETEK

M1. IRODALOMJEGYZÉK

ALBRECHT C., HUWE B., JAHN R. (2004): Zuordnung des Munsell-Codes zu einem Farbnamen nach bodenkundichen Kriterien. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2004, (167) 60-65.p.

ARROUAYS D., MORVAN X., SABY N.P.A., RICHER DE FORGES A., LE BAS C., BELLAMY P.H., BERÉNYI ÜVEGES J., FREUDENSCHUß A., JONES A.R., JONES R.J.A., KIBBLEWHITE M.G., SIMOTA C., VERDOODT A., VERHEIJEN F.G.A. (Szerk.) (2008): Environmental Assessment of Soil for Monitoring: Volume IIa Inventory & Monitoring. EUR 23490 EN/2A, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 188 p.

BADDELEY A. & TURNER R. (2005): Spatstat: an R package for analyzing spatial point patterns. Journal of Statistical Software 12 (6), 1-42. ISSN: 1548-7660. URL: www.jstatsoft.org

BAKACSI ZS., KUTI L., PÁSZTOR L., VATAI J., SZABÓ J., MÜLLER T. (2010): Method for the compilation of a stratified and harmonized soil physical database using legacy and up-to-date data sources. Agrokémia és talajtan, 59(1), 39-46. p.

BALDI P., BRUNAK S., CHAUVIN Y., ANDERSEN C.A.F., NIELSEN H. (2000): Assessing the accuracy of prediction algorithms for classification: an overview. Bioinformatics Review Vol. 16, No. 5, 412-424 p.

BARANYAI F., FEKETE A., KOVÁCS I. (1987): A magyarországi talajtápanyag-vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

BARANYAI F. et al. (szerk.) (1989): Útmutató a nagyméretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. Agroinform, Budapest

BATJES N.H. (2000): Effects of mapped variation in soil conditions on estimates of soil carbon and nitrogen stocks for South America. Geoderma, 97, 135–144. p.

BATJES N.H. (2009): Harmonized soil profile data for applications at global and continental scales: updates to the WISE database. Soil Use and Mangement, 25, 124-127. p.

BATJES N.H., AL-ADAMAT R., BHATTACHARYYA T., BERNOUX M., CERRI C.E.P., GICHERU P., KAMONI P., MILNE E., PAL D.K., RAWAJFIH Z. (2007): Preparation of consistent soil data sets for SOC modelling purposes: secondary SOTER data sets for four case study areas. Agriculture, Ecosystems and Environment, 122, 26–34. p.

BAUMGARDNER M.F., OLDEMAN L.R. (1986): Proceedings International Workshop in the Structure of the Digital Soil Resource Map Annex Database, Wageningen, 20-24 January, 1986. SOTER Report No. 1. International Soil Reference and Information Center, Wageningen.

BARTA K., TANÁCS E., SAMU A., KEVEINÉ B.I. (2009): Hazai rendzinák megfeleltetése a WRB nemzetközi talajosztályozási rendszerben. Agrokémia és talajtan, 58(1), 7-18. p.

BIVAND R., LEWIN-KOH N. (2013): maptools: Tools for reading and handling spatial objects. R package version 0.8-23. http://CRAN.R-project.org/package=maptools

BIVAND R., KEITT T., ROWLINGSON B. (2013). rgdal: Bindings for the Geospatial Data Abstraction Library. R package version 0.8-5. http://CRAN.R-project.org/package=rgdal

BIVAND R.S., PEBESMA E.J., GOMEZ-RUBIO V. (2008): Applied spatial data analysis with R. Springer, NY. http://www.asdar-book.org/

BOCKHEIM J.G., GENNADIYEV A.N. (2000): The role of soil-forming processes in the definition of taxa in Soil Taxonomy and the World Soil Reference Base. Geoderma, 2000, (95) 53-72.p.

BOETTINGER J.L., HOWELL D.W., MOORE A.C., HARTEMINK A.E., KIENAST-BROWN S. (Szerk)(2010): Digital Soil Mapping – Bridging Research, Environmental Application, and Operation [Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer] (Progress in Soil Science) 439 p

COOK S. E., JARVIS A. & GONZALEZ J. P. (2008): A new global demand for digital soil information. [31-41 p.] In: HARTEMINK A. E., MCBRATNEY A. & MENDONÇA-SANTOS M. L. (szerk.): *Digital Soil Mapping with Limited Data*. Springer Science+Business Media B.V. H.n.

CSILLAG F., PÁSZTOR L., BIEHL L.L. (1993): Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils. Remote Sensing of Environment, 43, 231-242. p.

DE BAKKER H. (1970): Purposes of Soil Classification. Geoderma, 4, 195-208. p.

DEBELLA-GILO M., ETZELMÜLLER B. (2009): Spatial prediction of soil classes using digital terrain analysis and multinomial logistic regression modeling integrated in GIS: Examples from Vestfold County, Norway. CATENA 77(1), 8-18. p.

DECKERS J., DRIESSEN P., NACHTERGAELE F.O.F., SPAARGAREN O., BERDING F. (2000): Anticipated Developments of the World Reference Base for Soil Resources. 245-256. p. In: ESWARAN H., RICE T., AHRENS R., STEWART B.A. (Szerk.): Soil Classification: A Global Desk Reference, [CRC Press], 263 p.

DOBOS E., CARRÉ F., HENGL T., REUTER H.I., TÓTH G. (Szerk.) (2006): Digital Soil Mapping as a support to production of functional maps. EUR 22123 EN, 68 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.

DOBOS E., HENGL T. (2009): Soil Mapping Applications 461-479. p. In: HENGL T., REUTER H.I. (Szerk.): Geomorphometry – Concepts, Software, Applications [Developments in Soil Science, vol. 33] Elsevier 765 p.

DOBOS E., MICHÉLI E., BAUMGARDNER M.F. (1997): Digitális magassági modell és a felszíntagoltsági mutató használatia kis méretarányú talajtérképezésben. Agrokémia és Talajtan 46 (1-4) 311-326. p.

DOBOS E., MICHÉLI E., BAUMGARDNER M.F. (1998): Statistical Analysis of Advanced Very High Resolution Radiometer Data (AVHRR) Soil Relationships. Agrokémia és Talajtan 47 (1-4) 49-62. p.

DOBOS, E., 2006. The future of soil science: a vision from Europe. In: The Future of Soil Science. (Ed.: HARTEMINK, A. E.) 34–37. IUSS. Wageningen.

DOBOS E., BIALKÓ T., MICHÉLI E., KOBZA J. (2010): Legacy Soil Data Harmonization and Database Development 309-323. p. In: BOETTINGER J.L., HOWELL D.W., MOORE A.C., HARTEMINK A.E., KIENAST-BROWN S. (Szerk): Digital Soil Mapping – Bridging Research, Environmental Application, and Operation [Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer] (Progress in Soil Science) 439 p.

DOBOS E. & KOBZA J. (2007): A Bodrogköz talajai. [39–47. p.] In: DOBOS E. & TEREK J. (szerk.): *Élet a folyók között. A Bodrogköz tájhasználati monográfiája.* Miskolci Egyetem. Miskolc.

DOBOS E., MICHÉLI E., MONTANARELLA L. (2007): The population of a 500-m resolution soil organic matter spatial information system for Hungary 487-495. p. In: LAGACHERIE P., MCBRATNEY A.B., VOLTZ M. (Szerk.): Digital Soil Mapping – An Introductory Perspective [Amsterdam, Oxford: Elsevier B.V.] (Develpments in Soil Science, Volume 31)

DOBOS E., L. MONTANARELLA, T. NEGRE, MICHELI E. (2001): A regional scale soil mapping approach using integrated AVHRR and DEM data. International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation. Vol 3 Issue 1.

DOBOS E., NORMANN B. WORSTELL B.L. MONTANARELLA, C. JOHANNSEN, E. MICHELI. (2002): The use of DEM and satellite data for regional scale soil databases. Agrokémia és Talajtan. 51:1-2, pp. 263-272

DOBOS, E. ET AL. (2010): Legacy soil data harmonization and database development. In: Digital Soil Mapping: Bridging Research, Environmental Application, and Operation (Eds.: Boettinger, J. L. et al.). 309–324. Springer Science+Business Media B.V. Drotrecht–London–New York.

DÖVÉNYI Z. (Szerk.)(2010): Magyarország kistájainak katasztere. 2., átdolgozott és bővített kiadás, Budapest, MTA FKI, 876 p.

EBERHARDT E. & WALTNER I. (2010): Finding a way through the maze – WRB classification with descriptive data. [5–8. p.] In: GILKES, J. R. & PRAKONGKEP, N (szerk.):Soil Solutions for a Changing World: Proc. 19th World Congress of Soil Science, 1–6 August 2010, Brisbane, Australia 5–8. International Union of Soil Sciences. Brisbane.

FAO (1988): FAO-Unesco soil map of the world, revised legend, with corrections and updates. World Soil Resources Report 60, FAO, Rome; reprinted with updates as Technical Paper 20 by ISRIC, Wageningen,1997.

FAO/IIASA/ISRIC/ISSCAS/JRC (2012): *Harmonized World Soil Database (version 1.2)*. FAO, Rome, Italy and IIASA, Laxenburg, Austria. Elérhető: http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/luc07/External-World-soil-database/HTML/index.html?sb=1 (utoljára megnyitva: 2013 március 7.).

FAO-Unesco (1974): Soil map of the world, 1:5 000 000. Vol. 1 Legend, United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization, Paris.

FEHÉR O., FÜLEKY GY., MADARÁSZ B., KERTÉSZ Á. (2006): Hét vulkáni kőzeten kialakult talajszelvény morfológiai és diagnosztikai jellemzői a hazai genetikai talajosztályozás és a WRB (World Reference Base for Soil Resources, 1998) szerint. Agrokémia és talajtan, 55(2), 347-366. p.

FEIDEN, K., KRUSE F., ŘEZNÍK T., SCHENTZ H., EBERHARDT E., BARITZ R. (2011): Best Practice Network GS Soil Promoting Access to European, Interoperable and INSPIRE Compliant Soil Information. Environmental Software Systems: Fromeworks of eEnvironment [IFIP Advances in Information and Communication Technology, Volume 359, 226-234. p., Springer

FUCHS M. & MICHÉLI E. (2010): A duzzadó agyagtalajok előfordulásának dokumentálása és osztályozásuk problémái Magyarországon. Agrokémia és talajtan, 59(2), 217-232. p.

GÉCZY G. (1959): A gyakorlati talajtérképezés. Új rendszerű talajismereti és hasznosítási térkép ismertetése és gyakorlati használhatósága. Doktori Értekezés. Gödöllői Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar. Gödöllő.

GÉCZY G. (1960): Újabb mezőgazdasági talajhasznosítási osztályozási rendszer. Agrokémia és Talajtan. 9. 405–418.

GÉCZY G. (1968): Magyarország mezőgazdasági területe. Akadémiai Kiadó. Budapest.

GOOVAERTS P. (1997): Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford University Press, New York 483 p.

GRAY J.M., HUMPHREYS G.S., DECKERS J.A. (2011): Distribution patterns of World Reference Base soil groups relative to soil forming factors. Geoderma, 160(3-4), 373-383. p.

GRUNWALD S. (Szerk.)(2006): Environmental soil-landscape modelling: geographic information technologies and pedometrics. CRC Press, 504. p.

GRUNWALD S., THOMPSON J.A., BOETTINGER J.L. (2011): Digital Soil Mapping and Modeling at Continental Scales: Finding Solutions for Global Issues. SSSAJ, 75(4) 1201-1213.

HARTEMINK A.E., HEMPEL J., LAGACHERIE P. MCBRATNEY A., MCKENZIE N., MACMILLAN R.A., MINASNY B., MONTANARELLA L., MENDONÇA SANTOS M., SANCHEZ P., WALSH M., THANG G.L. (2010): GlobalSoilMap.net – A New Digital Soil Map of the World 423-428. p. In: BOETTINGER J.L., HOWELL D.W., MOORE A.C., HARTEMINK A.E., KIENAST-BROWN S. (Szerk): Digital Soil Mapping – Bridging Research, Environmental Application, and Operation [Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer] (Progress in Soil Science) 439 p.

HARTEMINK A.E. (2008): Soil Map Density and a Nation’s Wealth and Income [53-66. p.] In: HARTEMINK A.E., MCBRATNEY A., MENDONÇA-SANTOS M.L. (Szerk.): Digital Soil Mapping with Limited Data [Springer Science+Business Media B.V. H.n.] 445 p.

HENGL T. (2011): A Practical Guide to Geostatistical Mapping, Second Edition, University of Amsterdam. 291. p.

HIEDERER R., MICHÉLI E., DURRANT T. (2011): Evaluation of BioSoil Demonstration Project – Soil Data Analysis EUR 24729 EN. Publications Office of the European Union. 155pp

HOWEL D., KIM Y.G., HAYDU-HOUDESHELL C.A. (2008): Development and Application of Digital Soil Mapping Within Traditional Soil Survey: What will it Grow Into? 43-51. p. In: HARTEMINK A.E., MCBRATNEY A., MENDONÇA-SANTOS M.L. (Szerk.): Digital Soil Mapping with Limited Data [Springer Science+Business Media B.V. H.n.] 445 p.

ILLÉS G., KOVÁCS G., BIDLÓ A., HEIL, B. (2003): Az Észak-Hanság termőhelyi viszonyainak modellezése „fuzzy”-klasszifikáció és GIS eszközök felhasználásával. Acta Agraria Kaposváriensis (2003) Vol 7., No. 3. 45-68 p.

ILLÉS G., KOVÁCS G., BIDLÓ A., HEIL B. (2006): Digital Soil and Landsite Mapping in Forest Management Planning. Agrokémia és talajtan, 55(1), 99-108. p.

ILLÉS G., KOVÁCS G., HEIL, B. (2011a): Nagyfelbontású digitális talajtérképezés a Vaskereszt Erdőrezervátumban. Erdészettudományi Közlemények, 1(1), 29-43. p.

ILLÉS G., KOVÁCS G., HEIL B. (2011b): Comparing and evaluating digital soil mapping methods in a Hungarian forest reserve. Canadian Journal of Soil Science, 91(4), 615-626. p.

ISRIC (1993): Global and National Soils and Terrain Digital Databases (SOTER). Procedures Manual. ISRIC (UNEP-ISSS-ISRIC-UNEP). Wageningen.

IUSS WORKING GROUP WRB (2007): World Reference Base for Soil Resources 2006, update 2007, 2nd ed. World Soil Resources Reports 103. FAO. Rome. http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/doc/wrb2007_corr.pdf, 21.01.2010).

IUSS WORKING GROUP WRB (2010): Guidelines for const ructing small:scale map legends using the World Reference Base for Soil Resources. Addendum to the World Reference Base for Soil Resources. FAO, Rome. http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/images/resources/pdf_documents/WRB_Legend.pdf (utoljára megnyitva: 2013. március 8.)

JARVIS A., REUTER H.I., NELSON A., GUEVARA E. (2006): Hole-filled seamless SRTM data V3, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), available from http://srtm.csi.cgiar.org.

JASSÓ F. (szerk.), (1989): Útmutató a nagyméretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. Melioráció-öntözés és talajvédelem. ´88 melléklet. Agroinform.

KERTÉSZ Á., MÁRKUS B. (1990): Digitális modell a talajerózió és a domborzati adottságok közötti összefüggés kifejezésére. Agrokémia és Talajtan 39 (1-2) 169-182. p.

KING D., DAROUSSIN J., TAVERNIER R. (1994): Development of a soil geographic database from the Soil Map of the European Communities. CATENA, 21(1), 37-56. p.

KOK B., VAN LOENEN B. (2004): How to assess the success of National Spatial data infrastructure? Computers, Environment and Urban Systems, 2005, (29) 699-717. p.

KRASILNIKOV P., ARNOLD R., MICHÉLI E. (2009): Soil Classification of Hungary. 170-175. p. In: KRASILNIKOV P., IBÁÑEZ MARTÍ J.-J., ARNOLD R., SHOBA S. (Szerk.): A Handbook of Soil Terminology, Correlation and Classification. [London, Sterling, VA: Earthscan] 440 p.

KREYBIG L., (1937): A M. Kir. Földtani Intézet talajfelvételi, vizsgálati és térképezési módszere. In: M. Kir. Földtani Intézet Évkönyve. 31. 147–244. p.

LAGACHERIE P., MCBRATNEY A.B., VOLTZ M. (Szerk.): Digital Soil Mapping – An Introductory Perspective [Amsterdam, Oxford: Elsevier B.V.] (Develpments in Soil Science, Volume 31) 600. p.

LAGACHERIE P., MCBRATNEY A.B. (2007): Spatial soil information systems and spatial soil inference systems: perspectives for digital soil mapping. 3-22. p. In: LAGACHERIE P., MCBRATNEY A.B., VOLTZ M. (Szerk.): Digital Soil Mapping – An Introductory Perspective [Amsterdam, Oxford: Elsevier B.V.] (Develpments in Soil Science, Volume 31)

LÁNG V., FUCHS M., WALTNER I., MICHÉLI E. (2010): Taxonomic distance measurements applied for soil correlation. Agrokémia és Talajtan 59 (1) 57-64. p.

LÁNG V., FUCHS M., WALTNER I., MICHÉLI E. (2013): Soil taxonomic distance, a tool for correlation: As exemplified by the Hungarian Brown Forest Soils and related WRB Reference Soil Groups. Geoderma 192, 269-276. p.

LEENHARDT D., VOLTZ M., BORNAND M., WEBSTER R. (1994): Evaluating soil maps for prediction of soil water properties. European Journal of Soil Science. 45. (3) 293–301. p.

LEGROS J.-P. (2006): Mapping of the Soil. Science Publishers, Enfield(NH)-Jersey-Plymuth, 411.p.

MAZAHERI S.A., KOPPI A.J., MCBRATNEY A.B. (1995): A fuzzy allocation scheme for the Australian Great Soil Groups Classification system. European Journal of Soil Science, 46, 601-612. p.

MASSER I. (1999): All shapes and sizes: the first generation of national spatial data infrastructures. International Journal of Geographical Information Science, 1999, 13(1), 67-84. p.

MCBRATNEY A.B., MENDONÇA SANTOS M.L., MINASNY B. (2003): On digital soil mapping. Geoderma, 117, 3-52. p.

MENDONÇA-SANTOS M.L. (Szerk.): Digital Soil Mapping with Limited Data [Springer Science+Business Media B.V. H.n.] 445 p.

MICHÉLI E., ET AL. (2009) *A hazai talajosztályozás korszerűsítése és nemzetközi megfeleltetése.* Munkabeszámoló. OTKA.

MICHÉLI E., FUCHS M., HEGYMEGI P., STEFANOVITS P. (2006): Classification of the Major Soils of Hungary and their Correlation with the World Reference Base for Soil Resources (WRB). Agrokémia és Talajtan 55 (1) 19-28. p.

MICHÉLI, E. ET AL. (2011): Deliverable D5 – A soil data base for the 1:1 million scale windows. WP1 and WP2 report of the „e-SOTER – Regional pilot platform as EU contribution to a Global Soil Observing System" Project. EU 7th Framework Programme. Project No. 211578.

MINASNY B., MCBRATNEY A. (2007a): Incorporating taxonomic distance into spatial prediction and digital mapping of soil classes. Geoderma, 142, 285-293. p.

MINASNY B., MCBRATNEY A. (2007b): Spatial prediction of soil properties using EBLUP with the Matern covariance function. Geoderma, 140, 324-336. p.

MINASNY B., MCBRATNEY A., HARTEMINK A.E. (2010): Global pedodiversity, taxonomic distance, and the World Reference Base. Geoderma, 155(3-4), 132-139. p.

MINASNY B., MCBRATNEY A. (2010): Methodologies for Global Soil Mapping 429-436. p. In: BOETTINGER J.L., HOWELL D.W., MOORE A.C., HARTEMINK A.E., KIENAST-BROWN S. (Szerk): Digital Soil Mapping – Bridging Research, Environmental Application, and Operation [Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer] (Progress in Soil Science) 439 p.

MULDER V.L., DE BRUIN S., SCHAEPMAN M.E., MAYR T. (2011): The use of remote sensing in soil and terrain mapping — A review. Geoderma, 162, 1-19. p.

NACHTERGAELE F.O., SPAARGAREN O., DECKERS J.A., AHRENS B. (2000): New developments in soil classification World Reference Base for Soil Resources. Geoderma, 2000, (96) 345-357.p.

NACHTERGAELE F.O. (1999): From the soil map of the world to the digital global soil and terrain database: 1960–2002. p. 5–17. In: Sumner M.E.(Szerk.): Handbook of soil science. CRC Press, Boca Raton, FL.

NELSON M.A., ODEH I.O.A. (2009): Digital soil class mapping using legacy soil profile data: a comparison of a genetic algorithm and classification tree approach. Australian Journal of Soil Research, 47, 632-649. p.

NÉBIH (Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal) 2012. NÉBIH hivatalos honlap: www.nebih.gov.hu (2012. május 22.)

NÉMETH T., SZABÓ J., PÁSZTOR L. ÉS BAKACSI ZS. (1998): Nagyléptékű talajtani-térinformatikai rendszerek alkalmazása a termesztési, tápanyagutánpótlási és környezetgazdálkodási tervek készítésében. XL. Georgikon Napok, Keszthely, II. kötet 227-231. p.
OLDEMAN L.R., VAN ENGELEN V.W.P. (1993): A world soils and terrain digital database (SOTER) — An improved assessment of land resources. Geoderma, 60, 309-325. p.

NIELSEN D.R. & WENDROTH O. (2003): Spatial and Temporal Statistics – Sampling Field Soils and their Vegetation. CATENA VERLAG 398 p.

USGS (2004): Shuttle Radar Topography Mission, 1 Arc Second scene SRTM_u03_n008e004, Unfilled Unfinished 2.0, Global Land Cover Facility, University of Maryland, College Park, Maryland, February 2000.

PÁSZTOR L., SZABÓ J., BAKACSI ZS. (2006): Válasz Tóth Gergely és Máté Ferenc megjegyzéseire „Egy országos, átnézetes, térbeli talajinformációs rendszer kiépítésének igénye, lehetősége és lépései” közleményünk kapcsán. Agrokémia és Talajtan 55 (2) 479-486. p.

PÁSZTOR L., BAKACSI ZS., SZABÓ J. (2008): Válasz Sisák István és Bámer Balázs megjegyzéseire „Egy országos, átnézetes, térbeli talajinformációs rendszer kiépítésének igénye, lehetősége és lépései” közleményünk kapcsán. Agrokémia és Talajtan 57 (2) 355-358. p.

PÁSZTOR L., SZABÓ J. & BAKACSI ZS. (2010): Digital processing and upgrading of legacy data collected during the 1:25.000 scale Kreybig soil survey. Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica. 45. 127–136.

PÁSZTOR L., SZABÓ J., BAKACSI ZS., LÁSZLÓ P., DOMBOS M. (2006): Large-scale Soil Maps Improved by Digital Soil Mapping and GIS-based Soil Status Assessment. Agrokémia és Talajtan 55 (1) 79-88. p.

PÁSZTOR L. ET AL. (2013): Elaboration and applications of spatial soil information systems and digital soil mapping at Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences. Geocarto International, 28(1), 13-27. p.

PÁSZTOR L. ET AL. (2012). Compilation of 1:50,000 scale digital soil maps for Hungary based on the Digital Kreybig Soil Information System. Journal of Maps, 8(3), 215-219. p.

PEBESMA E.J. (2004): Multivariable geostatistics in S: the gstat package. Computers & Geosciences, 30: 683-691.

PEBESMA E.J., BIVAND R.S. (2005): Classes and methods for spatial data in R. R News 5 (2), http://cran.r-project.org/doc/Rnews/.

Bivand R. S., Pebesma E. J, Gomez-Rubio V. (2008): Applied spatial data analysis with R. Springer, NY. http://www.asdar-book.org/

POURABDOLLAH A., LEIBOVICI D.G., SIMMS D.M., TEMPEL P., HALLETT S.H. (2012): Towards a standard for soil and terrain data exchange: SoTerML. Computers & Geosciences, 45, 270-283. p.

QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM (2012): Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. http://qgis.osgeo.org

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2012): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, http://www.R-project.org/.

REINTAM E., KÖSTER T. (2006): The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and Soil Taxonomy criteria. Geoderma, 2006, (136) 199-209.p.

RIPLEY B. D. (2004): Spatial statistics, 4th Edition. Wiley-IEEE, London, p. 252.

ROCA N., PAZOS M.S., BECH J. (2008): The relationship between WRB soil units and heavy metals content in soils of Catamarca (Argentina). Journal of Geochemical Exploration, 2008, (96) 77-85.p.

ROSSITER D.G. (2004): Digital soil resource inventories: status and prospects. Soil Use and Management 20(3), 296-301. p.

ROSSITER D.G.(2008): Digital Soil Mapping as a Component of Data Renewal for Areas with Sparse Soil Data Infrastructures 69-80. p. In: HARTEMINK A.E., MCBRATNEY A.,

SANCHEZ P.A. et al. (2009): Digital Soil Map of the World. Science, Vol. 325, 680-681. p.

SARKAR D. (2008): Lattice: Multivariate Data Visualization with R. Springer, New York. ISBN 978-0-387-75968-5

SYSTEM FOR AUTOMATED GEOSCIENTIFIC ANALYSES (SAGA GIS) (2008) by SAGA Development Team

SHI X.Z., YU D.S., XU S.X., WARNER E.D., WANG H.J, SUN W.X., ZHAO Y.C., GONG Z.T. (2010): Cross-reference for relating Genetic Soil Classification of China with WRB at different scales. Geoderma, 2010, (155) 344-350.p.

SISÁK I., BÁMER B. (2008a): Hozzászólás Szabó József, Pásztor László és Bakacsi Zsófia „Egy országos, átnézetes, térbeli talajinformációs rendszer kiépítésének igénye, lehetőségei és lépései" című cikkéhez. Agrokémia és Talajtan. 57. 347–354 p.

SISÁK I., BÁMER B. (2008b): A Géczy Gábor vezetésével készült talajismereti és talajhasználati térképek digitális adatbázisa a Balaton vízgyűjtőjén. Talajvédelem. Különszám. 645–652. p.

SISÁK I., PŐCZE T. (2011): A talaj fizikai féleségére vonatkozó adatok harmonizálása egy Balaton környéki mintaterületen. Agrokémia és Talajtan. 60 (1) 259–272 p.

STEFANOVITS P.(1963): Magyarország talajai. 2. bővített, átdolgozott kiadás. Akadémiai Kiadó, Budapest.

STEFANOVITS P. (1981): Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest

STEFANOVITS P., FILEP GY., FÜLEKY GY. (1999): Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest

STEFANOVITS P., SZŰCS L. (1961): 'Magyarország genetikus talajtérképe, OMMI, Budapest

SZABÓ J., MICHÉLI E., PÁSZTOR L., DOBOS E., BAKACSI ZS., DOMBOS M. (2009): Elaboration of the OSIRIS framework for new, cost-effective soil survey and monitoring programs in Hungary. [17.p.] In.: Bridging the Centuries 1909-2009 Budapest, From the Dokuchaev School to numerical soil classifications, Workshop Programme and Abstracts (http://www.talaj.hu/BtC/09_Conf_poster/Dokuchaev_abstracts.pdf)

SZABÓ J., PÁSZTOR L., BAKACSI ZS. (2005): Egy országos, átnézetes, térbeli talajinformációs rendszer kiépítésének igénye, lehetősége és lépései. Agrokémia és Talajtan 54 (1-2) 41-58. p.

SZABÓ, J., PÁSZTOR, L. & BAKACSI, ZS. (2011): Demand, feasibility and construction stages of a national spatial soil information system. Agrokémia és Talajtan. 60. Suppl. 149–160.

SZABÓ J., PÁSZTOR L., BAKACSI ZS., ZÁGONI B., CSÖKLI G. (2000): Kreybig Digitális Talajinformatikai Rendszer (Előzmények, térinformatikai megalapozás). Agrokémia és Talajtan 49 (1-2) 265-276. p.

SZABÓ J., PÁSZTOR L., SUBA ZS., VÁRALLYAY GY. (1998): Integration of Remote Sensing and GIS Techniques in Land Degradation Mapping. Agrokémia és Talajtan 47 (1-4) 63-75. p.

SZABOLCS I. (szerk.), 1966. A genetikus üzemi talajtérképezés módszerkönyve. OMMI. Budapest.

SZABOLCS, I., DARAB, K. & VÁRALLYAY, GY. (1969): Methods of predicting salinization processes due to irrigation on the Hungarian Plain. Agrokémia és talajtan 18. Suppl. 351–376.

SZABOLCS I. & JASSÓ F. (1961): A szikes talajok genetikus típusai és elterjedésük törvényszerűségei a Duna–Tisza közén. Agrokémia és talajtan 10. 173–194.

SZABÓ N.P. (2011): Bevezetés a geostatisztikába. Elektronikus jegyzet. Miskolci Egyetem, 117 p.

VÁRALLYAY GY., HARTYÁNYI M., MARTH P., MOLNÁR E., PODMANICZKY G., SZABADOS I., KELE G. (1995): Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer. 1. kötet. Módszertan. Földművelésügyi Minisztérium, Budapest.

TÓTH G. & MÁTÉ F. (2006): Megjegyzések egy országos, átnézetes, térbeli talajinformációs rendszer kiépítéséhez. Agrokémia és Talajtan. 55. 473–478.

TÓTH T., CSILLAG F., BIEHL L.L., MICHÉLI E. (1991): Characterization of semivegetated salt-affected soils by means of field remote sensing. Remote Sensing of Environment, 37, 167-180. p.

VÁRALLYAY GY. et al. (1979): Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. I. Agrokémia és talatjan 28. 363–384.

VÁRALLYAY GY. et al. (1980): Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. II. Agrokémia és talajtan 29. 35–76.

VÁRALLYAY GY. (1989): Soil mapping in Hungary. Agrokémia és Talajtan 38 (3-4) 695-714. p.

VÁRALLYAY, G. et al. (1993): Map of the susceptibility of soils to acidification in Hungary. Agrokémia és talajtan 42. 35–42.

VÁRALLYAY G., SZABÓ J., PÁSZTOR L., MICHÉLI E. (1994): SOTER (Soil and Terrain Digital Database) 1:500,000 and Its Application in Hungary. Agrokémia és Talajtan 43 (1-2) 87-108. p.

VÁRALLYAY GY. (2002): Soil survey and soil monitoring in Hungary. In: European Soil Bureau Research Report No. 9. 139–149. ESB. Ispra.

VÁRALLYAY GY. ET AL.(2006): Magyarország talajainak állapota a Talajvédelmi Információs és Monitoring rendszer (TIM) adatai alapján. NKTSZ, MTA TAKI, Budapest.

VÁRALLYAY GY. (2012): Talajtérképezés, talajtani adatbázisok. Agrokémia és Talajtan 61 (2012) 249-268. p.

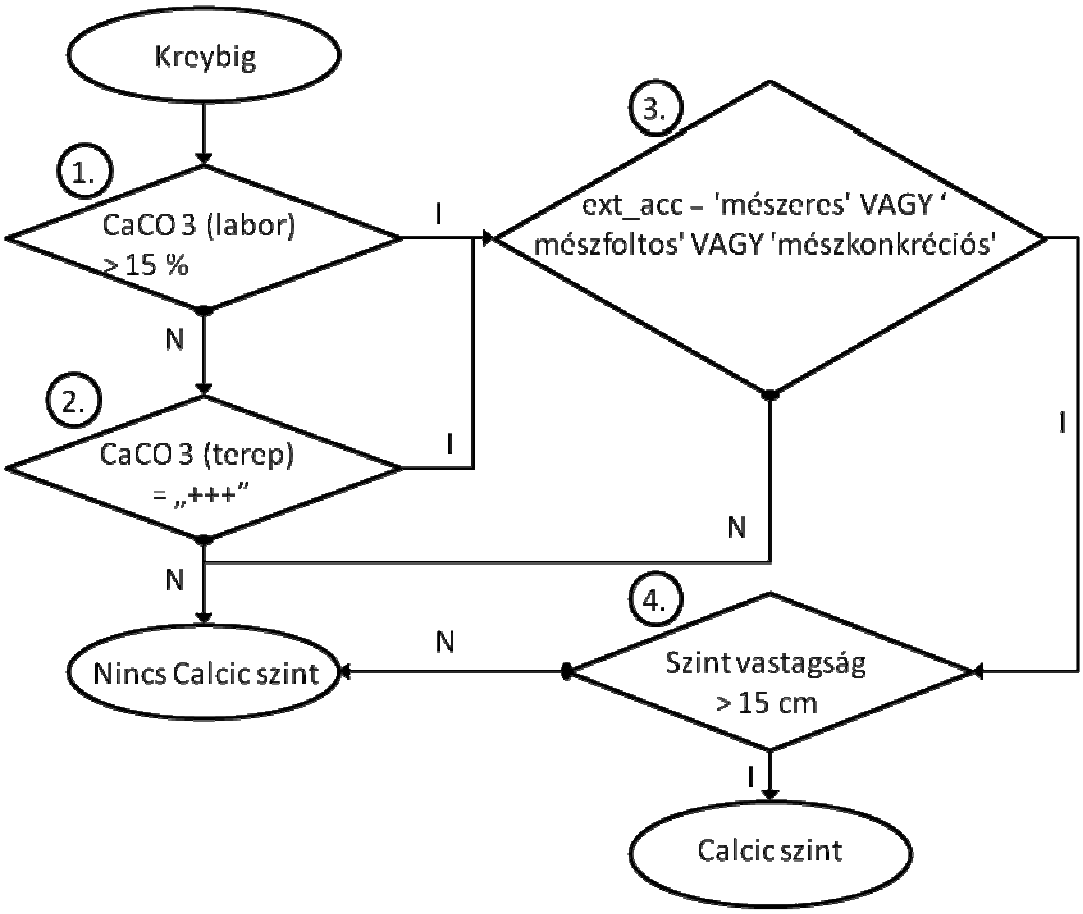
WEBSTER R. (1977): Quantitative and numerical methods in soil classification and survey. [Oxford University Press] (Monographs on Soil Survey) 269.p.

WEBSTER R. & OLIVER M.A. (2007): Geostatistics for Environmental Scientists. John Wiley & Sons, Ltd, 315 p.

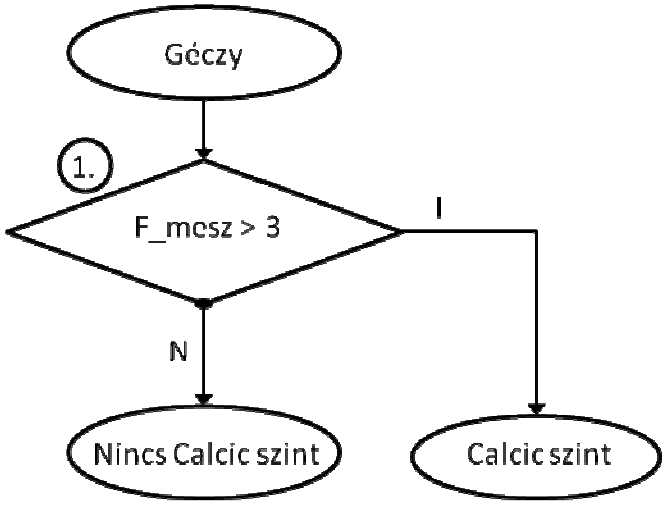
ZÁDOROVÁ T. & PENÍŽEK V. (2011): Problems in correlation of Czech national soil classification and World Reference Base 2006. Geoderma, 167-168, 54-60. p.

M2. Az egyes adatbázisokra kidolgozott döntési folyamatok

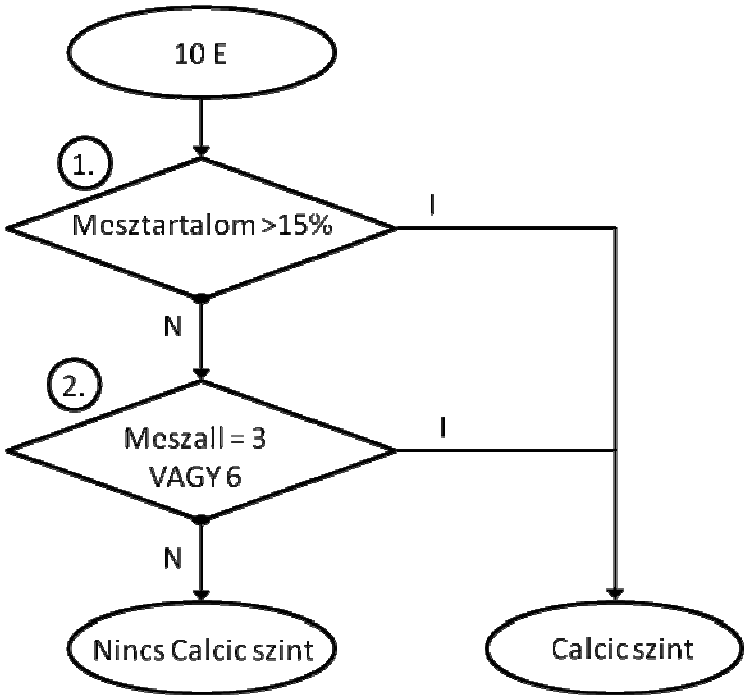
Diagnosztikai szintek



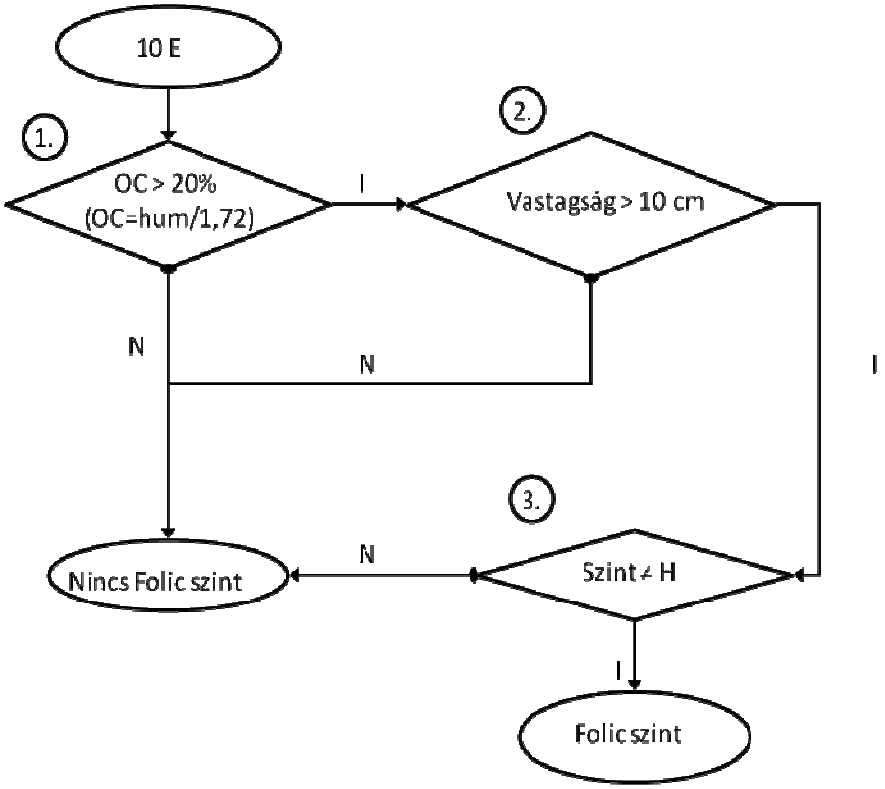
M2.1. ábra Calcic szint meghatározása a Kreybig adatok alapján



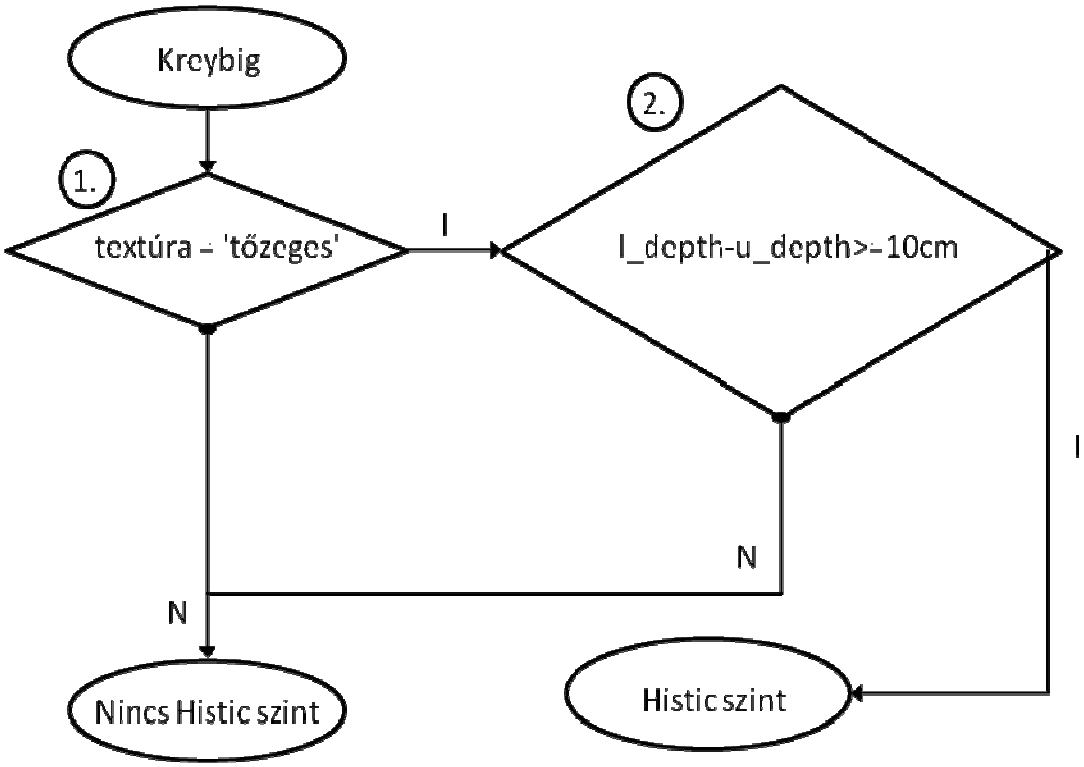
M2.2. ábra Calcic szint meghatározása a Géczy adatok alapján



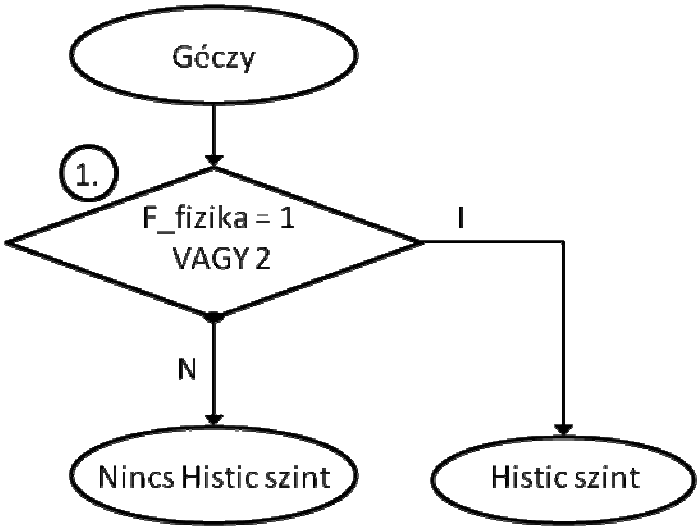
M2.3. ábra Calcic szint meghatározása az 1:10 000 térképek adatai alapján



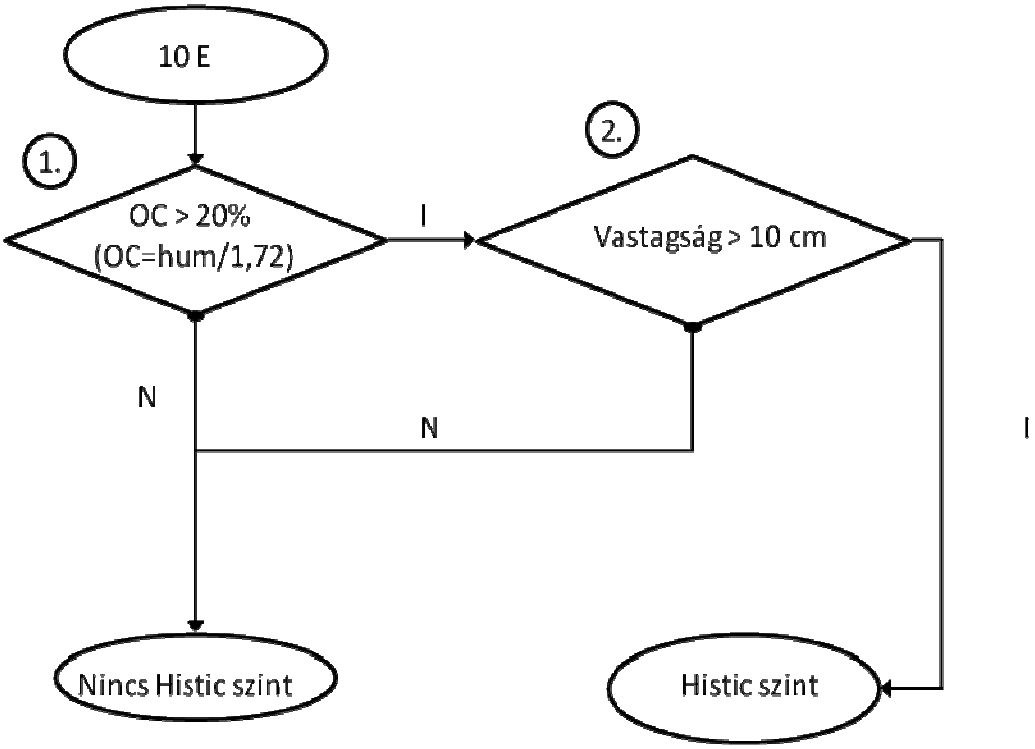
M2.4. ábra Folic szint meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



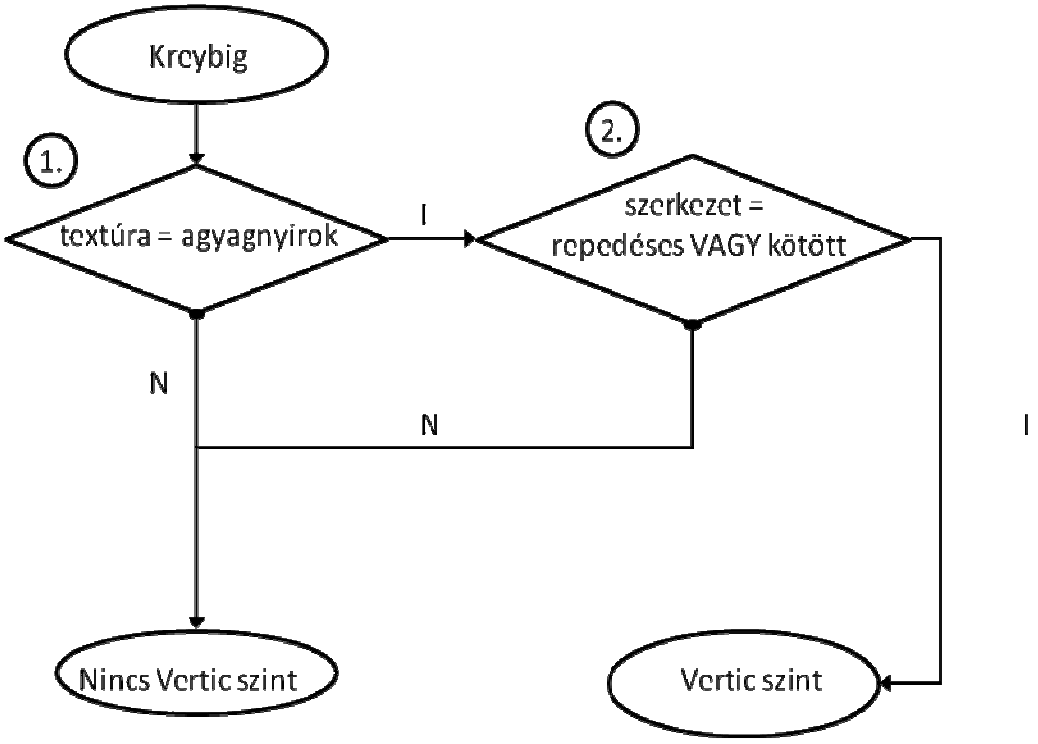
M2.5. ábra Histic szint meghatározása a Kreybig adatok alapján



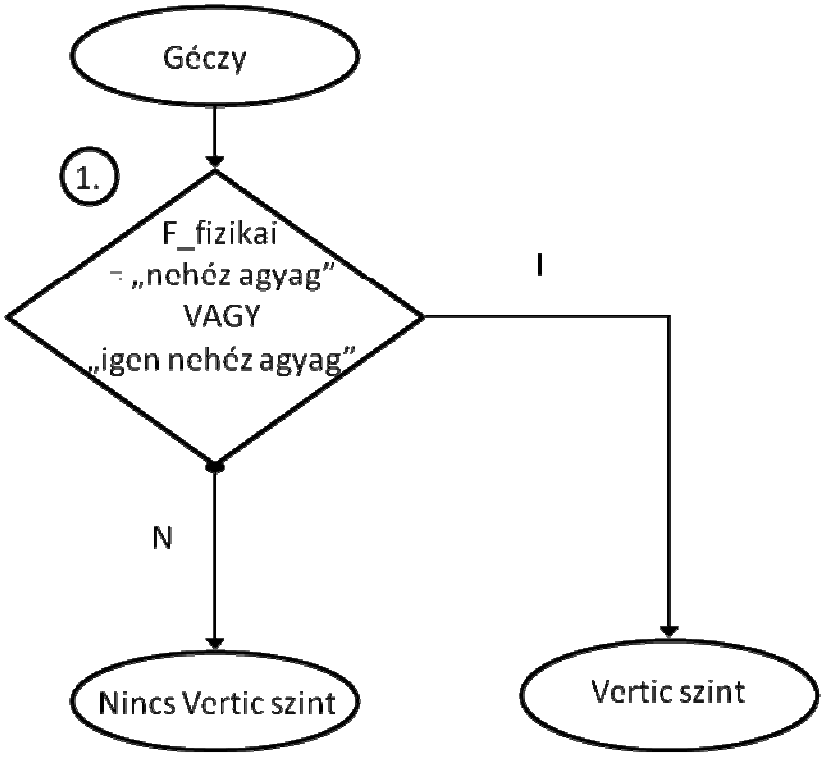
M2.6. ábra Histic szint meghatározása a Géczy adatok alapján



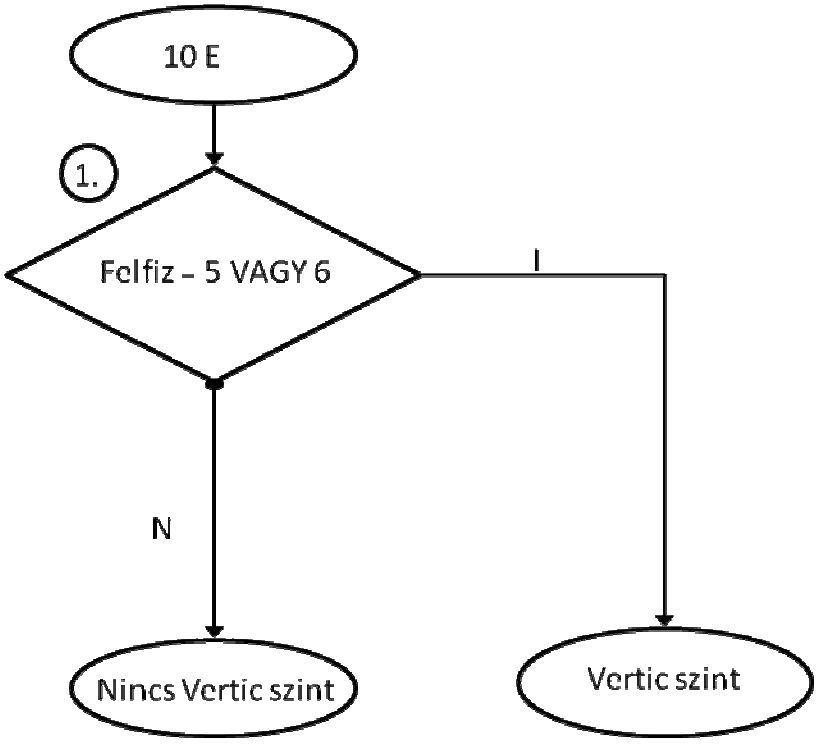
M2.7. ábra Histic szint meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



M2.8. ábra Vertic szint meghatározása a Kreybig adatok alapján

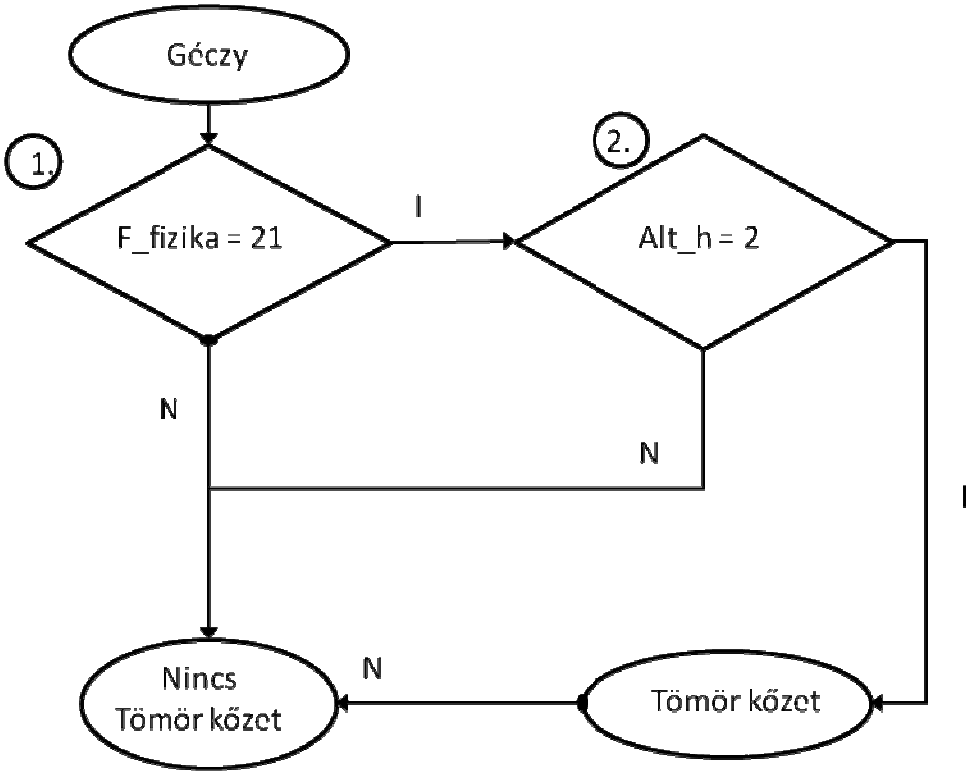


M2.9. ábra Vertic szint meghatározása a Géczy adatok alapján

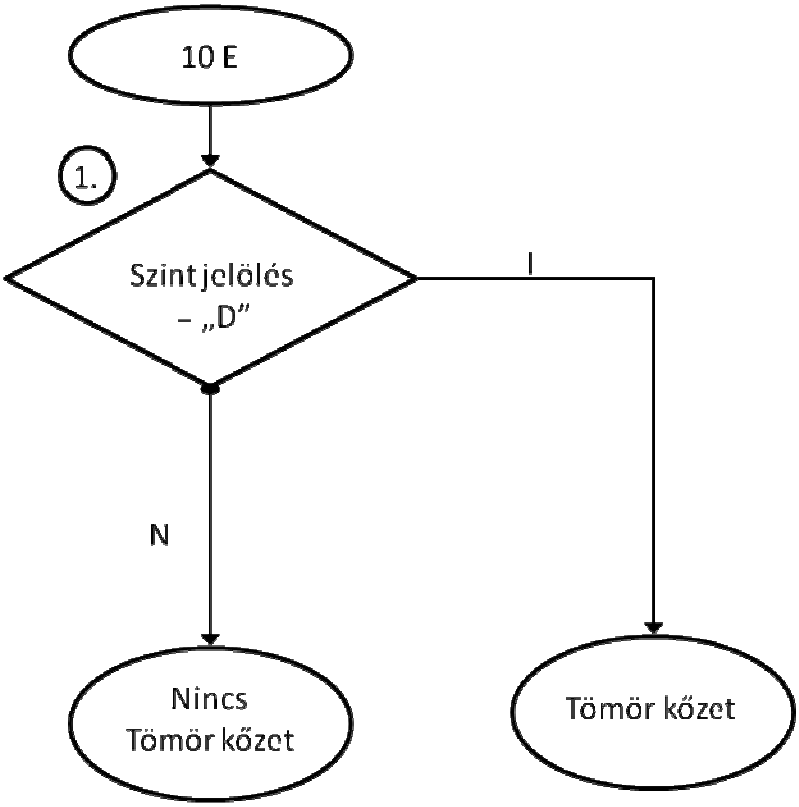


M2.10. ábra Vertic szint meghatározása az 1:10 000 adatok alapján

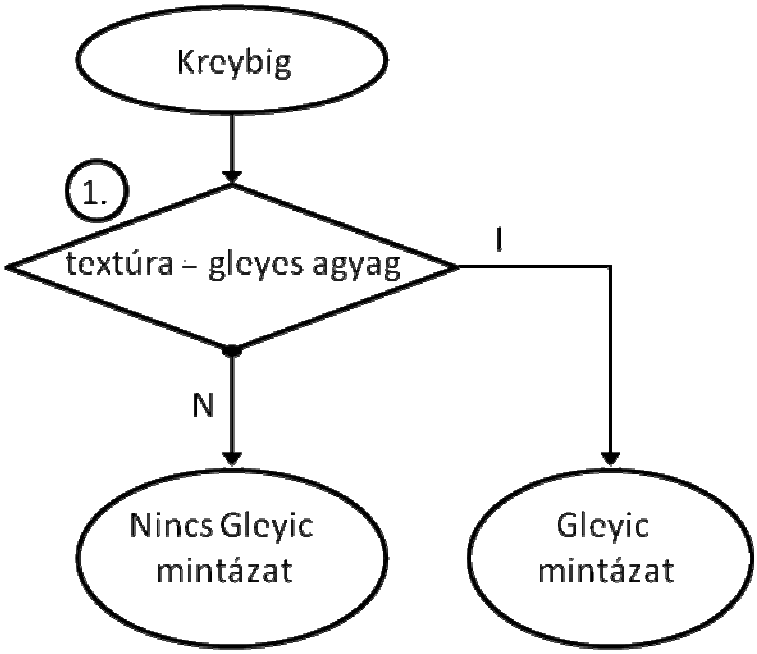
Diagnosztikai tulajdonságok



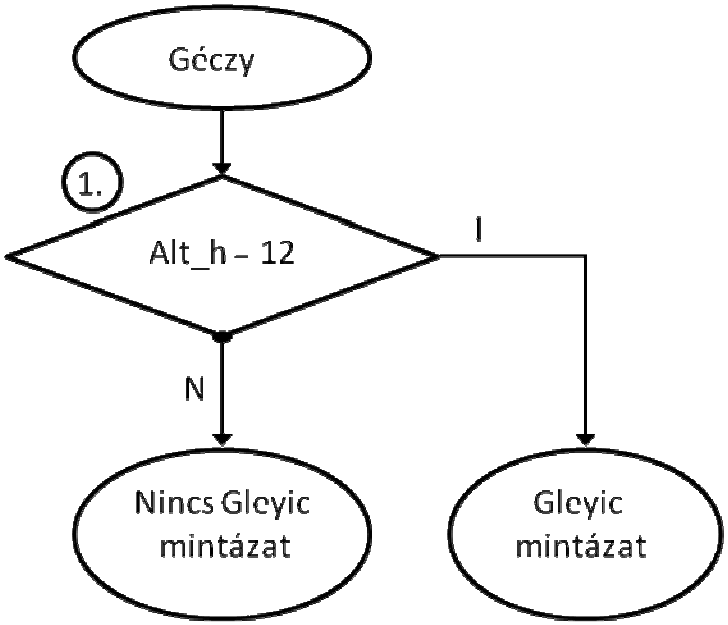
M2.11. ábra Tömör kőzet meghatározása a Géczy adatok alapján



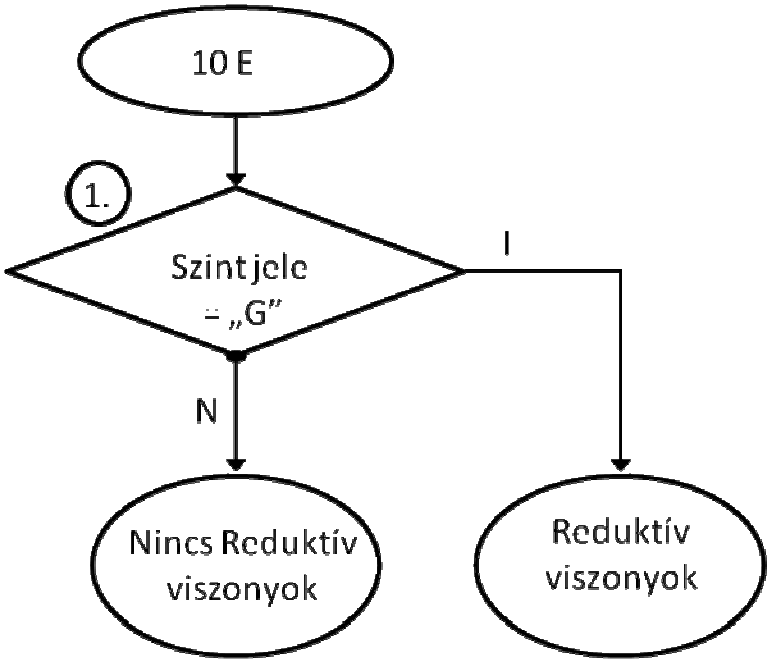
M2.12. ábra Tömör kőzet szint meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



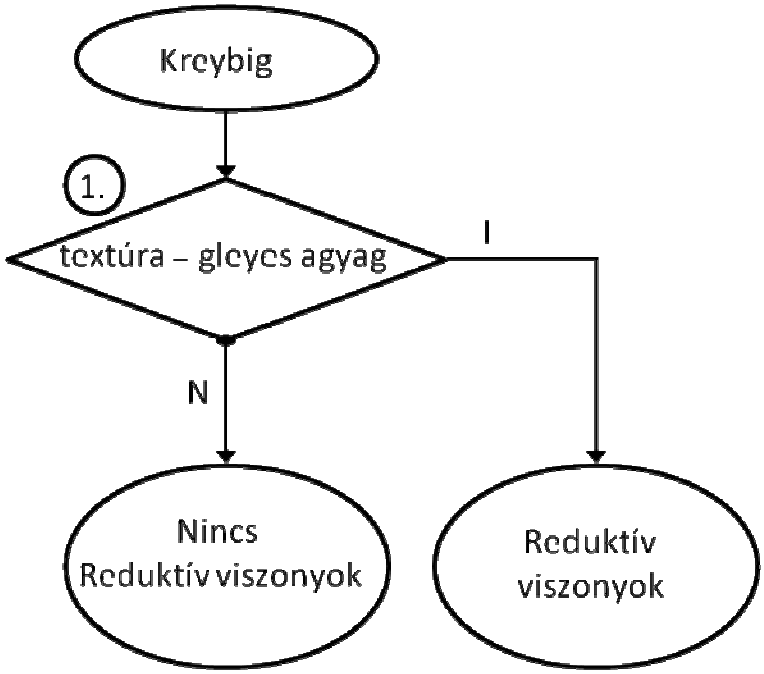
M2.13. ábra Gleyic mintázat meghatározása a Kreybig adatok alapján



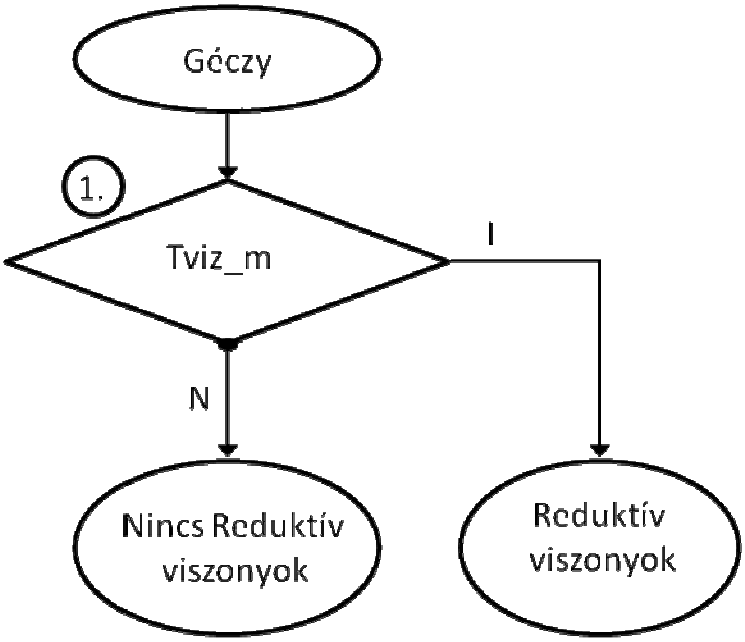
M2.14. ábra Gleyic mintázat meghatározása a Géczy adatok alapján



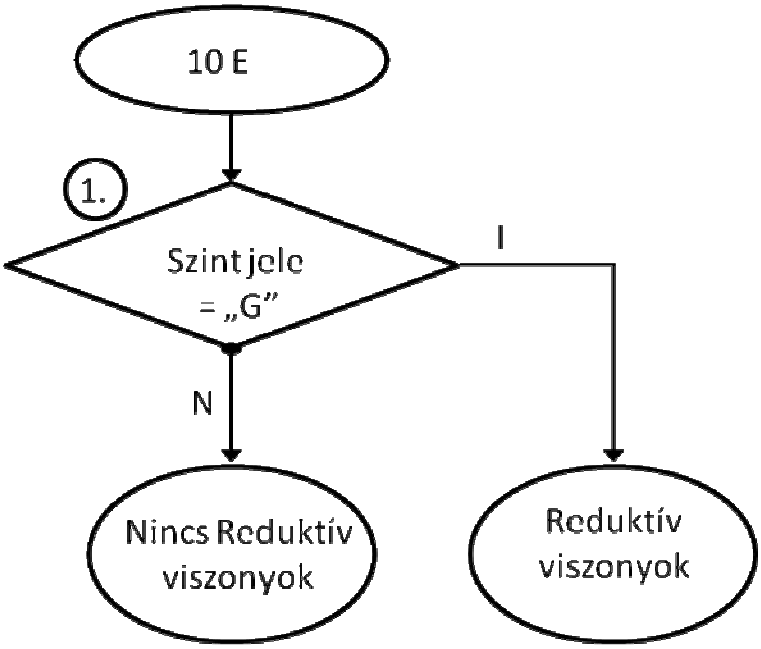
M2.15. ábra Reduktív viszonyok meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



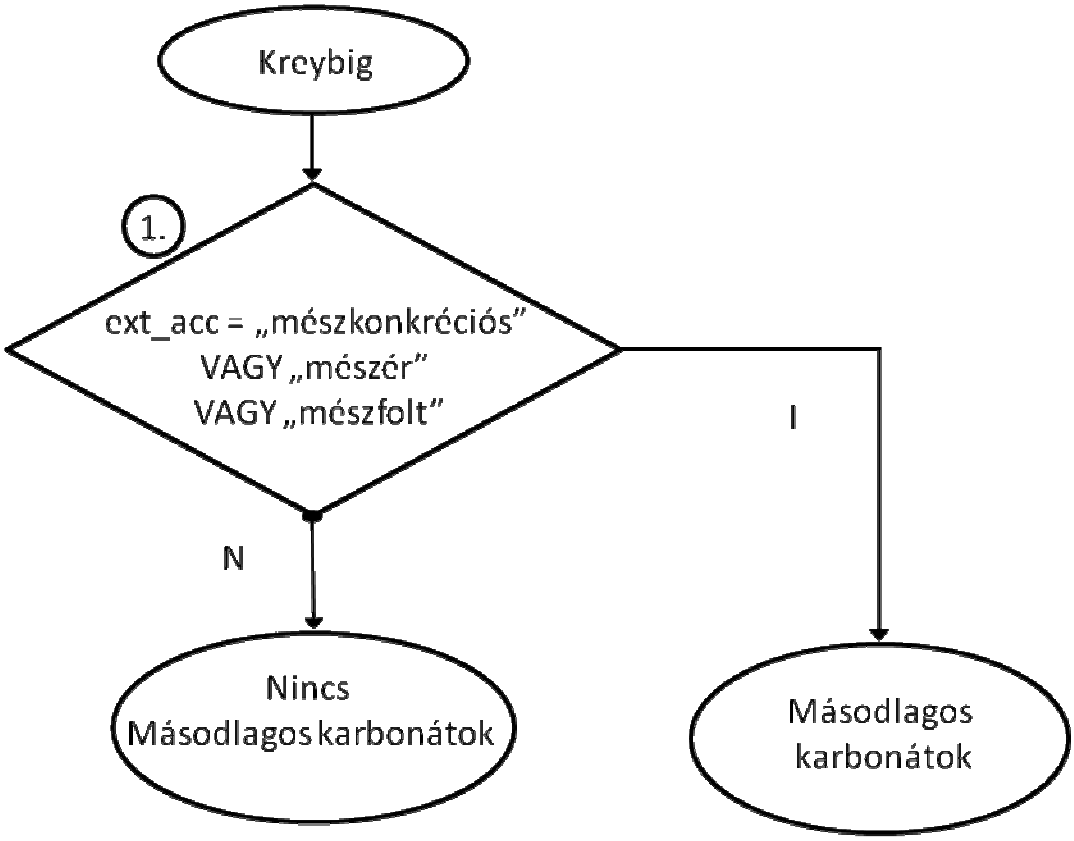
M2.16. ábra Reduktív viszonyok szint meghatározása a Kreybig adatok alapján



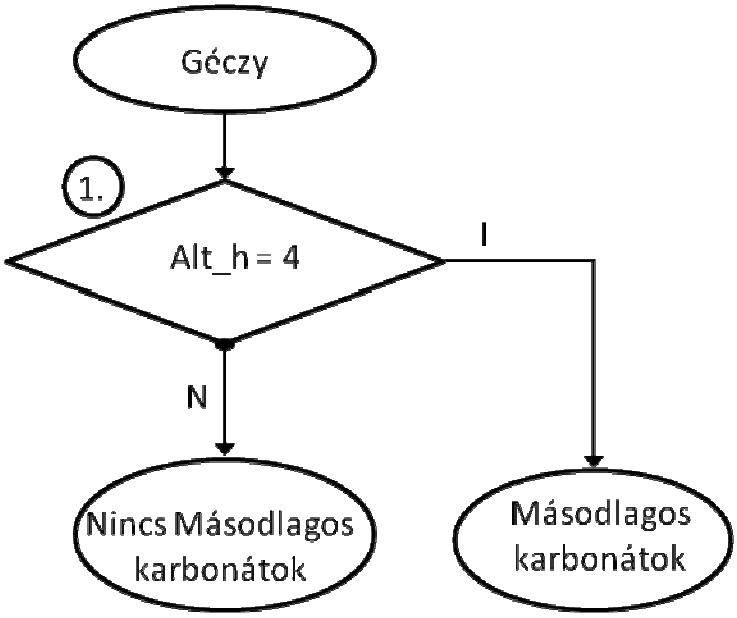
M2.17. ábra Reduktív viszonyok meghatározása a Géczy adatok alapján



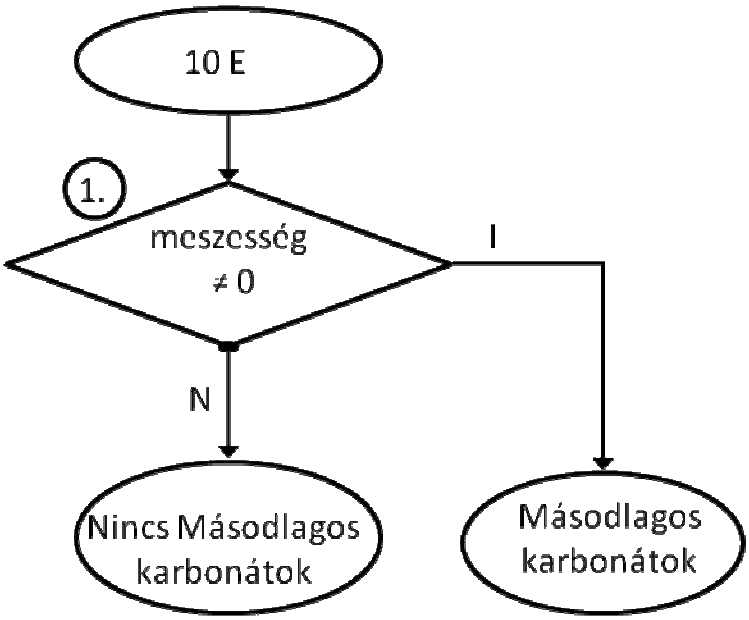
M2.18. ábra Reduktív viszonyok meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



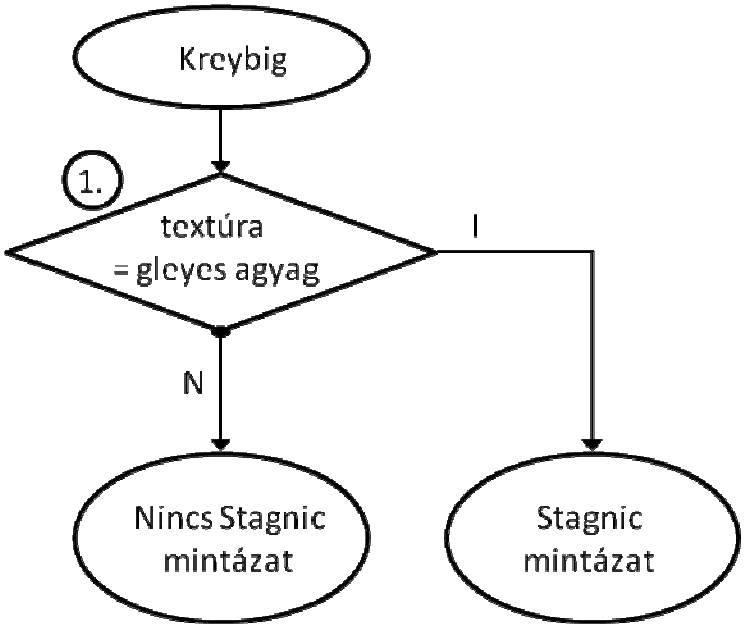
M2.19. ábra Másodlagos karbonátok meghatározása a Kreybig adatok alapján



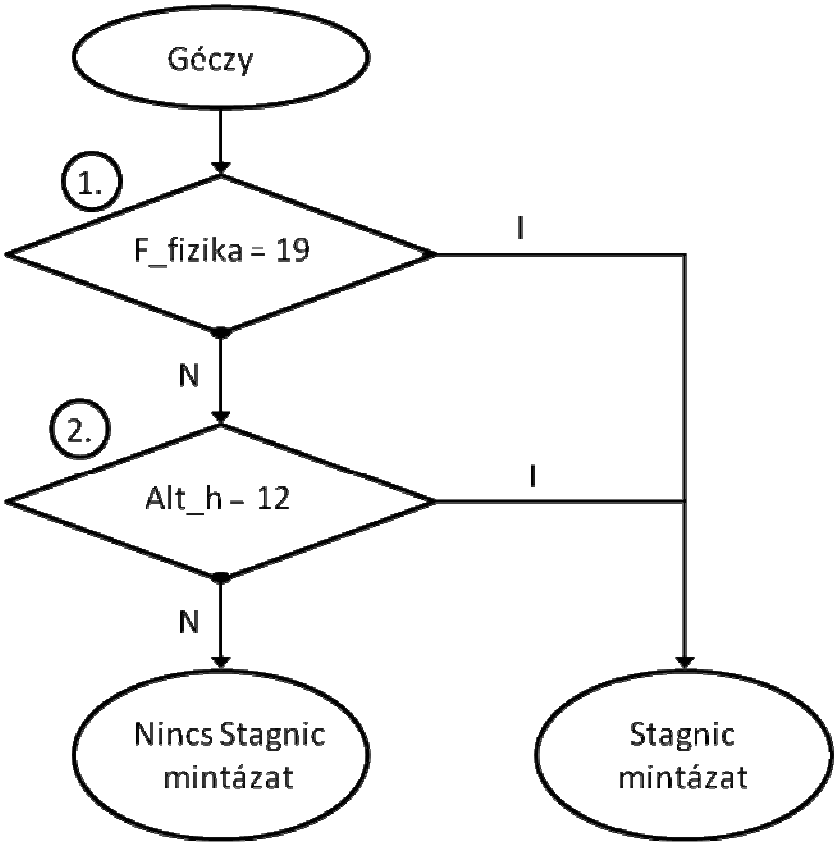
M2.20. ábra Másodlagos karbonátok meghatározása a Géczy adatok alapján



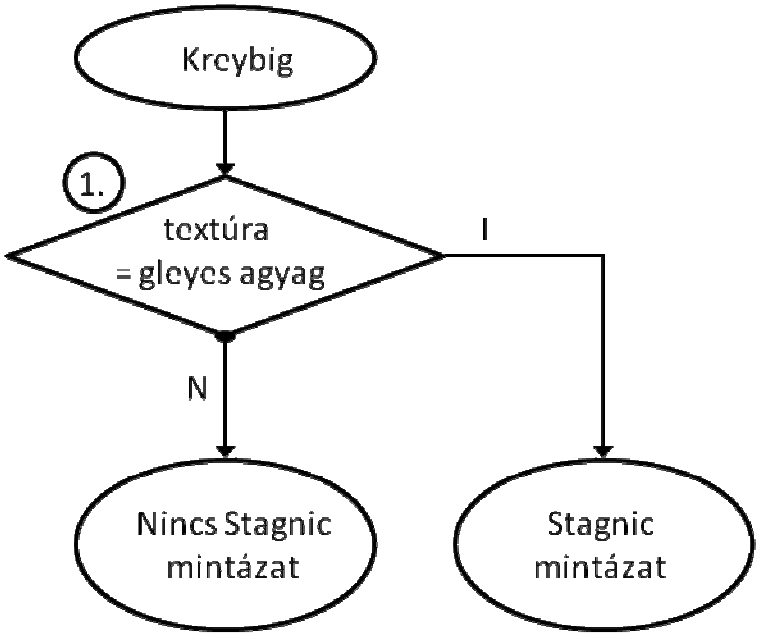
M2.21. ábra Másodlagos karbonátok meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



M2.22. ábra Stagnic mintázat meghatározása a Kreybig adatok alapján

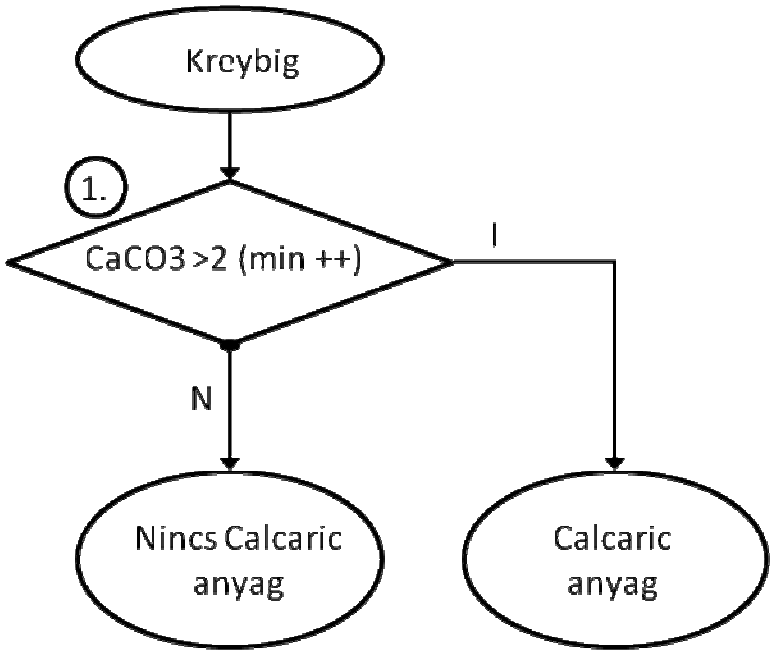


M2.23. ábra Stagnic mintázat meghatározása a Géczy adatok alapján

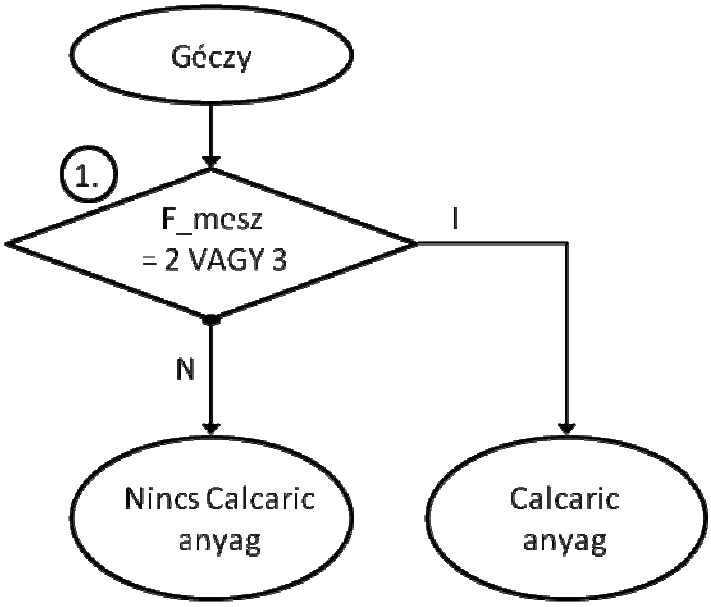


M2.24. ábra Stagnic mintázat meghatározása a Kreybig adatok alapján

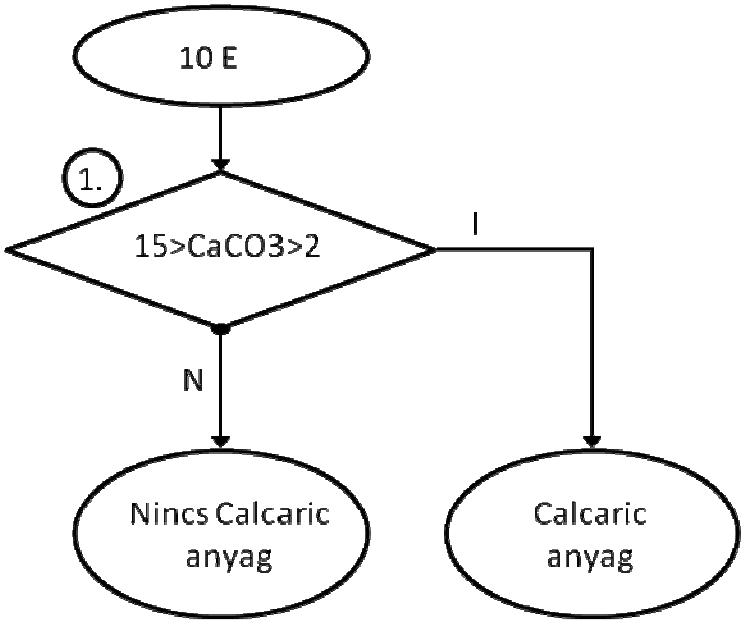
<u>Diagnosztikai anyagok</u>



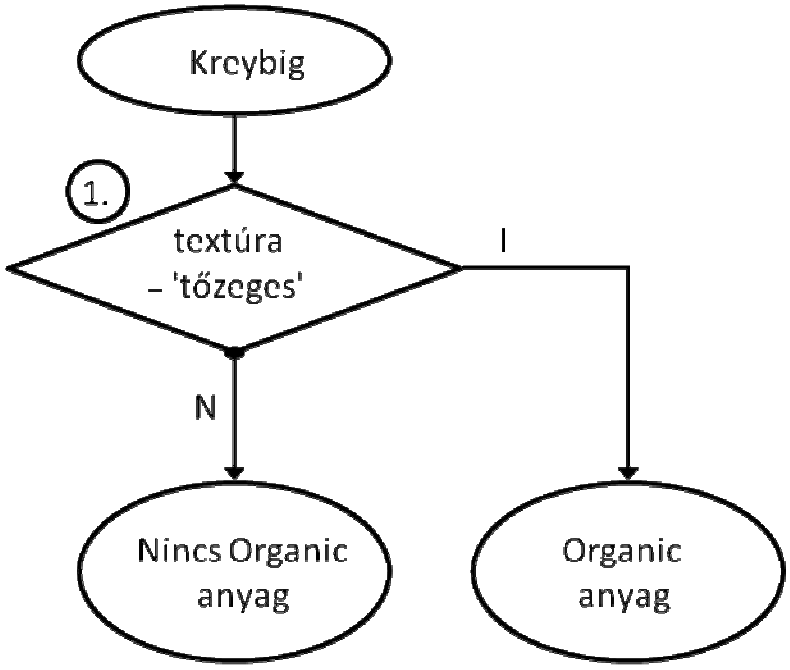
M2.25. ábra Calcaric anyag meghatározása a Kreybig adatok alapján



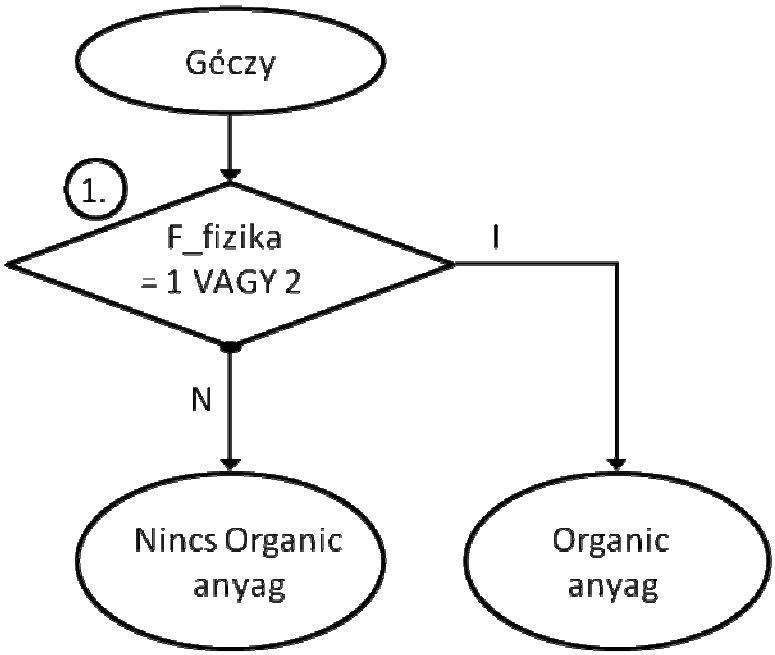
M2.26. ábra Calcaric anyag meghatározása a Géczy adatok alapján



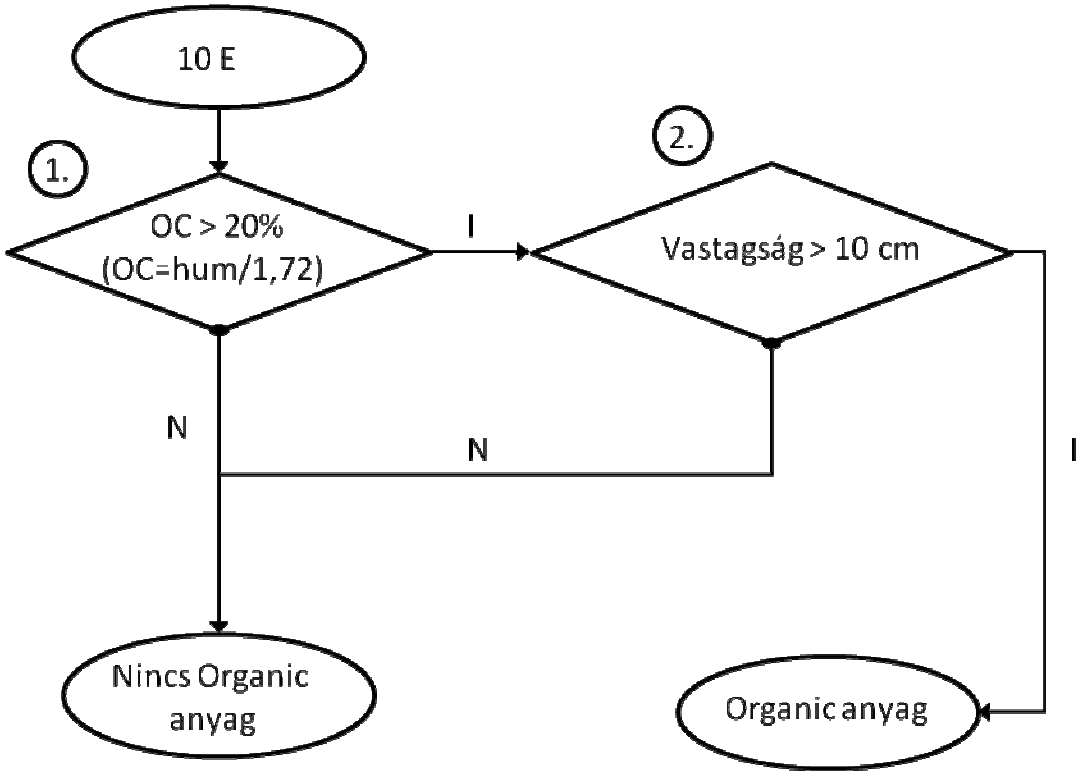
M2.27. ábra Calcaric anyag meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



M2.28. ábra Organic anyag meghatározása a Kreybig adatok alapján

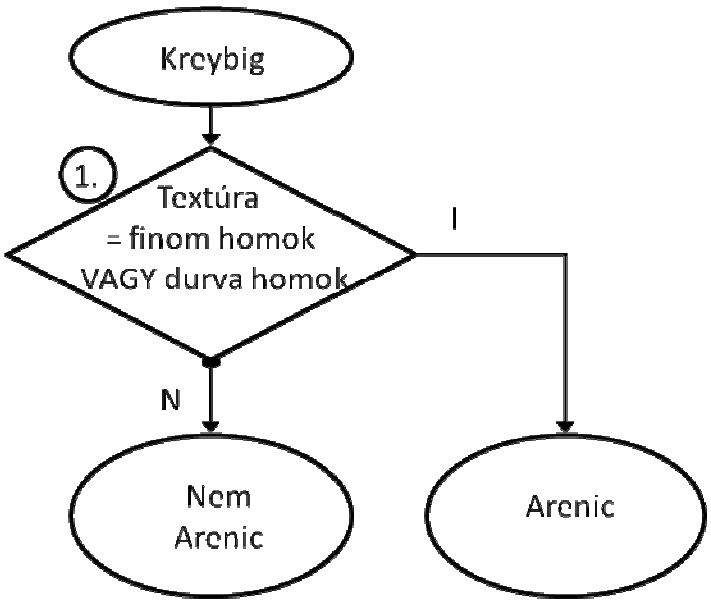


M2.29. ábra Organic anyag meghatározása a Géczy adatok alapján

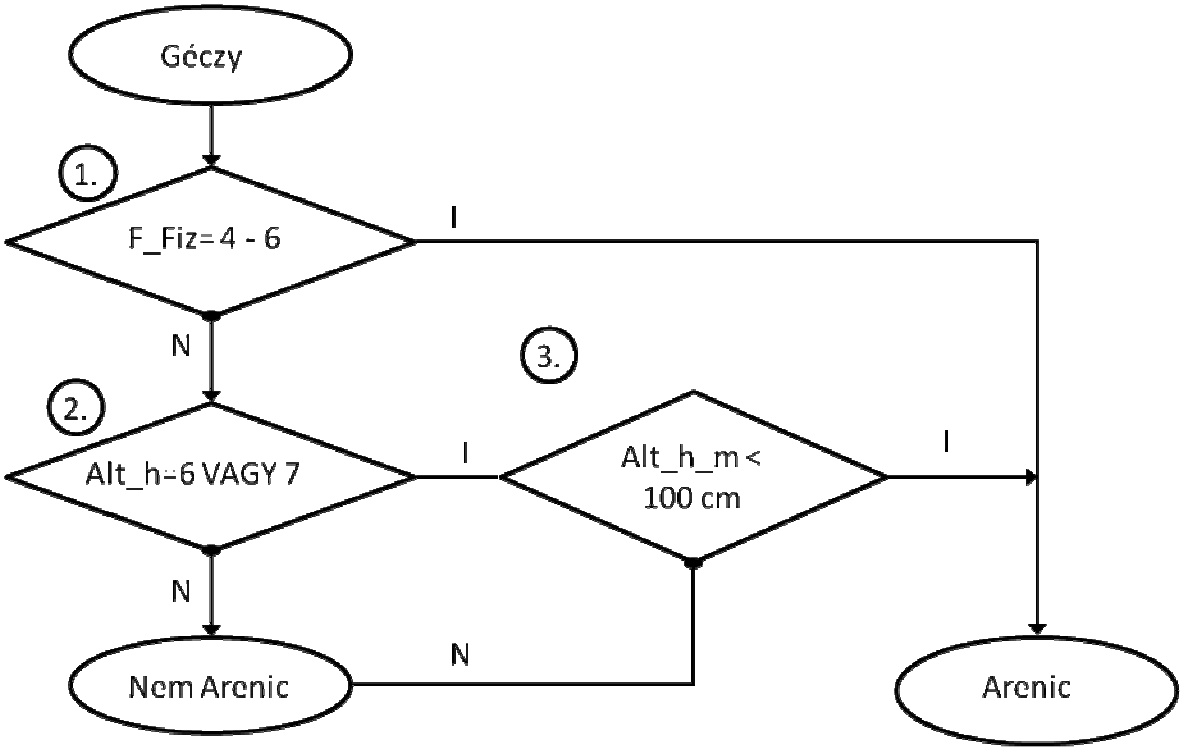


M2.30. ábra Organic anyag meghatározása az 1:10 000 adatok alapján

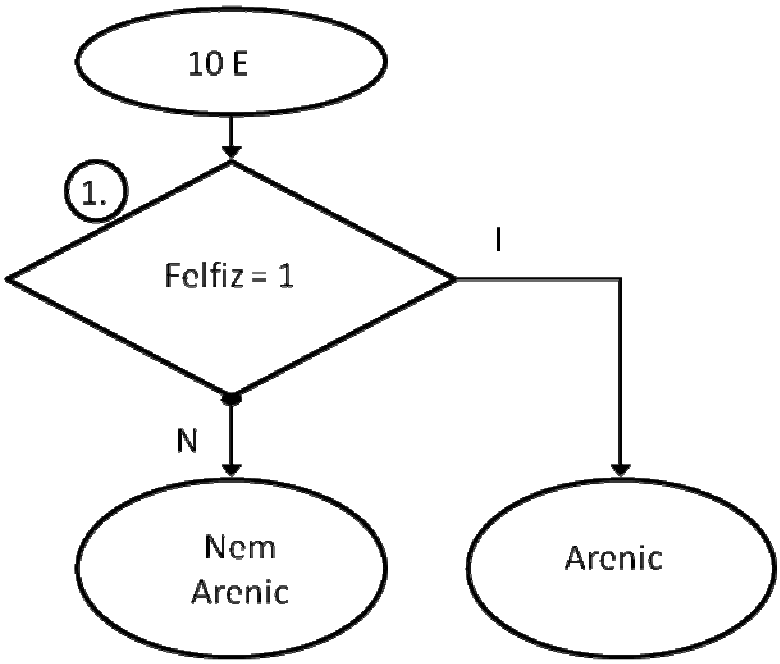
<u>Minősítők</u>



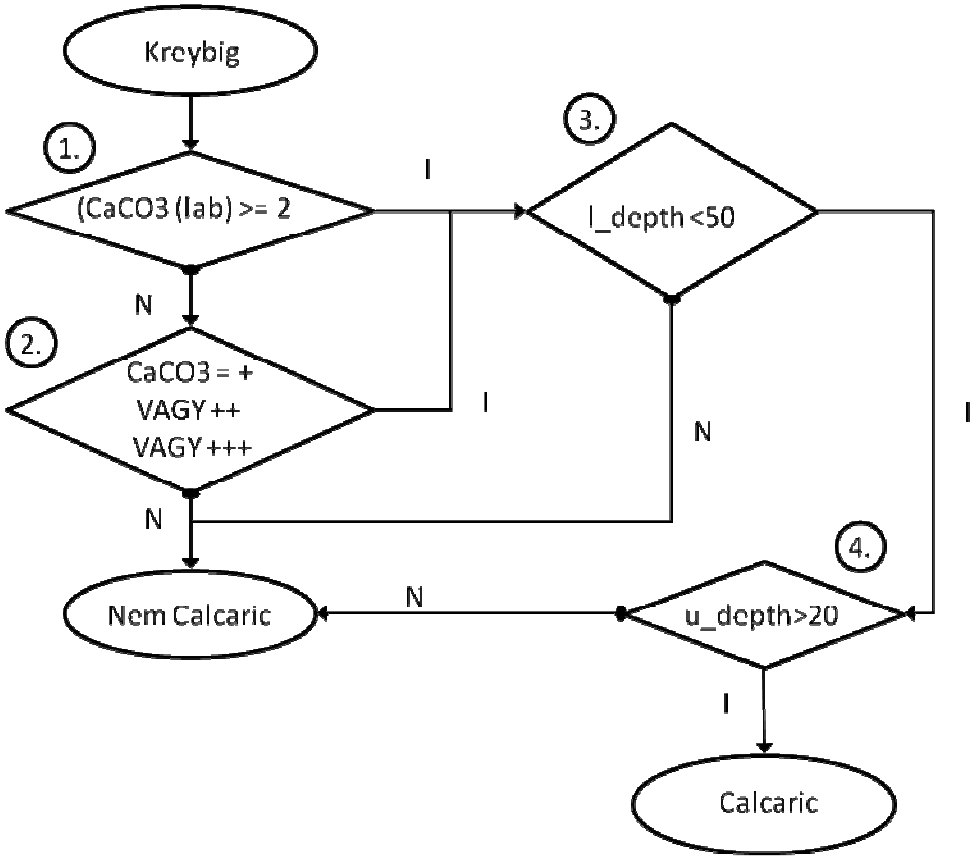
M2.31. ábra Arenic minősítő meghatározása a Kreybig adatok alapján



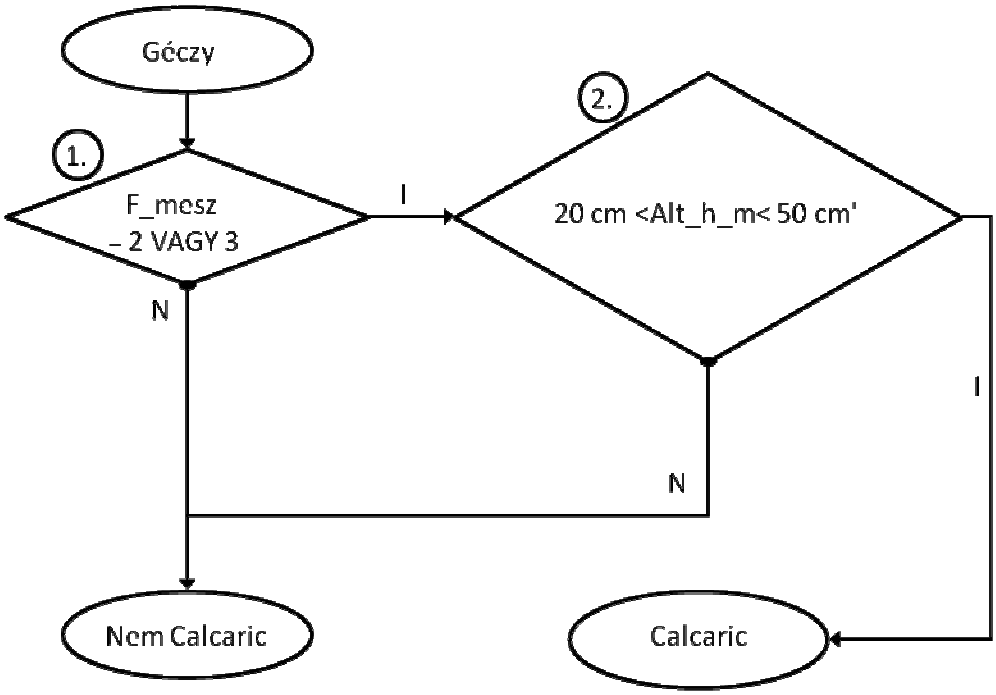
M2.32. ábra Arenic minősítő meghatározása a Géczy adatok alapján



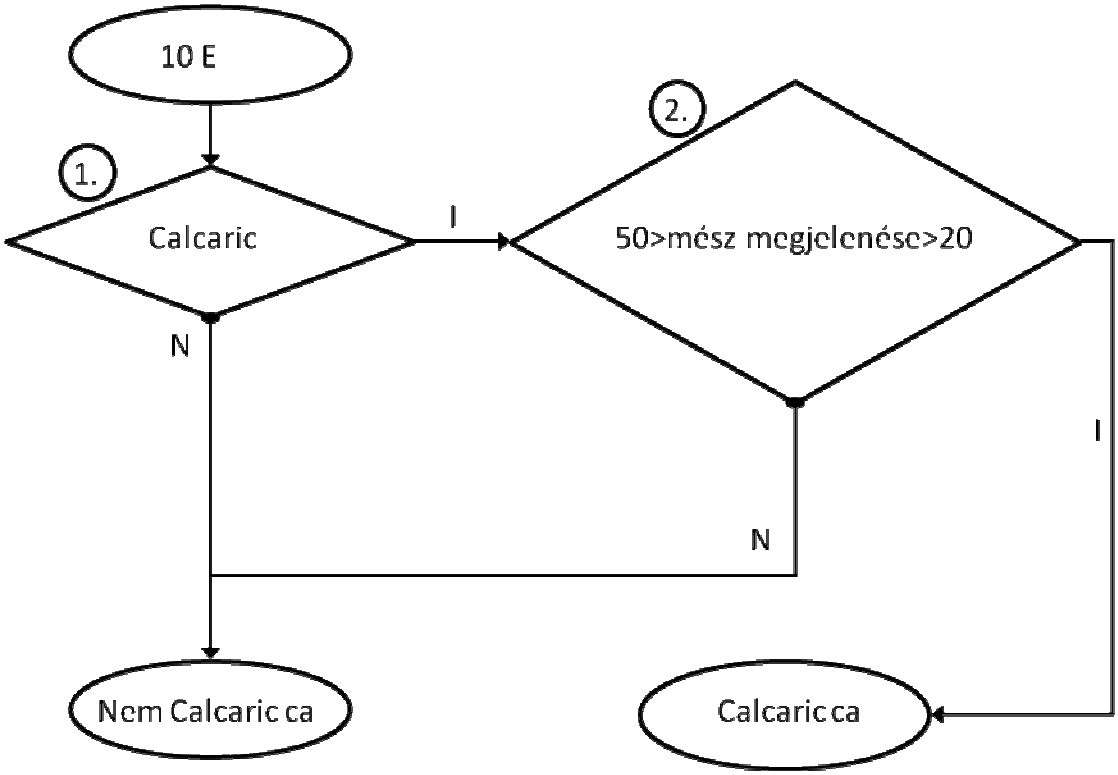
M2.33. ábra Arenic minősítő meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



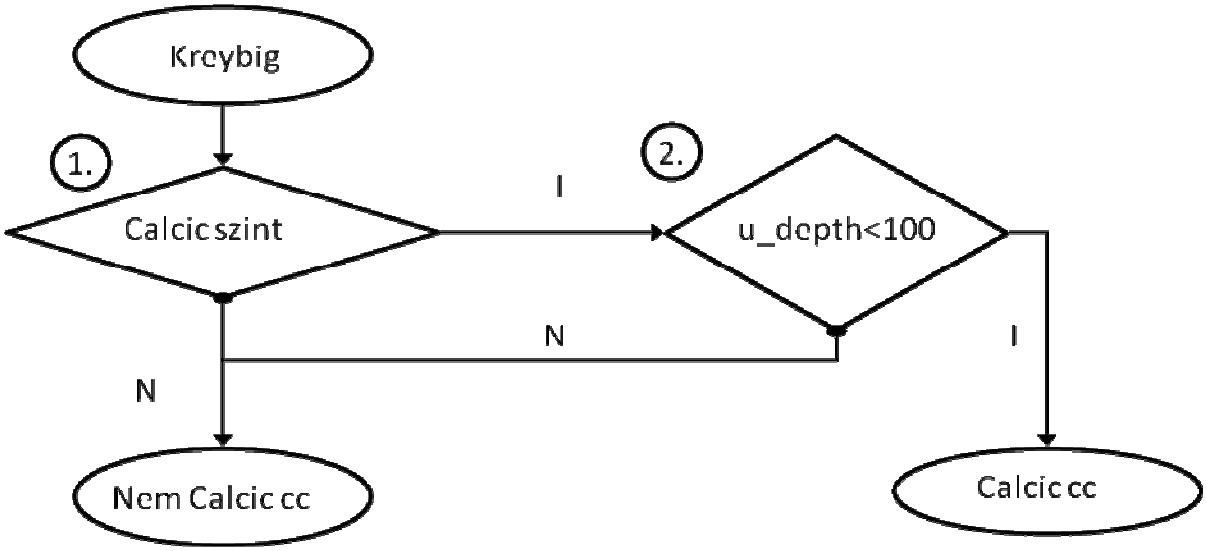
M2.34. ábra Calcaric minősítő meghatározása a Kreybig adatok alapján



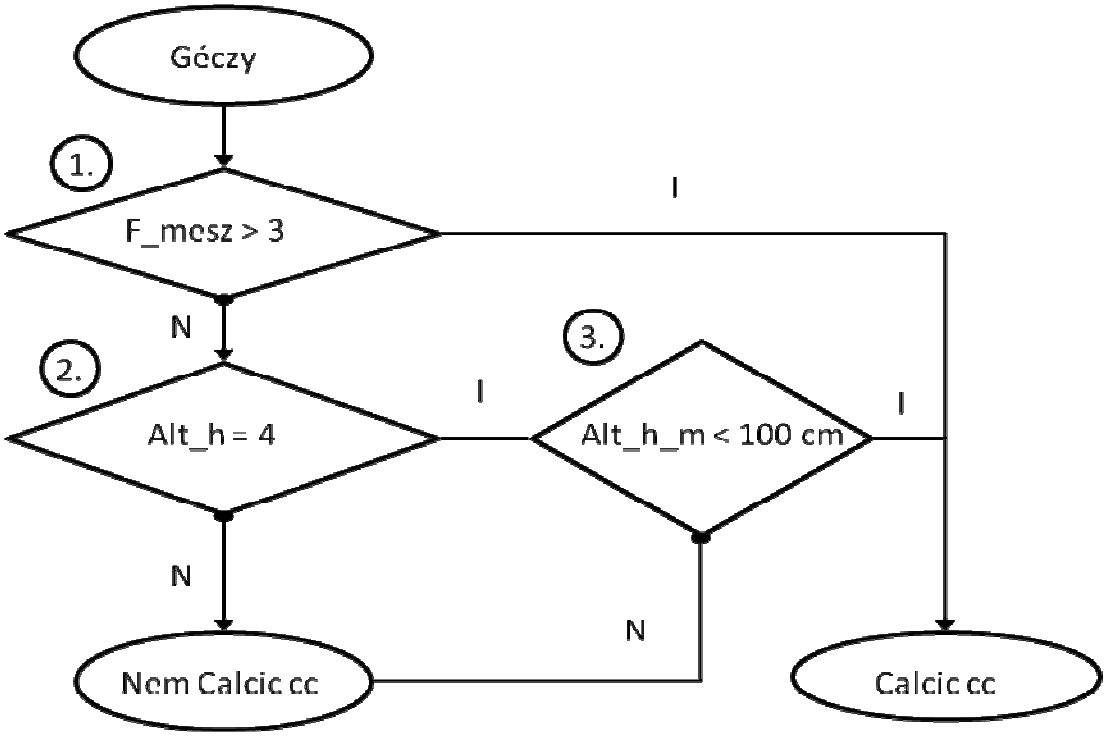
M2.35. ábra Calcic minősítő meghatározása a Géczy adatok alapján



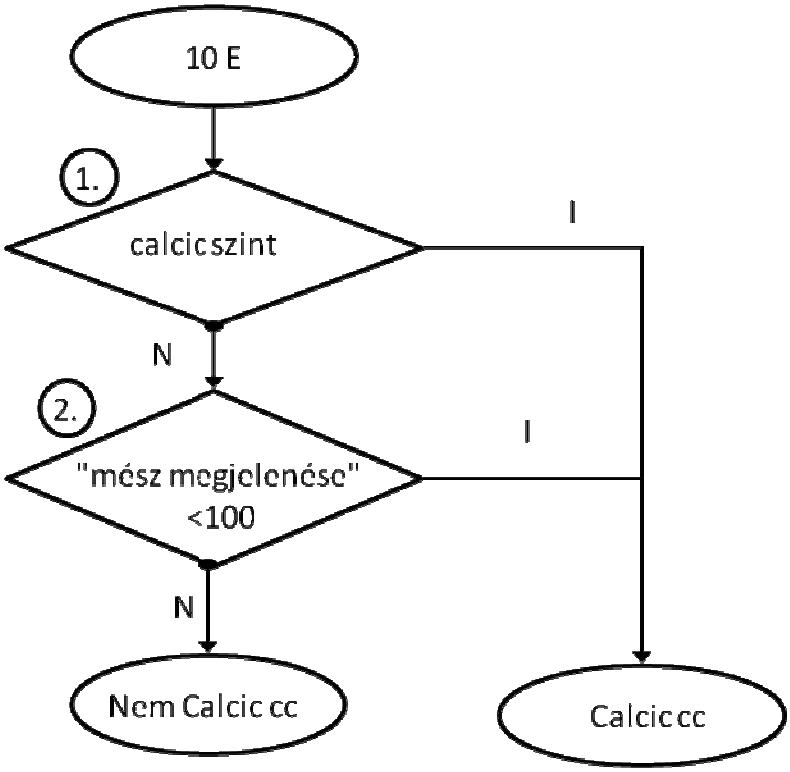
M2.36. ábra Calcaric minősítő meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



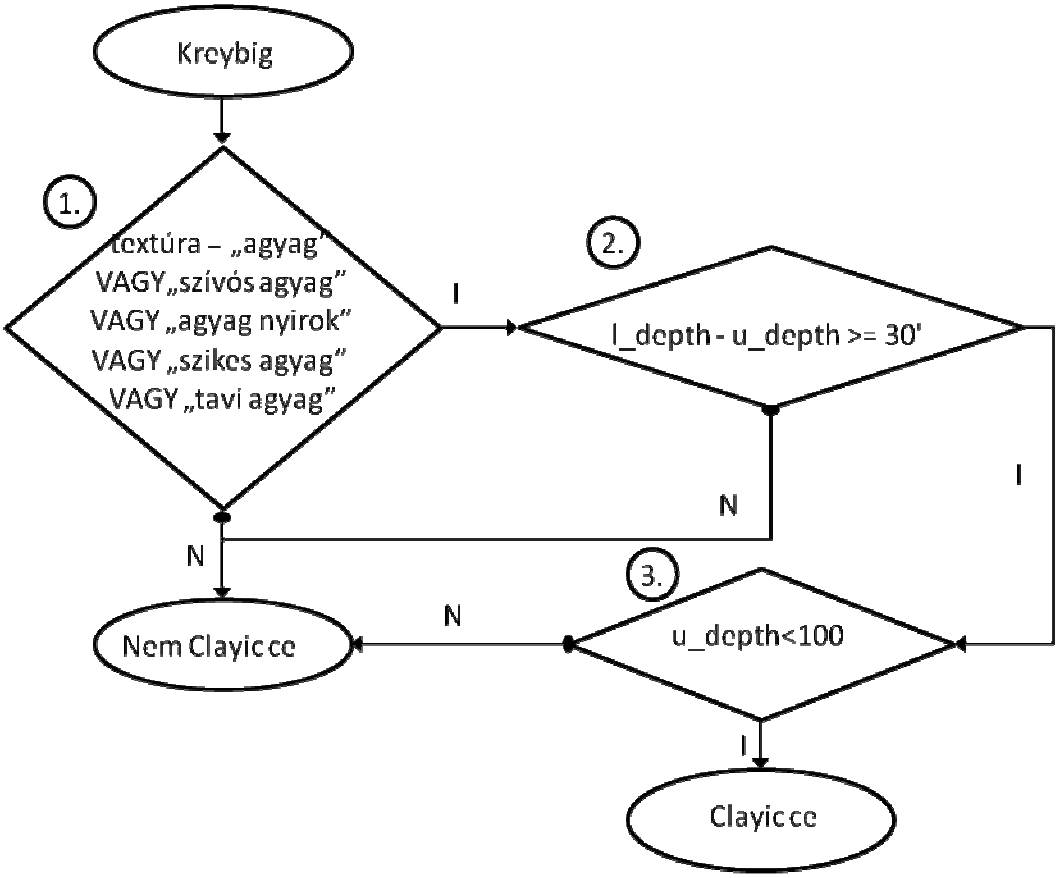
M2.37. ábra Calcic minősítő meghatározása a Kreybig adatok alapján



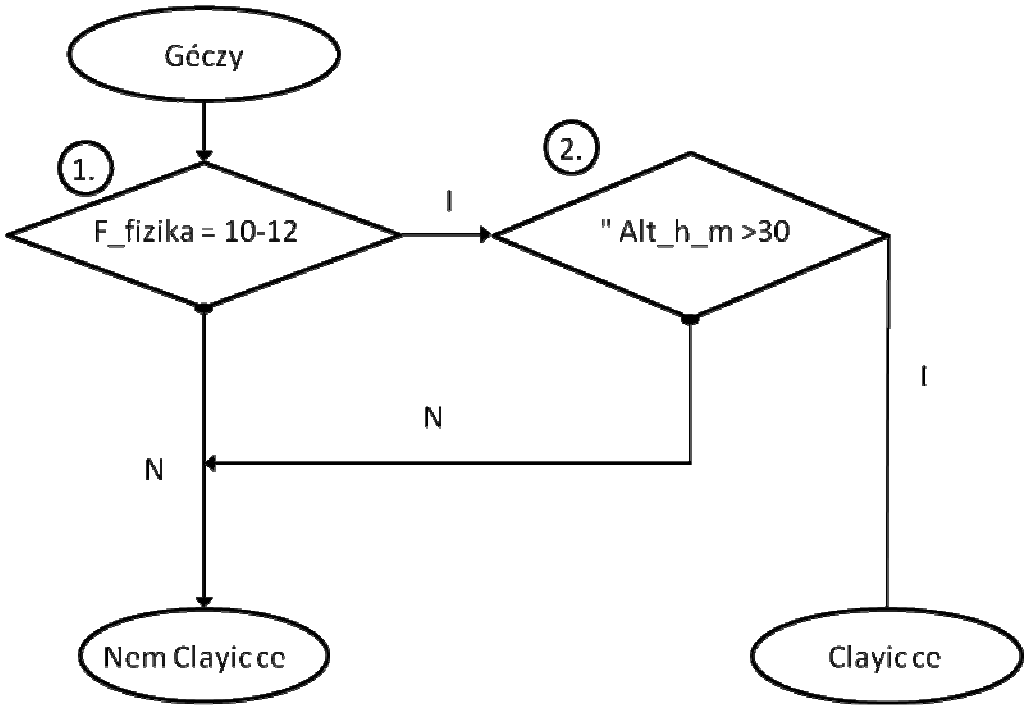
M2.38. ábra Calcic szint meghatározása a Géczy adatok alapján



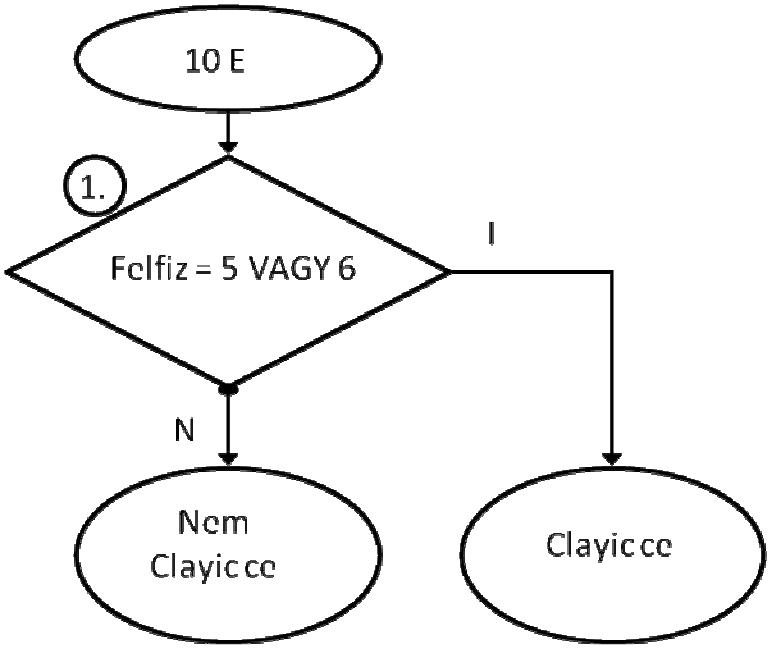
M2.39. ábra Calcic minősítő meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



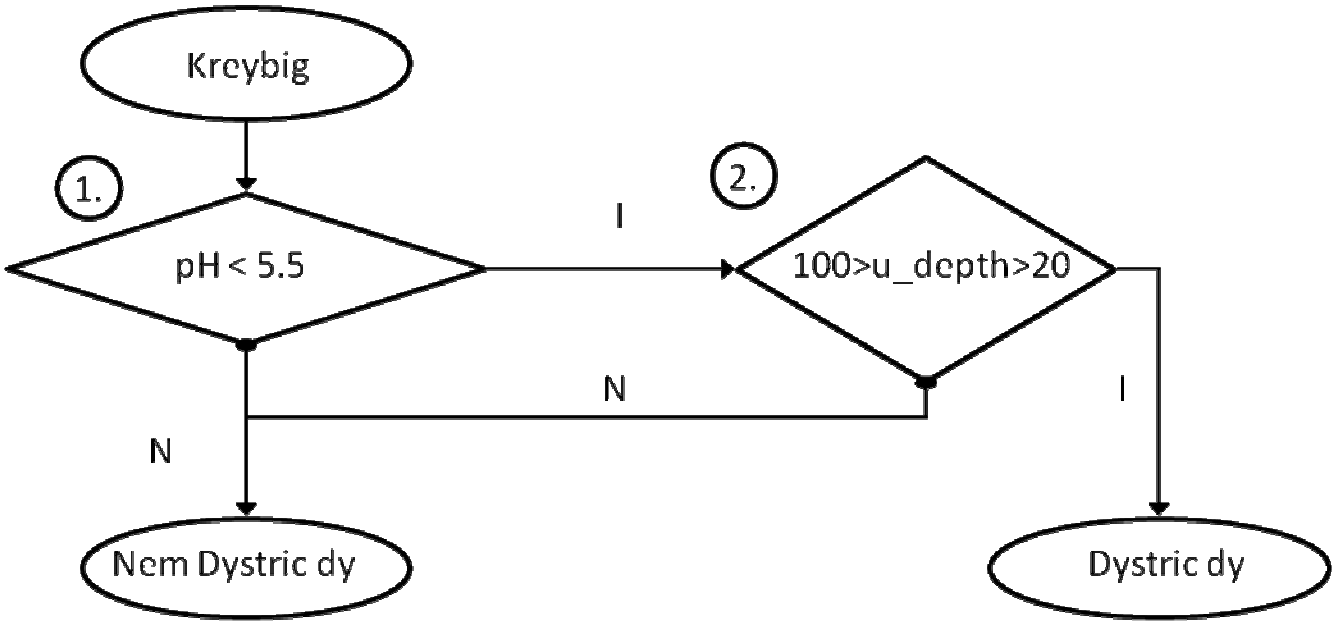
M2.40. ábra Clayic minősítő meghatározása a Kreybig adatok alapján



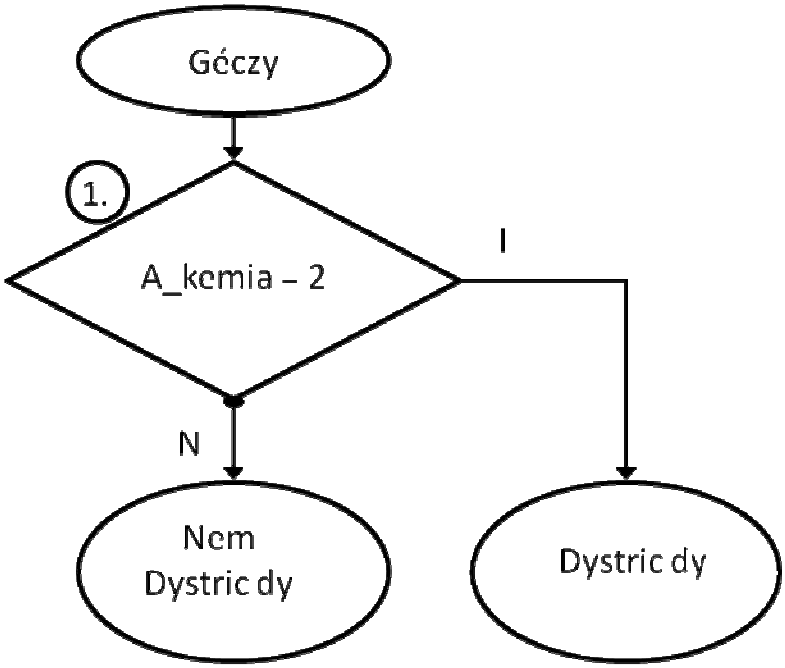
M2.41. ábra Clayic minősítő meghatározása a Géczy adatok alapján



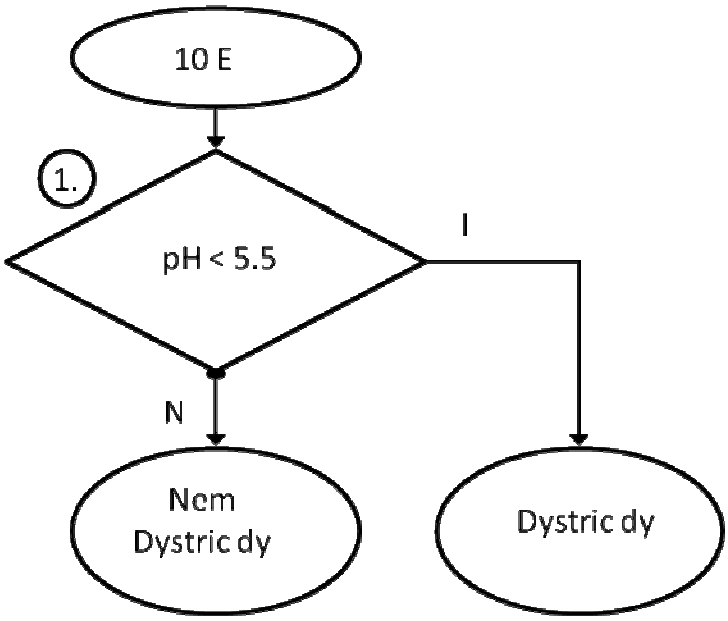
M2.42. ábra Clayic minősítő meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



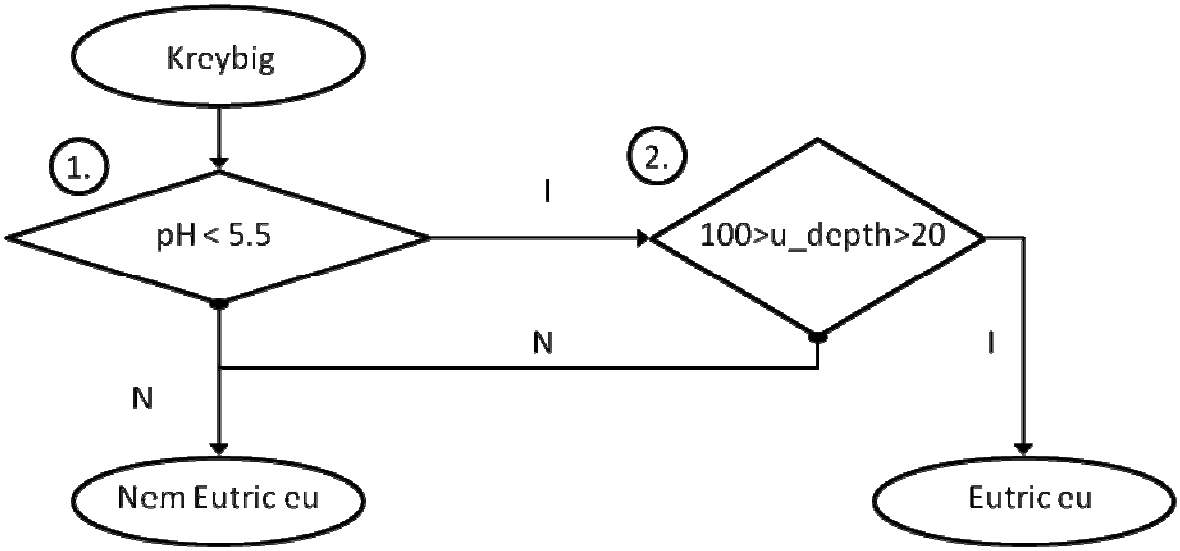
M2.43. ábra Dystric minősítő meghatározása a Kreybig adatok alapján



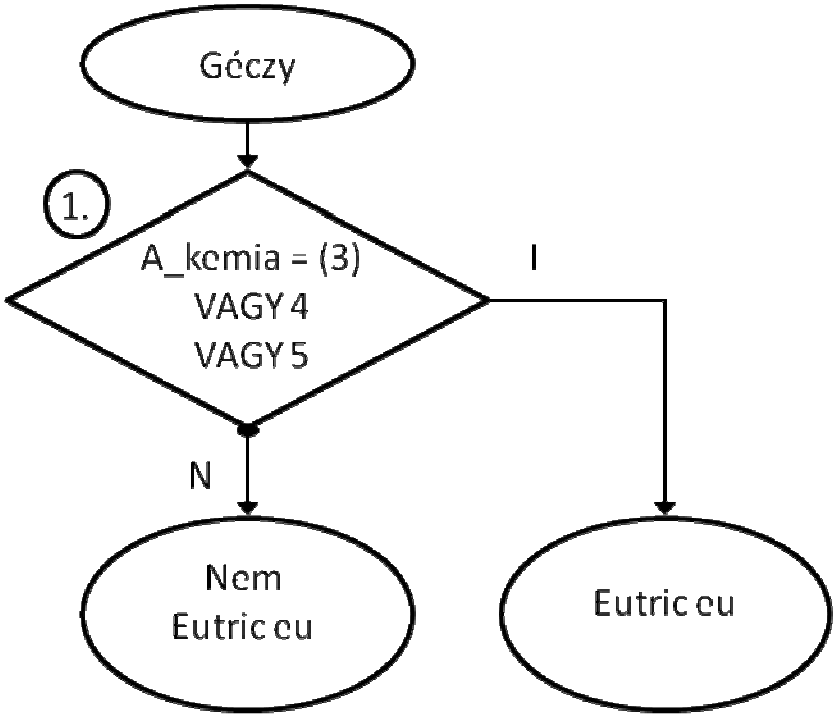
M2.44. ábra Dystric minősítő meghatározása a Géczy adatok alapján



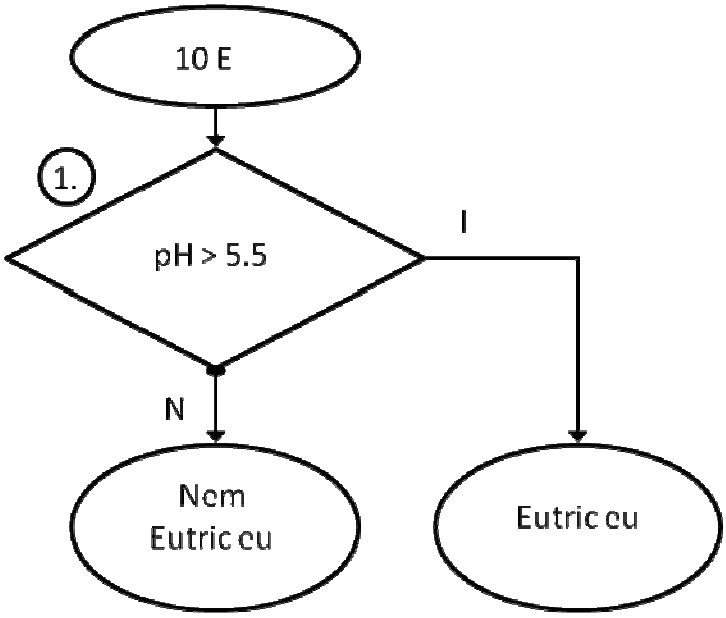
M2.45. ábra Dystric minősítő meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



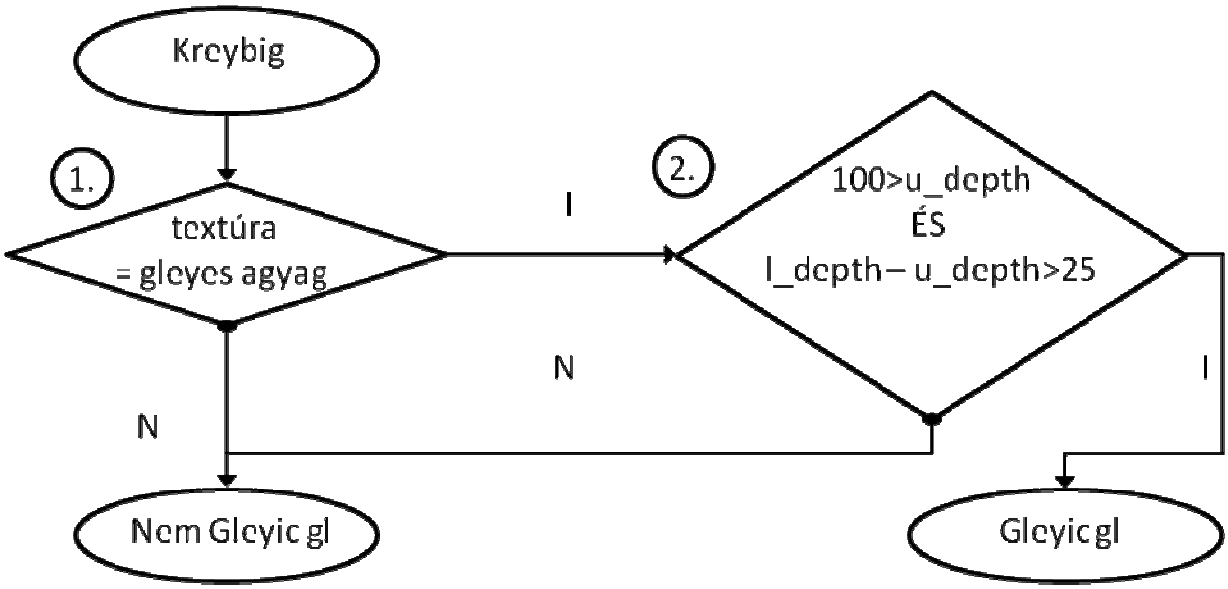
M2.46. ábra Eutric minősítő meghatározása a Kreybig adatok alapján



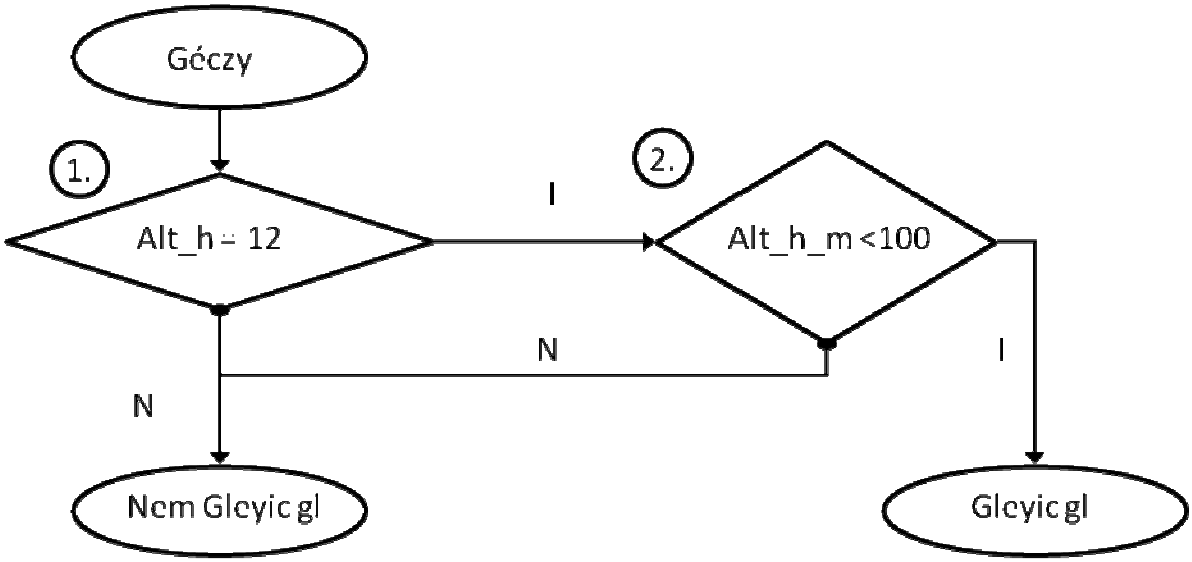
M2.47. ábra Eutric minősítő meghatározása a Géczy adatok alapján



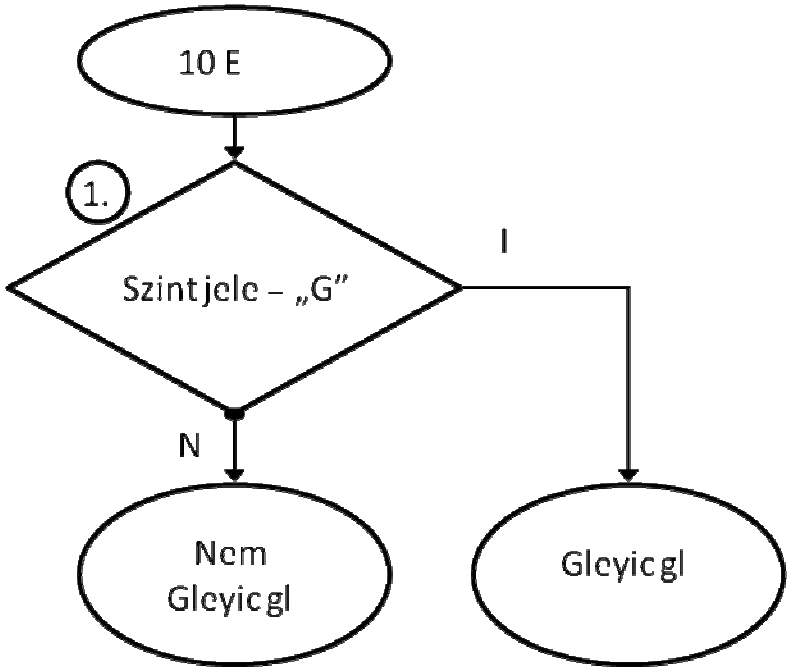
M2.48. ábra Eutric minősítő meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



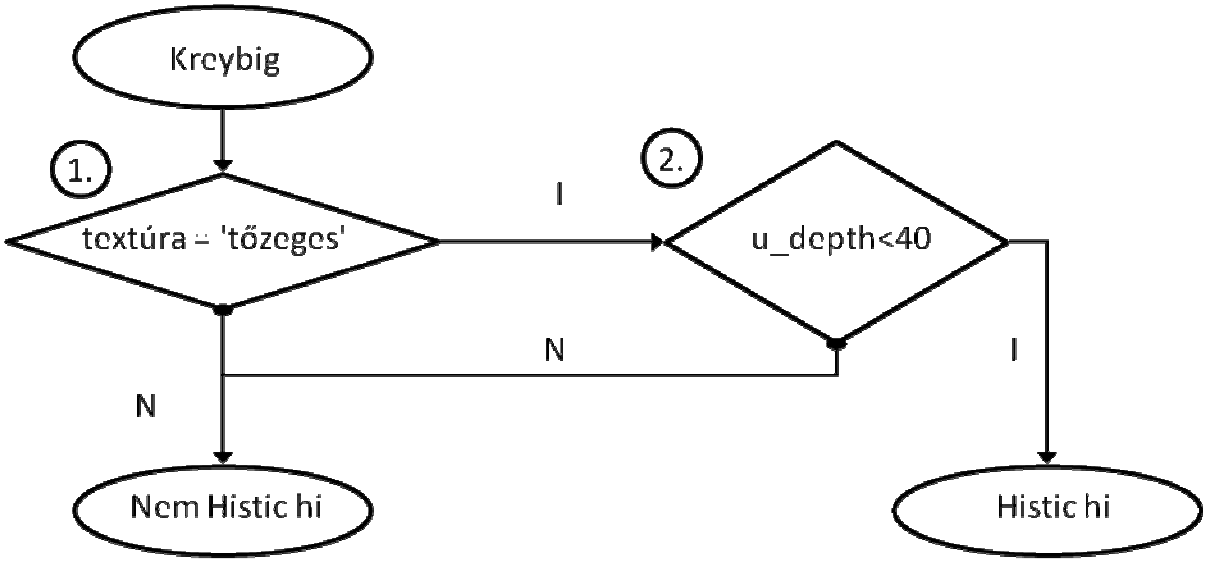
M2.49. ábra Gleyic minősítő meghatározása a Kreybig adatok alapján



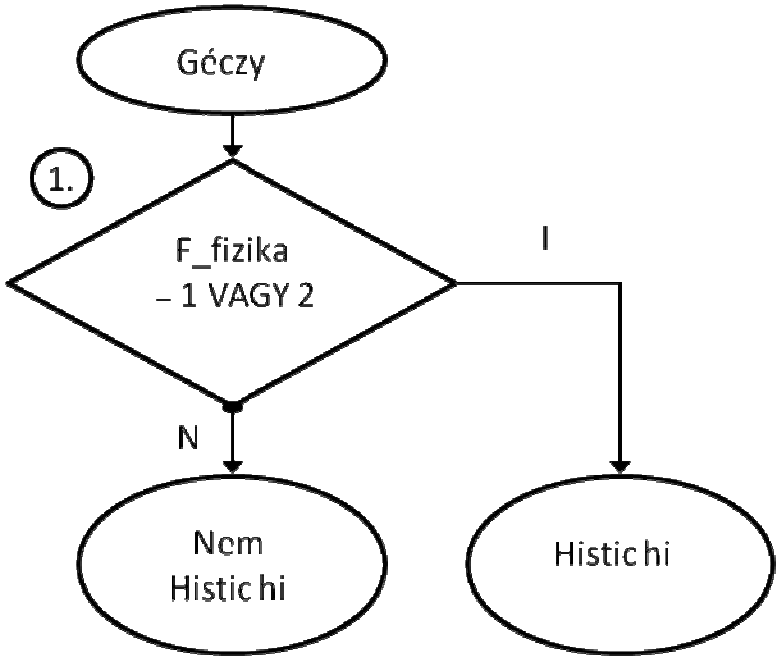
M2.50. ábra Gleyic minősítő meghatározása a Géczy adatok alapján



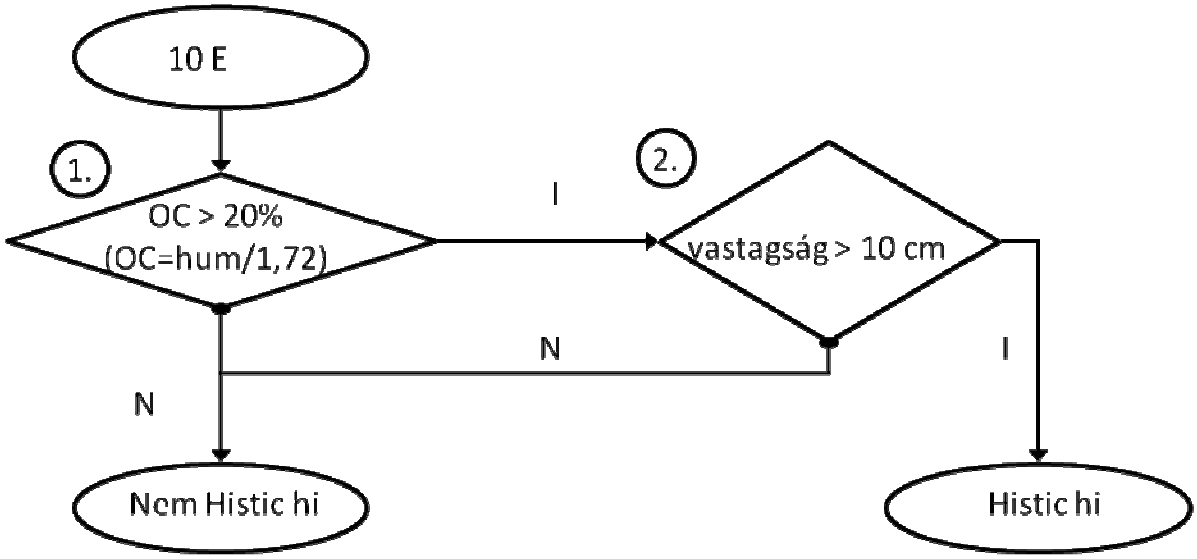
M2.51. ábra Gleyic minősítő meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



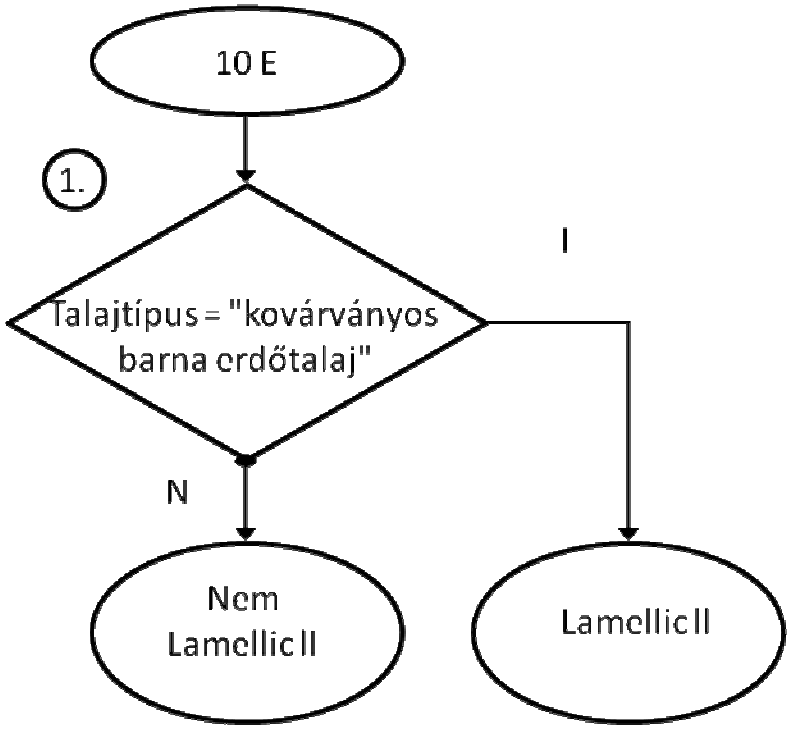
M2.52. ábra Histic minősítő meghatározása a Kreybig adatok alapján



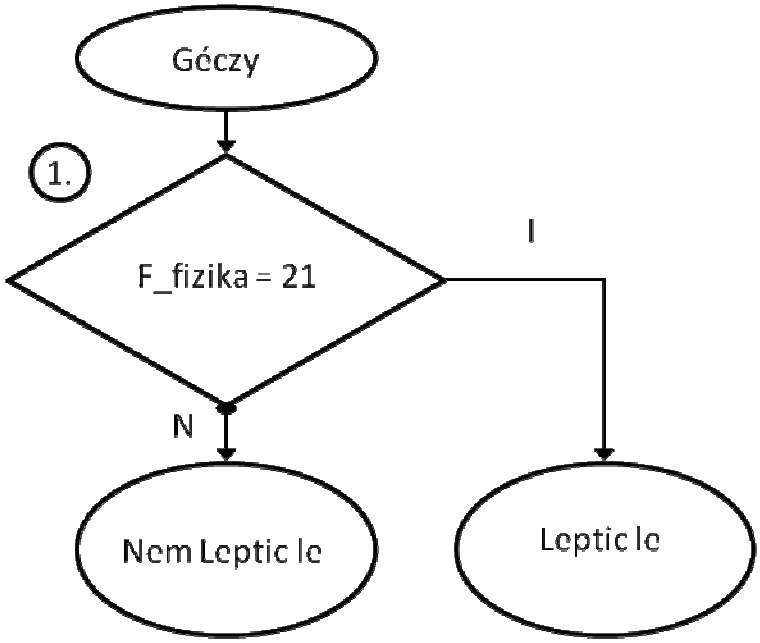
M2.53. ábra Histic minősítő meghatározása a Géczy adatok alapján



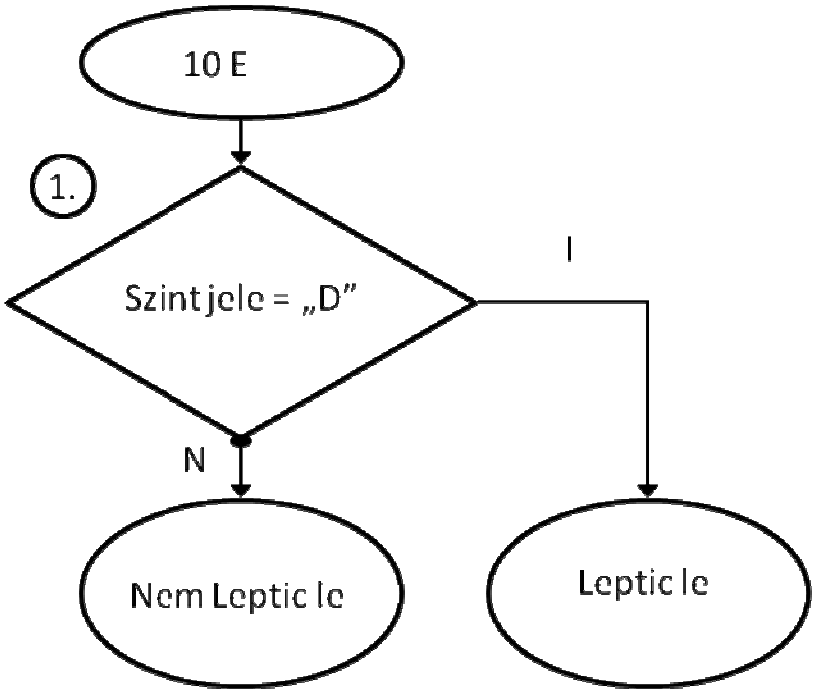
M2.54. ábra Histic minősítő meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



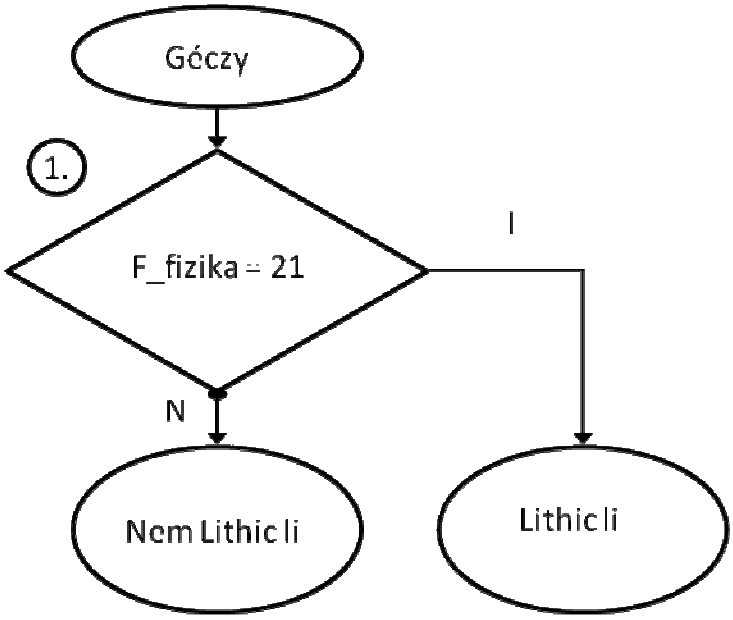
M2.55. ábra Lamellic minősítő meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



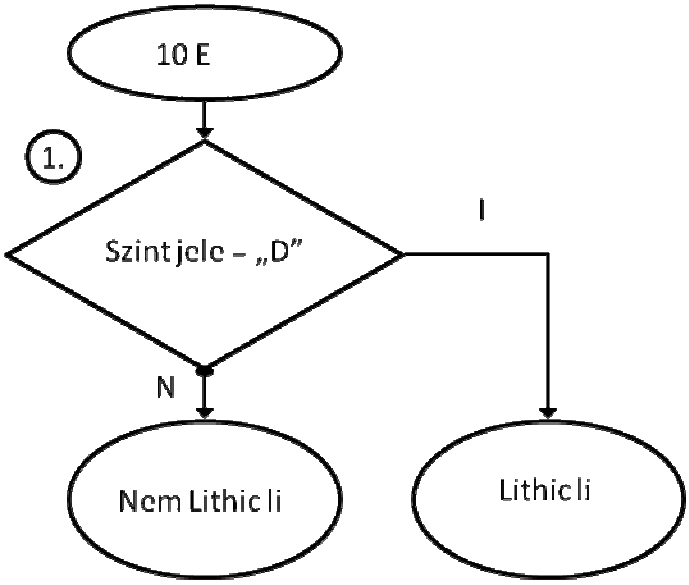
M2.56. ábra Leptic minősítő meghatározása a Géczy adatok alapján



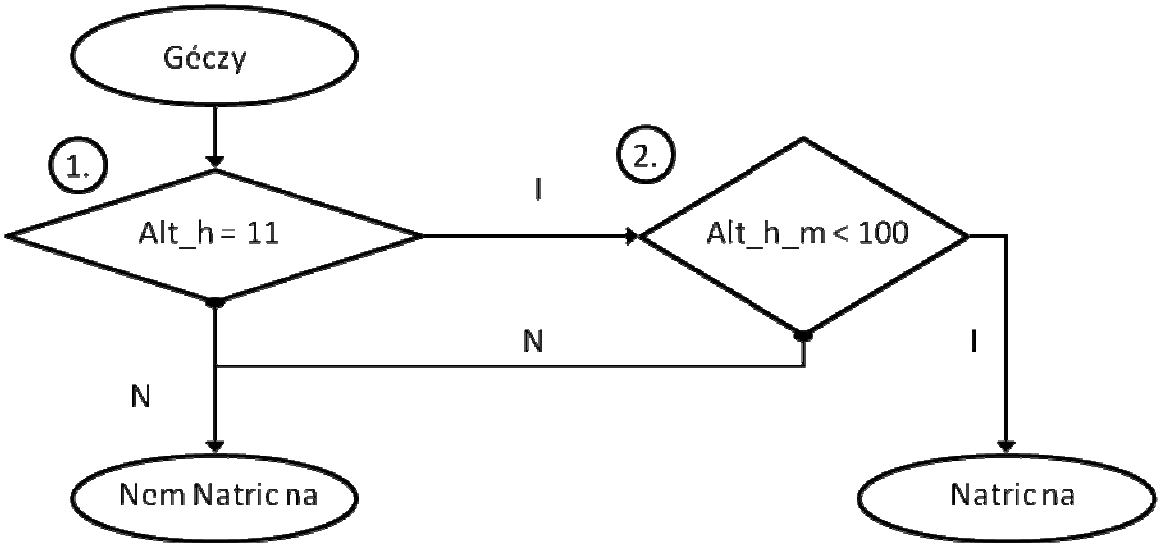
M2.57. ábra Leptic minősítő meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



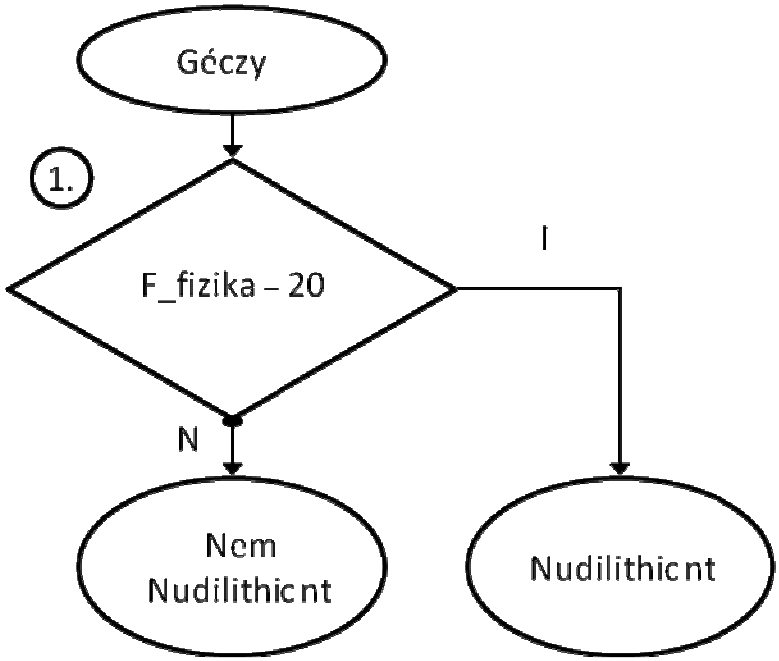
M2.58. ábra Lithic minősítő meghatározása a Géczy adatok alapján



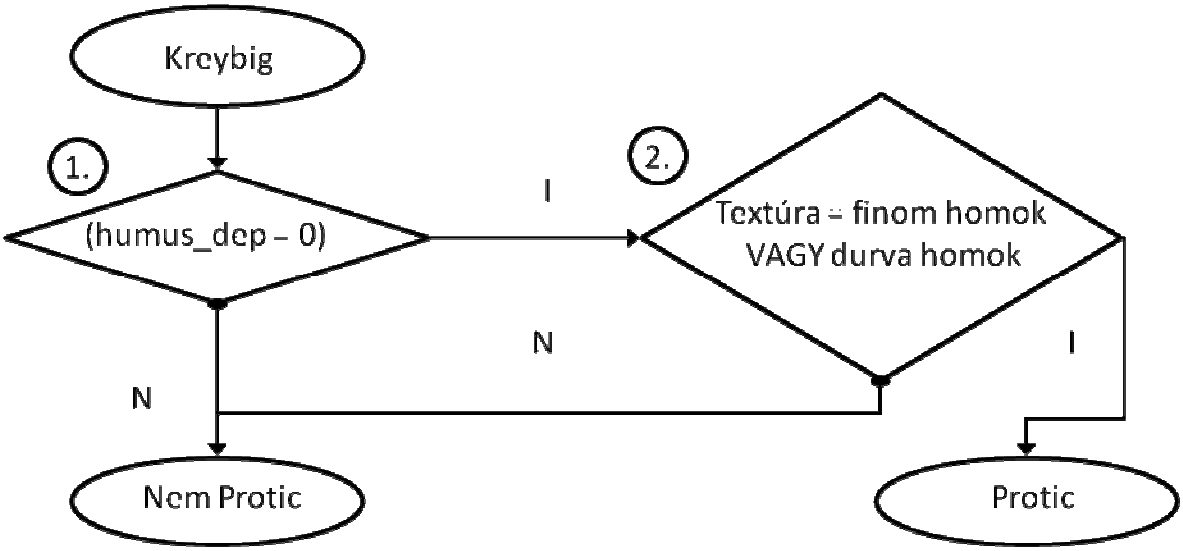
M2.59. ábra Lithic minősítő meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



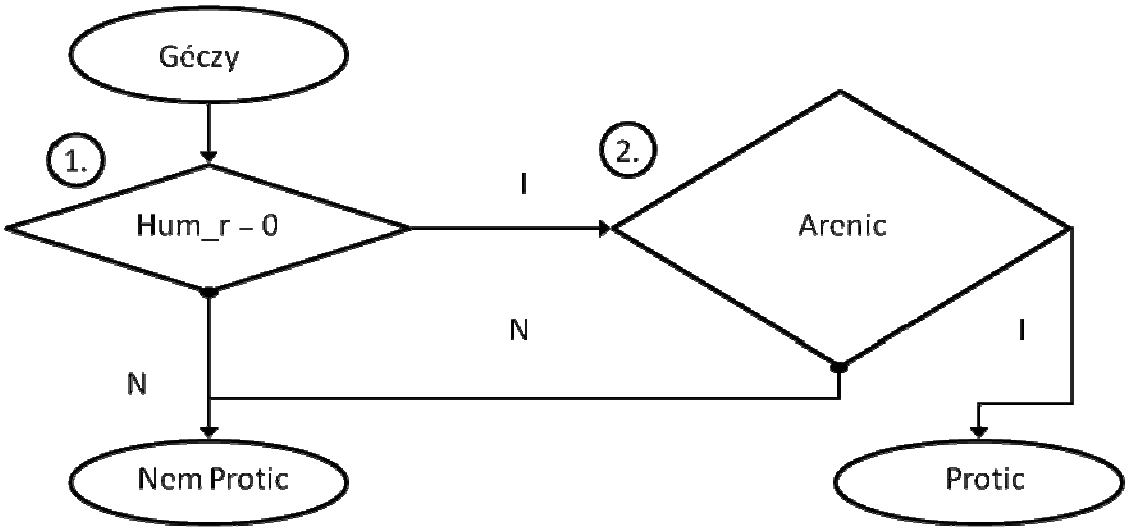
M2.60. ábra Natric minősítő meghatározása a Géczy adatok alapján



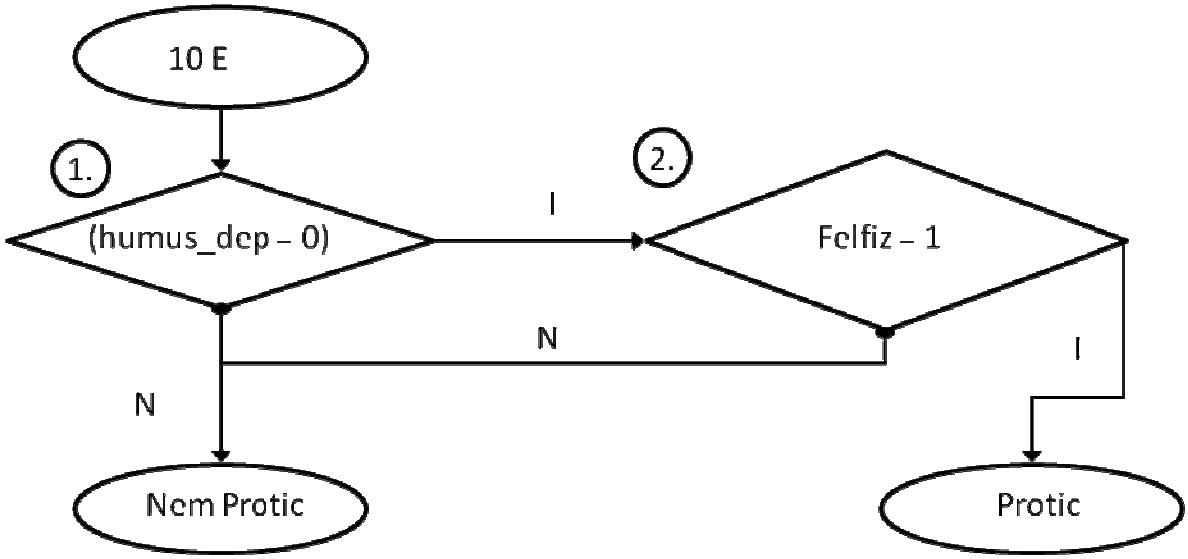
M2.61. ábra Nudilithic minősítő meghatározása a Géczy adatok alapján



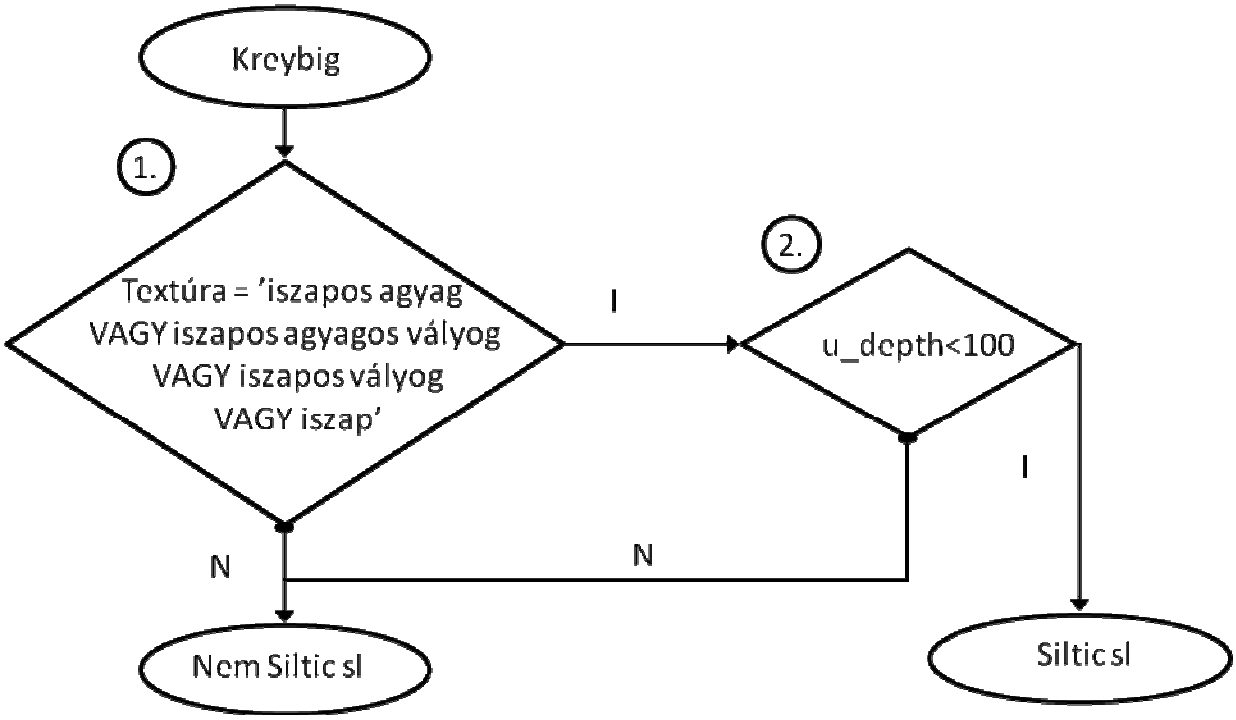
M2.62. ábra Protic minősítő meghatározása a Kreybig adatok alapján



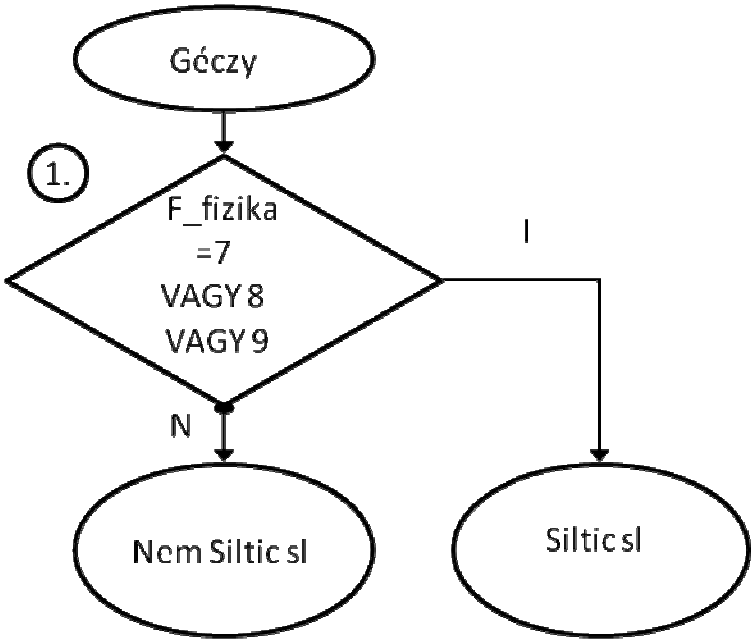
M2.63. ábra Protic minősítő meghatározása a Géczy adatok alapján



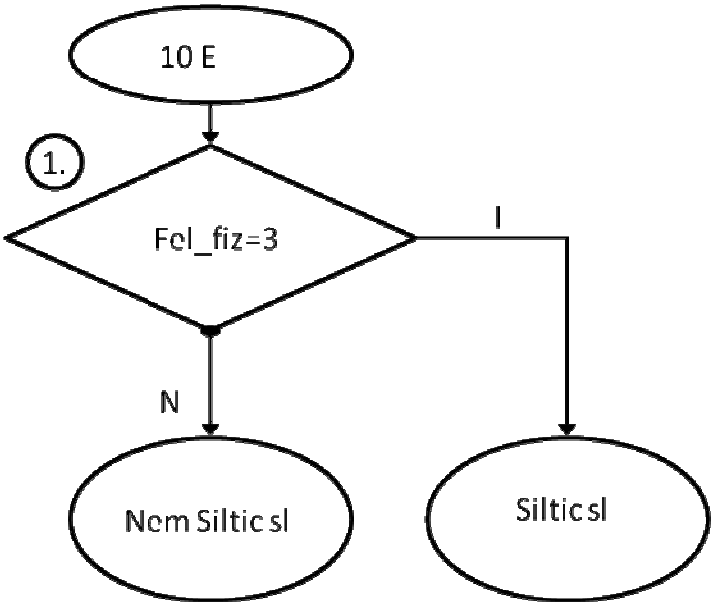
M2.64. ábra Protic minősítő meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



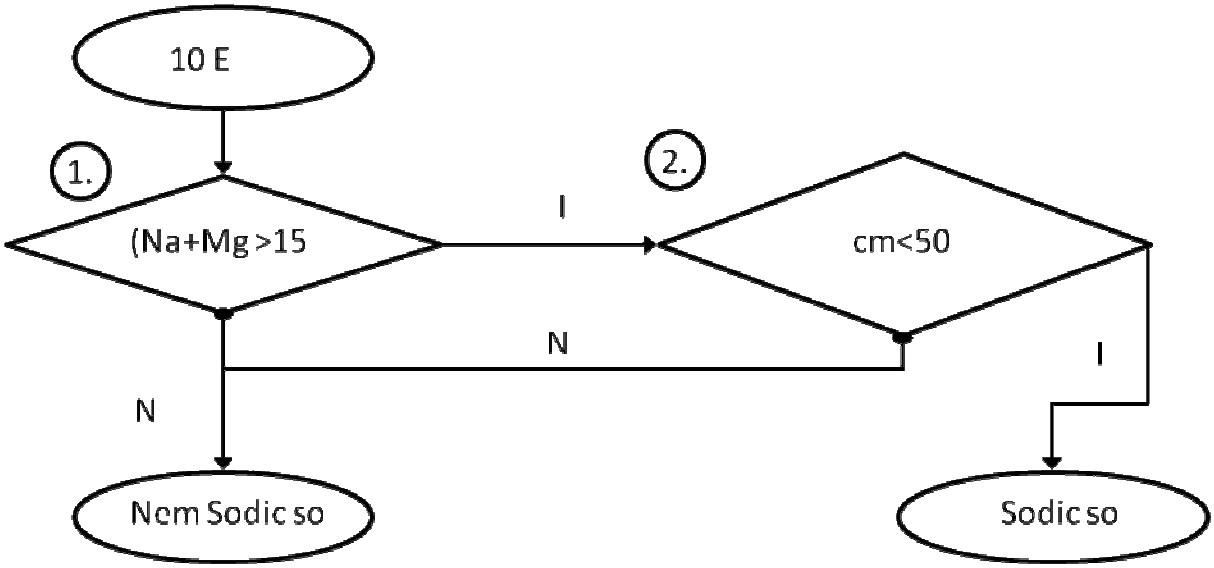
M2.65. ábra Siltic minősítő meghatározása a Kreybig adatok alapján



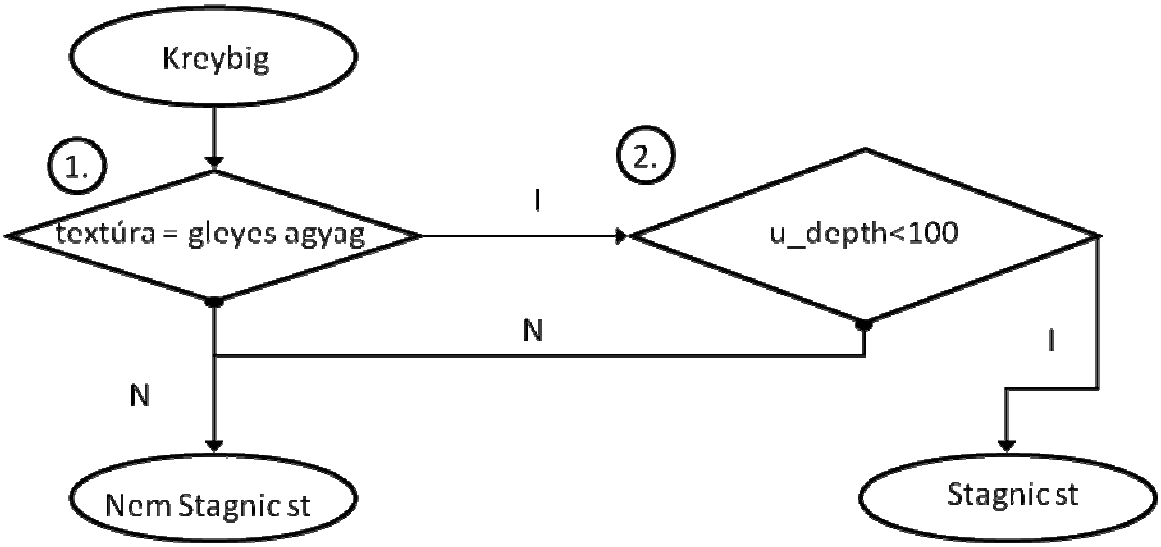
M2.66. ábra Siltic minősítő meghatározása a Géczy adatok alapján



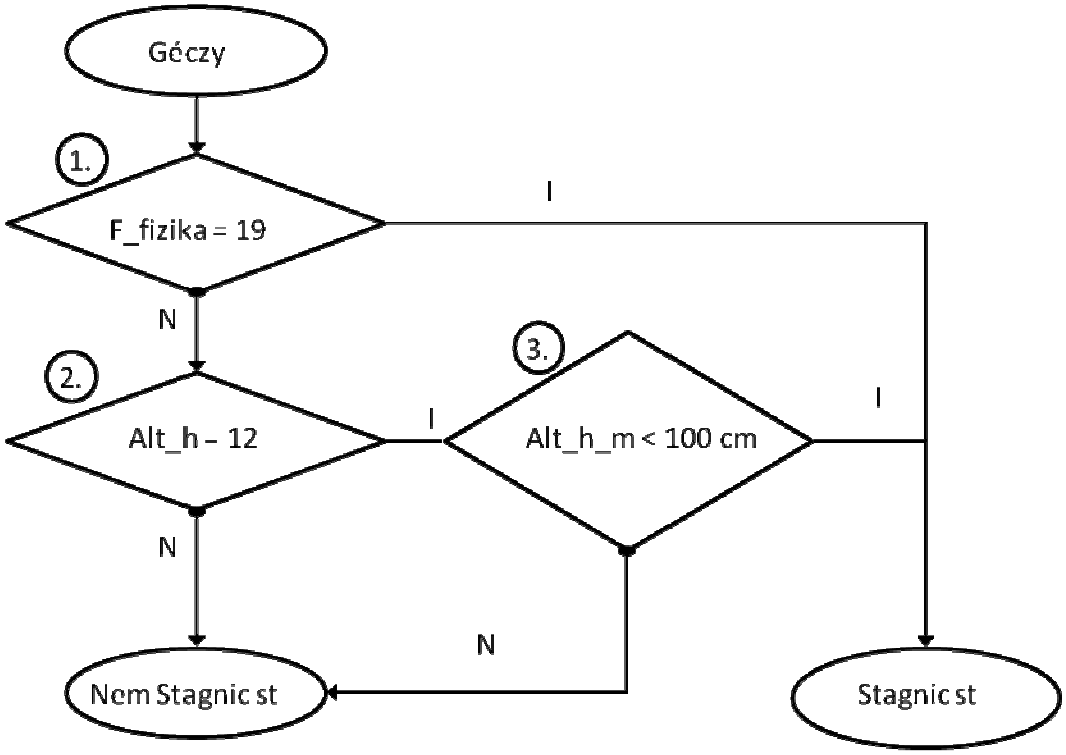
M2.67. ábra Siltic minősítő meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



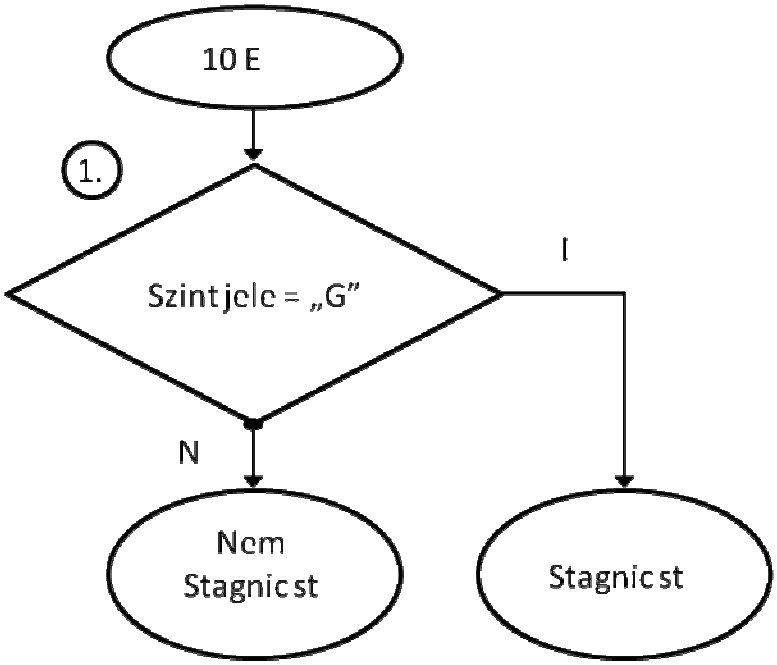
M2.68. ábra Sodic minősítő meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



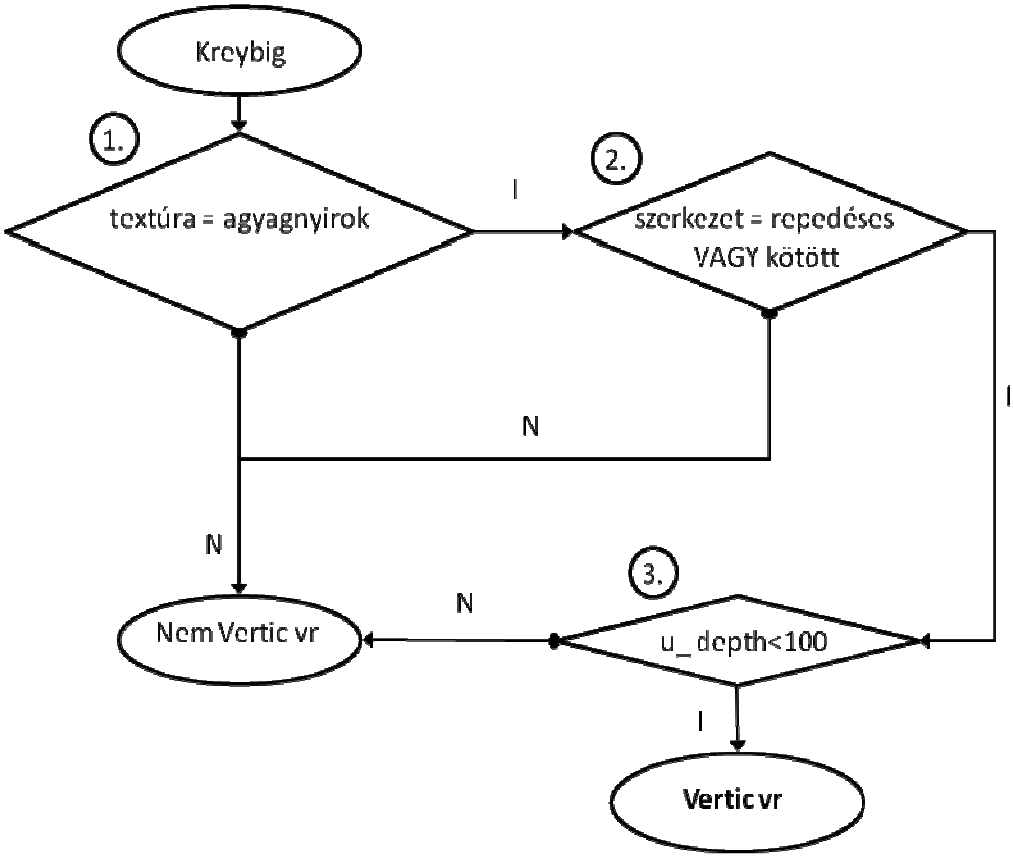
M2.69. ábra Stagnic minősítő meghatározása a Kreybig adatok alapján



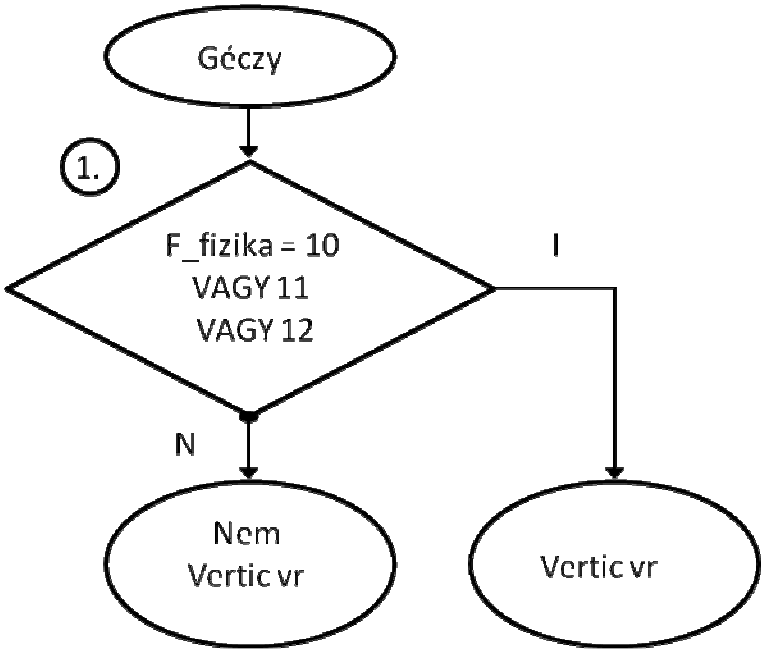
M2.70. ábra Stagnic minősítő meghatározása a Géczy adatok alapján



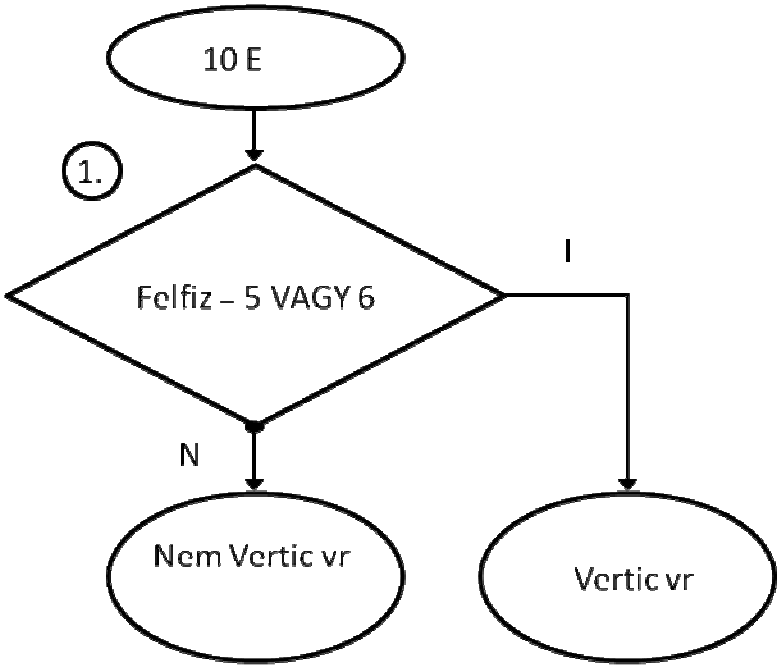
M2.71. ábra Stagnic minősítő meghatározása az 1:10 000 adatok alapján



M2.72. ábra Vertic minősítő meghatározása a Kreybig adatok alapján

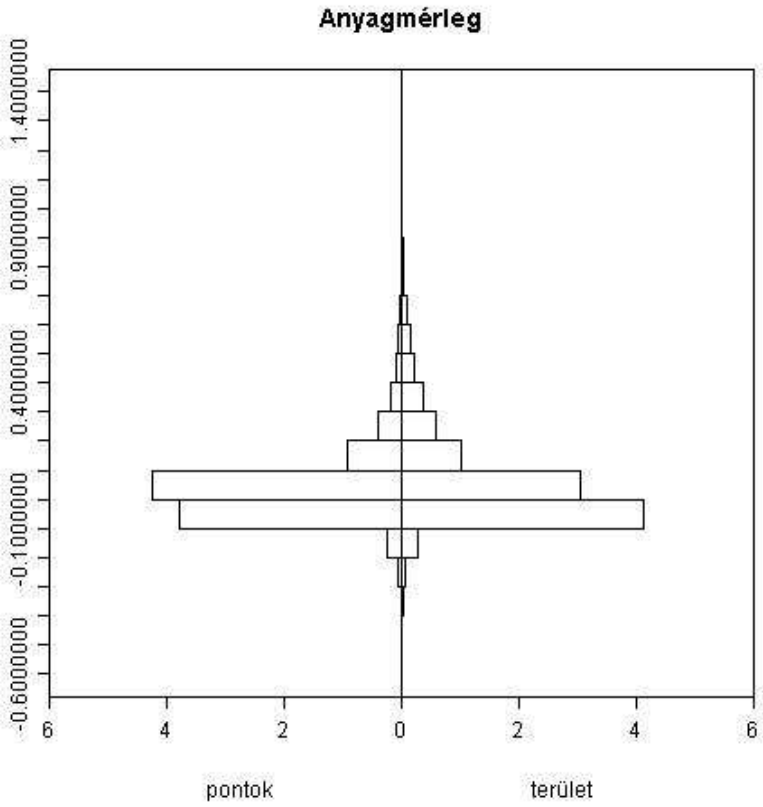


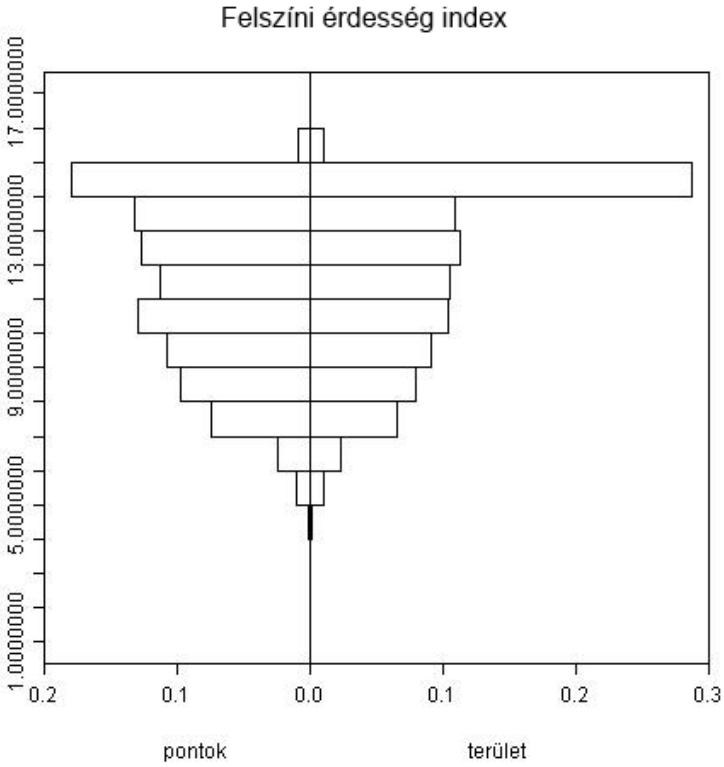
M2.73. ábra Vertic minősítő meghatározása a Géczy adatok alapján

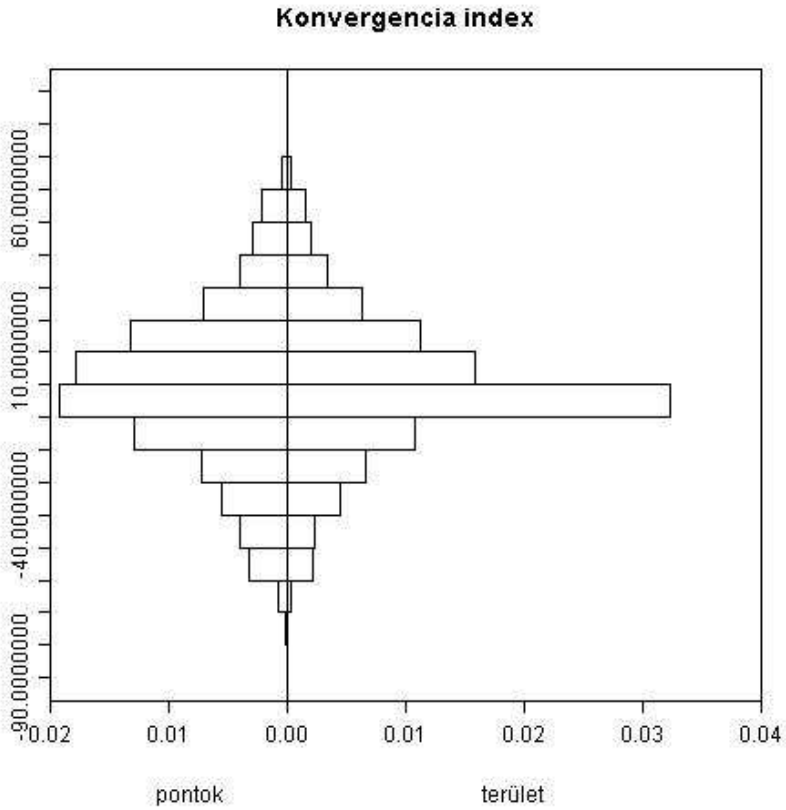


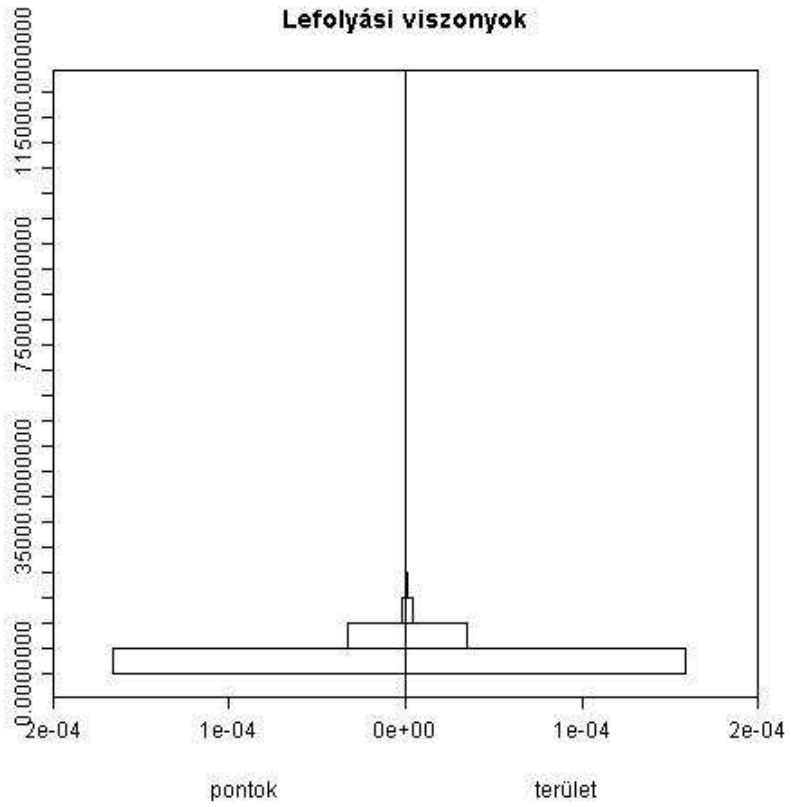
M2.74. ábra Vertic minősítő meghatározása az 1:10 000 adatok alapján

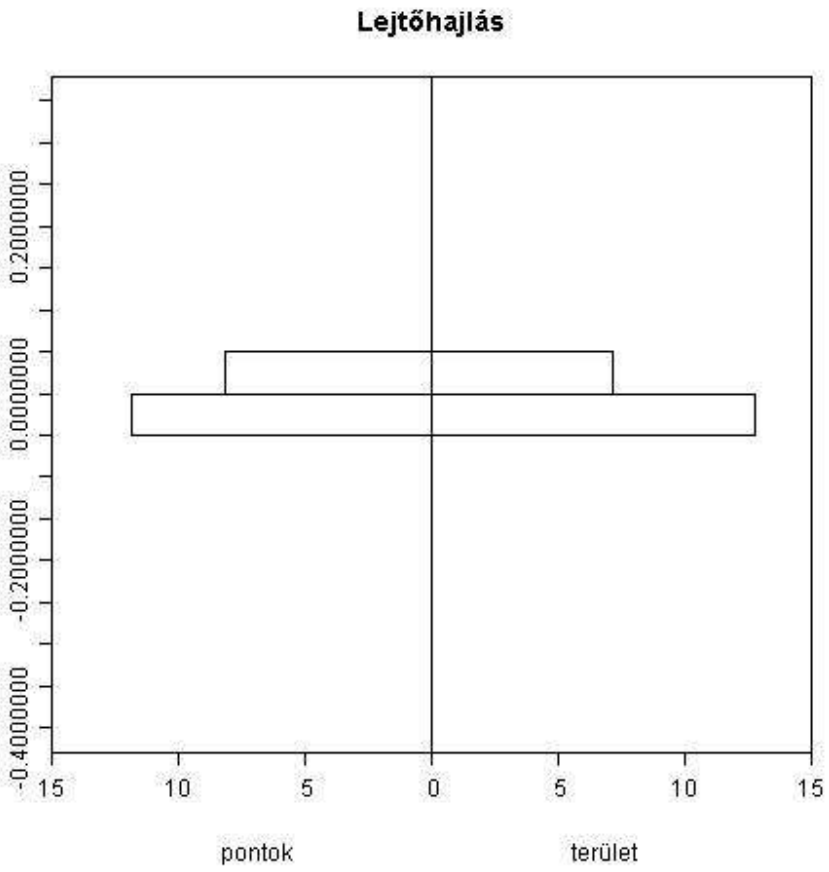
M3. A mintapontok és a segédváltozók összehasonlító hisztogramjai

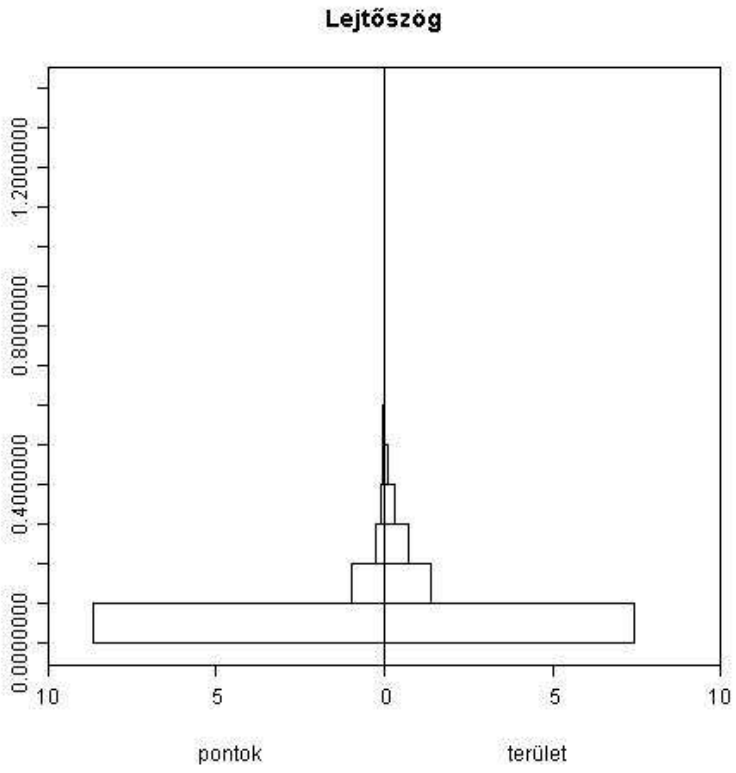


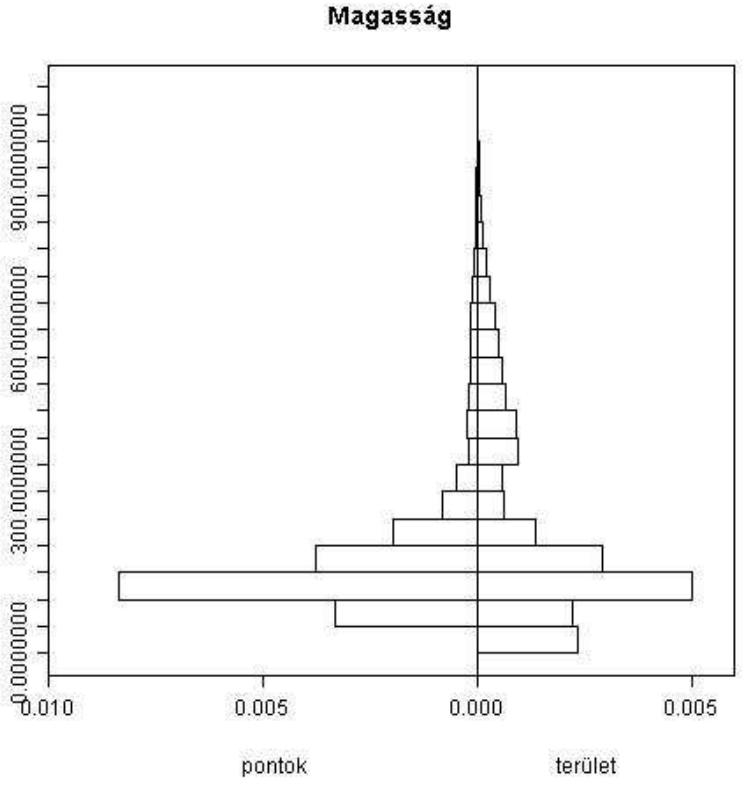


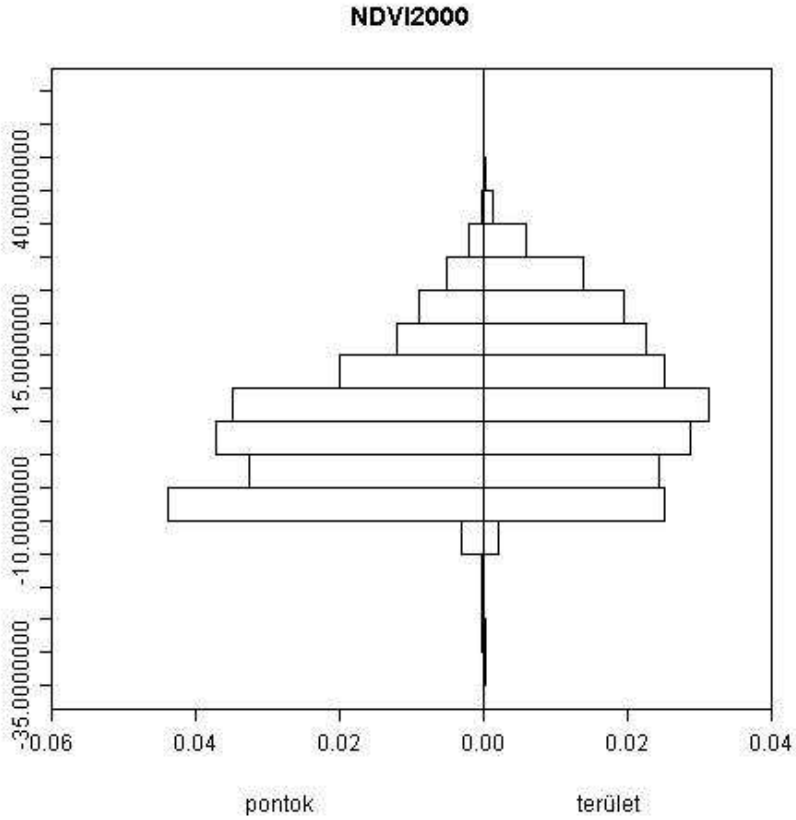

Konvergencia index
60.0000000
10.0000000
-40.0000000
-90.0000000
-0.02
0.01
0.00
0.01
0.02
0.03
0.04
pontok
terület

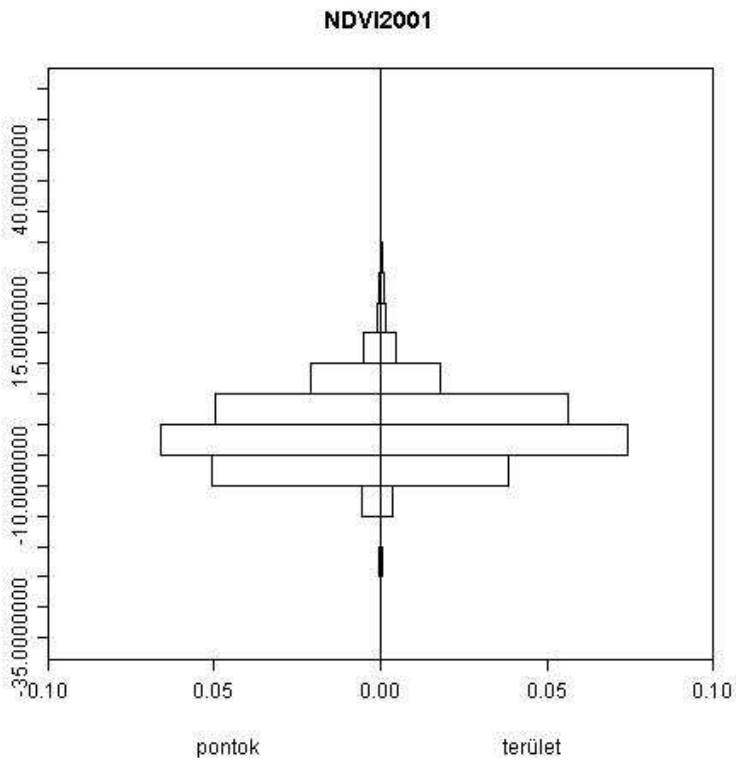

Lefolyási viszonyok
115000.0000000
75000.0000000
35000.0000000
0.0000000
-2e-04
1e-04
0e+00
1e-04
2e-04
pontok
terület

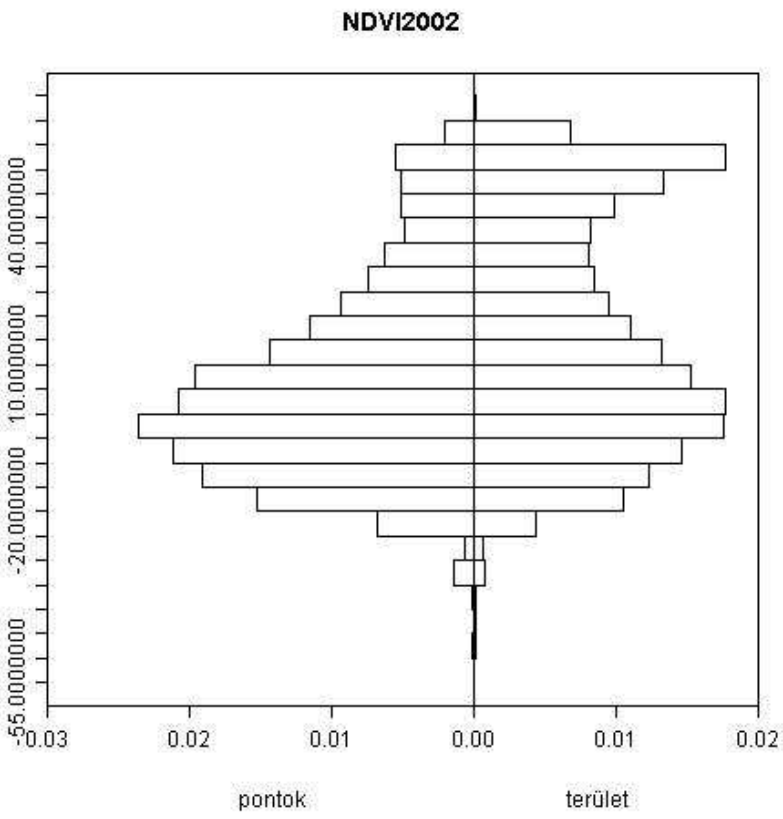

Lejtőhajlás
0.2000000
0.0000000
-0.2000000
-0.4000000
15
10
5
0
5
10
15
pontok
terület

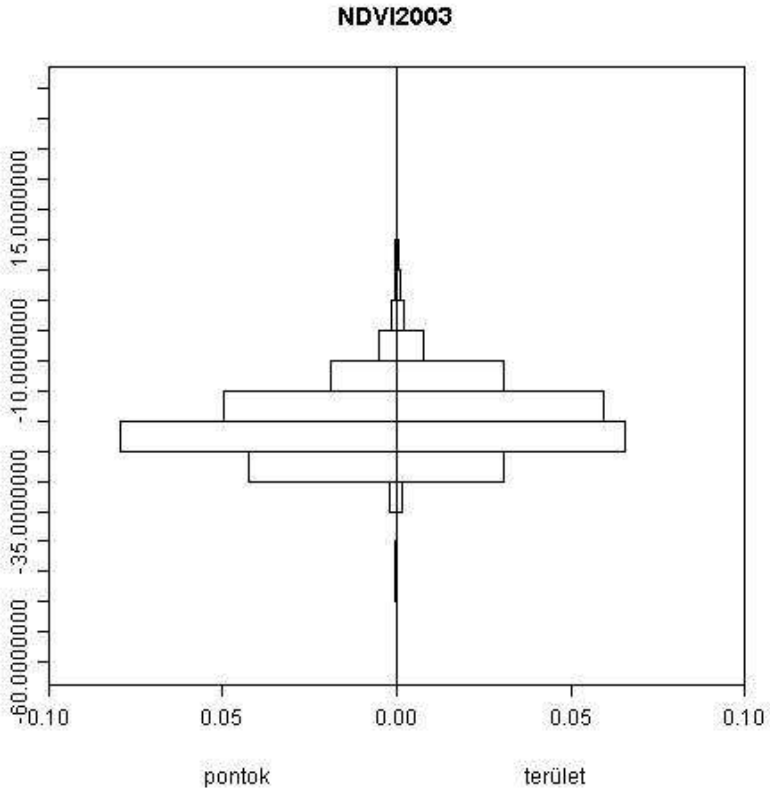

Lejtőszög
1.2000000
0.8000000
0.4000000
0.0000000
10
5
0
5
10
pontok
terület

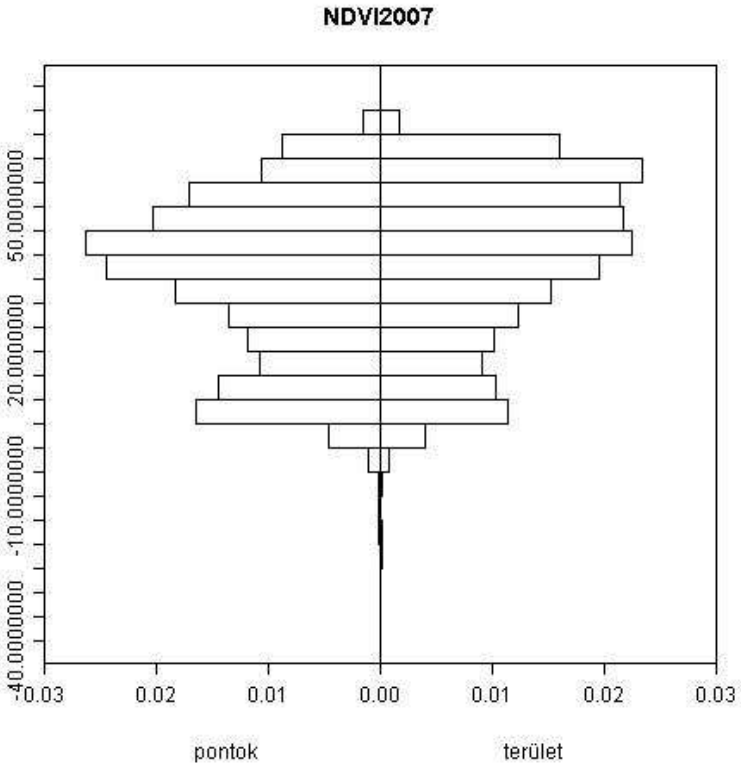

Magasság
900.0000000
600.0000000
300.0000000
0.0000000
0.010
0.005
0.000
0.005
pontok
terület

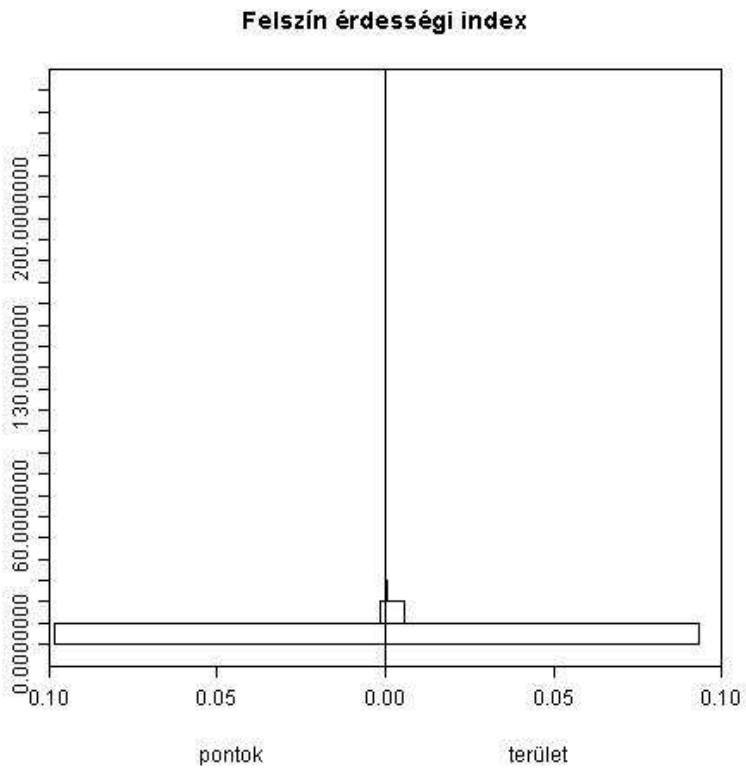

NDVI2000
40.0000000
15.0000000
-10.0000000
-35.0000000
0.06
0.04
0.02
0.00
0.02
0.04
pontok
terület

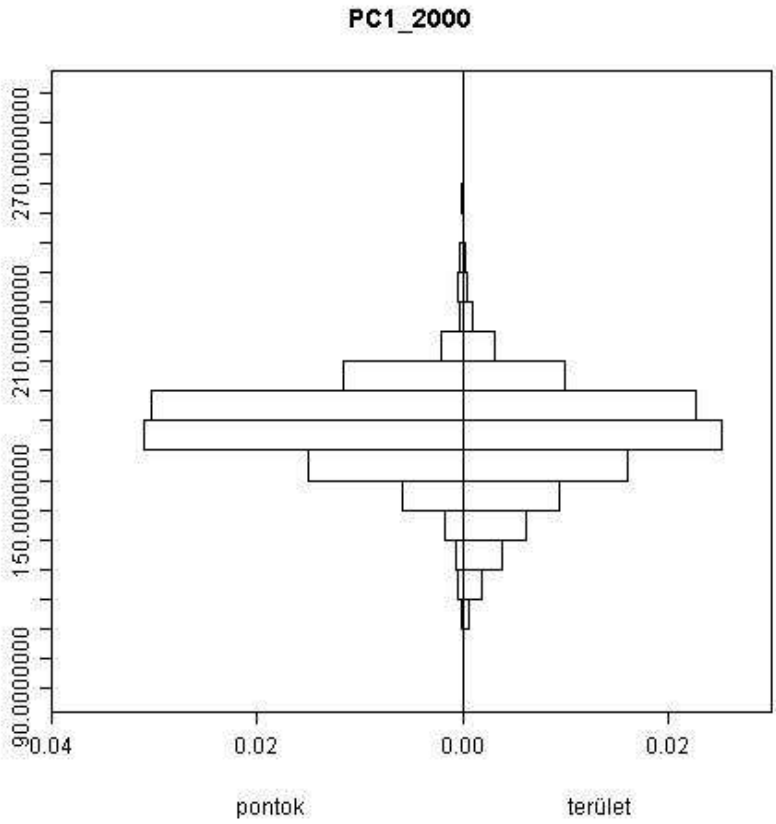

NDVI2001
40.0000000
15.0000000
-10.0000000
-35.0000000
0.10
0.05
0.00
0.05
0.10
pontok
terület

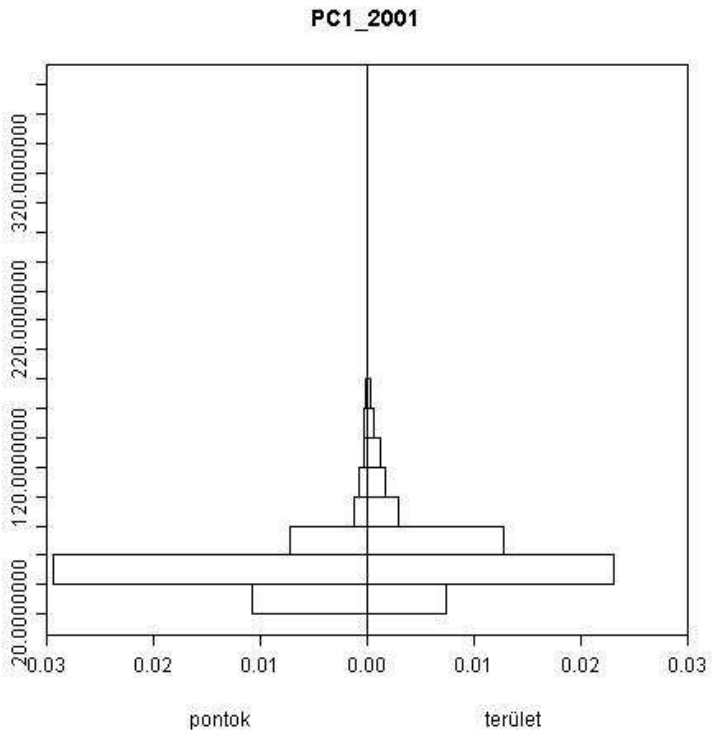

NDVI2002
40.0000000
10.0000000
-20.0000000
-55.0000000
0.03
0.02
0.01
0.00
0.01
0.02
pontok
terület

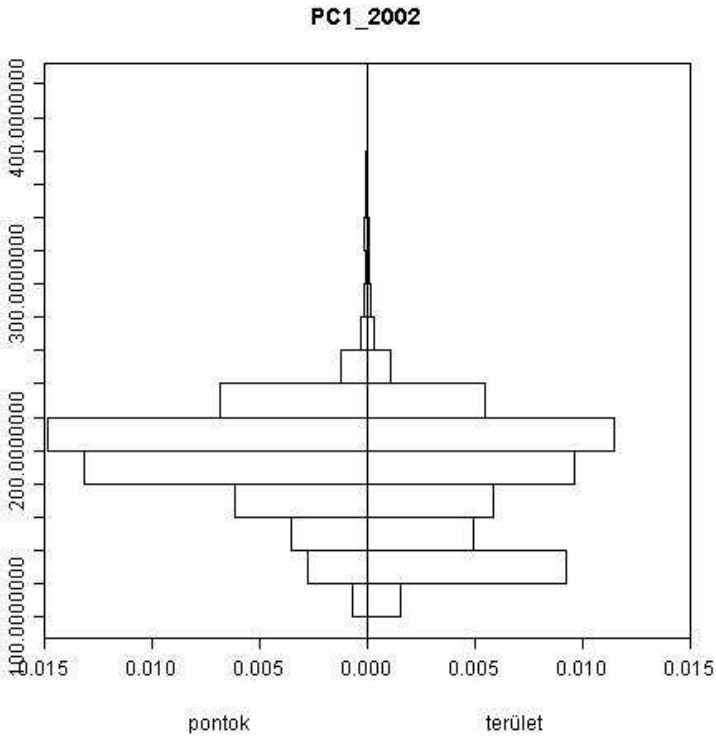

NDVI2003
15.0000000
-10.0000000
-35.0000000
-60.0000000
-0.10
0.05
0.00
0.05
0.10
pontok
terület

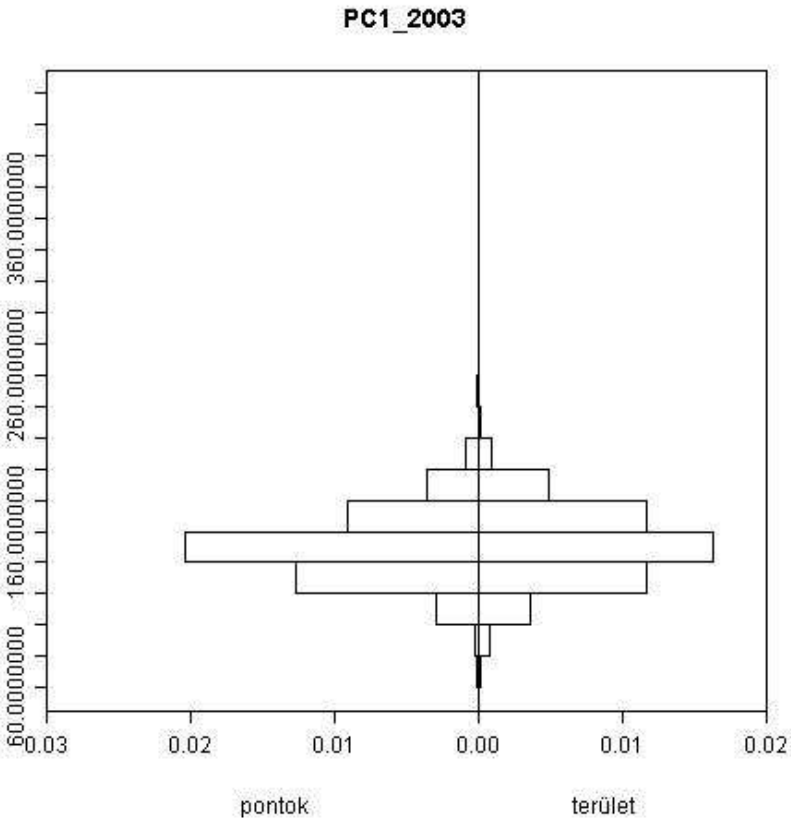

NDVI2007
50.0000000
20.0000000
-10.0000000
-40.0000000
-0.03
0.02
0.01
0.00
0.01
0.02
0.03
pontok
terület

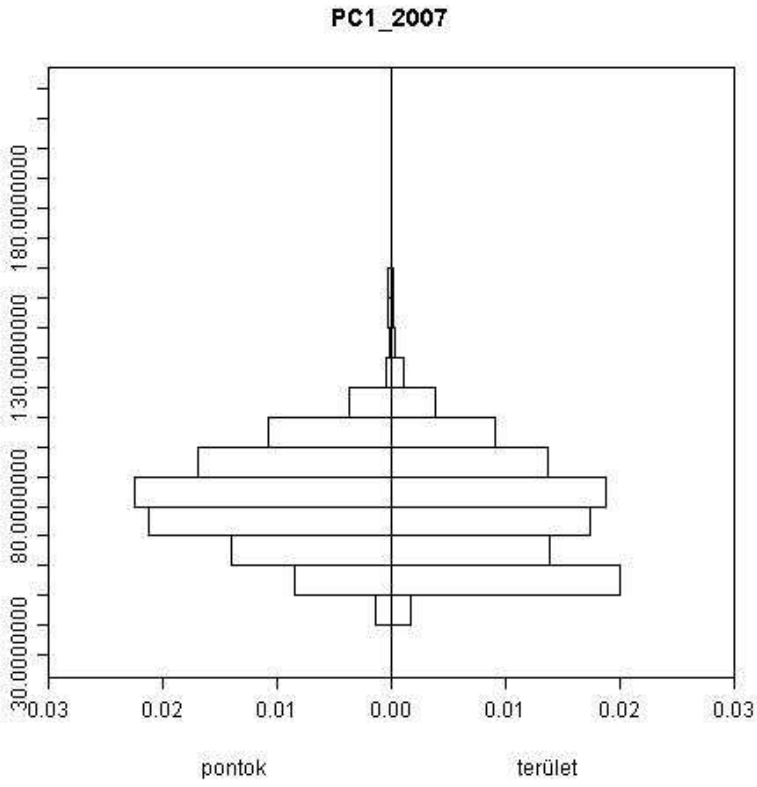

Felszín érdességi index
0.00000000
60.00000000
130.00000000
200.00000000
0.10
0.05
0.00
0.05
0.10
pontok
terület

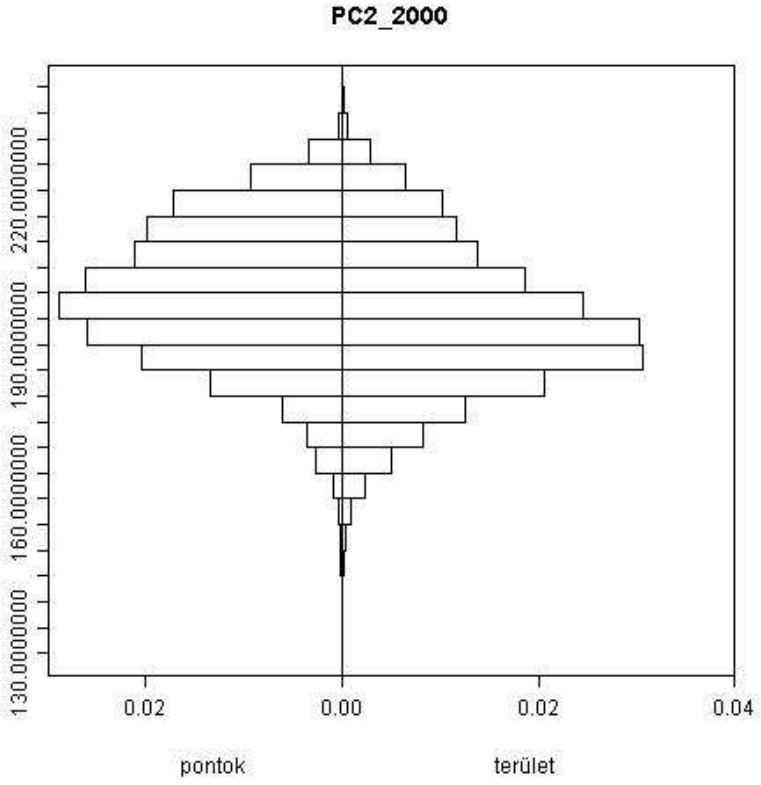

PC1_2000
90.00000000
150.00000000
210.00000000
270.00000000
0.04
0.02
0.00
0.02
pontok
terület

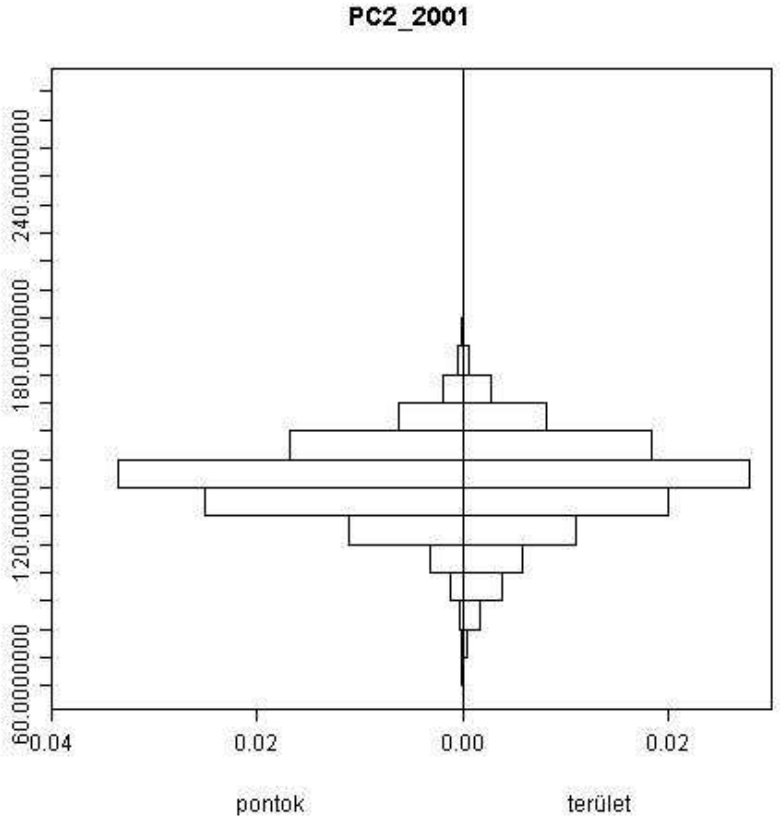

PC1_2001
320.0000000
220.0000000
120.0000000
20.0000000
0.03
0.02
0.01
0.00
0.01
0.02
0.03
pontok
terület

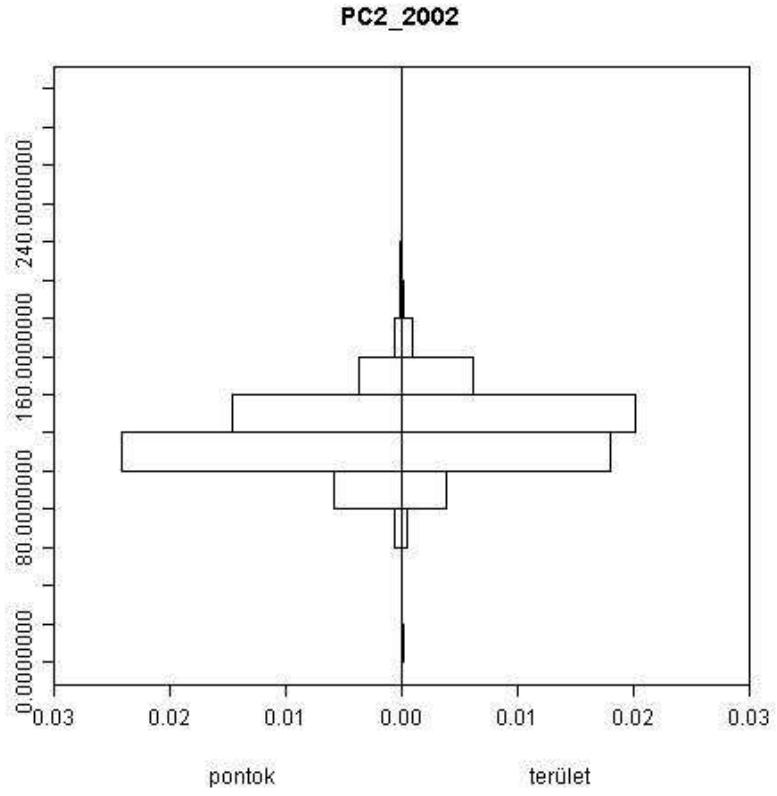

PC1_2002
400.0000000
300.0000000
200.0000000
100.0000000
0.015
0.010
0.005
0.000
0.005
0.010
0.015
pontok
terület

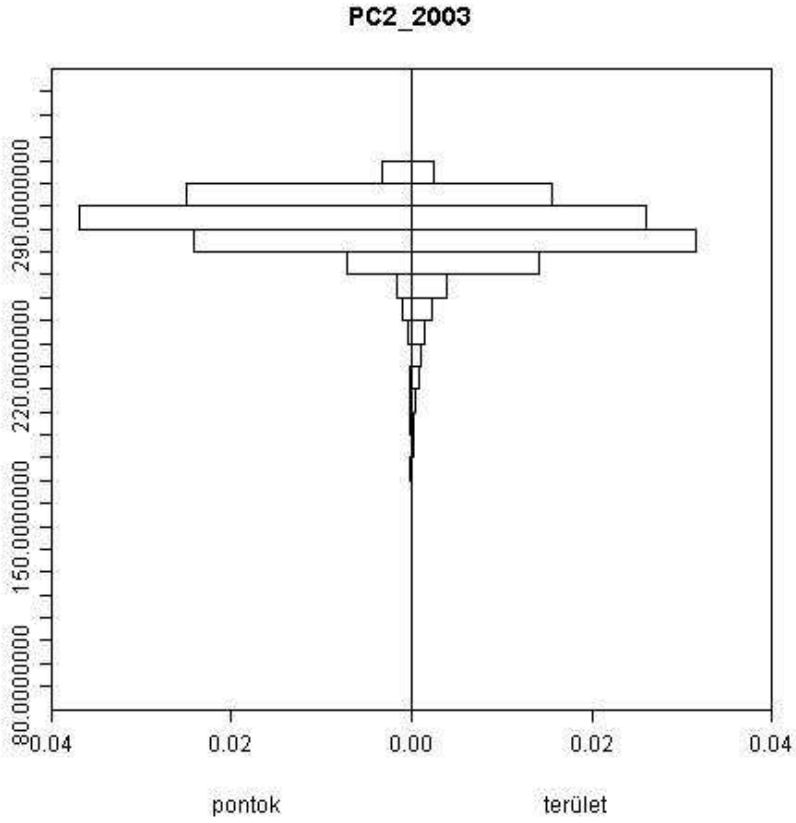

PC1_2003
360.0000000
260.0000000
160.0000000
60.0000000
0.03
0.02
0.01
0.00
0.01
0.02
pontok
terület

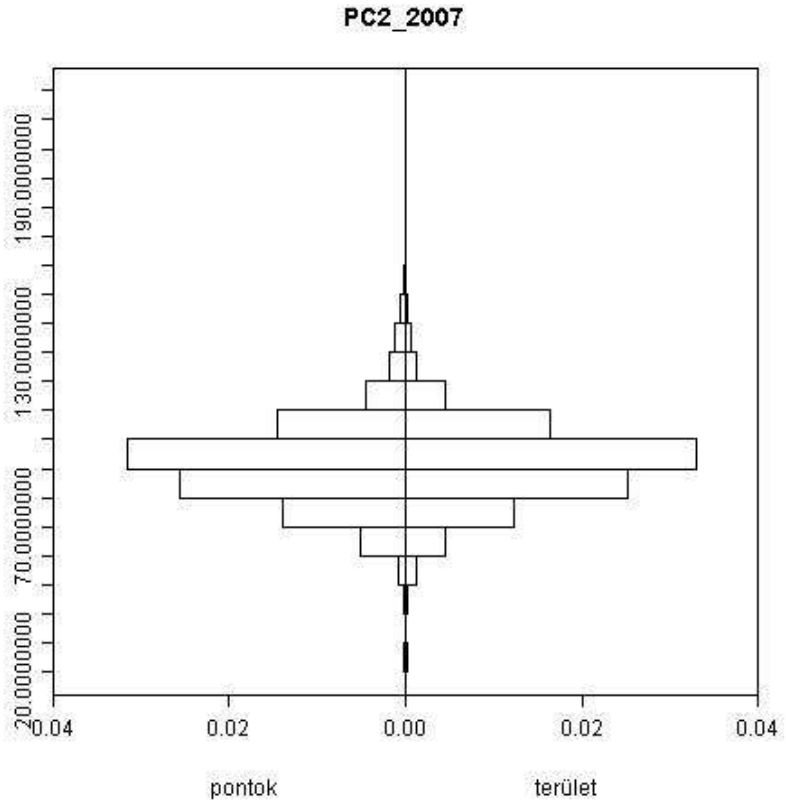

PC1_2007
180.0000000
130.0000000
80.0000000
30.0000000
0.03
0.02
0.01
0.00
0.01
0.02
0.03
pontok
terület

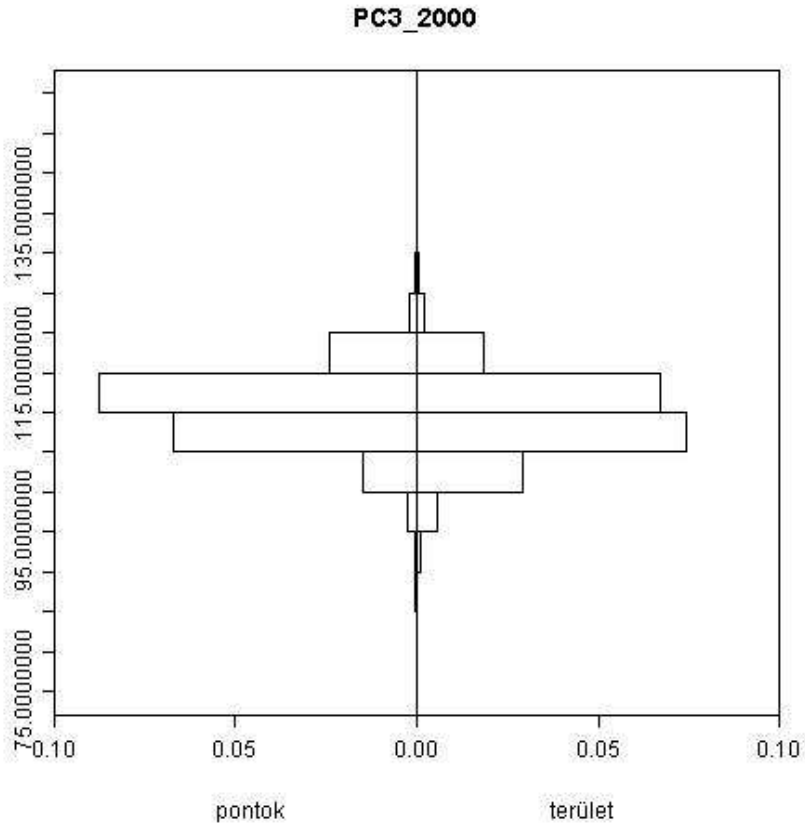

PC2_2000
130.0000000
160.0000000
190.0000000
220.0000000
0.02
0.00
0.02
0.04
pontok
terület

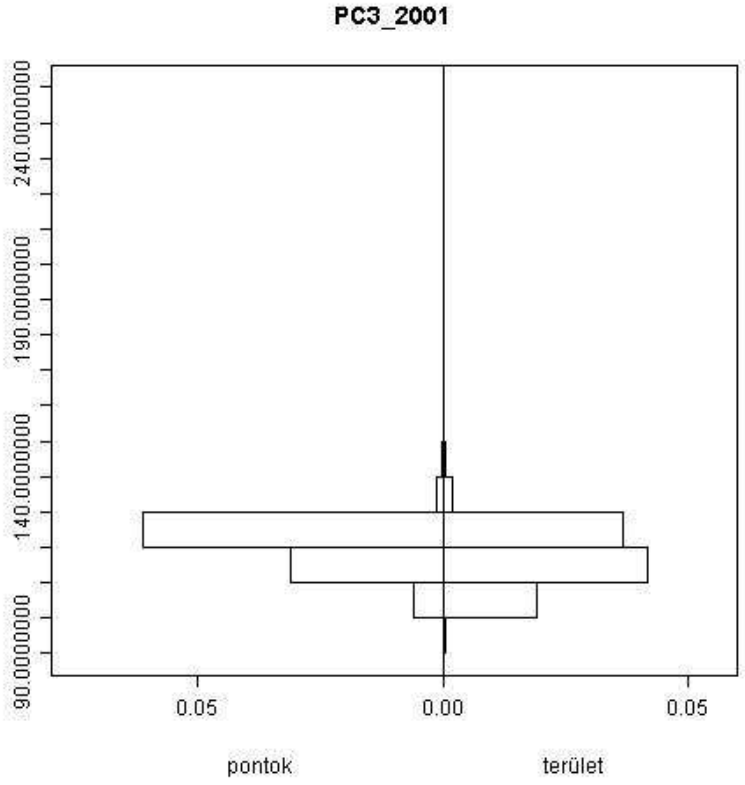

PC2_2001
60.0000000
120.0000000
180.0000000
240.0000000
0.04
0.02
0.00
0.02
pontok
terület

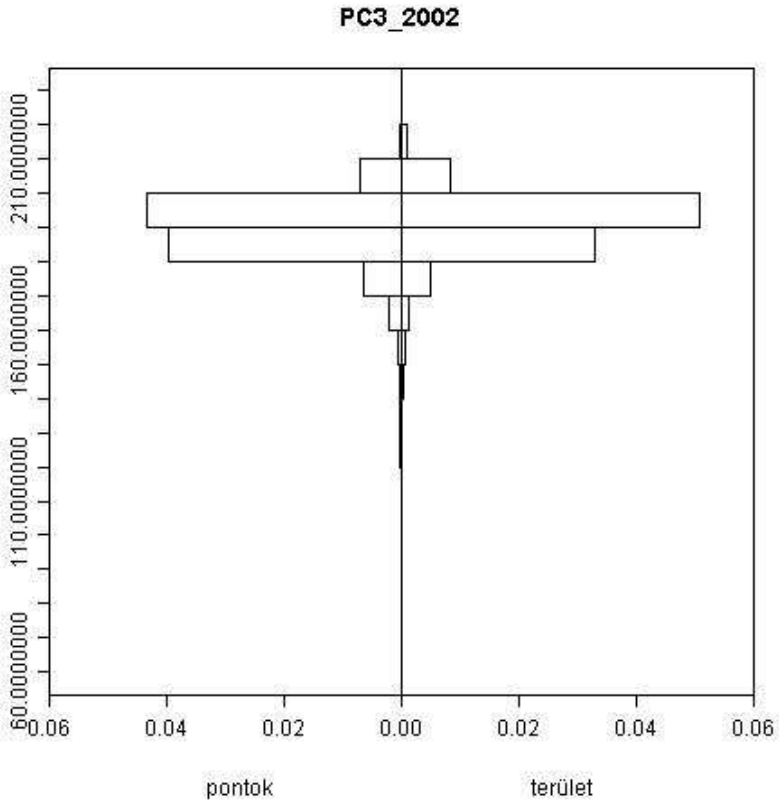

PC2_2002
0.0000000
80.0000000
160.0000000
240.0000000
0.03
0.02
0.01
0.00
0.01
0.02
0.03
pontok
terület

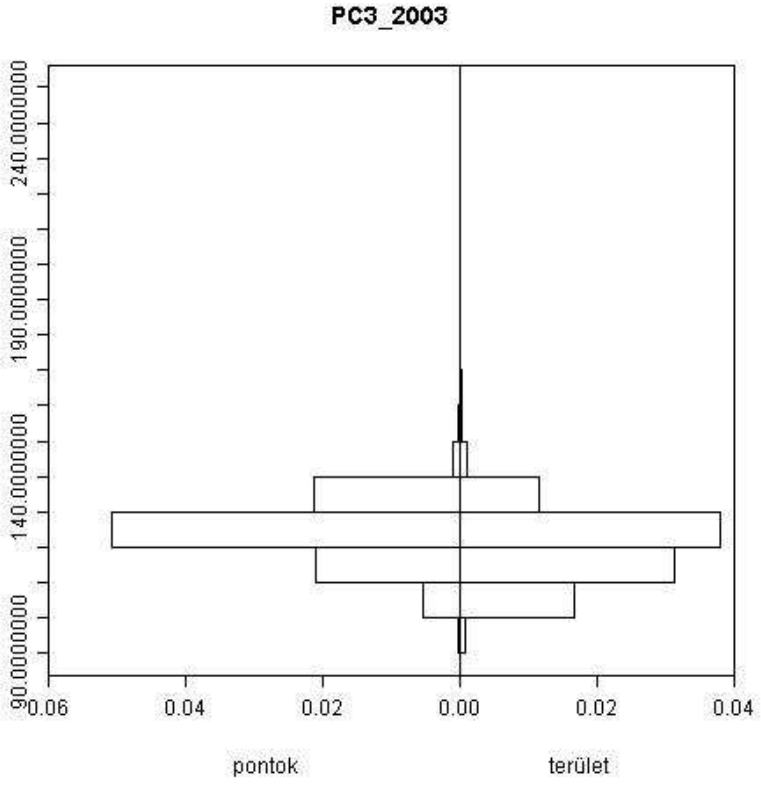

PC2_2003
80.0000000
150.0000000
220.0000000
290.0000000
0.04
0.02
0.00
0.02
0.04
pontok
terület

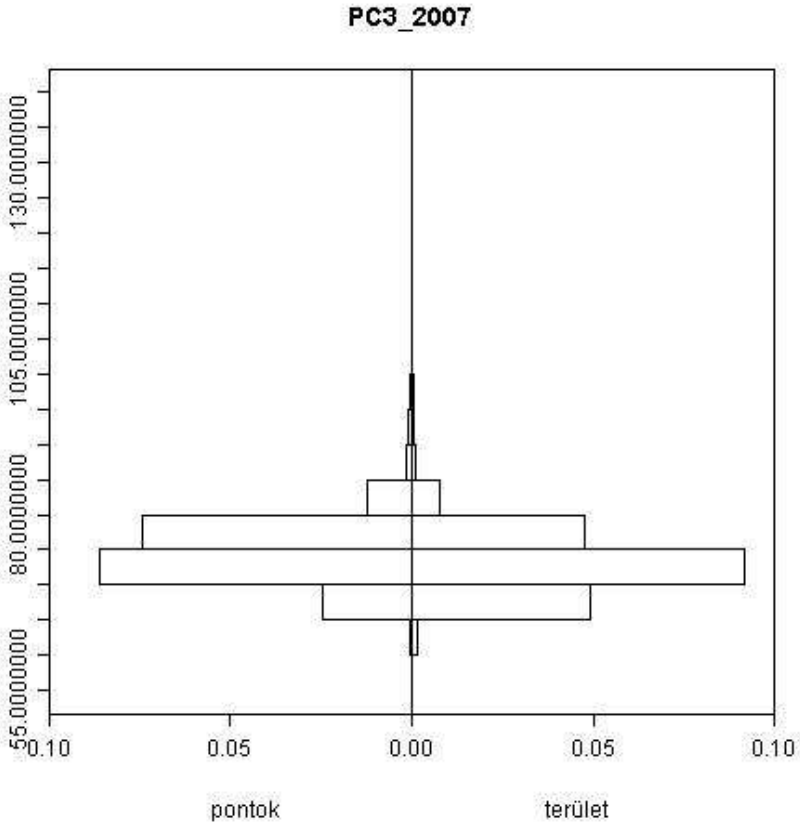

PC2_2007
190.0000000
130.0000000
70.0000000
20.0000000
0.04
0.02
0.00
0.02
0.04
pontok
terület

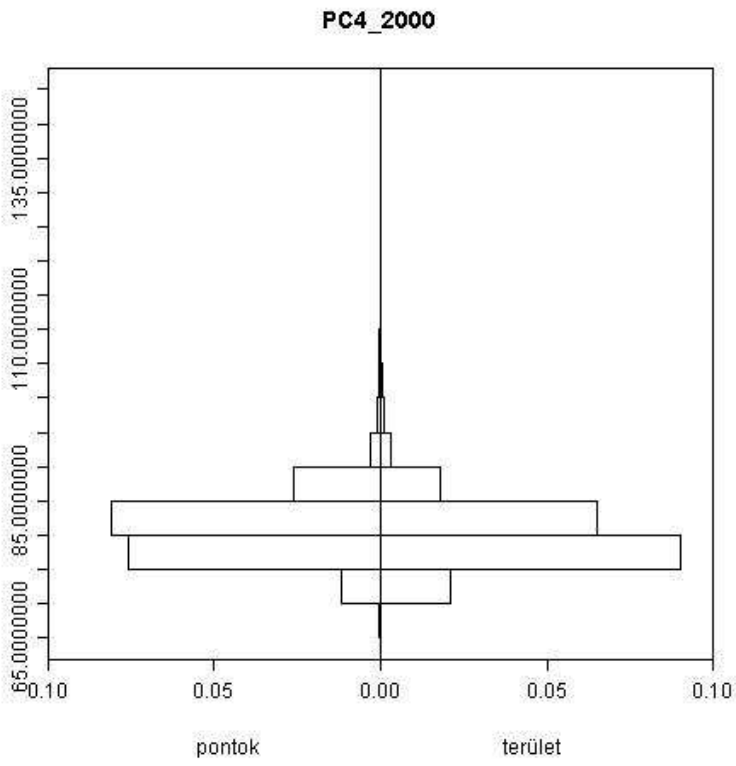

PC3_2000
135.0000000
115.0000000
95.0000000
75.0000000
0.10
0.05
0.00
0.05
0.10
pontok
terület

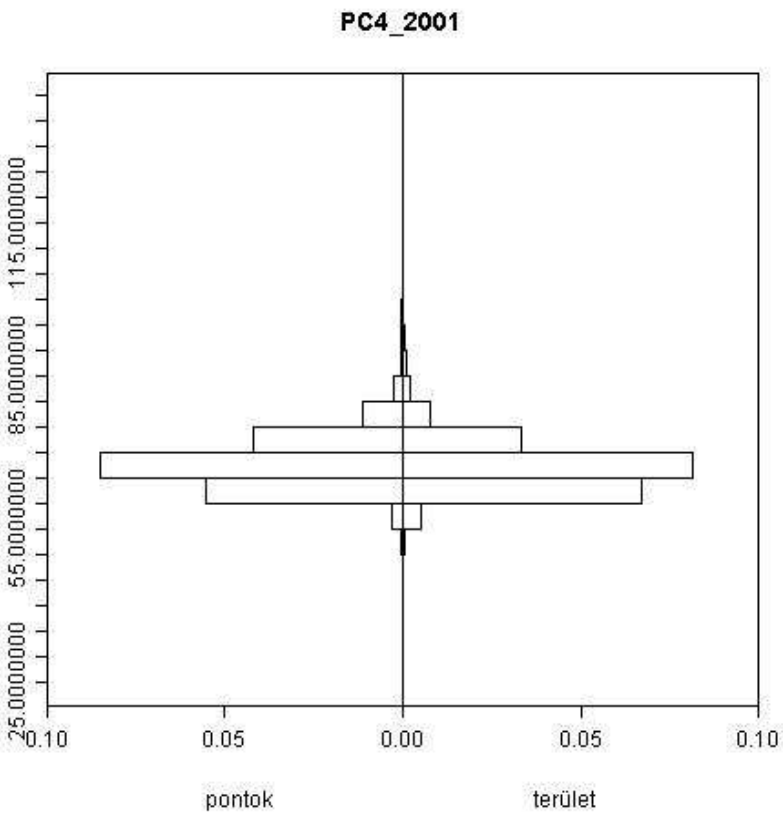

PC3_2001
240.0000000
190.0000000
140.0000000
90.0000000
0.05
0.00
0.05
pontok
terület

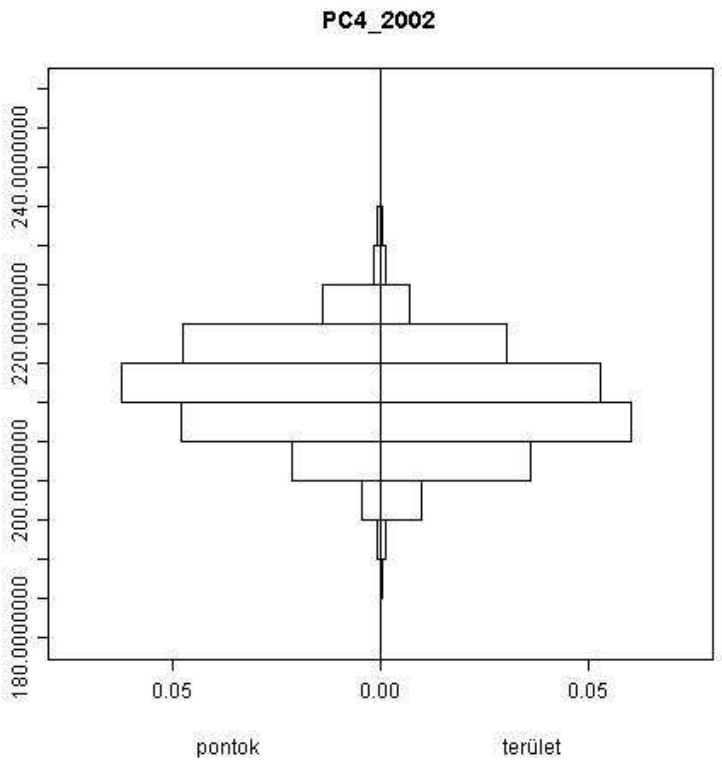

PC3_2002
210.0000000
160.0000000
110.0000000
60.0000000
0.06
0.04
0.02
0.00
0.02
0.04
0.06
pontok
terület

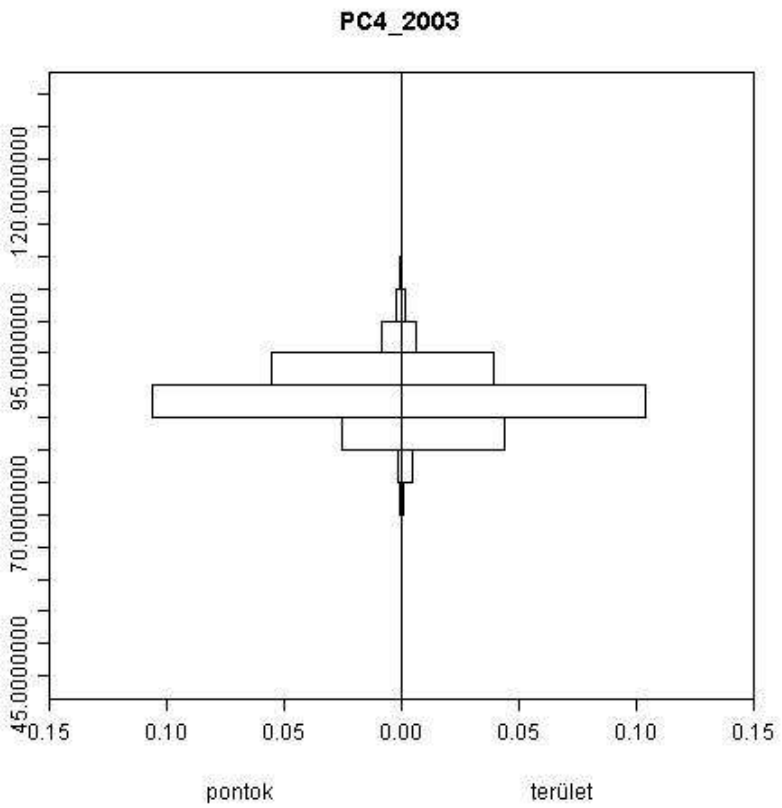

PC3_2003
240.0000000
190.0000000
140.0000000
90.0000000
0.06
0.04
0.02
0.00
0.02
0.04
pontok
terület

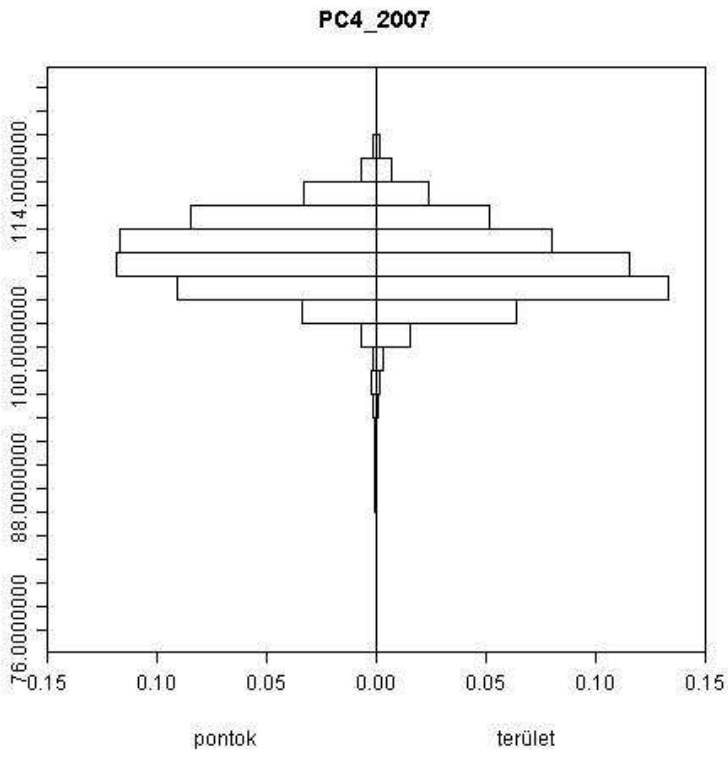

PC3_2007
130.0000000
105.0000000
80.0000000
55.0000000
0.10
0.05
0.00
0.05
0.10
pontok
terület

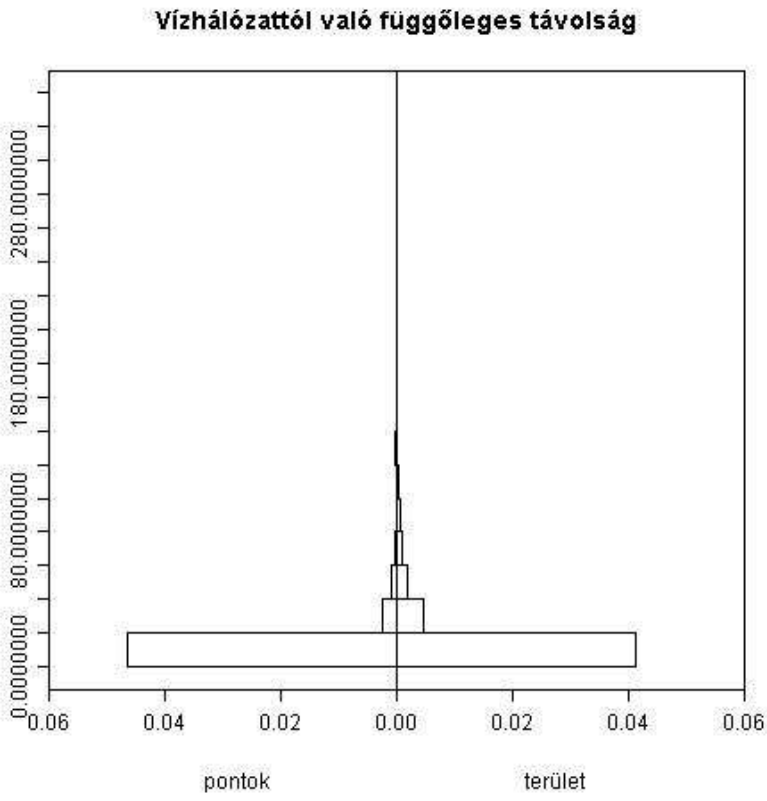

PC4_2000
135.0000000
110.0000000
85.0000000
65.0000000
0.10
0.05
0.00
0.05
0.10
pontok
terület


PC4_2001
115.0000000
85.0000000
55.0000000
25.0000000
0.10
0.05
0.00
0.05
0.10
pontok
terület

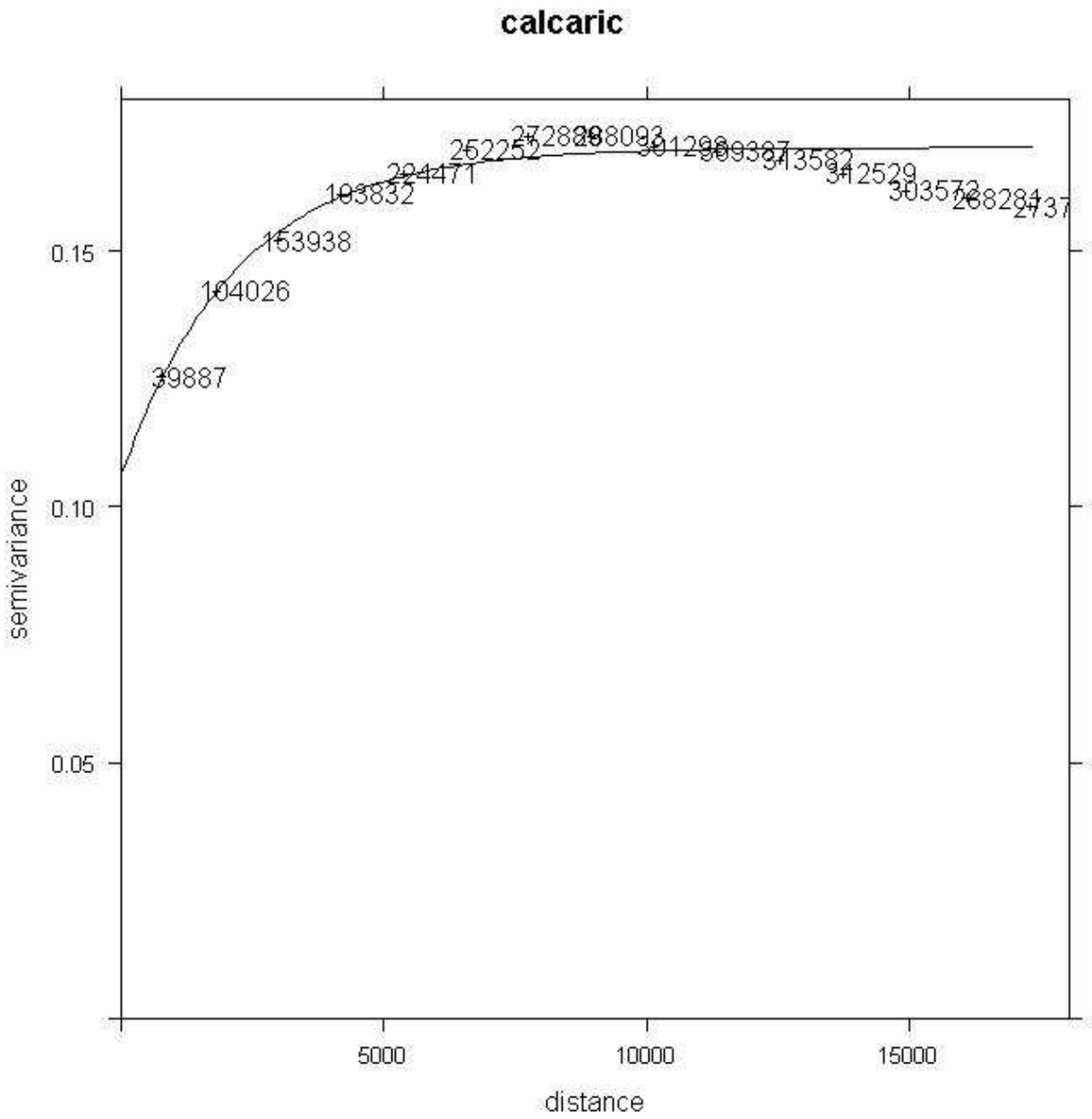

PC4_2002
240.0000000
220.0000000
200.0000000
180.0000000
0.05
0.00
0.05
pontok
terület


PC4_2003
120.0000000
95.0000000
70.0000000
45.0000000
0.15
0.10
0.05
0.00
0.05
0.10
0.15
pontok
terület


PC4_2007
114.0000000
100.0000000
88.0000000
76.0000000
0.15
0.10
0.05
0.00
0.05
0.10
0.15
pontok
terület


Vízhálózattól való függőleges távolság
280.0000000
180.0000000
80.0000000
0.0000000
0.06
0.04
0.02
0.00
0.02
0.04
0.06
pontok
terület

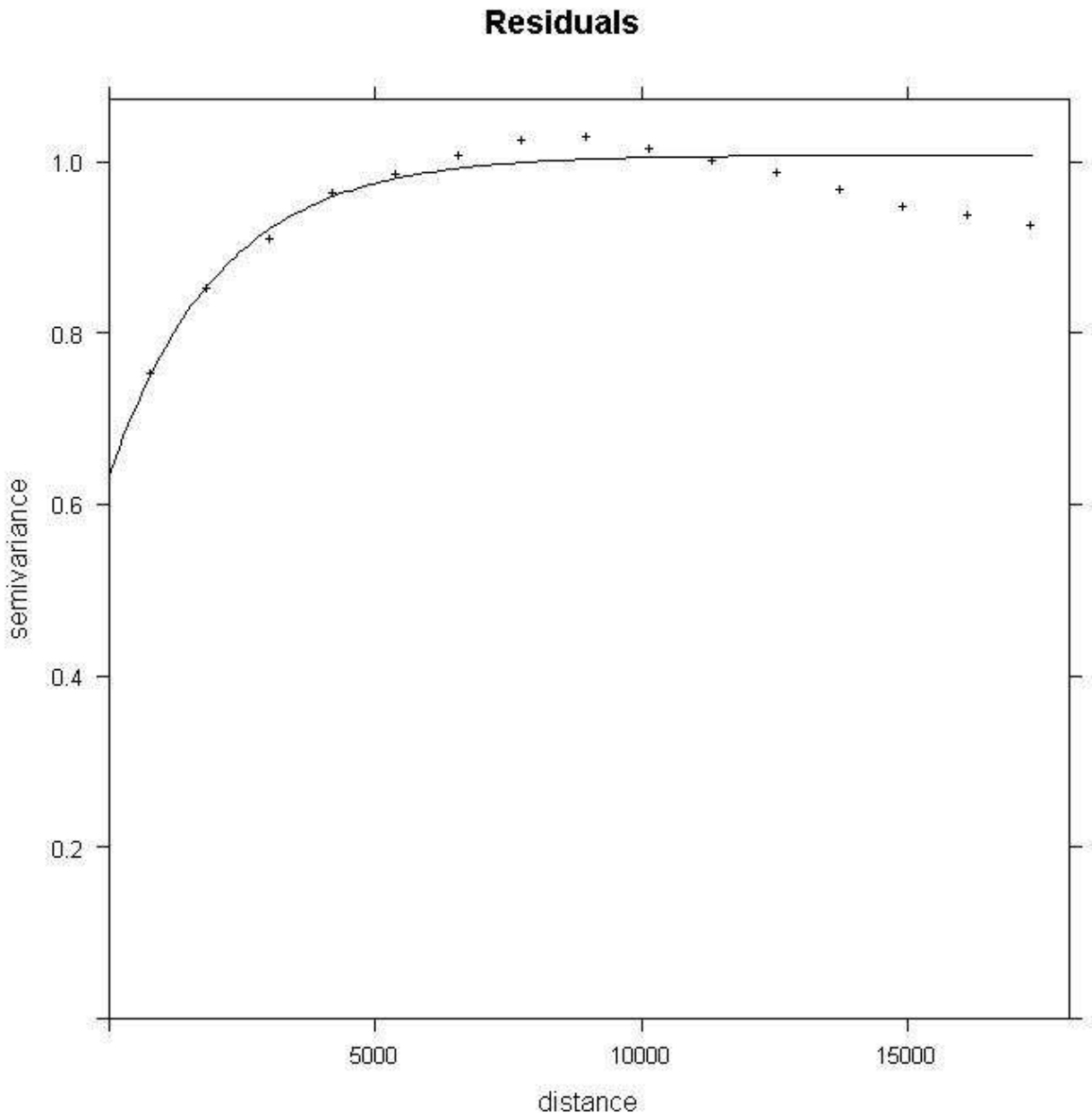
M4. Az illesztett variogramok adatai az R programcsomag alapján



M4. 1. ábra Illesztett exponenciális variogram a calcaric anyag adatokra

A variogram adatai:

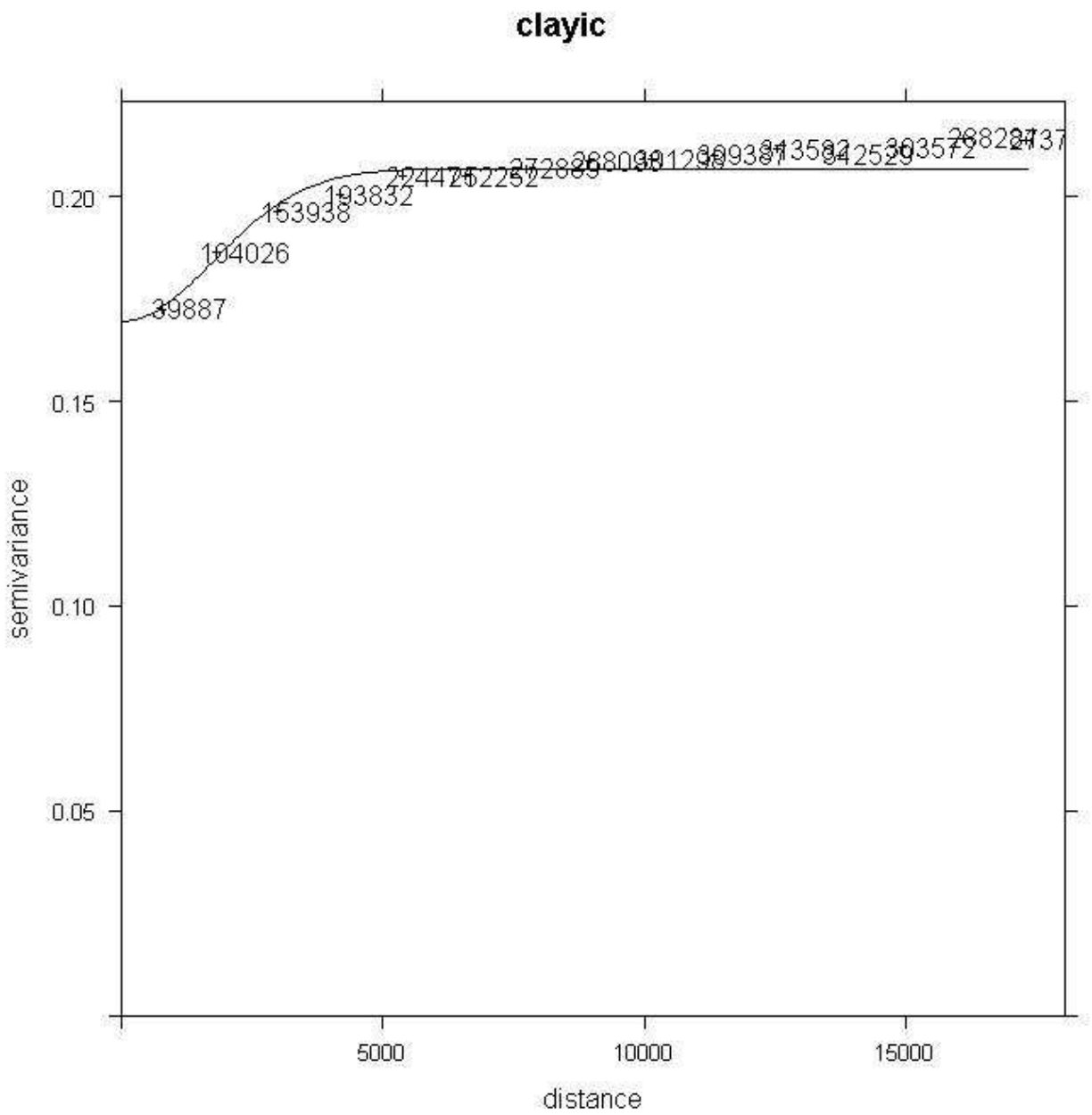
model	psill	range
1 Nug	0.10633318	0.000
2 Exp	0.06388479	2209.512



M4. 2. ábra Illesztett (exponenciális) reziduális variogram a calcaric anyag adatokra

A variogram adatai:

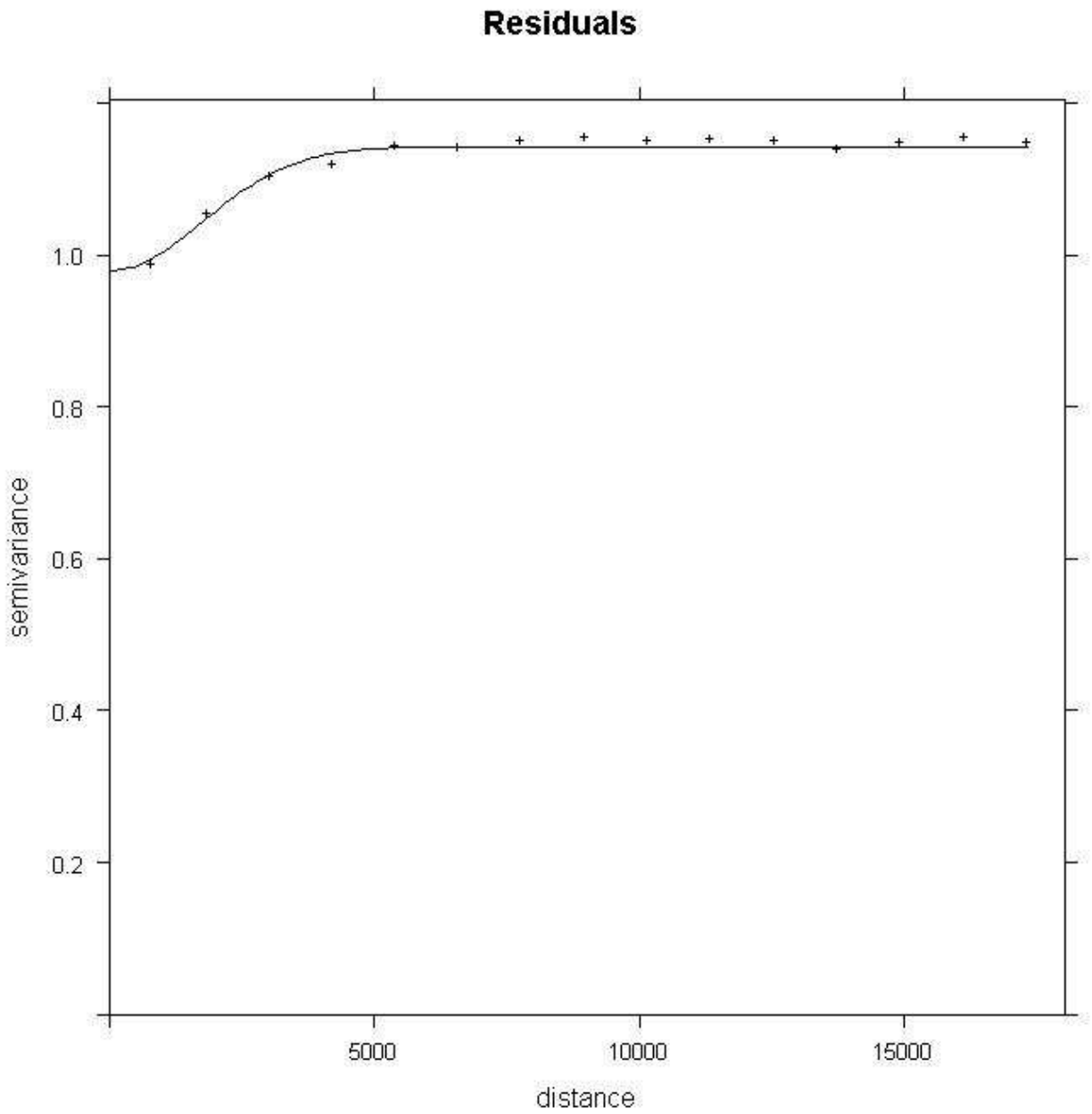
	model	psill	range
1	Nug	0.6340391	0.000
2	Exp	0.3733531	2057.472



M4. 3. ábra Illesztett (Gauss) variogram a clayic minősytő adatokra

A variogram adatai:

	model	psill	range
1	Nug	0.16948387	0.000
2	Gau	0.03728863	2469.514



M4. 4. ábra Illesztett (Gauss) reziduális variogram a clayic minősítő adatokra

A variogram adatai:

	model	psill	range
1	Nug	0.9792023	0.000
2	Gau	0.1630610	2471.481

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Túl sokan vannak azok, akiknek köszönettel tartozom, hogy ez a dolgozat elkészülhetett. Mindenekelőtt köszönöm konzulensemnek, Csákiné Dr. Michéli Erikának, hogy megszerettette velem a talajtant, hogy ha kellett rákényszerített, hogy kihozzam magamból azt is, ami nem tudtam, hogy bennem van, és hogy lázongásaim ellenére sem adta fel.

Köszönöm bírálóimnak, hogy rámutattak hibáimra, ezzel lehetővé téve, hogy tanuljak belőlük. Köszönettel tartozom valamennyi kollégámnak és diáktársamnak a SZIE Talajtani és Agrokémiai Tanszékén, amiért jó társaságot és támogató közeget nyújtottak az elmúlt közel tíz év során.

Köszönettel tartozom az MTA ATK TAKI munkatársainak, különösen Dr. Pásztor Lászlónak a rendelkezésemre bocsátott adatokért. A NÉBIH-nek, illetve Dr. Berényi Üveges Juditnak a TIM pontok adataiért.

Köszönöm Dr. Einar Eberhardt és Prof. Alex McBratney szakmai segítségét, útmutatását.

Hermann Zoltánnak és Munkácsy Bélának, hogy először inspiráltak a PhD megszerzésére.

A Hotorán családnak, amiért olyan remek házigazdáim voltak három hónapon át. A Rutman családnak, akik nélkül sosem jutottam volna el idáig.

Köszönöm sporttársaimnak és zenésztársaimnak, hogy együtt elfeledhettük a mindennapi stresszt.

Családomnak, akik kitartóan támogattak a dolgozat megírásának legnehezebb időszakában is, valamint Csillának aki elviselt még a legnagyobb pánik ellenére is.

Külön köszönet illeti az összes talajtani szakembert, akik az eredeti talajadatokat verejtékes munkával összegyűjtötték