

# Az Észak-Hanság termőhelyi viszonyai és az erdőállományok kapcsolata

***DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS***

*Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar*

*Szerző:*

*Illés Gábor*

*Erdészeti Tudományos Intézet, Budapest*

*Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori  
Iskola*

*„Erdei ökoszisztémák ökológiája és diverzitása”  
doktori program*

*Témavezető: Dr. Szodfridt István*

*Sopron, 2004.*

*Sorszám: 53*

## AZ ÉSZAK-HANSÁG TERMŐHELYI VISZONYAI ÉS AZ ERDŐÁLLOMÁNYOK KAPCSOLATA

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében,  
a Nyugat-Magyarországi Egyetem Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskolája,  
Erdei ökoszisztémák ökológiája és diverzitása programjához tartozóan.

Írta:  
Illés Gábor

Témavezető: Dr. Szodfridt István

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton ..... % -ot ért el,

Sopron,

.....  
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Első bíráló (Dr. ....) igen /nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr. ....) igen /nem

(aláírás)

(Esetleg harmadik bíráló (Dr. ....) igen /nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....% - ot ért el

Sopron,

.....  
a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....  
Az EDT elnöke

TARTALOMJEGYZÉK

I. Bevezetés, általános megközelítés .....	5
II. Történeti áttekintés - A Hanság kialakulása, víz- és erdőgazdálkodása.....	7
II.1. A Hanság kialakulása.....	7
II.2. A vízrendezések története .....	8
II.3. Az erdőgazdálkodás története.....	11
II.4. A Hansággal kapcsolatos, és a témát érintő fontosabb kutatások.....	16
III. A kutatás tárgya, előzményei.....	16
III.1. A termőhelyi feltételek általános jellemzése .....	17
III.2. A hansági faállományok és a termőhely általában .....	20
IV. A kutatás céljai.....	20
V. Elméleti alapok.....	22
V.1. A kutatás elvi alapjai és eszközzrendszere.....	22
V.1.1. A talaj-környezet elméleti modell.....	22
V.1.2. A térinformatika alkalmazásának jelentősége .....	23
V.1.2.1. Térinformatikai alkalmazások a hazai talajtani kutatásokban.....	25
V.1.3. A talaj tulajdonságai és a faállományok növekedése .....	27
V.1.4. A lágy „fuzzy” halmazelmélet és talajtan.....	27
V.1.4.1. A lágy halmazok elméletének általános megközelítése.....	28
V.1.4.2. A lágy halmazok elméletének áttekintése.....	28
V.1.4.3. A lágy halmazok elmélete a talajtudományokban.....	31
V.1.5. Általános matematikai statisztikai eszközök .....	32
V.1.5.1. Mintavétel .....	32
V.1.5.2. Többváltozós regressziós elemzések.....	33
VI. Anyag és módszer .....	35
VI.1. Az elméleti módszerek alkalmazása.....	35
VI.1.1. A kutatás kezdetekor rendelkezésre álló információk és azok feldolgozása.....	35
VI.2. Az elméleti megközelítés interpretációja a Hanságban.....	36
VI.3. A környezeti térinformatikai adatbázis felépítése és adattartalma .....	37
VI.3.1. A földtani, domborzati és talajvíz adatbázisok .....	37
VI.3.2. Talajvízszint index bevezetése .....	44
VI.4. A vizsgálati területről újonnan gyűjtött adatok (mintavétel) .....	45
VI.4.1. A mintavétel, és annak szempontjai .....	45
VI.4.2. A mintavétel leírása.....	48
VI.4.3. A mintavétel vizsgálata.....	49
VI.5. A lágy osztályozás alkalmazása .....	53
VI.6. A fuzzy osztályok térbeli mintázatának ábrázolása .....	55
VI.7. A talaj paraméterek becslése a mintapontok között.....	57
VI.8. A faállományok adatainak feldolgozási módszerei .....	60
VII. A kutatás során elért eredmények .....	61
VII.1. A térinformatikai adatbázisból levezetett térképek.....	61
VII.1.1. Lefolyástalan területek vízborítási térképe.....	62
VII.1.2. Talajvízszint elhelyezkedési térképek.....	62
VII.2. A lágy osztályozás eredményei.....	65
VII.3. Talajtérképek .....	67
VII.4. A faállomány-mérések eredményei.....	76
VII.4.1. A mérések főbb összesített adatai.....	76
VII.4.2. A többtényezős lineáris regresszió eredményei.....	77
VII.4.3. A fatermőképességi regressziós egyenletek térinformatikai alkalmazásának eredményei.....	80
VIII. Az eredmények értékelése .....	84
VIII.1. A talajtérképek értékelése.....	84
VIII.1.1. A talajtérképek általános értékelése .....	84
VIII.1.2. A termőréteg vastagsági térkép értékelése.....	85
VIII.1.3. A tőzegréteg vastagsági térkép értékelése .....	87
VIII.1.4. A termőréteg CaCO <sub>3</sub> -tartalma térkép értékelése .....	87
VIII.1.5. A pH térkép értékelése .....	89
VIII.1.6. Agyagtartalmi térkép értékelése.....	90
VIII.1.7. A termőréteg széntartalmi térkép értékelése.....	91
VIII.1.8. A termőréteg nitrogén tartalma térkép értékelése.....	92
VIII.1.9. A termőréteg foszfor tartalma térkép értékelése.....	92

VIII.1.10. Az előállított térképek pontossági kérdései.....	93
VIII.2. A faállományokra vonatkozó eredmények értékelése .....	101
VIII.2.1. A fatermőképesség térbeli mintázat térképének, és módszerének általános értékelése .....	101
VIII.2.2. A faállományok fatermőképességi térképének értékelése .....	102
VIII.2.3. A faállományokra vonatkozó eredmények alkalmazhatósága .....	103
VIII.3. A talajvízszint elhelyezkedését bemutató térképek értékelése .....	107
IX. Összegzés és fejlesztési irányok.....	108
IX.1. Összegzés .....	108
IX.2. Továbbhaladási irányok.....	111
IX.3. A megvalósítás során felmerült egyéb gondolatok .....	113
X. A kutatás során elért, új tudományos eredmények .....	115
XI. Köszönetnyilvánítás .....	116
XII. Irodalomjegyzék .....	117
XIII. Mellékletek .....	123

## I. Bevezetés, általános megközelítés

Az erdőgazdálkodásnak mindig is központi kérdései közé tartozott, hogy milyen a termőhely minősége és mekkora az azon létrehozható faállomány majdani fatermőképessége (Szodfridt, 1993; Babos, 1954, 1966; Danszky (szerk), 1963, 1972). A kérdésre adott válasz egy adott termőhelyen – figyelembe véve az erdőgazdálkodás termelési ciklusának terjedelmét – hosszú időre meghatározhatja a fatermesztés sikerességét, és még évtizedek múlva is hatással lehet a bevételek és kiadások alakulására. A fafajválasztásban elkövetett kezdeti hibák kijavítására az idő múlásával csak egyre költségesebb és nehezebb lehetőségek nyílnak, ha egyáltalán lehetőség van korrigálásukra.

Minthogy a termőhely adottságainak megváltoztatására jelenleg az erdőgazdálkodásnak igen csekély a lehetősége, ezért kulcsfontosságú, hogy a természeti adottságokat messzemenőig kihasználja, és az erdőtervezés révén a fatermesztési célú erdők térbeli kiterjedése és fafaj-összetétele, a lehető legjobban illeszkedjen a termőhelyi tényezők adta térbeli mintázatba (ÁESZ, 2001).

Jelen dolgozat ezt a régi kérdést egy konkrét erdőterületre vonatkoztatva ismételtelen a homloktérbe helyezi, és igyekszik a térinformatikai modellezés lehetőségeit is kihasználva egy olyan módszert kifejleszteni, mely a jövőben az erdőgazdálkodás számára segíthet az eddigieknél hatékonyabban és részletesebben feltárni az erdőterületek termőhelyi adottságait, és ezáltal hatékonyabbá teheti a termőhely jellemzését és az azon alapuló fafajválasztást. A módszer lényege, hogy a jelenlegieknél részletesebb termőhelyi térképeket állítunk elő, majd az ökológiai mintázatosságot szorosan követő faállománytípus-fatermőképesség térképeket hozunk létre. Ezek elemzésével vizsgálható, hogy mely erdőművelési ágú területeken, melyik – milyen fafaj-összetételű – faállománytípusok jelentik majd várhatóan a maximális fatermőképességű faállomány borítást, az adott termőhelyi feltételek mellett. Ezt fatermőképességre optimalizált faállomány-összetételnek nevezzük.

A termőhellyel kapcsolatos kutatások aktualitását jelzi, hogy a dolgozatban vizsgált területen gazdálkodó Észak-hansági Erdészetnek, jelentős erdőművelési nehézségei voltak az 1990-es évek közepétől, és vannak manapság is, melyek különösen az erdőfelújítások kivitelezésével kapcsolatban jelentkeznek, és egyértelműen a termőhelyi adottságokban bekövetkezett jelentős változásokra vezethetőek vissza.

A termőhelyet általában hajlamosak vagyunk fix és változatlan tényezőnek tekinteni, amely keretfeltételként egyszerre biztosítja az erdőgazdálkodás ökológiai feltételeit, másfelől pedig korlátozza is az erdőgazdálkodást ugyanazon ökológiai feltételek révén. Napjainkban

egyre inkább nyilvánvalóvá lesz, hogy ez az álláspont változatlan formában nem tartható fenn, mert a termőhelyi feltételek időben és térben jelentős változásokon mehetnek át, melyek amplitúdója és sebessége azonban eltérő lehet. Ezek a változások önmaguktól is végbemehetnek – gondoljunk csak a lápok feltöltődése nyomán bekövetkező átalakulásokra, mineralizációs folyamatokra a szerves talajokban –, de az emberi tevékenység révén is végbemennek, ha az előző példánál maradva, a lecsapolások következtében zajló, kiszáradás miatti gyors lebomlási folyamatokra gondolunk.

Eltávolodva némiképp a Hanságtól, más területeken is megfigyelhetők a termőhelyi tényezőkben bekövetkező, jelentős változások jelei. Elég csak az Alföldön végrehajtott folyószabályozásokra gondolni, melyek a talajvízszint mértéktelen csökkenésével járva alapjaiban megváltoztatták az ökológiai feltételrendszert, mely változások feltehetően ma sem érték el végleges stádiumukat.

Kitágítva az előbbi gondolatmenetet látható, hogy ma már globális szinten sem beszélhetünk a környezeti, ökológiai feltételrendszer állandóságáról, hiszen a klímaváltozás kapcsán már világméretű, emberi tevékenységhez köthető (*Houghton et al, 2001; Szalai és Szentimrey, 2002*) változások tanúi lehetünk. Azt kell mondani tehát, hogy egyre inkább számolni kell az emberi tevékenységből közvetve, vagy közvetlenül származó termőhelyi változásokkal, melyek jelentősen befolyásolhatják erdeink létét, állapotát.

Ami mindezekből a tapasztalatokból témánkat tekintve a legfontosabb tanulság az, hogy akár emberi tevékenység révén, akár természetes folyamatok révén, de a környezeti, ökológiai és végső soron a termőhelyi tényezők, ha különböző irányokban és sebességgel is, de folytonos változásokon mennek át, aminek következményeit eddig sem lehetett, ezután pedig még kevésbé lehet figyelmen kívül hagyni. Ezek a változások jelentkezhetnek a klimatikus, a hidrológiai vagy akár a talaj tulajdonságainak megváltozásában, és végső soron erdeink állapotában, és az erdei ökoszisztéma létében csapódnak le. Mindez pedig ránk, emberekre is hatással van.

Éppen ezért fontos – és ez a dolgozat erre tesz kísérletet az Észak-Hanság példáján –, hogy a környezeti és talajtani termőhelyi tényezőket rendszerben, egységes szemléletben próbáljuk vizsgálni és megérteni, továbbá az azok jelentette feltételrendszerben fejlődő faállományok állapotát és növekedését ugyanezen összefüggésrendszer elválaszthatatlan részeként, azok eredményeként tekintjük. Ennek a feladatnak operatív megvalósítását korunk fejlett információ technológiai és számítástechnikai rendszereinek felhasználása lehetővé teszi, és e felé a cél felé a szerző véleménye szerint törekedni szükséges és kell, és ez alól az erdőgazdálkodás sem lehet kivétel.

A kutatás aktualitásának megítélésakor figyelembe kell venni azt a tényt is, hogy napjainkban az erdők társadalmi megítélése átalakulóban van: Az erdőre nyersanyagforrásként tekintő gazdasági funkció mindinkább háttérbe szorul az erdők közjóléti szerepének erősödése mellett. A környezettudatosság erősödése folytán a társadalom elvárja, hogy az erdők gazdasági célok alól tehermentesítve legyenek, mint az ökoszisztémák működésének legfontosabb elemei (Somogyi, 2001; NEP, 2002). Mindazonáltal a társadalom továbbra is egyre inkább igényt tart a faanyagra, mint környezetkímélő, egészséges és újratermelhető nyersanyagra, „zöld” energiaforrásra, és a klímaváltozásért felelőssé tett szén-dioxid elnyelőjére.

A közjóléti és a faanyagtermesztéshez kötődő célok egyidejű megvalósítása nem könnyű feladat, ezért jelen dolgozat fontosnak tartja, hogy az ökológiai szemléleten nyugvó és precíziós erdőtervezés fejlesztésére törekedjen. Ennek alapja nem jelenthet mást, mint a korszerű eszközök felhasználásával végzett pontos termőhely-térképezést és az azon alapuló fafajválasztást. Így elősegíthető a fatermesztés nagyobb arányú koncentráltága, költségcsökkentése, és a fatermesztésre kevésbé alkalmas területeken a közjóléti funkciójú erdők létrehozása és fenntartása. Ennek a célnak a megvalósítása természetesen megfelelő technológiát és megfelelő minőségű információt igényel.

A dolgozat ennek az irányvonalnak a mentén haladva vizsgálja a megvalósítás lehetőségeit az Észak-Hanság példáján.

## **II. Történeti áttekintés - A Hanság kialakulása, víz- és erdőgazdálkodása**

Ahhoz, hogy egységes szemléletben és egészében megismerhető legyen a vizsgálat tárgyát képező terület, szükséges az egész térségre vonatkozó történeti áttekintés ismertetése.

### **II.1. A Hanság kialakulása**

Területi elhelyezkedését tekintve a Hanság a Fertőtől keletre a Duna, Rába, Rábca valamint az Ikva folyók törmelékűpjai között elhelyezkedő mély fekvésű, feltöltődő medence, amely medence egy nyugati és egy keleti részre tagolódik. A kettő közti határt nagyjából a Bősárkány és Jánossomorja közti vonal képezi.

A Hanság erdőgazdasági táj a kialakulását tekintve nagy kiterjedésű lapterület, amelyet a folyók hordalékán és a lefolyástalanság miatt kialakult állóvizekben megtelepedő növényzet anaerob bomlásából keletkezett, szerves anyagból álló talajfelszín borít. A mocsaras területből jó néhány homokból és kavicsból álló sziget, ún. gorond emelkedik ki. A Hanság

kialakulásának kezdete a pleisztocén végére tehető, amikor a Duna, a Rába és az ide érkező egyéb vízfolyások vastag folyami hordalékot raktak le, szigeteket és mederüstököt létrehozva (Kovács, 1957). A száraz időszakokban a szél a finomabb hordalékot és a homokot kifújta és a Hanság dél-keleti határterületein rakta le. A tektonikai mozgások következtében a terület eltérő sebességgel süllyedő rögökre darabolódott, így változatos domborzatú felszín jött létre (Kövé, 1930). A környező területekről (Alpok, Soproni-hegység) érkező vízfolyások – Ikva, Répce, Kis Rába – a Hanság medencéjében futottak össze. Mivel a törmelékűpök és a homokdombok megakadályozták a víz lefolyását, számos kisebb tó alakult ki. Mindemellett a medence a Duna és a Rába természetes árapasztójának szerepét is betöltötte, mert e folyók árullámai itt tározódhattak. Nagyobb árvizek idején az egész medencét összefüggő víz borította, amely összeolvadhatott a Fertő víztükrével is (Károlyi, 1955ab).

A Hanság és a Fertő vízrendszere szorosan összefügg egymással. Mindkettő időszakos puszta állóvíz, csak a Hanságban kevés a nyílt vízfelület és a környező vízfolyások nagyobb mértékben táplálták a Fertőt, mint a Hanságot. Mivel a Hanság vízviszonyai leginkább a csapadék mennyiségétől és a beömlő folyók vízhozamától függenek, ezért a lápterület kiterjedése az időben változatosan alakult. A Hanság mozaikos lejtési viszonyai miatt a belefutó folyóknak nem alakult ki határozott medrük és a Duna vízállásától függően hol keletnek, hol nyugatnak folytak a vizek. Mindezeknek köszönhetően a Hanságba áramló oxigénben dús víz kitűnő feltételeket teremtett a vízínövények fejlődéséhez és a lápképződéshez, aminek következtében a Hanság területét helyenként 100-200 cm vastag tőzegréteg fedte (Dömsödi, 1974; Erdélyi, 1990).

## II.2. A vízrendezések története

A vízrendezések kérdésével azért kell részletesen foglalkozni, mert a hidrológiai viszonyok pontos ismerete alapvető termőhelyi kérdése az Észak-Hanságnak és ezzel együtt ennek a dolgozatnak is. Ezt nagyrészt Balsay et al, 1975 munkája alapján mutatom be

Az első lecsapolási munkákat a Hanság területén a IV. sz. elején Galerius császár uralkodása alatt végezték. Ezután meglehetősen hosszú szünet következett a vízrendezésre tett kísérletek sorában és csak a XVIII. század elején merült fel a vízügyek megnyugtató rendezésének az igénye, összhangban a gazdasági fejlődéssel.

A XVIII. század végén az Esterházy- és Frigyes Főhercegi uradalom Hegedűs Antal megyei mérnököt bízta meg a lecsapolási tervek elkészítésével. Ebben az első szakaszban a vizek lefolyási lehetőségét és a Rábca medrének kiépítését kellett megoldani, aminek céljából 1795-1799-ig a Királytó és Bősárkány közötti mederszakaszt készítették el (Fekete, 1882).



Ezek után a Hanságba ömlő folyók szabályozása következett a Királytóig 1800 és 1813 között, ekkor a Kis-Rába Kapuvár feletti elágazásában az észak-keleti irányt lezárták, és az észak felé tartó Kisér medrét építették ki. Egyidejűleg az Ikvát és a Kardos eret is rendezték. Az Ikvát 1810-ben a Répcébe vezették, majd az Ikva csatorna elkészültével, 1840-től a Hanság-csatornába. A Kardos eret pedig, ami eredetileg Vitnyédnél torkollott a Répcébe és növelte az áradások vízhozamát, az 1808-ban Vitnyédtől építetett Kardos-csatornával, az Ikvába, majd a Hanság csatornába vezették.

1834-ben készítették a Szegedi-csatornát, majd 1840-ben a Megyei-csatornát.

A Hanság-csatorna építését 1775-ben kezdték el, és 1811-től kb. 1835-ig elkészült a mai csatorna őse, bár ekkor még nem csatlakozott a Fertőbe. Ezzel tulajdonképp kialakult a Hanság-csatorna jobb partjának, a mai Dél-Hansági Erdészetnek a csatornarendszere. További munkákra az 1883-ik évi árvíz után került sor: 1885-ben törvény rendelte el a Rábca szabályozását Bősárcány és Győr között, valamint a Hanság csatorna újjáépítését. A munkák 1895-ben fejeződtek be, de még ekkor sem volt kapcsolat a Fertővel. A pomogyi hídtól a Fertőig nyúló utolsó szakaszt 1910-ben építették meg. Ezek után már csak helyi jelentőségű csatornák, vízelvezetők épültek, valamint az öntözést lehetővé tevő duzzasztók és zsilipek.

A Hanság északi részének vízrendezésekor kedvezőtlenebb tulajdoni és terepadottságokkal kellett szembenézni. Ezt a területet – a Hanság-csatorna bal partját – két nagyobb tömbre lehet osztani: A 86-os úttól nyugatra eső Hanságfalva és környéke, valamint az úttól Keletre eső rész, az ún. Lébényi terület.

A hanságfalvi területen természetes vízfolyás nem található, ezért a vízrendezés elsődleges célja volt a belvizek elvezetése a területről. A Hanság-csatorna megépítése előtt erre nem nyílt lehetőség. Az első levezető csatornák: az 1. számú övcsatorna és a Tarcsai-csatorna valamikor 1840 és 1889 között épült, majd 1920-ig nem voltak lényegi csatornázási munkák. Újabb vízrendezések csak 1924-26 között történtek, ekkor készült a Büdösárok és a Villanytelepi-csatorna. Ezen csatornák célja tulajdonképpen a Villanytelep szennyvíz-elvezetése és a rétgazdálkodás javítása volt. Alapvető, fatermesztést érintő vízgazdálkodási változások csak az 1960-as években történtek.

A lébényi területen nagyobb vízrendezési munkákat az 1900-as évekig nem végeztek. Elkészült ugyan 1847 körül a Tőzeg- és a Herceg-csatorna, ez azonban csak kis részen biztosította a belvíz elvezetését, a vízviisszapótlást azonban egyáltalán nem oldotta meg *(Újházi, 1873)*.

1900 és 1905 között a Mosonszentjánosi-övcsatorna, a Kimlei-csatorna, a Bordacsi-csatorna, a mosonszentmiklósi belvízcsatorna, a lébényi belvízcsatorna és a Kettős-csatorna

készült el. 1911 és 1912 között építették az Urhany-csatornát. 1920 és 1930 között az Ottómajori csatorna épült meg. Ezek a vízrendezések a rét- és legelőgazdálkodásra voltak kedvező hatással, de fás növényzet kialakulását, vagy erdőtelepítést nem tettek lehetővé.

A II. Világháború során a vízügyi létesítmények részben tönkrementek, az egységes rétgazdálkodás megszűnt. Az 1946-48-as aszályos időszakban a tőzeg kiszáradt, egyes helyeken meggyulladt és nagy foltokban kiégett. A kiégett, hepehupás részek művelésével felhagytak, a terület elvadult.

Az 1950-es években az akkori állami gazdaságok és a Mosonmagyaróvári Erdőgazdaság megalakulása lendített valamit a helyzeten, de igazi javulást, mind a vízrendezés, mind az erdőgazdálkodás terén az 1960-as év – az Észak-hansági Erdészeti megalakulása – hozott. Ekkor kezdődtek a nagyarányú erdőtelepítések, ami mellett 1958-tól 1967-ig a KISZ táborok résztvevői építették az új belvízelvezető csatornák nagy részét. Ezzel egyidejűleg a befogadó csatornák műtárgyait is helyreállították 1965-re (*Károlyi, 1955a; ÉDUVIZIG, 1959*).

A mai Dél-hansági Erdészeti területén az 1920-as évektől már valószínűleg öntöztek erdőterületeket nagyrészt altalaj-nedvesítéses, de árasztásos öntözéssel is, mivel erre nagyon kedvező lehetőséget teremtett a Hanságon keresztül folyó Répce, Kis-Rába és Rábca akkori függőmedre. Így gravitációs úton lehetett öntözni az egész dél-hansági területet. Egyidejűleg a Kis-Répce, a Hanság-csatorna és a Szegedi csatorna kínált lehetőséget a pangóvizek elvezetésére. Az öntözőrendszer folyamatosan 1920-tól épült ki és fénykorában 9 kieresztő és duzzasztó zsilipből, 3 elosztóból és kb. 70 km csatornahálózatból állt. Ez a rendszer tette lehetővé a mézgás éger termesztését, mert vízhiányos időszakban pótolta a talaj vízvesztését, ugyanakkor meggátolta a pangóvizek kialakulását. Ehhez az öntözési módhoz a nicki zsilippel tudták a vizet biztosítani.

Az 1960-ban végzett vízrendezési munkák során azonban a függőmedrek megszűntek és velük a gazdaságosan kivitelezhető öntözés, valamint az öntözéses égergazdálkodás lehetősége is.

Az Észak-Hanság területén a Hanság-csatorna elkészítése után vízhiány jelentkezett, mert a talajvíz lesüllyedt és a tőzeg kiszáradt. A talajvíz ingadozásának elkerülése érdekében a Hanság-csatorna szintjét kellett szabályozni. Ezért építették a mosonszentjánosi és a kapuvári duzzasztót, majd 1908-ban a pomogyi, 1912-ben pedig a fertőszéli zsilipet. Mindegyik zsilip és duzzasztó más-más területre vízkormányozását szolgálta. Az öntözés lehetőségét a zsilipek és a duzzasztók biztosították, a csatornarendszer pedig a gyors vízelvezetést szolgálta. A vízrendezés utolsó fázisa 1960-62-ben ért véget a hanságfalvi területen. A lébényi-hany területén a Bordacsi csatorna segítségével akarták megoldani az öntözést. Az öntözővizet a

Mosoni-Duna adta volna szivattyúk segítségével, a víz szétosztását pedig zsilipekkel tervezték megoldani. Ez az öntözési módszer azonban nehézkes és lassú, ezért a talajvíz szintjét inkább csak a zsilipekkel szabályozták (*Balsay et al, 1975*).

A Hansági erdők területén több esetben is jelentős károkat okozott az árvíz valamint a talajtűz, a legutóbbi időkben pedig a belvív. Jelentősebb árvizek az 1951, 1954, 1964 és az 1965-ös években jelentkeztek és leginkább az égereseket pusztították (*Máté és Balsay, 1966*). A talajtüzek elsősorban az Észak-Hanság területeit sújtották. A Lébényi-Hany területén a II. Világháború alatt égtek ki jelentős területek, de a legnagyobb területű talajtűz a Vesszőserdőben történt 1945-47 között. Ekkor kb. 60 ha területen égett ki az erdő talaja. A talajtűz hatása azonban kettős: Ha a felső kotus réteg ég ki, akkor káros, ha viszont az alsóbb rétegek szalmatőzeg állománya ég el, az kedvezően befolyásolja a későbbi gyökérfejlődést. A talajtűz utáni gyomtalan talajfelszín pedig kedvez a fás növények felferődésének.

Az Észak-Hanságban a legutóbbi időkben, az 1990-es évek közepétől a jelentős belvízkárok okoztak súlyos problémákat. Ennek hatására jelentős csatornahálózat felújítási munkálatokba kezdett az erdészet, de a nehézségeket csak részben sikerült megoldani a csatornarendszer felújításával. A belvizek csatornahálózaton történő elvezetését nehezíti, hogy a Hanságban és a Fertőn általában egyszerre jelentkeznek a magasabb vízállások és a Fertő vize is a Hanság főcsatornán keresztül kerül levezetésre. Ez azt eredményezi, hogy sok esetben a Főcsatorna vize visszaduzzasztja a Hanság csatornahálózatát és tartósan magasan tartja a csatornák vízszintjét.

A megnövekedett belvízkárok összefüggésben lehetnek az 1993 óta üzemelő bósi vízlépcső dunacsúnyi tározójával, melyre a térség egyes erdészeti észlelésű talajvízkútjainak pozitív kúttá (forrássá) történt átalakulása utalt az 1990-es évek közepén, 1996 táján. Erre a kérdésre részleteiben az eredmények értékelését tárgyaló *VIII. fejezetben* térek ki.

### **II.3. Az erdőgazdálkodás története**

A Hanságban található erdők területi viszonyairól és azok elhelyezkedéséről a legkorábbi írásos emlékek a XVIII. század végéről származnak. Az 1784. évi első katonai felvétel tanúsága szerint a Hanság belső területein nem volt erdőállomány, csak az úszó lápból kiemelkedő törmelékkúpok területén. Erdőt csak a peremvidékeken lehetett találni, az akkori Sopron megye területén. A legtöbb erdő Kapuvártól északra, az Ikva, a Répce és a Kis-Rába mentén lehetett. A fafajösszetételt tekintve az éger, a nyír erdőfoltok és a magasabb fekvésű területeken, valamint a peremterületeken a tölgy-kóris-szil ligeterdők lehettek jellemzőek, ezen kívül a mélyebb fekvésekben pedig a bokorfüzesek. A terület kifejezetten lápos részeit

azonban csak nádas, magassásos vegetáció uralhatta. A teljesség kedvéért meg kell állapítani azt is, hogy a fent említett erdők elsősorban a Hanságba ömlő folyók öntésterületein alakulhattak ki (*Erdődi, 1862; Zólyomi, 1920-30, 1931, 1932, 1934; Simon, 1962*).

A mezőgazdasági termelés fokozása érdekében aztán a Hanság déli peremén található erdőket fokozatosan letermelték, hozzávetőleg az 1800-as évek első negyedétől kezdődően. Hasonló jelenségek játszódtak le a Hanság északi részén is, ugyanis a peremterületek erdőit itt is letermelték. A mezőgazdaság térhódításával az erdők a belső területekre helyeződtek át, amelyek telepítését főként égerrel végezték. Ez az időszak az 1870-es évekig tartott.

1871 és 1887 között a Kapuvár környéki Esterházy-uradalomban közel 500 ha erdőt termeltek le, Kapuvártól észak felé haladva, miközben az erdők északi határa nem változott. Ebben az időszakban erdőtelepítést csak a Csikos-égerben végeztek. Az 1879. évi erdőtörvény után tovább folytatódott az erdők letermelése, de megkezdték a Rábca és a Hanság-csatorna közötti területek – Királytó környéke és a Csikos-éger – beerdősítését. Ez a sajátos erdővándorlás egészen 1945-ig tartott. Ezen időszak alatt alakult ki a már említett öntözéses égergazdálkodás is (*Bencze, 1926; Gaál, 1971*).

Az Észak-Hanság területén az erdők tekintetében lényeges esemény 1920-ig nem történt. Ezekben a területeken rét és legelőgazdálkodást folytattak. Ezen a területrészen a Nagyerdő és a Vesszőserdő kivételével nem volt nagyobb összefüggő erdőterület. A vízrendezések hatására nyír és éger-hazainyár erdőfoltok jöttek létre a hanságfalvi területeken. További természetes erdő volt még a területen az ún. Tölös erdő a Lébényi-hany területén. A Hanságfalva környékén lévő erdőket 1945 után letermelték és helyüket 1960-ban ültették be először. A lébényi területek erdei ma is megtalálhatók. Az 1930-as évekig jelentősebb erdőtelepítés nem volt, utána mezővédő erdősávok létesültek a laza kotus talaj megvédésére; továbbá a Villanytelep működtetésére kibányászott tőzegterületek helyét korai nyárral ültették be. A Lébényi-Hanyban 1945-ig csak az Ottó-majorban végeztek égertelepítést. A területen 1870-ig tőzegbánya működött, ahol a kitermelt tőzeg helyén kialakult mélyebb területeket égerrel beültették. Mivel a tőzeget sávokban termelték ki, ezért a terület képe az ugrósávos-tarvágásos felújítógás képét mutatta és mutatja ma is. Innen ered a sajátos Figurák elnevezése is. Az Észak-Hanság területén 1950-ben kezdődött a nagyarányú erdőtelepítés és 1971-ig tartott, közben 1960-ban létrejött az Észak-Hansági Erdészet (*Balsay, 1950, 1954, 1956, 1960; Máté, 1970*).

Összefoglalva megállapítható, hogy a Dél-Hansági Erdészet területén az erdőterület a XIX. század elejétől 1870-ig folyamatosan csökkent, de a XIX. század második felében megkezdett erdőtelepítések ezt némileg ellensúlyozták. Az átgondolt, nagyobb arányú

erdőtelepítések 1870 és 1880 táján kezdődtek. A rétgazdálkodás visszaszorulása miatt 1921-ben az Esterházy hitbizomány a mélyebb fekvésű Békási-csatorna menti területeken elhatározta 350 ha beerdősítését főként mézgas égerrel. 1939-ben újabb 350 ha mézgas éger erdősítésről döntöttek a Királytó területén. Az erdősítések következtében aztán nagy összefüggő erdő alakult ki. A kivágott erdők helyén mezőgazdasági művelés kezdődött, az új erdőket pedig a korábbi láp helyére telepítették. A kapuvári erdők nagy része az 1879 utáni mesterséges erdőtelepítések eredménye.

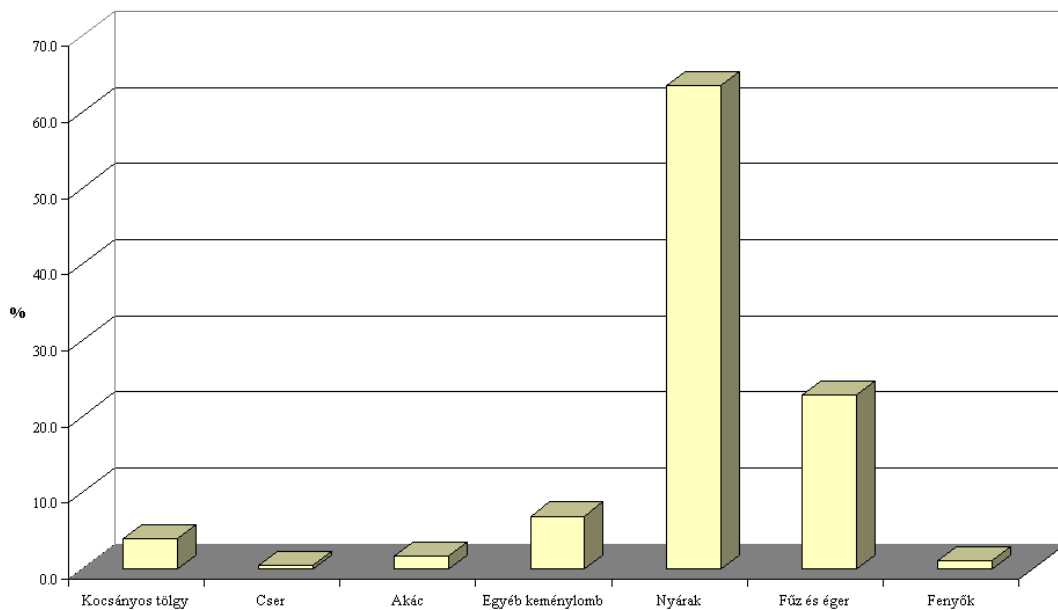
Az Észak-Hansági Erdészet területére vonatkozóan megállapítható, hogy az első erdőtelepítéseket a Figurákban végezték mézgas égerrel, Popper Emil irányításával az 1900-as évek elején (*Popper, 1911*). A Figurák többsége azonban 1930 és 1940 között létesült. A Nagyerdő zárt erdővé történő alakítása 1949-ben kezdődött, az ültetések nagy részét 1951-54-ben végezték. Abban az időben az erdősíthető területek nagyságát 8000-8600 ha-ra becsülték. 1972 végére az erdősítésre kijelölt területek nagysága 7991 ha lett. Ebből 7050 ha fatermesztési célú terület volt, amiből 6791 ha-t valóban be is erdősítettek. Az erdősítéseket 1953-58-ig a Kapuvári Erdészet, 1958-60-ig a Mosonmagyaróvári Erdészet, 1960-tól az Észak-Hansági Erdészet irányította.

A hansági erdők fafajösszetételére jellemző, hogy az erdőgazdálkodás előrehaladásával a mézgas égert fokozatosan felváltották a nemesnyár állományok. A XX. század elején az éger szinte teljesen elegendő állományokat alkotott, belőle oldották meg a tűzifaellátást, használták faesztergályosok, valamint víz alatti építkezésekre is kiválóan használható volt. A termőhelyi viszonyok akkoriban kedveztek a mézgas éger termesztésének, mert lehetett öntözni, a felesleges vizet elvezetni és nem alakultak ki nagy területű pangóvizek. A mély fekvésű vízállásos, vagy felszínig nedves területeken az éger nem telepedett meg. Az ilyen területeken csak nád díszlett és díszlik ma is. Az 1920-as években beinduló öntözések javították az éger minőségét és a vad kevésbé károsította. A Dél-Hansági Erdészet területén az 1950-es években is 3400 ha körül volt az éger térfoglalása. Az Észak-hansági Erdészet területén 1951-57 között végzett erdőtelepítéseknek még 50%-a éger volt, de az egész Hanságot tekintve 1950 évi 90%-os elegyarányról 1972-re az éger elegyaránya 20%-ra csökkent. A csökkenés oka a vízgazdálkodási viszonyokban bekövetkezett változás, ahogy az előbbieken látható volt. A rendszeres vízellátás megszűnése az égeresek pusztulásához vezetett. A pusztuló állományokat nemesnyarakkal cserélték le. Mindehhez hozzájött az 1965 évi árvíz kár is, ahol az égeres állományok szenvedték a legnagyobb kárt. *Az éger nagyobb arányú térfoglalásának gátja a termőhelyi viszonyokban volt. A megfelelő vízellátás biztosítása nélkül az égert nem lehetett eredményesen természetelni a területen (Balsay, 1979).*

A nyárok közül a hazai fajták – rezgő, fehér és szürke nyár – mindig is jelen voltak a területen. Az első nemesnyár fajtákat a XIX. század végén ültették és ezek kései nyárok voltak. Nagyobb volumenű telepítést korai nyárral végeztek az 1920-as években. A nagymértékű nyarasítást 1958-ban kezdték az akkori fafaj politikának megfelelően. Kezdetben a nyarasokat I-214, óriás és korai nyárral sorosan elegyítve ültették. 1966 óta korai nyarat szinte egyáltalán nem ültettek. 1975-ben az Észak-hansági Erdészeti területén 70%-os térfoglalása volt a nyáraknak, ugyanez a Dél-Hanságban 34 % volt. A hansági nyarasok általában jó-közepes növekedésűek, de a nagy ültetési lázban sok rontott erdő is létrejött. A láptalajok nyárral való hasznosításáról egyébként sok korabeli szakirodalmi forrást találhatunk (*Balsay, 1962; Halupa, 1978; Szodfridt, 1962*). Legnagyobb részarányban az I-214 nemesnyár van jelen a Hanságban (*Kovács, 1962, Kovács, 1971*). Fontos fafaj még a Hanság peremén lévő ligeterdőkben a kocsányos tölgy és a magaskőrís. További fontos fafaj a Hanságban a fűz. Fa alakú fűzes nem igen volt, csak a Lébényi-Hanság Vesszőserdő és Tölös erdő közti részén. Az 1970-es években a mély fekvésű termőhelyeken ígéretes fafajnak tartották a fűzet, de az utóbbi időszak tapasztalatai kétséget ébresztenek e tekintetben. A korábban kisebb jelentőségűnek tartott nyír szerepe pedig átértékelődik (*Balsay et al, 1975*).

Az Észak-Hanság jelenleg uralkodó fafajai a nemesnyárok (~65%), melyek közül kiemelendő az olasznyár és az új fajták közül a Pannónia nyár. Őket a nemesített fűz fajták, a fehér fűz és hagyományosan az éger követi. A **II.3.1. ábrán** a jelenlegi fafajmegoszlás arányai láthatók. Az ábrát az erdőgazdaság által rendelkezésre bocsátott faállomány borítási térképek alapján készítettem.

Az egyes fafajok és fafajcsoportok területfoglalási arányai



**II.3.1. ábra:** A főbb fafajcsoportok területfoglalási arányai az Észak-Hanságban (2000)

Szólni kell még a vadgazdálkodás kérdéséről is, mert a vadkár a hansági területeken sem ismeretlen. Általánosságban elmondható, hogy a szarvas, az őz, a nyúl, a vaddisznó és a róka mind megtalálható, mégpedig oly nagy számban, hogy érzékeny károkat tudnak okozni. A múltban szinte mindig kívánatosnak tartották a vadlétszám lezorítását, ám ennek kivitelezése csak a szarvas esetében járt némi sikerrel. Nehezíti az összehangolt vad- és erdőgazdálkodást az a tény is, különösen az Észak-Hanság területén, hogy amíg az erdőgazdálkodó az Észak-hansági Erdészeti Igazgatóság, addig a vadgazdálkodó a Lajta-Hanság Rt. Az érdekek nyilvánvaló ellentéte nehezíti az optimális vadlétszám tartását.

A már említett Észak- és Dél-hansági Erdészeti Igazgatóságok mellett, amelyek a Kisalföldi Erdőgazdasági Igazgatóság Rt.-hez tartoznak, a legújabb időkben újabb gazdája és felügyelője akadt a hansági területeknek a Fertő-Hanság Nemzeti Park Igazgatóság személyében. Az Igazgatóságot 1991-ben hozták létre, a Hanságba eső területe 7194 ha. Ide tartozik Osli és Földsziget közti Madárvárta, a Csikos-éger, a Király-tó, valamint a Fehér- és Barbacsi-tó. Az északi területeken a Lébényi-Hanságban található a Nemzeti Park területei. A Nemzeti Park igyekszik a védett és fokozottan védett területeken az őshonos fafajokból (éger, fehér nyár, fűz) álló faállományok létrehozására ösztönözni az erdőgazdálkodót.

Látható ebből a rövid áttekintésből is, hogy a Hanság erdei, az erdőgazdálkodás és annak fejlesztése mindig a térség lényeges kérdései közé tartozott (*Komjáthy, 1981, 1984; Balsay E., 1993; Balsay S., 1993*). E mellett a természeti értékek védelme is egyre hangsúlyosabb és

meghatározó szerepet játszik a jövőbeni tervek és célok megfogalmazásakor (*Gasztonyi, 1998; Csapodi, 1983; Ambrus, 1997; Halupa, 1991*).

#### **II.4. A Hansággal kapcsolatos, és a témát érintő fontosabb kutatások**

A Hanságban végzett részletesebb kutatások közül ki kell emelni a Halupa Lajos vezette, 1970-ben kezdett ERTI kutatás talajtani eredményeit, melyről a *III.1. fejezetben* még esik szó. A kutatásnak célja volt felderíteni a Hanság erdőgazdasági táj termőhelyi viszonyait és erdőgazdálkodási hasznosíthatóságát. Ebben a vizsgálatban 300 talajszelvény és 290 fatermési felvétel jelentette a kutatás adatbázisát. A kutatás célja volt az erdőgazdasági táj termőhely típusainak meghatározása és azok erdőgazdálkodási hasznosíthatóságának vizsgálata. Az eredmények közül pedig kiemelendő, hogy mérhető termőhelyi tényezőkhöz köthető fafajválasztási javaslatok születtek, melyek kitértek a várható növekedés kérdésre is.

A Hanság talajára és a tőzegkészletére vonatkozó kutatások közül mindenképpen meg kell még említeni a Dömsödi János nevével fémjelzett kutatásokat, melyek a lecsapolások tőzegkészletre gyakorolt hatásával (*Dömsödi, 1974*) foglalkoztak. Ezek a kutatások a tőzegterületek változására és akkori kiterjedésére irányultak és megállapították, hogy a tőzegréteg vastagsága – helyszíntől függően – 20 és 250 cm közötti vastagságú volt a vizsgálatok idején, de már kitértek annak megállapítására is, hogy a tőzegréteg vastagsága jelentős mértékben és gyorsan változik – zsugorodik – az idők folyamán. A lápképződés, lápmegsemmisülés és a talajképződés kérdéseivel (*Dömsödi, 1979*) foglalkozó kutatások a lápok fejlődéstörténeti szakaszait vizsgálták összefüggésben a tágabb környezeti (geológiai és éghajlati), a topográfiai és vízháztartási viszonyokkal, illetve az emberi tevékenység hatásaival.

Meg kell említeni a fentiek mellett, a lápokhoz kapcsolódó földtani kutatásokat (*Dömsödi, 1971ab, 1972, 1973*). A tőzeggel kapcsolatos kutatásokból megemlíthető még *Harmathy és Vigh (1948)* munkája, továbbá a térség talán első föld- és talajtani leírása (*Horusitzky, 1907*), vagy *Stefanovits és Góczán (1962)* talajföldrajzi leírása, továbbá *Szilva 1953*-as munkája.

Ezen túlmenően egyes, igen érdekes tanulmányok a lápok hasznosítási kérdéseivel is foglalkoztak (*Dömsödi, 1983; Kleb et al, 1999*).

### **III. A kutatás tárgya, előzményei**

A kutatásra az Észak-Hanság erdeit választottuk. A szakirodalomban (*Danszky et al, 1963*) a következő meghatározás található a Hanság erdőgazdasági tájról: „Az erdőgazdasági táj határvonalai: Sarród, Fertőszentmiklós, Agyagosszergény, Kapuvár, Hövej, Kisfalud,



Csorna, Győr, Öttevény, Horváthkimle, Rajka és vissza Sarródig az országhatár által körülzárt – a tulajdonképpeni Hanság – és a Győrig hozzácsatolt terület.” Az ezen határvonalon belül található területet illetik a Hanság erdőgazdasági táj névvel. Maga a Hanság azonban nem teljesen illeszkedik az erdőgazdasági táj határaihoz, ha figyelembe vesszük, hogy átnyúlik Ausztriába és azt, hogy a Hanságra jellemző lúp talajok, illetve lápi hatást mutató talajok határa is átnyúlik az erdőgazdasági táj határain.

A kutatás az erdőgazdasági tájon belül a Hanság-főcsatornától északra lévő erdőterületekre terjedt ki, amelyek erdő művelési ágba tartoznak, valamint a Fertő-Hanság Nemzeti Park Észak-hansági erdőterületeire és előnyben részesítette az egybefüggő, nagyobb kiterjedésű erdőterületeket. Az említett erdőterületek részben a KAEG Rt., részben a Fertő-Hanság Nemzeti Park kezelésében állnak.

### III.1. A termőhelyi feltételek általános jellemzése

A Hanság időszakos pusztai állóvíznek minősíthető, és mint ilyen vízellátása a csapadéktól, a betorkolló folyók vízhozamától és a talajvíztől függ. A múltban hol kiszáradt, hol pedig járhatatlan úszóláp borította a mindenkori vízviszonyoknak megfelelően. A változatos múlt során változatos termőhelyi mintázat alakult ki a Hanságban, amely mintázatnak két döntő tényezője az erdő szempontjából a víz és a talaj. A talajok változatosságát érzékelteti az 1970-es években kezdett termőhely-vizsgálati sorozat eredménye a Hanságra vonatkozóan (*Halupa, 1985*) (*III.1.1 táblázat*). (Megjegyezzük, hogy nem ez volt az első a Hanság talajviszonyaival is foglalkozó tanulmány, de ez volt az egyik, addigi legrészletesebb vizsgálat.)

#### III.1.1. táblázat. A hansági talajtípusok megoszlása az 1970-es években (*Halupa, 1985 alapján*)

<i>Hanságban talált talajtípus</i>	<i>Hidrológiai kategória</i>	<i>Százalékos előfordulás</i>
Kotus láptalaj	VÁLT, ÁLLV, FELSZ, VIZB	43,7
Lápos réti talaj	VÁLT, IDŐSZ, ÁLLV, FELSZ	26,0
Karbonátos réti csernozjom	VFLEN, IDŐSZ	13,0
Mélyben sós réti talaj	VÁLT, IDŐSZ, ÁLLV	4,3
Humuszos öntés	VFLEN, IDŐSZ, ÁLLV	3,7
Öntés csernozjom	VFLEN, IDŐSZ	3,3
Réti talaj	ÁLLV	2,0
Réti öntés talaj	VÁLT, IDŐSZ, ÁLLV	1,6
Kavicsos váztalaj	VFLEN	1,0
Egyéb	VFLEN, VÁLT, IDŐSZ	1,4
<b>Összesen</b>		<b>100</b>

Ezt a változatos képet színesíti a hidrológiai kategóriák, valamint a termőréteg-vastagság szerinti megoszlás is. Látható, hogy a területen a lápi jelleget mutató, hidromorf körülmények között kialakult talajok vannak többségben, valamint a további talajfejlődés következtében létrejövő réti talajok, amelyek kialakulásában a víznek még mindig jelentős szerepe van.

Mivel a láptalajok fő alkotóeleme, a tőzeg, víz alatt, oxigéntől elzárt környezetben képződik, ezért fennmaradásának alapvető feltétele a láposodás körülményeinek megléte. Levegő hatása alá kerülve a tőzeg gyors ütemben bomlásnak indul, belőle kotu képződik, majd teljesen lebomlik (*Minkkinen és Laine, 1998ab; Komulainen et al., 1998; Potter et al., 2001*). A lecsapolások, vagy a terület gyors kiszáradása ezt a hatást indukálják. Szélsőséges esetekben a láptalajok nem fejlődnek a réti jelleget mutató talajok irányába, hanem a talaj szinte teljesen lepusztul, ezáltal a rajta álló erdőállományok közel kerülnek a lápi fekihöz, a kavicságyhoz, vagy a néhol fellelhető, és a gyökerek által áthatolhatatlan felső agyagos vízzáró réteghez. Kérdésként merült fel, hogy mekkora manapság a tőzegréteg és a humuszosodás és a mineralizáció folytán belőle képződő kotus termőréteg a Hanságban a lecsapolások és vízrendezések után?

Napjainkban a vízrendezések, lecsapolások és a telkesítés miatt nem beszélhetünk többé a klasszikus lápi termőhely meglétéről. Mégis, különösen a Hanság északi részén, az 1993-as évtől kezdődően néhány évig, az előző évekhez képest jelentős mennyiségű víztöbblet jelentkezett belvíz képében, oly mértékben, hogy az már az erdőgazdálkodás eredményességét a kivitelezhetetlenné váló erdőfelújítások miatt komolyan befolyásolta és veszélyeztette. Ennek oka lehetett egyfelől a csatornarendszer karbantartásának elmaradása is (*Balsay I, szóbeli közlés*), de ez önmagában nem lehetett kielégítő magyarázat. Minthogy a talaj tulajdonságai, továbbá a talajvíz szelvényen belüli elhelyezkedése az erdőgazdálkodás, valamint a természetvédelem szempontjából is nagyon fontos termőhelyi kérdés, időszerű volt megvizsgálni, hogyan jellemezhetők ma a Hanság termőhelyi viszonyai és ez milyen tennivalókat ró a terület kezelőire és használóira egyaránt.

Az előzőekben említett ERTI tanulmány az előforduló talajtípusokat fatermési szempontból is kategóriákba sorolja. Megállapítja, hogy a leggyengébb hansági termőhelyek a váztalajokon, humuszos öntés és csernozjom talajokon találhatóak, melyek a terület peremén és a törmelékkúpokon foglalnak helyet. Ez a megállapítás nyilván fafajtól függő, mert a humuszos öntéstalajok nem a leggyengébb termőerejű talajok közé tartoznak. (Saját vizsgálatok alapján megállapítható, hogy ma inkább a mélyebb fekvésű kotus láptalajokon találhatóak a leggyengébb termőhelyek, elsősorban fehérfűz és mézgas éger fafajú

faállományokkal. A magasabb fekvésű, és ezzel együtt párosuló sekélyebb talajokon álló faállományokban, elsősorban a térség északi részein, a felázott talajokon megnövekvő széldöntés veszélye ront a termőhelyek értékén). Ezeken a tanulmány véderdők létesítését szorgalmazza. A csernozjom talajokról megállapították, hogy kialakulásuk a 40-50 évvel ezelőtti lecsapolásokkal kezdődött a réti talajokból. A réti talajokról megállapítást nyert, hogy szelvényük végig meszes, C-szintjükben 40-50%-os mésztartalom is lehet. A 40 cm-nél sekélyebb termőrétegű réti talajokat nyártermesztésre nem javasolták, a nyártermesztés termőréteg-vastagsági határát 45 cm-ben állapították meg, összhangban a többi talajjellemzővel. A kotus láptalajokat tekintve kiderült, hogy a kotus tőzegréteg vastagsága 20 cm alatt és 80 cm felett károsan befolyásolja a nyárasok növekedését. Korlátozó tényező továbbá a felszínközeli szalmatőzeg réteg és a 20%-nál magasabb mésztartalom. Jó illetve közepes fatermőképességű besorolást kaptak azok a láptalajok, ahol a termőréteg 45 cm-nél vastagabb, 5% alatt van a mésztartalom és az állandó vagy felszínig nedves hidrológiai kategóriákba tartoztak.

Megállapítottak egy tesztfafajsort, amit aztán a termőhelyek jellemzésére használtak. Egyik ága a szárazabb termőhely típusokon, a másik a vizesebb termőhely típusokon alkalmazandó fafajokat sorolja fel:

I-214 - OP-229 - KST - A - FRNY - CS - EF – FF – a szárazabb; míg

I-214 - OP-229 - MÉ - FFÜ – FRNY – a nedvesebb termőhelyek felé.

A tanulmány leszögezi, hogy a Hanság termőhelyi viszonyai – és ezzel együtt rá vonatkozó megállapítások is – a csatornarendszer fenntartásáig és a vízviszonyok változásáig tekinthetők állandónak. Mindezekből látható, hogy a múltban is törekedtek a talajok mérhető és meghatározható tulajdonságaihoz kötni a fatermesztés tervezésének fő kérdéseit, mely jelen dolgozatnak is egyik fő célkitűzése lett.

Az utóbbi időszakban jelentkező erdőművelési problémák, amelyekkel az erdővédelmi diszciplína szakemberei is foglalkoztak napjainkban (*Varga, 1997*) azonban azt sugallták, hogy a Hanság termőhelyi viszonyai még nem ismertek teljes mértékben, ami arra készítetett, hogy tudományos igényességgel feltárjuk a Hanság mai termőhelyi viszonyait és ha lehetőség nyílik rá a részletes kutatás és az időbeni távlat segítségével, a termőhelyi viszonyok feltérképezése mellett azok változásának nyomon követését is megkíséreljük.

### **III.2. A hansági faállományok és a termőhely általában**

Az erdők létesítése a Hanságban egyrészt a mezőgazdasági területeknek a meglévő erdők rovására történt terjeszkedésének ellensúlyozására vette kezdetét, másrészt a mezőgazdasági tevékenységre alkalmatlan területek hasznosítási alternatívájaként jelentkezett. A vízrendezések utáni nagyarányú erdősítések esetében pedig csakúgy, mint a vízrendezéseknél a kor fafaj-politikájából adódóan elsősorban gazdasági szempontokat tartották szem előtt. Igyekeztek az iparilag hasznosítható és jelentős fatömeget adó fafajoknak megfelelő életteret és feltételeket biztosítani. Ma már teljesen elfogadott és közismert, hogy a kizárólag gazdasági szempontok szerint létesített erdők és az ezekből felépülő ökoszisztémák nem mindig rendelkeznek a természetes erdőkre jellemző ellenálló- és alkalmazkodó-képességgel, amellyel tolerálhatnák és kompenzálhatnák a környezetükben fellépő hátrányos hatásokat (Mátyás, 1996). Ez különösképp igaz az azonos klónból álló, telepített erdőkre. Ezért ezeknél az állományoknál fontos lenne a létesítésük időpontjában nekik alkalmasnak ítélt termőhelyi viszonyok fenntartása. Amennyiben erre nincs lehetőség, úgy számolni kell pusztulásukkal, vagy erőteljes leromlásukkal.

Alapvető fontosságú ezért, hogy a határ termőhelyek esetében, vagy olyan viszonylag gyorsan változó termőhelyek esetében, amilyen a lápi élőhely és lecsapolása közben keletkező átmeneti termőhelyek (réti talajból alakuló csernozjom jellegű talaj), az ezeken alkalmazott fafajok termőhely-állóságára vonatkozó ismereteket mindenkor szem előtt tartsák, és az élőhely adta feltételeknek megfelelő fafajösszetétel létrejöttét segítse elő. Ily módon, ha nem is lehet maximális gazdasági haszonnal kecsegtető faállományokat létrehozni, lehet kevesebb erdővédelmi- és erdőművelési problémát felvető és ökológiailag stabilabb, ezért hosszú távon mindenképpen rentábilisabb faállományokat létesíteni. Így elkerülhető, hogy nagy költséggel létesített, de befejezhetetlen erdősítésekkel veszteség termelése történjen. Mindezért elengedhetetlenül szükséges a termőhelyi viszonyok feltárásával összhangban az alkalmazott fafajok létjogosultságának felülvizsgálata, és az alkalmazandó fajok körének meghatározása. Ennek megvalósításához a termőhely vizsgálatokat és faállomány felvételeket is kell végezni, hogy számszerűen vizsgálni lehessen a faállományok teljesítőképességének és a termőhelyüknek a kapcsolatát.

### **IV. A kutatás céljai**

A dolgozat az *I fejezet* szellemében, az Észak-Hanság erdőterületeiről származó, mind a talajra, mind az egyéb környezeti (talajképző, vagy a talajképződésben vélhetően jelentős

szerepet játszó) tényezőkre (*Stefanovits, 1992*) vonatkozó információk alapján; továbbá a fanövekedést jellemző adatok felhasználásával térinformatikai és statisztikai módszerekkel azt a kérdést vizsgálja, hogy:

**Feltárható-e összefüggés az egyes mintapontokon mért talajtulajdonságok és a fentebb említett környezeti változók között, és ha igen, akkor fel lehet-e ezt az információt arra használni, hogy a nem vizsgált pontokon a talaj tulajdonságaira vonatkozó megállapításokat tegyünk? Másként megfogalmazva: mennyire és hogyan lehetséges a pontminták térbeli kiterjesztése? Ehhez kapcsolódóan a dolgozat vizsgálja a talaj megfigyelt és térben modellezett tulajdonságai, valamint az egyidejűleg jelenlévő faállományok megfigyelt fatermőképessége közötti összefüggéseket is, abból a célból, hogy az egyes területek fatermesztési célú felhasználását értékelni próbálja.**

**A fentiekből adódóan kutatás célja kettős. Egyfelől, hogy részletes vizsgálatokkal meghatározza és feltérképezze, hogy milyenek ma pontosan a termőhelyi viszonyok a Hanságban, és hogy mely termőhelyi tényezők játsszák a döntő szerepet a termőhelyi adottságok kialakításában?**

**Másfelől pedig a kutatás célja volt annak meghatározása, hogy a faállományok milyen fatermőképességet érnek el a meglévő termőhelyi viszonyok között? Meghatározható-e a terület fatermesztési potenciálja, és ha igen akkor ez az egyes fajok esetében mekkora fatermőképességi értéket jelent a terület egészén?**

A dolgozatban kísérleti szinten bemutatott módszer előnye, hogy elvben bármelyik erdőgazdasági táj erdőterületein alkalmazható. Meg kell azonban jegyezni, hogy a térinformatikai adatbázisnak nemcsak az adattartalma, hanem szerkezete és a benne felhasznált változók összetétele is változik területről területre, mivel – ahogy az erdészeti termőhely-ismeretből köztudott – a talajképződésben és a talajok tulajdonságainak kialakításában kiemelkedő szerepet játszó környezeti tényezők köre és azok súlya tájanként, és azon belül területenként is más és más lehet.

A fatermőképesség kérdésének a vizsgálata abból a szempontból is lényeges volt, mert – az Észak-Hanságban – azoknak a területeknek a jó részén, ahol ma erdőgazdálkodás folyik, a múlt század közepét megelőzően sohasem volt erdő.

## V. Elméleti alapok

### V.1. A kutatás elvi alapjai és eszközszertere

A *IV. fejezetben* megfogalmazott célok a következő feladatok megvalósítását jelentik:

1. A környezeti változók és a talaj tulajdonságai közötti kapcsolat vizsgálatát.
2. A feltárt kapcsolat felhasználását a talaj tulajdonságainak térbeli modellezésére, térképezésére.
3. A talaj tulajdonságai és a faállományok fatermőképességi értékei közötti kapcsolatokat vizsgálatát és potenciális fatermőképesség térképek létrehozását.

A célt a megvalósítás oldaláról nézve, egy olyan digitális termőhelyi adatbázis létrehozására törekedtem, amely három részből áll: egy környezet-, és egy vele összefüggő talajmodellből, továbbá ezekre épülten egy, a jelenleg megtalálható faállományok növekedését reprezentáló modellből, amely összességében megbízhatóan használható kiindulást ad a területen dolgozó szakemberek sikeres munkájához, legyen az erdőgazdálkodás, természetvédelem, vagy egyéb szempont.

A dolgozatban általam alkalmazott módszertan gondolati megközelítésében a korszerű talajmodellek elméletén alapul. A megvalósításban pedig főként a térinformatikai alkalmazásokra, a lágy halmazok elméletére, általános faterméstani megfontolásokra és a hagyományos statisztikai eljárások eszközszerterére támaszkodik. E fejezet célja, hogy ezekről áttekintést adjon, és néhány jellemző példával illusztrálja alkalmazásuk jelentőségét és szükségességét.

#### V.1.1. A talaj-környezet elméleti modell

Dolgozatom alapkoncepciója azon az elméleti megfontoláson nyugszik, mely a legtöbb talajtani kutatás alapja, a genetikai talajtípuson alapuló talajosztályozást is beleértve. Ez pedig az a gondolat, hogy a talaj a rá adott helyen ható környezeti, talajképző tényezők mindenkori eredőjének – nem egyértelműen meghatározható – irányában fejlődik. Tehát:

$$T \leq f(K), \tag{1}$$

vagyis a talaj (T) a rá ható talajformáló környezeti erőknél (K) egy változó függvényeként (f) alakul ki (*Zhu et al., 2001; Hudson, 1992; McSweeney et al., 1994*). A talajtani kutatás sok-

sok évtizedes tapasztalata megmutatta, hogy az (1) ok-okozati kapcsolat állandó, matematikailag leírható és alkalmazható változatának megalkotása, a tényezők közötti bonyolult kölcsönhatásrendszer miatt, gyakorlatilag lehetetlen. Lehetőség van ellenben tipikus példák, főbb talajfejlődési irányok és azok kiemelkedő irányító hatásainak megragadására és leírására (talajosztályok, talajtípusok leírása) (Stefanovits, 1992; Járó, 1963), mely tájékoztatást ad a természetben előforduló talajok változatosságáról.

Minthogy azonban a talaj fejlődésére jelentős hatást kifejtő környezeti változók térben is és időben is folytonosak, ezért feltételezhető, hogy a hatásokra alakuló és változó tulajdonságai az egyes talajoknak hasonló módon, térben és időben folytonosan váltakozva jelennek meg, és egymás folytonos átmeneteiként jellemezhetők. Homogén talajtulajdonságot befolyásoló talajképző tényezők jelenléte esetében homogén talajtulajdonság mintázat; változatos talajtulajdonság formáló tényezők esetén változatos talajtulajdonság mintázat jön létre.

Egy közel homogén környezeti (talajképző) tényezőkkel jellemezhető területet borító talajok összességét célszerű tehát egy *folytonos talajtestként*<sup>1</sup> felfogni mely talajtest jellemzői a környezeti tényezők változásával összhangban változnak, egymás folyamatos átmeneteit képezve. Ebből következően, egy-egy konkrét talajszelvényben talált talaj, jellemzőit tekintve több típus jegyeit is magán viselheti, és nem feltétlenül lehetséges egyik, vagy másik talajosztályba való egyértelmű besorolása. Erre egyébként nincs is szükség, csak abban az esetben, ha mindenképpen egy taxonómiai rendszerben kívánjuk talajainkat elhelyezni.

Ebből az alapfeltevésből mindjárt következik, hogy kulcsfontosságú a talaj fejlődésére döntő hatást kifejtő környezeti változók helyes kiválasztása, és értékelése.

### V.1.2. A térinformatika alkalmazásának jelentősége

Az V.1.1. fejezetben említett, talajokat talajosztályokba és talajtípusokba soroló megközelítés egyenes következménye és praktikus alkalmazása a hagyományos talajtérképezés rendszere, mely a talajosztályokat vagy talajtípusokat és azok térbeli kiterjedését igyekszik megragadni és ábrázolni (genetikai talajtípus térkép) (Babos et al, 1966). Jelentősége igen nagy, széles körben alkalmazható, ám a talajok térbeli mintázatosságát csak nagyléptékű ábrázolás esetén képes kielégítően követni. Nagy felbontású, és a talaj tulajdonságait részletekbe menően ábrázoló talajtérképek készítésére a hagyományos talajtérképezés rendszere a túlságosan megró szűkséges mintaszám miatt csak kevésbé

---

<sup>1</sup> Folytonos talajtesten egy földrajzilag egybefüggő (pl.: szakadékoktól mentes), viszonylag homogén környezeti (talajképző) tulajdonságokkal rendelkező területen kialakuló talajtakarót értünk, amely a talajtulajdonságokat tekintve korlátozott és kezelhető mértékű változatosságot mutat.

alkalmazható, márpedig az erdőrésztlet szintű erdőtervezés feladataihoz legalább erdőrésztlet nagyságú, vagy még nagyobb felbontású térképekre lenne szükség. A hagyományos talajtérképezés esetében talajtípusok határainak éles meghúzására van csak mód, a térkép diszkrét módon követi a talajok változását, de finomabb átmenetek jellemzésére nincsen lehetőség. Pedig, az *V.1.1. fejezetben* vázolt elméleti megközelítés alapján várhatóan kialakuló folytonos tulajdonságokkal jellemezhető talajtestek esetében feltehetően viszonylag ritka az éles határok jelenléte.

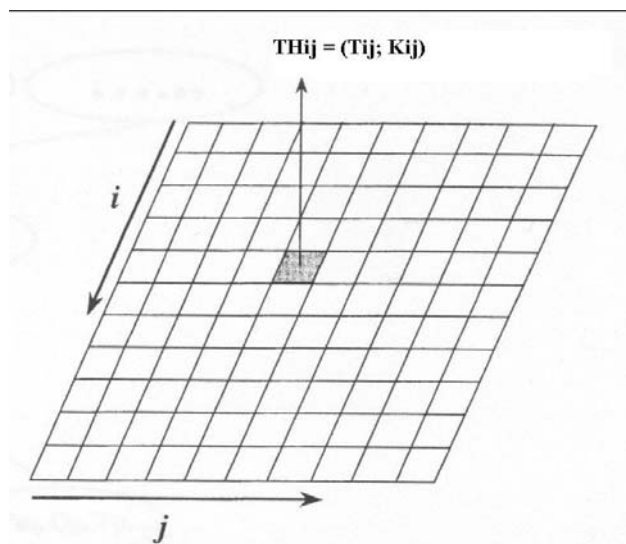
A talajokat jellemző tulajdonságaik összességüként ábrázoló térképek készítésére a hagyományos talajtérképezés rendszere nem alkalmas ezért szükség van újabb ábrázolási eljárások alkalmazására, melyhez a térinformatikai rendszerek jó lehetőségeket teremtenek. A talajok folytonos közegként való térbeli modellezésére és térképezésére tehát a térinformatikai szoftverek révén nyílik lehetőség.

A térinformatikai szoftverek nyújtotta lehetőségek legfontosabb jellemzője, hogy egy terület térbeli modellezéséhez kiválóan használható a raszter alapú megközelítés, ahol is a vizsgálati terület minden egyes raszterpontja, jelenti a területi egységet, amely minden tulajdonság tekintetében önálló attribútumokkal rendelkezik. Ezekre a raszterpontokra kell közelíteni és ábrázolni az *(1)* képletben szereplő kifejezést.

A térinformatikai megközelítés nagy előnye, hogy segítségével a környezeti változók tulajdonságait reprezentáló digitális térképállományok viszonylag nagy területekre könnyen előállíthatók. Az ugyanarra a területre jellemző talajtulajdonságokra vonatkozó és hasonló kiterjedésű adatállományok előállításához pedig fel lehet használni a talajra vonatkozóan általában csak pontszerűen rendelkezésre álló adatokat. Kellő számú pontminta esetén, ha a későbbiekben vázolt statisztikai módszerekkel sikerül feltárni az *(1)* képlet által reprezentált összefüggést, akkor a térinformatikai eszköztár lehetőséget nyújt a pontminták adatainak kiterjesztésére a teljes térképezni kívánt terület esetében.

Az eljárás lényegét az *V.1.2.1. ábra* szemlélteti, mely szerint tehát a mintapontokat reprezentáló raszterpontok – pixelek – esetében rendelkezésre állnak a környezeti- és a talaj jellemzők értékei egyaránt, míg a többi raszterpont esetében csak a környezeti jellemzők értékei ismertek, amelyek felhasználásával azonban közelíthetőkké és ábrázolhatókká válnak a keresett talajjellemzők értékei is. A térinformatikai elemzésekhez az *ESRI ArcView GIS 3.2a* programját és annak moduljait használtam fel.





**V.1.2.1. ábra:** A raszter alapú modellezés alapja: Az  $ij$ -ik raszterpontban a termőhelyi jellemzők (TH) értéke a talaj (T)- és a környezeti (K) jellemzők értékeiből épül fel.

#### V.1.2.1. Térinformatikai alkalmazások a hazai talajtani kutatásokban

A térinformatikai alkalmazásoknak a talajtani kutatásokban és a talajterképezésben manapság egyre növekvő jelentősége van (*Kertész és Tóth, 1994; Csillag et al., 1996; Dobos et al., 2000*).

A hazai, vagy a hazai vonatkozásokat is érintő kutatások bőséges példával szolgálnak a környezettel és a talajjal kapcsolatos térinformatikai eszközökkel végrehajtott kutatások sokrétűségére vonatkozóan melyekben számos egyetem és kutatóintézet is részt vesz. Ezekből – messze a teljesség igénye nélkül – az alábbi témakörökhöz kapcsolódó kutatásokat emelem ki. Az alábbi rövid összefoglaló az MTA Agrokémiai és Talajtani Kutató Intézetének Térinformatikai Laboratórium weblapján ([http://www.taki.iif.hu/gis\\_hu/projektek.htm](http://www.taki.iif.hu/gis_hu/projektek.htm)) található információk alapján készült.

##### *Speciális termőhelyek vizsgálata*

A szikes területek kutatásához azok jelentőségének megfelelően számos vizsgálat kapcsolódik, mely kiterjed a szikes talajok kémiai és fizikai tulajdonságainak távérzékelési alapú vizsgálatára (*Purdue University-GATE-MTA TAKI, 1988-1991*.) csakúgy, mint ezen területek térképezésére (*PSTC (USA), MTA TAKI-Syracuse University, 1991-1995*), vagy a szakértői rendszerfejlesztői kutatásokra ezen területek talajjavítása kapcsán (*MTA TAKI, 1997*).

### **Földhasználati kérdések**

A globális változások (klímaváltozás) hatásának földhasználati előrejelzése szintén elképzelhetetlen lenne térinformatikai megközelítés nélkül (*MTA TAKI-Silsoe College et al., 1993-1995*). Ugyanez elmondható a kritikus területek talajhasználatának megalapozásáról (*MTA TAKI-MÁFI, 1994-1999*), vagy a földhasználati rendszerek kidolgozásáról (*GATE KTI-FÖMI- MTA TAKI, 1997*). Kiemelkedő térinformatikai alkalmazás a precíziós mezőgazdálkodás előmozdítására irányuló fejlesztések területe (*IKR-FVM Műszaki Intézet-MTA TAKI GIS, 1997-*).

### **Környezetvédelmi vonatkozású kutatások**

Az agrotopográfiai rendszer fejlesztése (*MTA TAKI, 1989-1990*); vagy az országos talajtani-domborzati digitális adatbázis kialakítása a fenntartható mezőgazdasági művelés és a környezetvédelem előmozdítása érdekében fontos, földrajzi információs rendszerek használatát igénylő feladat (*MTA TAKI-ISRIC, 1993-1995*). A környezetszennyezés a növénytermesztésre gyakorolt hatásának térképezése szintén jelentős térinformatikai kapcsolódású kutatási téma (*National Focal Centre-MTA TAKI, 1994-*), hogy a talajtani térinformatikai rendszerek alkalmazását a környezetvédelmi döntés előkészítésben (*MTA TAKI, 1996-1998*) ne is említsük. További fontos terület még a talajdegradáció térképezése (*JRC SAI-FÖMI-MTA TAKI, 1995-1996*), és az eróziós talajvesztés előrejelzési és észlelési rendszerek kidolgozására irányuló kutatások területe (*MTA TAKI-BFNTÁ, 1997*), együtt a nagytérségi talajvédelmi tervezési módszerek megalapozását célzó fejlesztésekkel (*MTA TAKI-Hidroklutura, 1998-1999*).

Meg lehet itt még említeni az élőhely térképezéshez kapcsolódó kutatásokat (*MTA ÖBKI-MTA TAKI et al., 1998-2000*) és a mező- és erdőgazdasági földhasználatok környezetvédelmi korlátait elemző vizsgálatokat (*SzIE KTI együttműködés. KTM 2000*); végül pedig az integrált, térinformatikai rendszerek alkalmazási lehetőségeinek vizsgálatát (*MTA TAKI, 2000-*).

Továbbá meg kell említeni azt a tényt is, hogy az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetének honlapjáról elérhető és használható egy országos léptékű, on-line, tematikus adatszerver is (*Forrás: <http://maps.ktm.hu/taki/index.htm>*).

Ebből a rövid – és korántsem teljes – felsorolásszerű összefoglalóból is látható, hogy a térinformatikai alkalmazásoknak nagy jelentőségük van a szűkebb és tágabb értelemben vett termőhelyi kutatásokban, és a jövőben mindenképp szükséges az erdészeti termőhelyfeltárás és térképezés módszertanában való szélesebb körű felhasználásuk.

### V.1.3. A talaj tulajdonságai és a faállományok növekedése

Egy adott területen lévő faállományok fatermési, növekedési viszonyait legjobban azok fatermőképességével jellemezhetjük. A fatermőképesség (fatermési fok) értéke fafajonként az adott korban elért magasság alapján megmutatja, hogy mekkora az adott állomány összfatermésének egy adott referencia korra vonatkoztatott átlagnövedéke, 100% sűrűség és elegyarány feltételezésével (Mértékegysége:  $\text{m}^3/\text{ha}/\text{év}$ ) (Fekete, 1951; Veperdi, 2002). A fatermőképességet alapvetően két tényező határozza meg: a fafaj adottságai és a termőhely jósága, ezen belül pedig különösen jelentősek a talaj tulajdonságai. Ezért a talajtulajdonságok és a fatermőképesség összefüggéseinek vizsgálata a fafajok adott területen elérhető fatermési potenciáljai értékelésében kiemelkedően jól alkalmazható (Szodfridt, 1993).

A fatermőképességi adatok használata azért is fontos, mert így kiküszöbölhetőkké válnak a kor és a sűrűség, illetve az elegyarány miatt az azonos fafajú állományok között meglévő különbségek. Ily módon a különböző korú, ám azonos fafajú területek is összehasonlíthatókká tehetők.

Minthogy a fafajok fatermőképességének jellemzésére vonatkozó faállomány adatok meghatározhatók, és a termőhely jóságát kialakító termőhelyi-, főként talajjellemzők is vizsgálatok tárgyát képezték a kutatási területen, ezért a két változócsoporthoz közötti összefüggések vizsgálhatókká váltak.

### V.1.4. A lágú „fuzzy” halmazelmélet és talajtan

A „fuzzy” (lágú) halmazokról alkotott elmélet (Zadeh, 1965) jelentősége a talajtérképezésben, és ebben a dolgozatban is, az *V.1.1. fejezetben* említett folytonos talajtestek térbeli mintázatának jellemzése kapcsán merül fel.

Ez a dolgozat alapkoncepciójából következik, mely szerint az egyes talajképző környezeti tényezők meghatározó módon befolyásolják a talaj tulajdonságainak értékeit. Ezek a környezeti tényezők térben és időben folytonosan fejtik ki hatásukat, ezért nem határozott, éles vonallal elválasztható módon elkülönülő talajok alakulnak ki, hanem egy folytonosan változó tulajdonságú, fokozatos átmenetekkel jellemezhető talajtakaró jön létre, melynek egyes részein a környezeti változók hatásának mértéke és összetétele a tulajdonságok kialakításában eltérő lehet.

Ezért a lágú osztályozás révén fenntartva a fokozatos átmenetek lehetőségét, elválaszthatók azok a területrészek (lágú osztályok), amelyeken belül a vizsgálatba vont

környezeti, talajképző tényezők egységesebben fejtik ki hatásukat, mint a terület többi részén (a lágysztyálok között).

Ezáltal, az elkülönített osztályokat reprezentáló területrészekben a talaj tulajdonságai és a környezeti, talajképző tényezők közötti kölcsönhatások könnyebben modellezhetőkké válnak.

#### **V.1.4.1. A lágysztyálok elméletének általános megközelítése**

A szétválasztási, osztályozási vizsgálatok célja kétféle lehet:

1. Mintánk bizonyos elemeiről el akarjuk dönteni, hogy véges számú előre definiált osztályaink közül melyikbe esnek.
2. Mintánkban lévő elemek sokaságát megpróbáljuk bizonyos osztályalakító szempontok szerint elkülönülő osztályokba sorolni.

A hagyományos (kemény) osztályozás során minden elemről feketén-fehéren eldönthető, hogy melyik osztályba tartozik. Vagyis, az osztályba tartozást kifejező logikai változó értéke, minden elem esetében az egyik osztályra nézve 1, az összes többi osztályra nézve pedig 0.

Olyan esetben, ahol az osztályok átmérője (egy osztály két legtávolabbi eleme közötti távolság a paraméterterben) az osztályok közötti távolságnál (két osztály egymáshoz legközelebbi elemének távolsága a paraméterterben) kisebb, lehetőség van egyértelmű elkülönítésre, ám ahol az osztályok átmérője nagyobb, mint az osztályok közötti távolság, az egyértelmű szétválasztás nem lehetséges, mert átfedések alakulhatnak ki az osztályok között.

A forradalmi áttörést az a gondolat hozta, hogy nem feltétlenül kell egy elemnek vagy az egyik, vagy a másik osztályba tartozni, hanem egyszerre több osztályba is tartozhat más-más mértékben. Ezt nevezik „fuzzy”, vagy lágysztyálok osztályozásnak. Egy adott osztályba való tartozást kifejező logikai változó értéke, mint súlyérték ebben az esetben 0 és 1 között bármilyen értéket felvehet, ám egy elemre vonatkozóan a súlyok összege egyenlő kell legyen 1-el. A lágysztyálok, „fuzzifikációs” paramétert és az osztályok számát előre meg kell adni és tulajdonképpen egy iterációs eljárás során állapítjuk meg a valóságosan elkülönülő osztályok számát, amely után az egyes osztályok középső, centrális értéke meghatározható (*Podani, 1997*).

#### **V.1.4.2. A lágysztyálok elméletének áttekintése**

A hagyományos matematikai gondolkodás alapja az arisztotelészi logika alapjain nyugszik, melynek két fontos és a matematikai gondolkodást meghatározó törvénye a következő:

1. Minden állítás vagy igaz, vagy pedig hamis.
2. Egyetlen állítás sem lehet egyszerre igaz és hamis is.

Az arisztotelészi logika meghatározta a matematika, és vele együtt a tudomány fejlődését is annak ellenére, hogy folyamatosan voltak ellenvetések a két értékű (0, 1) logikai gondolkodás mindenhatóságát illetően, és kísérletek a több kimeneti lehetőséget biztosító logikai gondolkodás alapjainak bevezetésére. Ezek a kísérletek abból az észrevételből táplálkoztak, melyek szerint igenis lehetséges, hogy a dolgok egyidejűleg igazak is és hamisak is egyben. Ennek jegyében voltak kísérletek a több értékű logika megteremtésére (*főként Lukaszewicz In: Lejewski, 1967; Brule, 1985 és Black, 1937 révén*), akik három, négy öt és több-értékű logikai változók matematikai leírásával és alkalmazásával próbálkoztak.

Az áttörést *Zadeh* 1965-ös munkája jelentette 'Fuzzy Sets' címmel, amely tartalmazta a lágy halmazelmélet matematikai leírását és a fuzzy logika elemeit. Az elmélet lényege, hogy egy tagsági függvény a valós számok  $[0,1]$  zárt intervallumán képezi le a logikai értékeket, amely ily módon a HAMIS (0) és IGAZ (1) közötti tetszőleges átmenet leképezésére képes és ezért a hagyományos logikai gondolkodás kiterjesztésének tekinthető.

*A fuzzy halmaz és fuzzy szám:* A formális definíciót tekintve a fuzzy halmaz meghatározásához feltesszük, hogy  $\mathbf{X}=\{x\}$  egy véges halmaza, (vagy tere) pontoknak, amelyek lehetnek elemek, tárgyak, vagy tulajdonságok.  $\mathbf{X}$  fuzzy alhalmaza  $\mathbf{A}$ , egy tagsági függvénnyel kerül definiálásra,  $\mu_{\mathbf{A}}$ :

$$\mathbf{A} = \{x, \mu_{\mathbf{A}}(x)\}, \text{ minden } x \in \mathbf{X} \text{ esetében.} \quad (2)$$

Egyszerűen szólva a fuzzy halmaz egy tagsági függvénnyel jellemezhető, amely megmutatja, hogy egy adott  $x_i$  elem milyen mértékben eleme a fuzzy halmaznak,  $\mathbf{A}$ . A  $\mu_{\mathbf{A}}(x)$  értékek nullát, egyet és a kettő között bármilyen értéket felvehetnek. Amennyiben a  $\mu_{\mathbf{A}}(x)$  értéke 0, az azt jelenti, hogy  $x$  nem eleme az  $\mathbf{A}$  halmaznak, ha  $\mu_{\mathbf{A}}(x)$  értéke 1, akkor  $x$  egyértelműen eleme az  $\mathbf{A}$  halmaznak, ha pedig  $0 < \mu_{\mathbf{A}}(x) < 1$ , akkor  $x$  bizonyos mértékig eleme az  $\mathbf{A}$  halmaznak, így definiálható a részleges tagsági érték is.

A fuzzy szám egy fuzzy alhalmaza a valós számoknak, amelyet egy valószínűségi eloszlással lehet jellemezni (*Kandel, 1986*). Ez egyfajta általánosítása a valós számoknak. Általában a fuzzy számot egy normál és konvex fuzzy halmazként definiálnak a valós számegyenesen:  $\mathbf{A} \subseteq \mathfrak{R}$ . Normál alatt azt értjük, hogy a maximális tagsági érték 1. Konvex

alatt pedig azt, hogy tartalmaz egy növekvő és egy csökkenő szakaszt a maximum előtt és után, és néha alternatívaként tartalmazhat egy lapos szakaszt is.

**Alapvető műveletek fuzzy halmazokkal:** A meghatározáshoz feltesszük, hogy **A** és **B** két fuzzy halmaz **X** véges halmazhoz rendelve a valós számok halmazán  $\mathfrak{R}$ .

*Részalmaz:* **A** részalmaz **B**-nek, ha

$$\mu_A(x) \leq \mu_B(x) \quad \forall x \in X; A \subset B \quad (3)$$

*Egyenlőség:* **A** és **B** egyenlő akkor és csak akkor, ha

$$\mu_A(x) = \mu_B(x) \quad \forall x \in X; A=B \quad (4)$$

Ha csak egy  $x$  esetében is nem teljesül az egyenlőség, a két halmaz nem egyenlő.

*Komplementerség:* **A** és **B** egymás komplementerei, ha

$$\mu_B(x) = 1 - \mu_A(x) \quad \forall x \in X; B=\bar{A} \quad (5)$$

Ez az operátor megfelel a logikai NEM-nek.

*Metszet:* **A** és **B** metszete a legnagyobb olyan részalmaz, melynek elemei **A**-ban is és **B**-ben is megtalálhatók:  $A \cap B$

$$\mu_{A \cap B}(x) = (\mu_A(x) \wedge \mu_B(x)) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)); \forall x \in X \quad (6)$$

Ez az operátor megfelel a logikai ÉS-nek.

*Unió:* **A** és **B** uniója az a legkisebb halmaz, amely minden elemet tartalmaz, ami az **A**-ban vagy a **B**-ben szerepel:  $A \cup B$

$$\mu_{A \cup B}(x) = (\mu_A(x) \vee \mu_B(x)) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)); \forall x \in X \quad (7)$$

Ez az operátor megfelel a logikai VAGY-nak.

**Fuzzy logika:** A fuzzy logikát a Boolean logika kiterjesztésének kell tekinteni, ahol is kezelhetővé válik a részleges igazság kifejezése, ami azt a tartományt jelenti, ami a teljesen igaz és a teljesen hamis állítások között fekszik.

Amit e helyen ki kell emelni, hogy az e fajta logikán alapuló osztályozási mód kiválóan alkalmazható a talajok osztályozására, ahol az elkülönítendő elemek közötti átmenetek fokozatosak, illetve ahol a megfigyelt objektumok között a különbségek nem kiemelkedően markánsak.

#### V.1.4.3. A lágy halmazok elmélete a talajtudományokban

A talajtanban alkalmazott legtöbb modell interdiszciplináris modellként jellemezhető (*McBratney és Odeh, 1997*). Ez azt jelenti, hogy az egzakt matematikai modelleket össze kell kapcsolni kevésbé konkrét leíró jellegű modellekkel. Az eredményül kapott komplex modelleket sokszor nehéz értelmezni és talán nem is kötődnek a valóságos világ jelenségeihez a kívánt mértékben. Például a földértékeléshez használt döntés előkészítő modelleknek szükségük van a kémia és a fizika által nyújtott ismeretekre a talaj tulajdonságait illetően, de ugyancsak megkívánják a szociális tényezők ismeretét is a döntések következményeinek értékeléséhez (*Waterstone, 1994*). Így a talajtanban alkalmazott modelleket a következőképpen jellemezhetjük: több, általában egymással ellentmondó attribútum; szubjektív, bizonytalan preferencia választási koncepció; bizonytalan és pontatlan információ a modell adataival kapcsolatban.

A fuzzy matematikai megközelítés éppen a pontatlanságban és a bizonytalanságban gyökerezik: Fő jellemvonása egyedi elemeket olyan osztályokba csoportosítani, amelyeknek nincsenek éles határaik. Ezért a fuzzy megközelítés kiválóan alkalmazható olyan jelenségek matematikai modellezésében, ahol a bizonytalanság uralkodó jellemző.

A statisztikai módszerek talajtani alkalmazásának egyik fő célja volt a bizonytalansági szint és a pontatlanság csökkentése. A bizonytalanságot úgy tekintették, mint ami a növekvő tudás fényében előbb-utóbb eltűnik a talajtanból, vagy legalábbis elfogadható szintre csökken (*Bárdossy és Duckstein, 1995*). A valóságban azonban a bizonytalanság a természeti rendszerek örökös és kiküszöbölhetetlen részét képezi. Bizonyos esetekben alapvetőnek tekintett, hogy a bizonytalanság mindig a véletlenszerűség eredménye, és a statisztika és a valószínűség számítás megfelelő eszköz ennek a problémának a kezelésére. Ennek a módszernek az alkalmazását kiterjeszteni komplex modellekre sokszor komoly nehézségekkel terhelt, vagy nem is alkalmazható, főleg ha a komplexitás sok elméleti feltételezést követel meg. A túlhangsúlyozott pontosságban gyökerező komplex modellek azonban nem feltétlenül jelentenek nagyobb pontosságot. A fuzzy halmazok elmélete megfelelő eszközt nyújt az efféle bizonytalanságok kezelésére, különösen akkor amikor a bizonytalanság a pontatlan kategóriahatárokból következik (*McBratney és Odeh, 1997*).

A talajtanban a fuzzy k-közép osztályozás módszerét ma leginkább klasszifikációs problémák megoldásában használják (*McBratney és Odeh 1997*). Jelen esetben is ez volt a kitűzött cél: a területi megfigyeléseket folytonos osztályokba kellett sorolni, ahol minden egyes eset, minden osztályra vonatkozóan egy osztályba tartozási mérőszámot kapott, ami kifejezi az adott osztályhoz való kötődésének mértékét. Ennek célja és jelentősége abban áll, miszerint

feltételezhető, hogy a vizsgált területen, a megfigyelt talajtulajdonságok kialakításában az egyes környezeti talajképző tényezők különböző jelentőséggel vesznek részt helyszínről helyszínre haladva a vizsgálati területen belül. Emellett szükség van arra, hogy mind a környezeti változók, mind a talajtulajdonságok tekintetében elkülöníthetőkkel váljanak olyan, előre nem ismert, de nagyjából egységes jellegeket mutató csoportok, amelyekben belül feltételezhetően a környezeti, talajképző tényezők egységsebben fejtik ki a hatásukat, mint a csoportok között, vagy a csoportosítás nélkül vizsgált összesített adatok esetében. Így a lágy csoportosítás következtében, a csoportok közötti – fentieknek megfelelően elvárt – folytonos átmenetek is jobban jellemezhetőkké válnak, mert ezek a csoportok a térbeli folytonosságnak megfelelően nem határolódnak el egymástól éles határokkal, hanem köztük fokozatos átmenetek képződnek, olyannyira, hogy bizonyos tekintetben a csoportok közötti különbségek nem, vagy csak alig érzékelhetőek. Ily módon kevesebb számú adat felhasználásával is lehetőség van a valóságot jól közelítő összefüggések felállítására a környezeti talajképző tényezők és a megfigyelt talajtulajdonságok között. (Ennek ellenőrzésére nagyobb számban használtam véletlen módon kiválasztott referencia pontokat ellenőrzési célra (22 db), mert a referencia pontoktól való eltérések az előállított talajtérképeken jobban jellemezheti az egész modell pontosságát, mint az osztályokra bontás miatt lecsökkent elemszámú statisztikai próbák megbízhatósági mérőszámai.)

### **V.1.5. Általános matematikai statisztikai eszközök**

Mínt hogy a vizsgált erdőterület kiterjedése több mint 7500 ha, az adatgyűjtés tervezéséhez, a környezet, a talaj és a faállományok leíró adatainak elemzéséhez és a köztük lévő kapcsolatrendszer feltárásához, valamint az ökológiai rendszerekre mindig jellemző nagyfokú bizonytalanság kezeléséhez elengedhetetlen volt az általános matematikai statisztika eszközeinek alkalmazása.

#### **V.1.5.1. Mintavétel**

Ahogy az az *V.1.2. fejezetben* vázoltam, a talaj tulajdonságainak jellemzésére és a szükséges talajtérképezés alapadatainak előállításához pontos helyzetükkel meghatározott talajmintavételre volt szükség. Ezen túlmenően kitűzött cél volt a faállományok fatermőképességének ( $\text{m}^3/\text{ha}/\text{év}$ ) és a talaj tulajdonságai közötti összefüggések vizsgálata is, ezért az erre vonatkozó méréseket és a talajok mintázását értelemszerűen össze kellett kapcsolni. Mínt hogy nagy kiterjedésű területről kellett információkat gyűjteni, elengedhetetlen volt valamilyen mintavételi technika alkalmazása.



A mintapontok elhelyezkedése nem feltétlenül kell, hogy homogén és szabályos legyen, hiszen számos szempont játszik közre a mintaterületek kiválasztásánál. A fontos az, hogy az egész területet a vizsgálat szempontjából jól jellemző mintapont hálózatot kapjunk, ami lehetőséget nyújt, arra, hogy a terület bármely vizsgálat alá vont pontját minden vizsgálati szempont szerint jellemezni lehessen.

A mintavétel tervezése során számos kérdés merült fel, melyek leginkább a mintasűrűség és az ezzel összefüggő elemszám kérdéséhez kapcsolódtak. Ezzel kapcsolatban fontos megemlíteni, hogy *McBratney et al.(2003)* áttekintő munkájában több, mint 70 digitális talajtérképezéssel foglalkozó kutatás céljait és módszereit is áttekinti. Az áttekintésből kitűnik, hogy az eddigi kutatásokban mind a mintasűrűség, mind pedig a vizsgált terület nagysága igen tág határok között változtak. A vizsgált területek nagysága a 0,01 km<sup>2</sup>-től az 1 000 000 km<sup>2</sup>-ig változott, általában 30 km<sup>2</sup> értékkel. A feltártság mértéke pedig az 0,0001-től az 1080 mintapont / km<sup>2</sup> értékig terjedt, általában 5 mintapont / km<sup>2</sup> értékkel. Az Észak-Hanság esetében kb. 70 km<sup>2</sup>-nyi területet kellett feltárni, ami 5 mintapont / km<sup>2</sup>-el számolva, kb. 300-350 mintavételi pontot jelentett volna. Ezt a mennyiségű mintát a rendelkezésre álló idő és kapacitások mellett képtelenség volt begyűjteni és feldolgozni, ezért megbízhatósági szempontok szerint kellett megválasztani a kivitelezhető és még elegendő mintanagyságot.

Mint ahogy előzetesen semmiféle információ nem állt rendelkezésre a vizsgálni kívánt változókról, a mintavétel tervezése során feltételeztem, hogy a vizsgálat tárgyát képező fő talajjellemzők, és a faállományok fatermőképesség értékei normális eloszlásúak, ezért a véletlen mintavételi stratégia megfelelően reprezentálja majd a vizsgálati területet. Ez annak feltételezését jelenti, hogy a talajtulajdonságok a vizsgált pont területen belüli elhelyezkedésétől függetlenek, átlagos környezeti feltételrendszer mellett átlagos talajtulajdonságokat találunk és hogy a relatíve kis számú, szélsőséges környezeti feltételek között hasonlóan kis számú szélsőséges talajtulajdonságok jelennek meg. A véletlen mintavételi stratégiát a vonatkozó szakirodalom is támogatja (*pl. McBratney et al., 2003; Borders és Shiver, 1996*).

#### **V.1.5.2. Többváltozós regressziós elemzések**

A többtényezős regressziós elemzéseket a környezet-talaj és a talaj-fatermőképesség összefüggések vizsgálatához alkalmaztam.

A többtényezős regresszió általános célja, hogy közelítse több független változó és általában egy függő változó közötti feltételezett kapcsolatot. A többváltozós regresszió széles körben alkalmazott eljárás a természettudományokban. Segítségével olyan jellegű kérdésekre

lehet választ kapni, hogy milyen egyszerűbben meghatározható változókkal lehet egy nehezen becsülhető változót a legjobban előrejelezni. Viszont nem szabad alkalmazni olyan paraméterek becslésére, amiket könnyebb mérni, mint becsülni.

Egy független és egy függő változó esetében kétdimenziós, vagy két-változójú térben az  $Y=a+b*X$  egyenlettel írható le a változók közötti kapcsolat, vagyis az  $Y$  változó kifejezhető egy konstansnak ( $a$ ) és  $X$ -nek egy meredekség ( $b$ ) értékszerese összegeként. A konstans ordináta különbségnek, a meredekség értéket regressziós együtthatónak nevezzük. A többváltozós esetben, amikor több mint egy független változóval kell számolni az eredmény nem ábrázolható két dimenzióban, de összetett számításokkal, melyek részletezésétől eltekintek, a konstans értéke és a regressziós együtthatók meghatározhatók. A többváltozós regressziós vizsgálat általában lineáris egyenletekkel becsli a függő változót, melynek általános alakja a következő:

$$Y = a + b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + \dots + b_n * X_n \quad (8)$$

Ebben az esetben a regressziós együtthatók a független változók részvételét jellemzik a függő változó előrejelzésében. A regressziós egyenes  $Y$  legjobb előrejelzését jelenti a független  $X_i$  változók felhasználásával.

Az esetek zömében a természet jelenségei csak kivételesen jelezhetők előre tökéletesen, ha ilyen létezik egyáltalán. A megfigyelt értékeknek minden esetben tapasztalható szóródásuk van a regressziós egyenes körül. Az egyes esetek eltérését az előrejelzett értéktől maradék értéknek nevezzük. Minél kisebb a maradék értékek szóródása a regressziós egyenes körül a függő változó szóródásához képest, annál jobb a regressziós illesztésünk. Ha például  $Y$  és  $X$  között nincs összefüggés, akkor a maradék értékek szóródását kifejező és az  $Y$  változó szóródását kifejező értékek közötti arány egyenlő eggyel; ha  $X$  és  $Y$  teljesen összefügg egymással, akkor nincs a maradék értékeknek szóródása, így az előbbi arány nullával lesz egyenlő. Általános esetben ez az érték 0 és 1 közé esik és az 1 mínusz a maradék érték varianciát  $R$  négyzetnek, a determinisztikusságot jellemző együtthatónak nevezik. Ez az érték könnyen értelmezhető: Ha például az  $R$  négyzet érték 0,4, akkor tudható, hogy a függő változó változékonyságának 40%-át sikerül „magyarázni” a független változók felhasználásával előállított regressziós egyenlettel. Az  $R$  négyzet érték tehát a modell „jóságát” kifejező érték.

Annak meghatározására, hogy a független változók milyen mértékben kötődnek a függő változóhoz a korrelációs együtthatót használják, ami az  $R$  négyzet érték gyöke. Ez az érték is 0 és 1 közé eső szám. A változók közötti kapcsolatok irányára a regressziós együtthatók előjele

utal. Amennyiben ez pozitív, akkor ez a függő változó és az adott független változó közötti pozitív kapcsolatra utal. Természetesen, ha a regressziós együttható értéke 0 akkor nincs kapcsolat a két változó között.

A többváltozós (lineáris) regresszió elnevezéséből adódik, hogy az eljárás alapfeltevése, miszerint a változók között lineáris kapcsolatok állnak fenn. Ez a feltevés teljesen sosem igazolható, de szerencsére a feltevéstől való kisebb eltérése a változók közötti kapcsolatoknak csak kevésbé érintik az eljárás sikerességét. Ha a linearitás nyilvánvalóan nem tartható, akkor a kérdéses változók átalakításával nem lineáris tagok is bevihetők a becslésbe.

Az eljárás feltételezi továbbá, hogy a maradék értékek normális eloszlásúak.

A legfontosabb koncepcionális korlátja az eljárásnak, hogy a változók közötti kapcsolatokat csak közelíteni képes, tehát sosem tudhatjuk biztosan, hogy a változók között milyen rejtett ok-okozati kapcsolatrendszer áll fenn.

Fontos további korlátozó tényező még a rendelkezésre álló esetek és a felhasznált változók mennyiségének kérdése. Amennyiben a felhasznált változókhoz képest relatíve kevés megfigyelés áll rendelkezésre, úgy a feltárt összefüggések csak korlátozott érvényűek lehetnek, és alkalmazásuk körültekintést igényel. Minthogy esetünkben is felmerültek ilyen problémák ezért nagyobb számban használtam ellenőrzési céllal referencia adatokat, és a regressziós eredmények felhasználását területileg korlátoztam. A többváltozós regresszió analízis számítási kérdéseiről számos irodalmi forrás található, ezért ennek ismertetését nem tartottam szükségesnek *(Sváb, 1973; Köves és Párniczky, 1981; Podani, 1997)*.

## VI. Anyag és módszer

### VI.1. Az elméleti módszerek alkalmazása

#### VI.1.1. A kutatás kezdetekor rendelkezésre álló információk és azok feldolgozása

➤ **A szakirodalom áttekintése, továbbá tapasztalatok gyűjtése a terület korábbi kutatóival, valamint a területtel régebben behatóan foglalkozó erdészekkel, erdőmérnökkel, természetvédőkkel való megbeszélések során.**

A kutatómunkának ez a része alapjául szolgált az elvégzendő vizsgálatok részletes tervezésének. Fő célom az volt, hogy minél teljesebb és valóságosabb képet tudjak kialakítani a Hanságról, illetve az ott tevékenykedő szakemberek munkájáról, a gazdálkodás során felmerülő, a termőhelyet érintő problémákról, hogy majd a gyakorlat számára is elfogadható, megvalósítható megoldásokat alakíthassak ki.

➤ **Alapos terepbejárás a rendelkezésre álló információk alapján.**

Ennek a feladatnak célja volt a területről általános képet nyerni a helyi szakemberek vezetésével, a területhez kapcsolódó, de az irodalmi forrásokban fel nem lelhető információk beszerzése érdekében. Mindemellett a területen kijelölésre kerülő mintavételi hálózat tervezéséhez is nagy segítséget nyújtott.

➤ **A területről rendelkezésre álló részletes topográfiai, erdészeti térképanyagok beszerzése és előfeldolgozása.**

Ezeknek a térképanyagoknak a segítségével lehetett összekapcsolni a domborzat, és a faállomány adatait, valamint helyhez kötni és elemezni a terepi megfigyelések és mérések adatait. Elengedhetetlen feladat volt a már meglévő térképanyagok digitális módon való összeállítása, és összekapcsolása a leíró adatokkal – térinformatikai rendszer kialakításának megkezdése érdekében –, mert ez tette lehetővé a gyors és korszerű adatkezelést és adatelemzést, az aktualizálás pontos és gyors elvégzését, a tematikus térképek készítését, valamint a terepi munkához szükséges, praktikus térképek olcsó előállítását.

Indokolta a fentieket az a tény is, hogy a Kisalföld Erdő Rt. rendelkezik a területét lefedő digitális üzemtervi térképanyaggal, ami nagyban segítette az előkészítő munkát, továbbá a térinformatikai adatkezelés a KAEG Rt. által történő használhatóságot is javítja.

➤ **A vizsgálati területen és annak környezetében fellelhető talajvízkutak mérési adatainak beszerzése, mely adatbázis a talajvíznek, a Hanság vonatkozásában fontos termőhelyformáló környezeti változónak az értékeléséhez nélkülözhetetlen volt (Forrás: ÉDUVIZIG).**

## VI.2. Az elméleti megközelítés interpretációja a Hanságban

A hazai talajtani szakirodalom szerint (Stefanovits, 1992) a talajképző tényezők hat nagy kategóriába sorolhatók: a földtani, az éghajlati, a domborzati, a biológiai, az idő tényező és az emberi tevékenység kategóriáiba.

Ebben az értekezésben a következő fejezetekben vázolt elemzésekhez általam összeállított térinformatikai adatbázis fentiek közül a földtani, és a domborzati tényezők változóira vonatkozóan tartalmaz elsődleges térképi információkat. Továbbá, a talajfejlődést a vizsgált térségben alapvetően befolyásoló felszíni és felszín alatti vizekre vonatkozó információkat tartalmaz közvetlen, vagy levezetett módon.

Jelen dolgozat ezeket a változókat tekinti az Észak-Hanság elsődleges talajképző környezeti tényezőinek, melyek a lápi vegetáció kialakulásának és a szervesanyag felhalmozódásnak keretfeltételeit jelentik és ezáltal a Hanság láptalajainak kialakulásában kulcsszerepet játszottak.

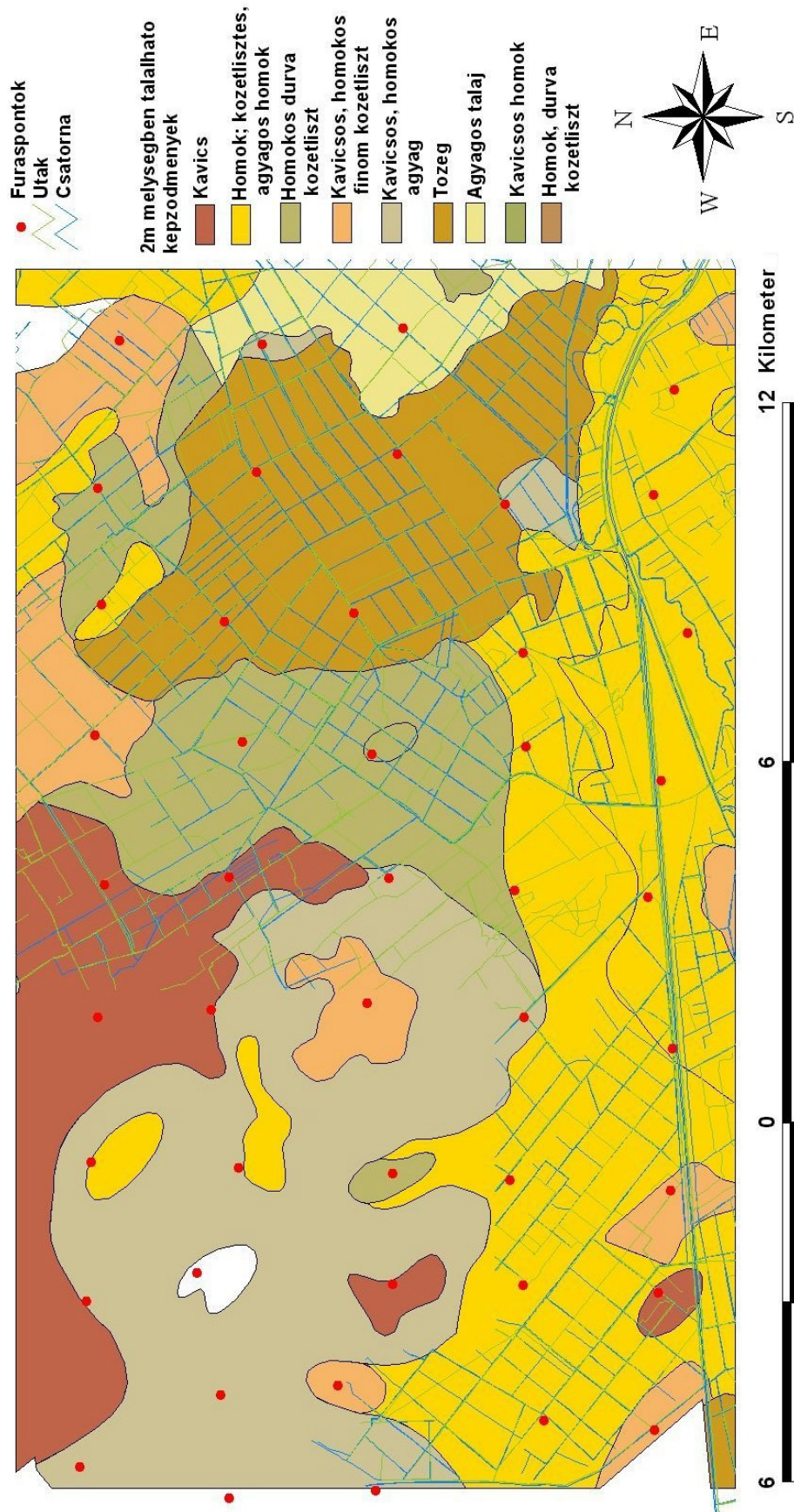
Az adatok nem hordoznak információt az éghajlatról, ám az alföldi jelleg és a terület tömbös elhelyezkedése alapján az éghajlati változókat homogénnek és azonos hatásúnak feltételezem. A biológiai tényezők a vizsgált területen, ahogy az előbbieken említésre került, a tőzegréteg felhalmozódásában és lebomlási folyamataiban játszanak fontos szerepet. Ezeknek a folyamatoknak az irányát és sebességét a reprezentált környezeti változók nagyban befolyásolják, és ezeknek a biológiai folyamatoknak az eredménye, sebességük (idő tényező) szerint megjelenik a megfigyelt talajtulajdonságokban, így külön nem képezték a vizsgálatok tárgyát, csakúgy, ahogy az emberi tevékenység szerepét sem vizsgálta jelen értekezés.

### **VI.3. A környezeti térinformatikai adatbázis felépítése és adattartalma**

Ebben a fejezetben a dolgozat keretében előállított, valamint a máshonnan átvett és benne felhasznált, az elemzések szempontjából nélkülözhetetlen, a *VI.2. fejezetben* meghatározott környezeti adatok és azok felhasználási módja kerül bemutatásra.

#### **VI.3.1. A földtani, domborzati és talajvíz adatbázisok**

- A Magyar Állami Földtani Intézet jóvoltából rendelkezésre állt a Kisalföld földtani térképsorozatának, a vizsgálat szempontjából lényeges részleteinek digitális változata (*VI.3.1.1. ábra*). Továbbá szintén rendelkezésre álltak a területen létesített geológiai fúrásponatok adatai. Ezek az adatok és térképek megegyeznek a Magyar Állami Földtani Intézet által kiadott: „A Kisalföld földtani térképsorozata, Mosonmagyaróvár” címet viselő füzetben megtalálható térképekkel.



VI.3.1.1. ábra: A 2 m-es mélységben található képződmények térképe. (MÁFI, 1991)

Ennek jelentősége azért nagy, mert a talajfejlődés szempontjából igen fontos ismerni a közvetlenül a talajtakaró alatt elhelyezkedő földtani képződmények minőségét és összetételét. Különösen igaz ez az Észak-Hanság azon területein, ahol nem a hidromorf talajok kialakulásának kedveztek a környezeti feltételek. De általában véve is igaz, hogy az ágyazati és talajképző kőzet figyelembevétele nem megkerülhető kérdés. A hidromorf talajok esetében a lápi fekü összetétele szempontjából lényeges az ágyazati kőzet minősége főként akkor, amikor a tőzegréteg lebomlása révén a lápi fekü közel kerül a termőréteghez és a fák gyökereihez.

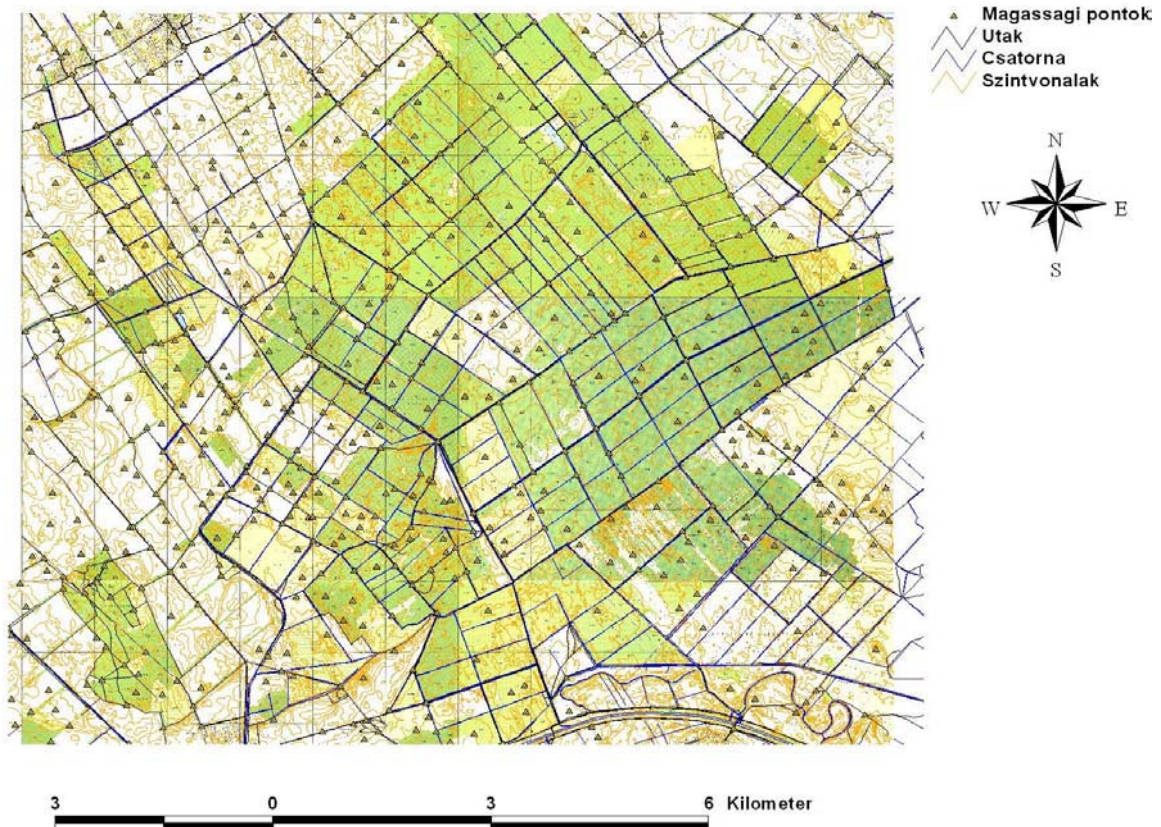
- Az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság jóvoltából rendelkezésre álltak a térségben fellelhető talajvíz kutak méréseiből számított havi talajvízszint átlagadatok értékei 1955-től 2000-ig (540 hónap adata). Ehhez kapcsolódóan természetesen a kutak földrajzi adatai is ismertek voltak. Így vált lehetővé a vonatkozó időszak havi talajvízszintjeinek modellezése **(VI.3.1.2. ábra)** a térség erdei alatt. A havi talajvízszint felületeket Spline interpolációval készítettem – *ArcView Spatial Analyst programmal* –, annak érdekében, hogy a kutak havi átlagadatainak értékeire illeszkedő folytonos és minimális görbületű felületet állítsak elő. Ez a felület a mérési pontokon a talajvíz kutakban mért értékeket veszi fel. A közelítés a térség csekély domborzata miatt, és a mélyebb talajrétegek homokos, kavicsos összetétele miatt – amely a víz mozgását nem akadályozza jelentős mértékben – nem jelent nagy tévedési lehetőséget, mivel számottevő akadály hiányában a víz is hasonló felületet igyekszik kialakítani a talajtestben.

A talajvíz mozgása nagy jelentőségű a lapterületek termőhelyi viszonyainak értékelésében, illetve a tőzegtalajok hidrológiai viszonyainak szempontjából. A talajvízszintek és a felszíni domborzat vizsgálatával meghatározhatók azok a területrészek, amelyek leginkább kitettek a talajvízből származó többletvíz hatásának. E mellett elhatárolhatók a különböző hidrológiai kategóriák határai, úgymint a többlet vízhatástól független, időszakos-, állandó vízhatású, felszínig nedves és a vízzel borított. Megemlítem, hogy a meghatározott talajvízszint modellek közül az 1982 évi összevetve a MÁFI által készített talajvízszint térképpel – azért ezzel, mert más időpontra nem állt rendelkezésre ilyen térkép –, igen jó egyezést találtam a két térkép által megjelenített talajvízszintek felszíntől mért távolságának térbeli mintázata között.

- A területről az NYME Földmérési és Távérzékelési Tanszéke révén rendelkezésre álló Egységes Országos Vetületben készült 1:10 000 méretarányú 6x4 km-es térképszelvények síkrajzi elemeinek, szintvonalainak és magasságukkal adott pontjainak digitalizálásával **(VI.3.1.3. ábra)** a dolgozat keretében elkészítettem a térség digitális domborzatmodelljét.

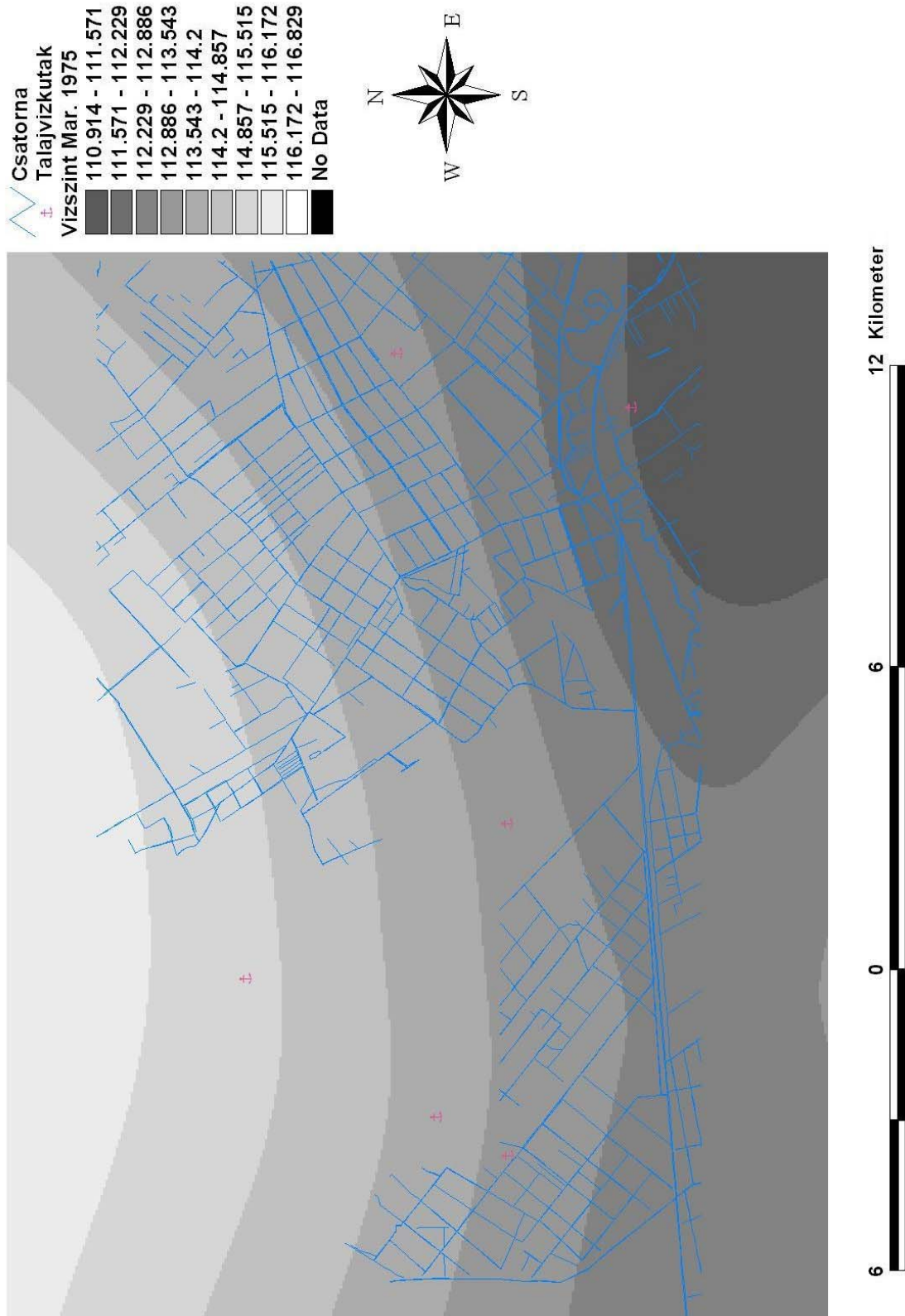
A szintvonalakon és a magassági pontokon alapuló TIN (Triangular Irregular Network) generálásával létrehozott domborzatmodell (*ArcView Spatial Analyst*) kulcsszerepet játszott az elemzések során, legyen az akár, az előbb említett talajvízszint modellel való összevetés, vagy a későbbiekben tárgyalt felszínen összegyűlő vizek kérdése (**VI.3.1.4-5. ábra**). A domborzatmodellből általam levezetett, további térképi adatbázisok a következők:

- Lejtésviszonyok térképe.
- A kitettségi viszonyok térképe.
- A mikro-vízgyűjtők és lefolyástalan területek, ill. azok legmélyebb pontjainak térképe.

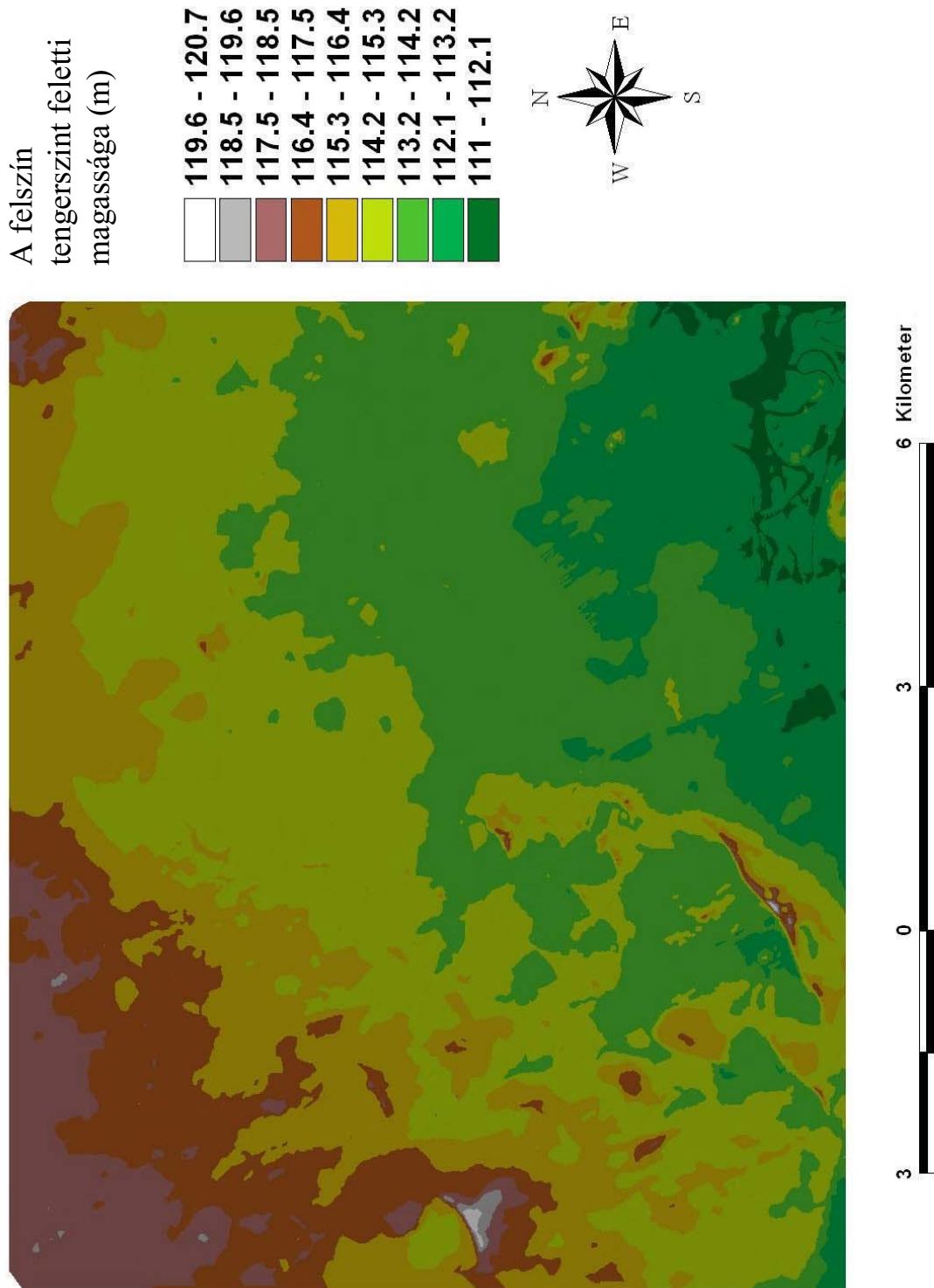


**VI.3.1.3.ábra:** A digitalizált síkrajzi elemeket tartalmazó topográfiai térkép részlete

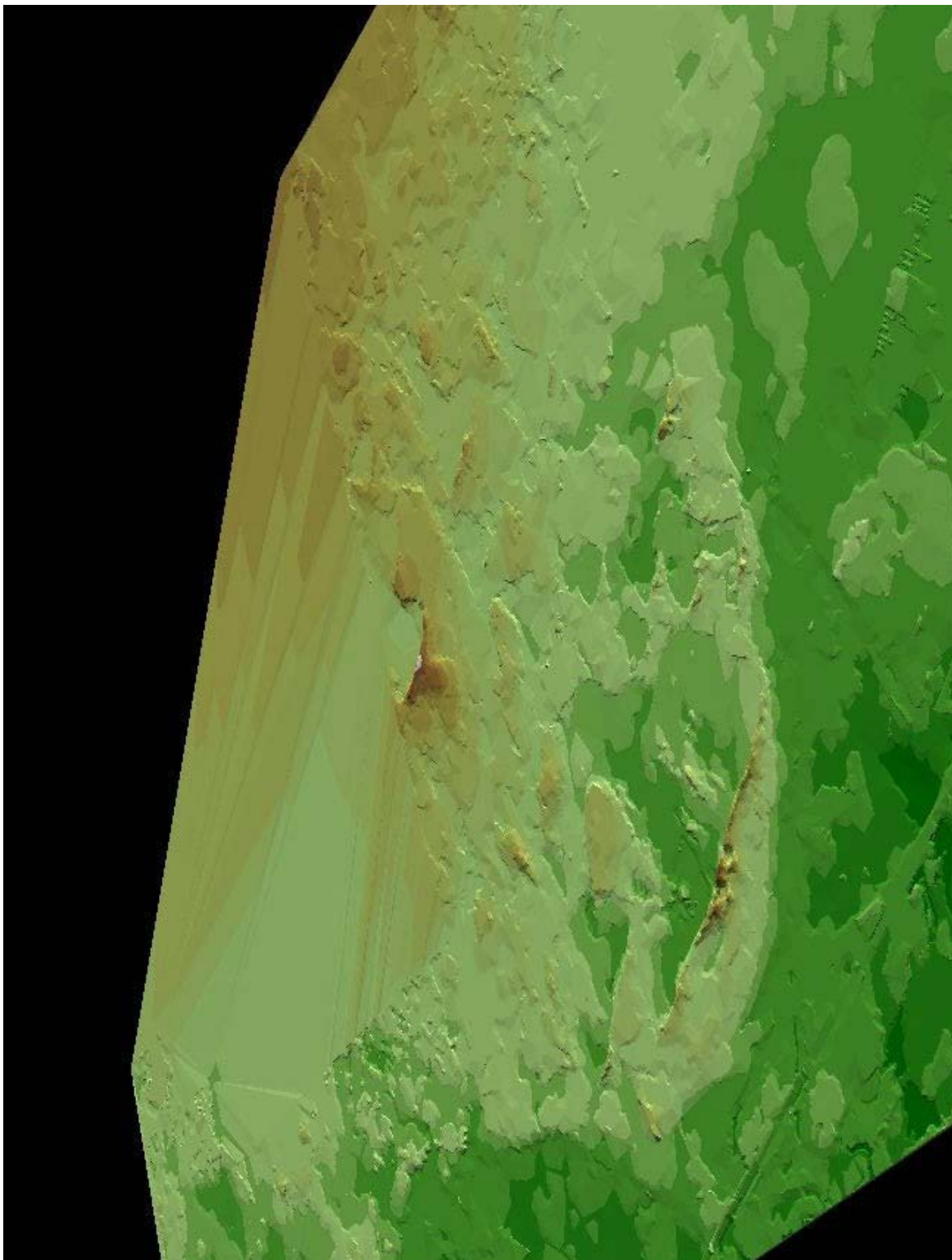




**VI.3.1.2. ábra:** Példa a talajvíz kutak mérési adatain alapuló talajvízszint modellre.



*VI.3.1.4. ábra: A szintvonalas térképekből előállított domborzatmodell részlete*

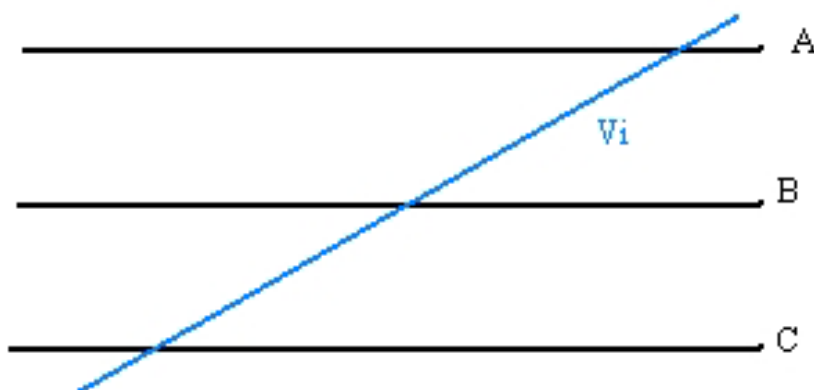


*VI.3.1.5. ábra: A domborzatmodell perspektivikus képe*

### VI.3.2. Talajvízszint index bevezetése

Mint ahogy a **VI.3.1.2. ábrához** hasonló talajvízszint elhelyezkedéséről tájékoztató adatok csak a talajfelszín magasságának ismeretében bírnak értelmezhető információval és korántsem érdektelen, hogy a talajszelvényen belül hol helyezkedik el a mindenkori talajvízszint, ezért szükséges volt egy olyan változó bevezetése, mely értékével majd információt hordoz a talajvízszint talajszelvényen belüli elhelyezkedésére vonatkozóan. Ezt a következőképpen oldottam meg:

A mintapontok esetében ismert a talajfelszín tengerszint feletti magassága, valamint a termőréttegnek, illetve az alatta elhelyezkedő tőzegréttegnek a vastagsága. Ismert továbbá az ágyazati kőzetnek a mélysége. Ezeknek az ismereteknek a birtokában meghatározható a felső kotus-, illetve a tőzegrétteg határainak tengerszint feletti magassága. A talajvízszint talajprofilon belüli elhelyezkedésének jellemzésére – az előbbieket felhasználásával – pedig lehetséges volt bevezetnem egy talajvízszint indexet ( $v$ ) a következő módon (**VI.3.2.1. ábra**):



**VI.3.2.1. ábra:** A talajvízszint talajprofilon belüli elhelyezkedésének lehetséges esetei. (A, B és C a felszínnek-, a termőréttegnek- és a tőzegréttegnek a határa,  $V_i$  a mindenkori havi talajvízszint,  $i = 1971$  januártól, 1999 decemberig; további magyarázatot l. a szövegben)

- Ha a talajvízszint az ágyazati kőzetben, vagy annak határán van ( $V_i \leq C$ ):  
 $v = 1 - (C - V_i) / C$ . Ebben az esetben  $v$  értéke egynél kisebb, vagy egyenlő eggyel.
- Ha a talajvízszint a tőzegréttegben, vagy a termőrétteg határán van ( $C < V_i \leq B$ ):  
 $v = 2 - (B - V_i) / (B - C)$ . Ebben az esetben  $v$  értéke egy és kettő közé esik.
- Ha a talajvízszint a termőréttegben, vagy a felszín határán van ( $B < V_i \leq A$ ):  
 $v = 3 - (A - V_i) / (A - B)$ . Ebben az esetben  $v$  értéke kettő és három közé esik.
- Végül pedig, ha a talajvízszint a felszínen, vagy a felszín felett van ( $A \leq V_i$ ):  
 $v = 4 - (A - V_i) / A$ . Ebben az esetben  $v$  értéke négy fölötti érték.

A fenti index értékei ily módon minden egyes hónapra előállíthatók, mely értékek átlagolása után, minden egyes szelvényt egyetlen talajvízszint indexszel jellemezhetünk, amely azonban megmutatja, hogy a sokévi átlagot tekintve melyik talajrétegben, milyen mértékig van jelen a talajvíz. Ezzel az indexszel a talajvízszint elhelyezkedésének minőségi különbségeit is figyelembe lehet venni a későbbi elemzések során, főként a lágy osztályok kialakításakor.

Az ismertetett módon előállítottam tehát a vizsgálati terület környezeti leíró adatbázisát, melybe a **VI.4. fejezetben** tárgyalt mintapontok hálózata is beilleszthető lett.

#### **VI.4. A vizsgálati területről újonnan gyűjtött adatok (mintavétel)**

Ebben a fejezetben a kutatás során, a vizsgálati területen közvetlenül végrehajtott adatgyűjtés módja és az adatok köre kerül bemutatásra.

##### **VI.4.1. A mintavétel, és annak szempontjai**

A mintavétellel történő adatgyűjtés két változócsoportha terjedt ki, nevezetesen a talajra és a faállományokra.

A talaj tekintetében a legfontosabb változónak a termőréteg vastagságát tekintettem, mely több talajjellemző együtthatását összetetten jellemzi.

A faállományok tekintetében a fő állományalkotó fajok – a nemes nyárok, a fűz és az éger – fatermőképességét tekintettem a legfontosabb változónak.

A véletlen mintavételi stratégia szempontjai alapján és a rendelkezésre álló kapacitások figyelembevételével, egy 100 elemű minta véletlenszerű kiosztása mellett döntöttem. Ez az Észak-Hanság esetében 1,5 mintavételi hely / km<sup>2</sup> mintasűrűséget jelentett, aminek hatékonyságát a későbbiekben még vizsgálni kellett.

A mintavétel tervezése során a fő állományalkotó fajok előzetes fatermőképességi csoportokba sorolt állományainak területfoglalási részarányát súlyozásra használtam a közöttük szétosztásra kerülő mintaszámok meghatározása érdekében, hogy a legnagyobb területű faj, legjellemzőbb (jó, közepes vagy gyenge) fatermőképességű állományai legyenek a leginkább reprezentálva a mintában a jelenlegi meghatározó súlyoknak – területfoglalásuknak – megfelelően. Ugyanakkor ne maradjon ki egyetlen kisebb területű, ám még jelentősnek tekinthető faj és fatermőképességű csoport sem a mintavételből. Ehhez felhasználtam a KAEG Rt.-től kapott, erdőrészlatszintű, fajok szerinti fatermőképesség

mintázat térképeket, amelyek alapján és az erdőtervi térképek (*ÁESZ*) segítségével meg tudtam határozni az egyes fafajok különböző fatermőképességű állományinak területét.

A megvalósult mintavételi hálózat áttekintő térképe látható az *VI.4.1.1. ábrán*.

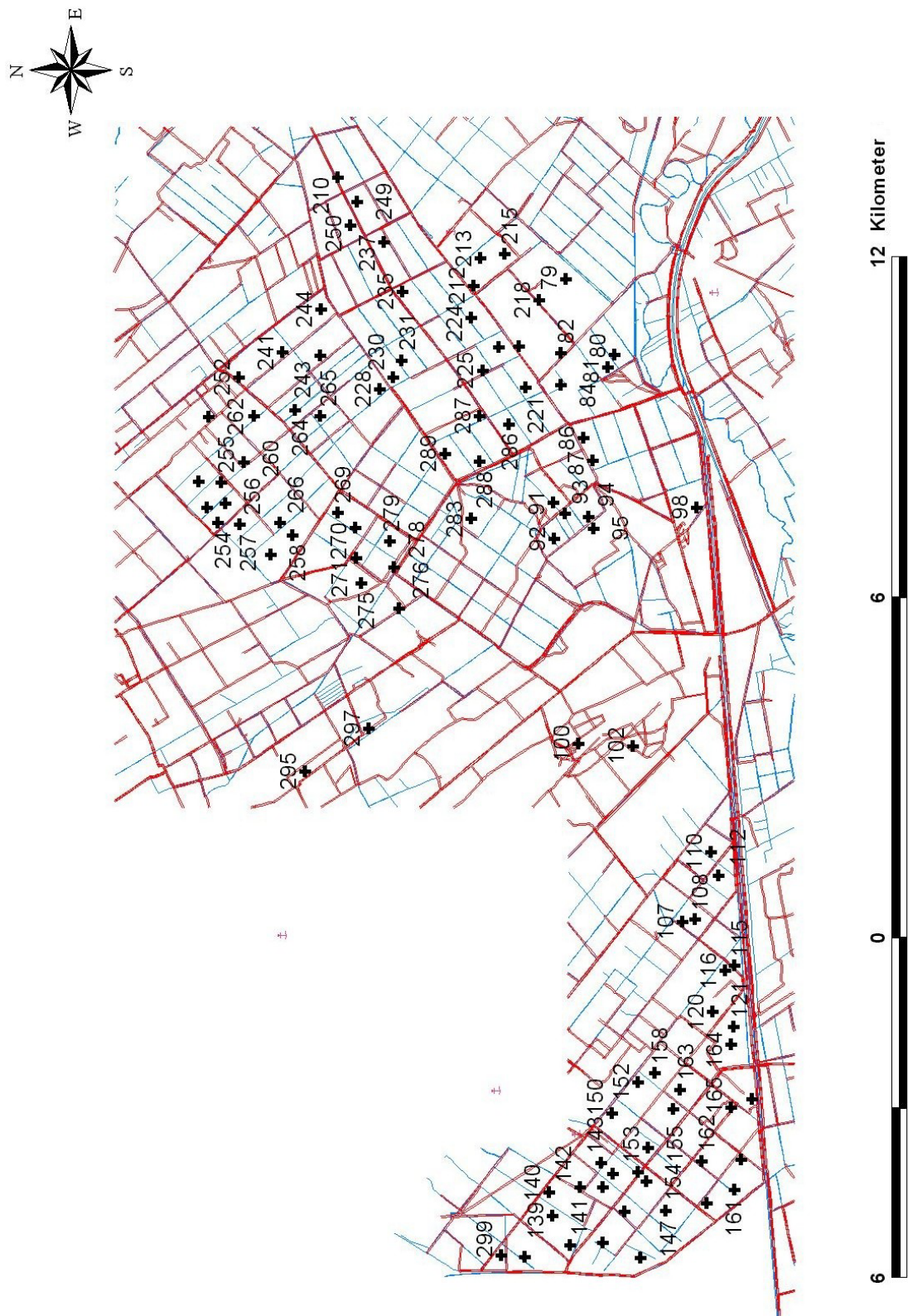
A vázolt véletlen mintavételi mód, némileg hasonlít a rétegzett véletlen mintavételi<sup>2</sup> eljáráshoz (*Borders és Shiver, 1996*), a tervezés részletes menete a következő volt:

1. A fafaj és a fatermőképesség szerinti területmegoszlást mutató üzemi térképek alapján, meghatároztam az egyes fafajcsoportok (pl.: nemesnyárok, fűz és az éger) és fatermőképességi csoportjaik (0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-25 m<sup>3</sup>/ha/év) szerinti területmegoszlást. (*Forrás: KAEG Rt. digitális térképei*).
2. Az egyes csoportok területfoglalásának arányában történt az említett 100 mintapont felosztása. A legjelentősebb faállomány-típusok mellett az összes állománytípusban létesült mintaterület, fontosságának (területfoglalásának) megfelelő mértékben.
3. A mintapontokat térbeli helyének kijelölése egy-egy fafaj- és fatermőképességi típus csoporton belül véletlenszerűen, sorsolás útján történt a szóba jöhető erdőrészek között, erdőrészen belül pedig rámutatással; majd a terepi kitűzés és állandósítás következett a későbbi felvételezések és a szükséges mérések elvégzéséhez.

A mintaterületek terepi kitűzése GPS technológia felhasználásával történt. A vizsgálatba vont mintaterületek koordináta adatait az *I. melléklet* tartalmazza.

---

<sup>2</sup> A rétegzett véletlen mintavétel lényege, hogy egy a vizsgálandó tulajdonságait tekintve normális eloszlásúnak feltételezett, de inhomogén populációt kisebb, homogénebb részpopulációkra osztunk, melyeket külön vizsgáljuk. Az egész populációra vonatkozó információkat a részpopulációkról gyűjtött információkból vezetjük le. Lásd bővebben: *Borders és Shiver, 1996*



**VI.4.1.1. ábra.** A vizsgálati terület térképvázlata. A sorszámozott fekete keresztek a mintavételi helyeket; a kék horgonyok a talajvíz kutak elhelyezkedését jelzik. A piros vonalak az utakat, a kékek a csatornákat; illetve a Hanság főcsatornát és a Rábcát jelzik.

#### VI.4.2. A mintavétel leírása

A vizsgált térségben a 100 tervezett pontból összesen 96 db mintaterület került kitézésre, melyből 96-on talajszelvény is létesült, kiegészítve a későbbiekben ismertetésre kerülő laborvizsgálatokkal. Ezekből a feldolgozás során 74 terület adatai közvetlenül, 22, véletlenszerűen kiválasztott terület adatai pedig az ellenőrzések során használtam fel.

A mintavételi pontokban a terepi adatgyűjtés kiterjedt a talaj mérhető és megfigyelhető tulajdonságaira, valamint a faállományok mérhető tulajdonságaira. A talaj esetében talajszelvényeket elemeztünk a helyszínen, és mintát vettünk laboratóriumi elemzés céljából, míg a faállományok esetében a talajszelvény körül kitézött mintateres faállomány felvétel történt. Ez alól kivételt csak azok a területek képeztek, amelyeken a vizsgálat idején nem állt faállomány.

A *talaj esetében* teljes talajvizsgálat történt. A mintavételezés kivitelezésénél igyekeztünk minimális kárt okozni mind a védett, mind pedig a gazdasági hasznosítású erdőterületeken. A szükséges mintavételek elvégzése után a szelvények visszatemetésre kerültek. A talajvizsgálat elemei a következők voltak:

- a talajszelvény helyszíni leírása,
- termőréteg vastagságának és a tőzegréteg vastagságának meghatározása, helyszíni jellemzése,
- genetikai szintek szerinti mintavétel,
- a minták laboratóriumi elemzése:
  - vizes és KCl-os pH meghatározása;
  - mésztartalom-, szén-, nitrogén-, foszfor-, kálium- és kén tartalom meghatározása;
  - mechanikai összetétel frakcióinak meghatározása (agyag, iszap, finom homok, durva homok frakciók).

A mintákat a Nyugat-Magyarországi Egyetem Termőhelyismeret-tani Tanszékének laboratóriumában dolgozták fel. A minták elemzése a következő magyar és nemzetközi szabványokban rögzített módon történt:

- Minta előkészítés: MSZ 08-0206/1-78.
- pH, mész,  $h_y$ , KA,  $y_1$ ,  $y_2$ : MSZ 08-0206/2-78.
- Mechanikai összetétel (A%, I%, Fh%, Dh%) MSZ 08-0205-78.
- Kicserélhető kationok: MSZ 08-0214/2-78.
- AL-P, AL-K: MSZ 08-0450/0456-80.



- szerves szén: DIN ISO 10694: 1995.
- szerves nitrogén: DIN ISO 13878: 1998.

A terepi mintavételt talaj- és állományfotó készítése egészítette ki.

A *faállományok esetében* teljes faállomány felvételt végeztünk a mintaterületeken. A faállomány korától és méretétől függően 20x20 – 30x30 m-es mintaterületeket jelöltünk ki, melynek az alábbi adatokat vettük fel:

- fafaj (üzemterv alapján),
- kor (üzemterv alapján),
- átmérő (Mantax elektronikus átlalóval mérve),
- magasság (Suunto famagasság mérővel mérve),
- magassági osztály (szakértői becslés alapján),
- nevelési osztály változók (szakértői becslés alapján).

A fenti adatokból a fafaj, a kor és a magasság függvényében, mintaterületenként történt a fatermőképességi értékek meghatározása a grafikus fatermési nomogrammok felhasználásával (lásd az VI.8. fejezetet).

A mintapontok konkrét mérési adatainak részletes vizsgálatával nyert talajminta és faállomány adatbázist és a térinformatikai adatbázisból nyert adatokat (tengerszint feletti magasság, kitettség, lejtés, ágyazati közet, az aktuális mikro-vízgyűjtő legmélyebb pontjától mért távolság mérőszáma a legmesszebbi pont távolságának százalékában, talajvíz index és havi talajvízszintek (a talajvíz felületének modelljéről vett adat)) tartalmazó összetett adatállományt használtam a tulajdonképpeni elemzésekhez. A *II. melléklet* tartalmazza a mintaterületek összefoglaló adattáblázatát.

#### **VI.4.3. A mintavétel vizsgálata**

Annak eldöntésére, hogy a megvalósult mintavétel a vizsgálat fő változóinak (termőréteg vastagság, fatermőképesség) tekintetében eléggé reprezentatív-e, vagy nem; illetve, hogy milyen hibatarományon belül megbízható, a talaj termőréteg vastagságára ill. a faállományok fatermőképességére vonatkozó eredményeket statisztikai próbákkal elemeztem. Az elemzésekhez a *STATISTICA (StatSoft Inc.)* programcsomagot használtam. A megbízhatóság mértékét vizsgáló elemzések a következők szerint alakultak:

1. A mintavételek alapján a keresett változók tekintetében becslés adható azok várható értékére és szórására.

2. A rendelkezésre álló adatokból és a mintaszámból hipotézisvizsgálattal megállapítható az a hibataromány, amelyen belül a becslés pontossága 5, ill. 10%-os szignifikancia szint mellett várható.

Ennek megfelelően a termőréteg vastagsága és a fatermőképeség tekintetében vizsgálat tárgyát képezte a felvetés, hogy 5%-os, illetve 10%-os szignifikancia szint mellett mekkora az a hibataromány, amelyen a becslés belül marad. Az eredmények azt mutatták, hogy a terület termőréteg vastagságát kevesebb, mint 5 cm-es kétoldali hibatarománnyal, és a fatermőképeséget minden esetben  $4\text{m}^3/\text{ha}$ -os kétoldali hibatarományon belül jellemezni lehet a rendelkezésre álló adatok alapján. Az eredményeket az **VI.4.3.1-4. táblázatok**, és az **VI.4.3.1-2. ábrák** foglalják össze.

**VI.4.3.1. táblázat.** A termőréteg-vastagságának hipotézisvizsgálata 5%, és 10%-os szignifikancia szint mellett.

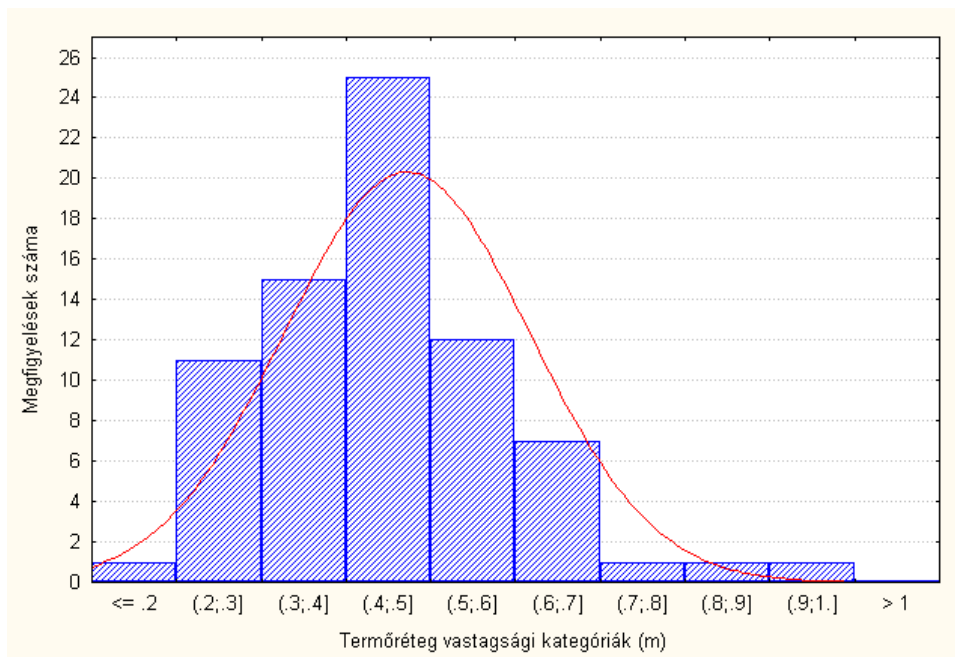
Szignifikancia szint	Termőréteg-vastagság várható értéke mintavétel alapján (cm)	Szórása (cm)	Hibatartomány (cm)	Szükséges elemszám	Rendelkezésre álló elemszám
5%	47,0	15,2	+/-5,1	96	96
10%	47,0	15,2	+/-4,6	96	96

Az elemzésből megállapítható, hogy a talajt jellemző fő célváltozó tekintetében a mintavételezés reprezentativitása a megadott hibatarományok között kielégítő.

A termőréteg vastagsági változó értékeinek normalitás vizsgálata megmutatta, hogy a vizsgált változó eloszlása nem tér el szignifikánsan a normális eloszlástól, minthogy a számított  $\chi^2$  értéke (7,53) kisebb volt, mint a 95%-os valószínűségi szint mellett megengedett 12,6-es  $\chi^2$  érték,  $df=6$  szabadsági fok mellett.

Sajnos a vizsgált fafajok állományainak elemszáma nem tette lehetővé a numerikus eloszlásillesztés vizsgálatát, így ebben az esetben csak grafikus eloszlásillesztés vizsgálatot végeztem.

A termőréteg vastagsági változó tapasztalati gyakorisági eloszlása a vizsgált területen, az illesztett normális eloszlással együtt látható az **VI.4.3.1. ábrán**.

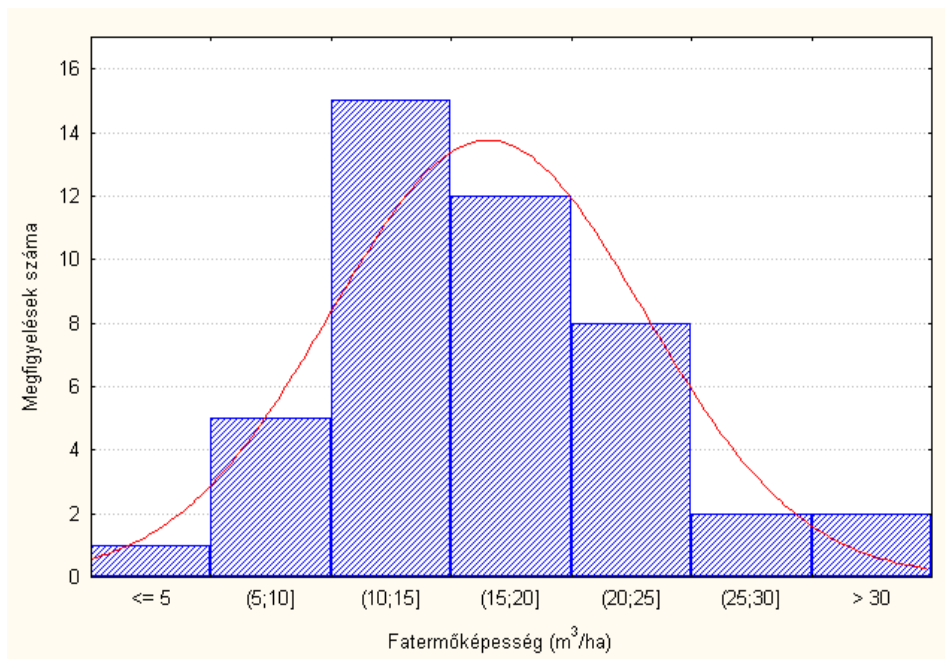


**VI.4.3.1. ábra:** A megfigyelt termőrétteg-vastagsági értékek gyakorisági eloszlása és az elvárt normális eloszlás görbéje

A hipotézisvizsgálatok eredményei a fatermőképesség változók tekintetében pedig a következők (**VI.4.3.2-4. táblázat, VI.4.3.2 ábra**) szerint alakultak:

**VI.4.3.2. táblázat:** A fatermőképesség hipotézisvizsgálata az olasznyár esetében 5% és 10%-os szignifikancia szint mellett

Szignifikancia szint	A fatermőképesség várható értéke mintavétel alapján (m <sup>3</sup> /ha)	Szórása (m <sup>3</sup> /ha)	Hiba tartomány (m <sup>3</sup> /ha)	Szükséges elemszám	Rendelkezésre álló elemszám
5%	15,6	4,9	+/- 4,1	15	15
10%	15,6	4,9	+/- 3,7	15	15



VI.4.3.2. ábra: A megfigyelt nemesnyár állományok fatermőképességi értékeinek gyakorisági eloszlása és az elvárt normális eloszlás görbéje

VI.4.3.3. táblázat: A fatermőképesség hipotézisvizsgálata a fehérfűz esetében 5% és 10%-os szignifikancia szint mellett

Szignifikancia szint	A fatermőképesség várható értéke mintavétel alapján (m³/ha)	Szórása (m³/ha)	Hiba tartomány (m³/ha)	Szükséges elemszám	Rendelkezésre álló elemszám
5%	10,7	4,8	+/- 3,4	21	21
10%	10,7	4,8	+/- 3,1	21	21

VI.4.3.4. táblázat: A fatermőképesség hipotézisvizsgálata a mézgás éger esetében 5% és 10%-os szignifikancia szint mellett

Szignifikancia szint	A fatermőképesség várható értéke mintavétel alapján (m³/ha)	Szórása (m³/ha)	Hiba tartomány (m³/ha)	Szükséges elemszám	Rendelkezésre álló elemszám
5%	7,3	2,8	+/- 2,3	17	17
10%	7,3	2,8	+/- 2,1	17	17

A fentiekből megállapítható, hogy a fő változók esetében a kivitelezett mintavétel az adott hibahatárokon belül jellemzi a vizsgált területet reprezentatívan. Ezért jelen dolgozatban a

kutatásra rendelkezésre álló anyagi források függvényében, statisztikailag a fenti mérőszámok által korlátozott érvényű megállapítások tételére alkalmas mintavétel valósult meg.

### VI.5. A lágy osztályozás alkalmazása

A környezeti változók hatására várhatóan kialakuló lágy osztályok száma és jellemzőik nem voltak ismertek a priori módon, hanem a vizsgálat során alakultak ki a következő, programozott algoritmus szerint:

Az elérendő cél a fuzzy eltérésnégyzet-összeg minimalizálása.

$$FSSQ = \sum_{j=1}^m \sum_{c=1}^k u_{jc}^f d_{jc}^2, \quad (9)$$

ahol

$$d_{jc}^2 = \sum_{i=1}^n (x_{ij} - v_{ic})^2 \quad (10)$$

Az  $u_{jc}$  értékek az elemek osztályokra vonatkozó tagsági értékei.

A  $d_{jc}$  értéke az  $i$ -ik elem távolsága az  $i$ -ik osztály súlypontjától.

Az  $x_{ij}$  egy elem értéke, míg a  $v_{ic}$  egy osztály súlypontja.

A  $j=1-m$ , az elemek száma és  $c=1-k$ , az osztályok száma, míg  $f$  a lágysági vagy „fuzzifikációs” paraméter. Az  $f > 1$  feltételnek minden esetben érvényesülni kell. A  $k$  és az  $f$  értékét előre meg kell határozni és több változat lefuttatása során lehet kiválasztani a legmegfelelőbb osztályozást az alább ismertetésre kerülő módon.

Minél nagyobb  $f$  értéke annál elmosódottabb a határ az osztályok között, annál lágyabb az osztályozás.

Az osztályok súlypontjait a következőképpen lehet meghatározni:

$$v_{ic} = \frac{\sum_{j=1}^m u_{jc}^f x_{ij}}{\sum_{j=1}^m u_{jc}^f} \quad (11)$$

Az osztályozási algoritmus lépései a következők (**Podani, 1997**):

1. A kezdő osztályozás az egymástól legtávolabbi kezdőpontokkal adjuk meg.

2. Az indulási súlyértékeket minden  $j$  elemre a súlypontoktól vett távolságaikkal arányosan kell meghatározni az alábbi feltétel teljesülése mellett:

$$\sum_{c=1}^k u_{jc} = 1 \quad \text{minden } j\text{-re.} \quad (12)$$

3. Az új súlyértékek meghatározása az alábbiak szerint.

$$u'_{jc} = \frac{1}{\sum_{h=1}^k \left( \frac{d_{jc}}{d_{jh}} \right)^{2/(f-1)}} \quad (13)$$

Ha  $d_{jc} = 0$ , tehát a  $c$  osztály súlypontja megegyezik a  $j$  elemmel, akkor az  $u_{jc} = 1$  és az összes többi súly 0 lesz.

4. Meghatározásra kerülnek az új súlypontok.  
 5. A folyamat leáll, ha az adott ciklus után kapott új súlyértékek és az előző ciklus súlyai között mutatkozó differencia egy előre meghatározott értéknél ( $\varepsilon$ ) nem nagyobb.

$$\varepsilon = \max_j \max_c |u_{jc}^{(q)} - u_{jc}^{(q-1)}| \quad (14)$$

Annak eldöntésére, hogy mennyi osztállyal végrehajtott osztályozás a legmegfelelőbb a Bezdek-féle partíciós koefficiens használhatjuk, amely minél nagyobb értéket vesz fel annál kedvezőbb az osztályozás hatékonysága.

$$F_k = \sum_{j=1}^m \sum_{c=1}^k (u_{jc})^2 / m \quad (15)$$

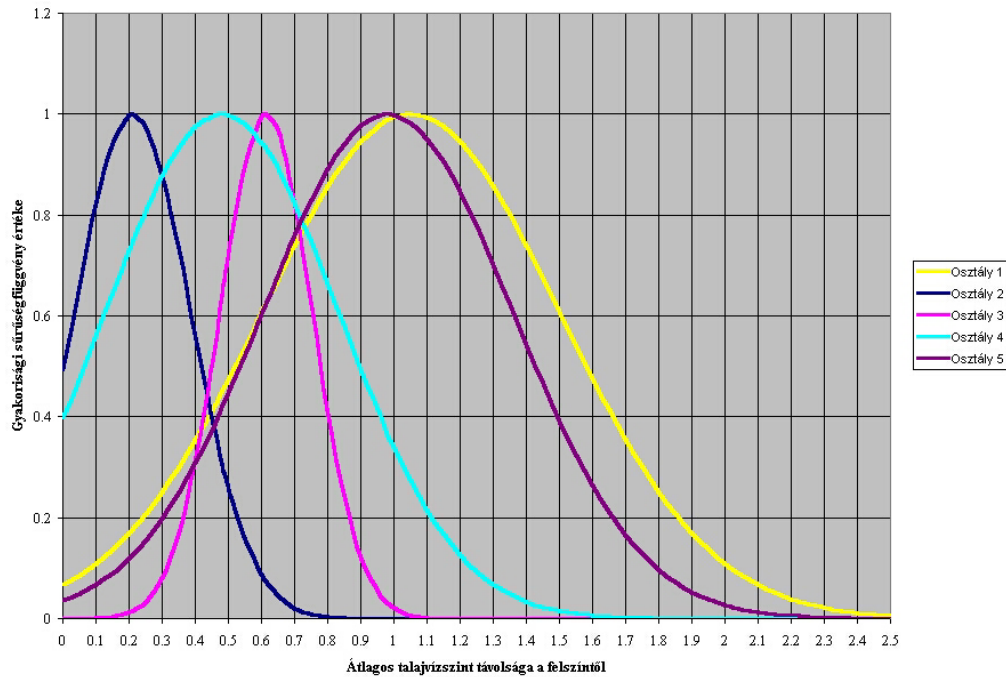
Bezdek-féle partíciós koefficiens (*Bezdek, 1981*)

A **II. mellékletben** található, összetett talajtani- és környezeti változókkal feltöltött adatbázis fuzzy klasszifikációjával elkülöníthetőké váltak a természetes úton mutatkozó osztályok a mintapontok talajtulajdonságai között, együtt a hozzájuk tartozó környezeti változók jellemző értékeivel. Az elemzésekhez a SYN-TAX 2000 programcsomagot (*Podani, 2000*) használtam.

## VI.6. A fuzzy osztályok térbeli mintázatának ábrázolása

Az osztályok térbeli megjelenítéséhez szükséges volt a mintapontokon kívül eső területrészek osztályba sorolása. Ehhez azt kellett vizsgálni, hogy az ezeket a területrészeket reprezentáló pixelek a raszter állományokban, a környezeti változókat jelentő paraméterek tekintetében (minthogy a talajparaméterek csak a mintapontok esetében voltak ismertek) milyen távol, vagy milyen közel vannak az egyes osztályok centrális értékeihez képest. Vagyis elő kellett állítani minden egyes pixelre a környezeti változók tekintetében az egyes osztályokra vett „tagsági értéket”.

Arra vonatkozóan, hogy az egyes osztályok előfordulása hogyan változik a paraméterterben való mozgás során, nem állt rendelkezésre semmilyen előzetes információ. Az összes mintaterület adatainak és az egyes osztályokba eső mintapontok adatainak gyakorisági eloszlásának vizsgálata után, elfogadható volt az a feltételezés, hogy az egyes talajosztályok nagyobb gyakorisággal és valószínűséggel fordulnak elő az osztályközép értékekhez közeli paramétertartományban, mint attól távolabb. Annak ellenére, hogy a jelenleg rendelkezésre álló elemszám nem mindig volt elegendő minden osztály esetében, a gyakorisági eloszlásfüggvények pontos meghatározásához, a normális eloszlás gyakorisági sűrűségfüggvényével közelíthetők voltak az osztályok eloszlásai. Ezt az elgondolást alátámasztotta az a megfigyelés, hogy az egyes osztályokba sorolt mintaterületek adataira osztályonként illesztett normális eloszlások várható értékei egybeestek az osztályok centrális értékeivel, valamint az a tény, hogy az adatokon végrehajtott eloszlás illesztés vizsgálat a normális eloszlás esetében adta a legjobb illeszkedést. A normális eloszlás sűrűségfüggvényei szolgálták az egyes osztályok legvalószínűbb területi elhelyezkedésének szemléltetéséhez. Az osztályok környezeti paraméter térben való gyakorisági eloszlását mutatja, hogy ahol a környezeti változók értéke megközelíti az adott osztály középértékét, ott a gyakorisági sűrűségfüggvény értéke közelíti a maximumot. Ott, ahol a környezeti változók értéke egy másik osztály középértékét közelíti, annak az osztálynak a sűrűségfüggvénye közelíti a maximumát, és az adott tartományban, az alatta lévő terület, mely a valószínűséggel arányos túlszárnyalja a többi osztály azonos értékét. A jobb szemléletesség kedvéért, a sűrűségfüggvények úgy kerültek módosításra, hogy a várható értékük továbbra is az osztályközép értéke legyen, ám maximális értékük minden esetben egy legyen **(VI.6.1. ábra)**.



**VI.6.1. ábra:** A talajvíz felszíntől mért távolságának gyakorisági sűrűségfüggvényei (optimum görbéi) öt osztály esetében.

Ezáltal, előállítottam minden környezeti változó esetében az osztályok gyakorisági görbéit, melyek a folyamatos átmenetet és átfedést biztosítják az egyes osztályok között, és szemléltették a fuzzy talajosztályokat. Az összes, környezeti változó esetében, az összes osztályban, a paramétertartomány más-más részein, az adott környezeti változóra vonatkozó osztályközép értékben helyezkedtek el a sűrűségfüggvények csúcspontjai. Az ismeretlen talajparaméterekkel rendelkező pixelek környezeti változók alapján történő osztályokba sorolása ezek után a következőképpen történt:

A térképi vonatkozását tekintve, minden egyes pixelhez  $n$  db osztályközéptől való távolság rendelhető: A  $m$  db környezeti változó szorozva az  $l$  db osztállyal ( $mxl=n$ ). A cél az volt, hogy minden egyes terepi ponthoz – raszter ponthoz (melyeket a pixelek ábrázolnak a térinformatikai adatbázisban) egy osztály értéket lehessen rendelni. Ezért, az  $m$  db környezeti paraméterre ki kellett számítani minden egyes pixel osztályba tartozásának mérőszámát. Oly módon történt ez, hogy a pixel osztályközéptől vett euklideszi távolságát, elosztottam az adott környezeti paraméterre vett, és az osztályt jellemző szórással; végül a hányadost négyzetre emeltem:

$$U_{ijk} = ((Q_{ik} - X_{jk}) / S_{jk})^2 \quad (16)$$

ahol,



$U_{ijk}$ : az  $i$  pixel  $j$  osztályba tartozásának mérőszáma, a  $k$  paraméterre nézve,

$Q_{ik}$ : az  $i$  pixel értéke a  $k$  paraméterre nézve,

$X_{jk}$ : a  $j$  osztály átlaga, centrális értéke a  $k$  paraméterre nézve,

$S_{jk}$ : a  $j$  osztály szórása a  $k$  paraméterre nézve.

Minél kisebb az  $U_{ijk}$  értéke, annál közelebb van az adott pixel az adott osztály közép értékéhez, a kérdéses paraméterre nézve. Az  $U_{ijk}$  értékek átlagolásával, a legkisebb átlagérték jelöli ki a pixel hovatarozását. (Ez az eljárás hasonló a felügyelt automatikus képosztályozások során alkalmazott maximális bekerülési valószínűséggel dolgozó algoritmushoz, amely az egy csoporthoz tartozó tanulóterületek pixelértékeinek szórásának mértékével határozza meg az egyes pixelek egyes osztályokba tartozásának valószínűségét *(PCI Geomatics, 2001)*).

#### **VI.7. A talaj paraméterek becslése a mintapontok között**

Ez az alfejezet a pontminták térbeli kiterjesztésének, vagyis a modellterkép előállításának a módját tárgyalja.

Könnyen elfogadható alapfeltételezés, hogy az egyes környezeti változók a különféle talajtulajdonságok kialakításában, más-más súllyal vesznek részt. Például, a mélyebb fekvésű területeken a talajvízszint elhelyezkedésének nagyobb szerepe van a termőréteg vastagságának kialakításában, mint az alapkőzet tulajdonságainak, míg magas fekvésű területeknél nyilván más lehet a helyzet. Az alapkoncepciónak megfelelően feltételezzük, hogy a talaj megfigyelt és mért tulajdonságai és a környezeti, talajképző tényezőket leíró változók között fennálló összefüggések – helyi érvényűen – matematikai statisztikai módon közelíthetők. Feltételezzük továbbá, hogy a lágy osztályozás során elkülönítésre kerülő osztályokon belül ugyanazon környezeti változó egyöntetűen fejt ki hatását a keresett talajtulajdonság közvetlen, vagy közvetett kialakításában, de a hatás iránya és mértéke osztályonként más és más lehet. Ezért a talaj mintapontokban mért tulajdonságainak más pontokra vonatkozó térbeli előrejelzése során felhasználtam az osztályozás eredményeit, oly módon, hogy osztályonként külön-külön állítottam fel a környezeti változók és a talajjellemzők közötti összefüggéseket leíró egyenleteket. Az osztályokra bontott paraméter becslés előnye, hogy lehetőséget ad a finomabb differenciálásra a változók között, hátránya azonban a lecsökkenő elemszámok miatt nagyobb a bizonytalanság.

A szakirodalmi forrásokra támaszkodva (főleg McBratney et al, 2003), megállapítható, hogy a talajtulajdonságok folytonos térbeli alakulásának becsléséhez, általában többtényezős lineáris modelleket, vagy alacsony fokszámú polinomiális modelleket alkalmaznak. Ezek alapján jelen dolgozatban egy többtényezős, nem csak lineáris, hanem alacsony fokszámú polinomiális elemekkel is operáló regressziós modell alkalmazása mellett döntöttem, a két módszer előnyeinek egyidejű hasznosítása érdekében.

A talajjellemzők becslése tehát, osztályokon belül alkalmazott többváltozós regressziós eljárással történt (Köves és Párniczky, 1981). Ennek során minden egyes talajjellemzőt az összes lehetséges környezeti változó felhasználásával becslünk. A regressziós függvény alakja minden esetben a következő általános alakra vezethető vissza:

$$TJ = a_0 + a_1 * (T.sz.f.m.)^{b_1} + a_2 * (Lejtés)^{b_2} + a_3 * (Kitettség)^{b_3} + a_4 * (Ágyazati közet)^{b_4} + a_5 * (Vgyft)^{b_5} + a_6 * (tv)^{b_6} \quad (17)$$

ahol,

**függő változó; független változók; regressziós együtthatók.**

*TJ*: a predikció tárgyát képező talajjellemző,

*a*<sub>0</sub>: konstans,

*a*<sub>1</sub>, *a*<sub>2</sub>, *a*<sub>3</sub>, *a*<sub>4</sub>, *a*<sub>5</sub>, *a*<sub>6</sub>: a többtényezős regressziós együtthatók,

*b*<sub>1</sub>, *b*<sub>2</sub>, *b*<sub>3</sub>, *b*<sub>4</sub>, *b*<sub>5</sub>, *b*<sub>6</sub>: 1 és 5 között változó kitevő értékek,

*T.sz.f.m.*: tengerszint feletti magasság,

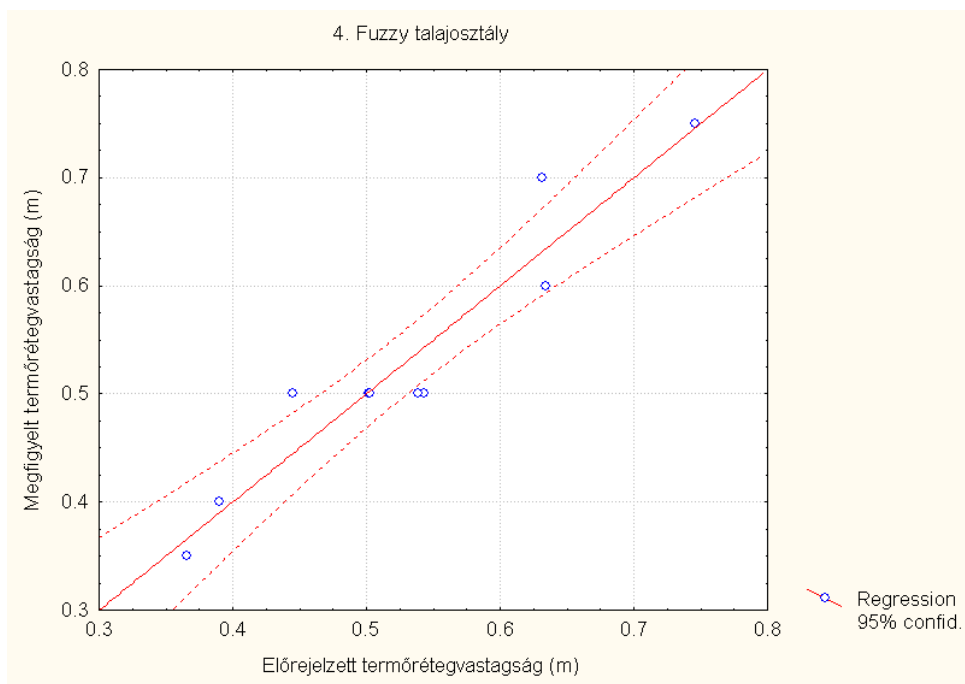
*Vgyft*: a ponthoz legközelebbi mikrovízgyűjtő legalsó pontjától mért távolság, a legtávolabbi pont %-ában,

*tv*: a sokéves talajvízszint és a felszín közötti távolság, az adott helyen.

A kivitelezés során minden egyes esetben (mintapont esetében) előállítottam a (17) egyenletben foglalt környezeti változók 1-5. hatványra emelt alakját, és a regressziós becslés csak az *a*<sub>0</sub>-*a*<sub>6</sub> paraméterek meghatározását jelentette statisztikai programcsomag (STATISTICA) lépésenkénti ('stepwise-forward') többváltozós regressziós modulja segítségével, melynek során az összes lehetséges kombináció közül automatikusan kerülnek kiválasztásra az egyenletben szereplő 1-5. hatványra emelt környezeti változók.

Ennek megfelelően természetesen nem került be minden lehetséges változó a regressziós egyenletbe. Csak addig folytatódott az újabb predikciós változók felvétele, amíg ebből kifolyólag az eltérés négyzetösszeg szignifikánsan csökkent (STATISTICA, StatSoft. Inc.). Itt

terjedelmi okokból nem lehetett kitérni minden egyes regresszió részletes ismertetésére, de példaként bemutatom a termőrétteg vastagsága esetében végzett regresszió eredményét a 4. fuzzy talajosztály esetében (VI.7.1. ábra és VI.7.1. táblázat). (A többi eredményt lásd a mellékletben, III. melléklet):



VI.7.1. ábra: A negyedik fuzzy talajosztályban a megfigyelt és az előre jelzett termőréttegvastagsági értékek és a 95%-os konfidencia intervallum.

VI.7.1. táblázat: A regressziós paraméterek

Többváltozós regresszió	R=0,953 R <sup>2</sup> =0,907 F(4,5)=12,254 p<0,0085 A becslés hibája: 0,0502
N=10	Regressziós paraméterek
Kitettség	-0,0014602
Lejtés	1,4226300
(Lejtés) <sup>2</sup>	-1,9881835
(Vgyft) <sup>5</sup>	-1,6*10 <sup>-11</sup>
Konstans	0,7907295

A regressziós egyenlet:

$$\text{Termőréttegvastagság} = 0,7907295 - 1,6 \cdot 10^{-11} \cdot (\text{Vgyft})^5 - 1,9881835 \cdot (\text{Lejtés})^2 + 1,42263 \cdot \text{Lejtés} - 0,0014602 \cdot \text{Kitettség}.$$

Az így nyert egyenletek, minden egyes talajtulajdonság esetében felhasználásra kerültek az eredményeket bemutató fejezet talajtulajdonság térképeinek előállításában, nevezetesen a

- **termőréteg vastagsági térkép,**
- tőzegréteg vastagsági térkép,
- termőréteg CaCO<sub>3</sub> tartalom térkép,
- pH értékek a termőrétegben térkép,
- termőréteg agyagtartalom térkép,
- termőréteg C tartalom térkép,
- termőréteg N tartalom térkép, és a
- termőréteg P tartalom térkép

előállításában.

Abban az esetben, ha a termőréteg több mint egy talajszintet foglalt magában, a fentebb látható talajtulajdonságok értékeit a szintek vastagságával súlyozva vettem figyelembe a termőrétegre vonatkozóan. Ez abból a megfontolásból történt, hogy a termőréteg összehatásának kialakításában, és a fafajok által történő hasznosíthatóság szempontjából, a nagyobb vastagságú szinteknek – akár a kedvező, akár a kedvezőtlen tulajdonságok tekintetében – nagyobb jelentősége van, mint a kisebb vastagságú szintek tulajdonságainak. Ez indokolható, ha meggondoljuk, hogy a kedvezőtlen tulajdonságú talajrétegeket, ha nem túl vastagok, akkor a fák gyökerei könnyedén átnövik és eléri a kedvezőbb adottságú talajrétegeket. Ugyanígy fordítva, a kedvezőtlen adottságú talajrétegek közé ékelődő vékony kedvező tulajdonságú réteg nem javít számottevően a faállományok számára történő hasznosíthatóságon. A pH értékek esetében a visszszámolt H<sup>+</sup> ion koncentrációkat használtam a súlyozáskor.

A térképek előállítása *ArcView Spatial Analyst (ESRI)* program segítségével történt, mikor is a regressziós egyenleteket a környezeti változók raszter állományain az elemzésekhez használt osztályonként kellett futtatni. A térképek összegzése révén kirajzolódtak az eredményekről szóló fejezetben közölt talajtulajdonság térképek.

#### **VI.8. A faállományok adatainak feldolgozási módszerei**

A faállományok adatainak feldolgozásában legelső lépésként a mintaterületek mérési adatai, valamint az üzemtervek vonatkozó adatai alapján, minden fafaj esetében a magasság és a kor függvényében meghatároztam az adott fafajra vonatkozó fatermőképesség értékét mintaterületenként. Ehhez az adott fafajra vonatkozó fatermési nomogramokat használtam fel, melyek a fafajokra vonatkozó grafikus fatermési modellek (*Halupa és Kiss, 1980; Palotás, 1974; Adorján, 1974*) alapján készültek.

Elérendő cél volt olyan térképek levezetése az adatok ábrázolásához, amelyek szemléletesen és összehasonlítható formában mutatják az egyes területek fatermőképességi potenciál értékét az egyes fajok esetében, vagyis azt a fatermőképességi értéket, amelyet az adott faj adott körülmények között – jelen vizsgálat adatai szerint – elérhetne a területen.

Ennek érdekében, a mintaterületek termőhelyi és fatermési adatait felhasználva, többváltozós regresszióval (multiple step-forward regression) (*STATISTICA*) kísértem meg kapcsolatba hozni a talajtani és a fatermőképességi adatokat, a környezeti változók és a talajtulajdonságok esetében közölt módszerhez hasonlóan, csak ebben az esetben nem osztályonként, hanem fajonként végeztem el az elemzéseket.

Míthogy nem tisztázott, hogy az egyes talajjellemzők milyen mértékben és irányban befolyásolják az állományok növekedését, ezért minden egyes talajtulajdonság tényező azonos súllyal szerepelt az elemzésben, azonban az egyes változók nemcsak lineáris formában szerepeltek a vizsgálatokban, hanem alacsony fokszámú polinomiális alakban, illetve  $e^x$ -en formában is megjelentek. A módszer kísérlet jelleggel került alkalmazásra és indokál szolgálhat, hogy a különböző környezeti és termőhelyi változók értékeinek felhasználása a faállományok növekedésének előrejelzésében – beleértve a talaj jellemzőit is –, egy érdekes és újszerű eljárás a faállományok növekedésének modellezésével foglalkozó kutatások során (*Monserud és Sterba, 1996*).

A felderített termőhely-fatermőképesség kapcsolatokat közelítő egyenletek térinformatikai környezetben való lefuttatása során (*ArcView Spatial Analyst*) a talajtulajdonságok értékeit tartalmazó raszter állományokon, a vizsgált fajokra kirajzolódtak az elméleti fatermőképességi potenciálok a vizsgált terület minden egyes raszterpontjára, az arra a pontra jellemző talajjellemzők értékének függvényében. Ezek után már csak egy leválogatást kellett végrehajtani, hogy kiderüljön, hol melyik faj elméleti fatermőképessége szárnyalja túl a többi faj azonos értékét. Ezáltal előállítható volt a maximális fatermőképesség kihasználását biztosító fajmegoszlás térképe. Egy további művelettel ehhez a térképhez hozzákapcsolható a kérdéses fajok konkrét fatermőképességi értéke is.

## **VII. A kutatás során elért eredmények**

### **VII.1. A térinformatikai adatbázisból levezetett térképek**

Ebben az alfejezetben az adatok térinformatikai feldolgozása során nyert térképek kerülnek bemutatásra, mégpedig a lefolyástalan területeken elméletileg kialakuló pangó

vízborítással, a belvízzel veszélyeztetett területek térképe, valamint a talajvízmozgások térbeli kihatásainak elemzésére szolgáló térképek.

### VII.1.1. Lefolyástalan területek vízborítási térképe

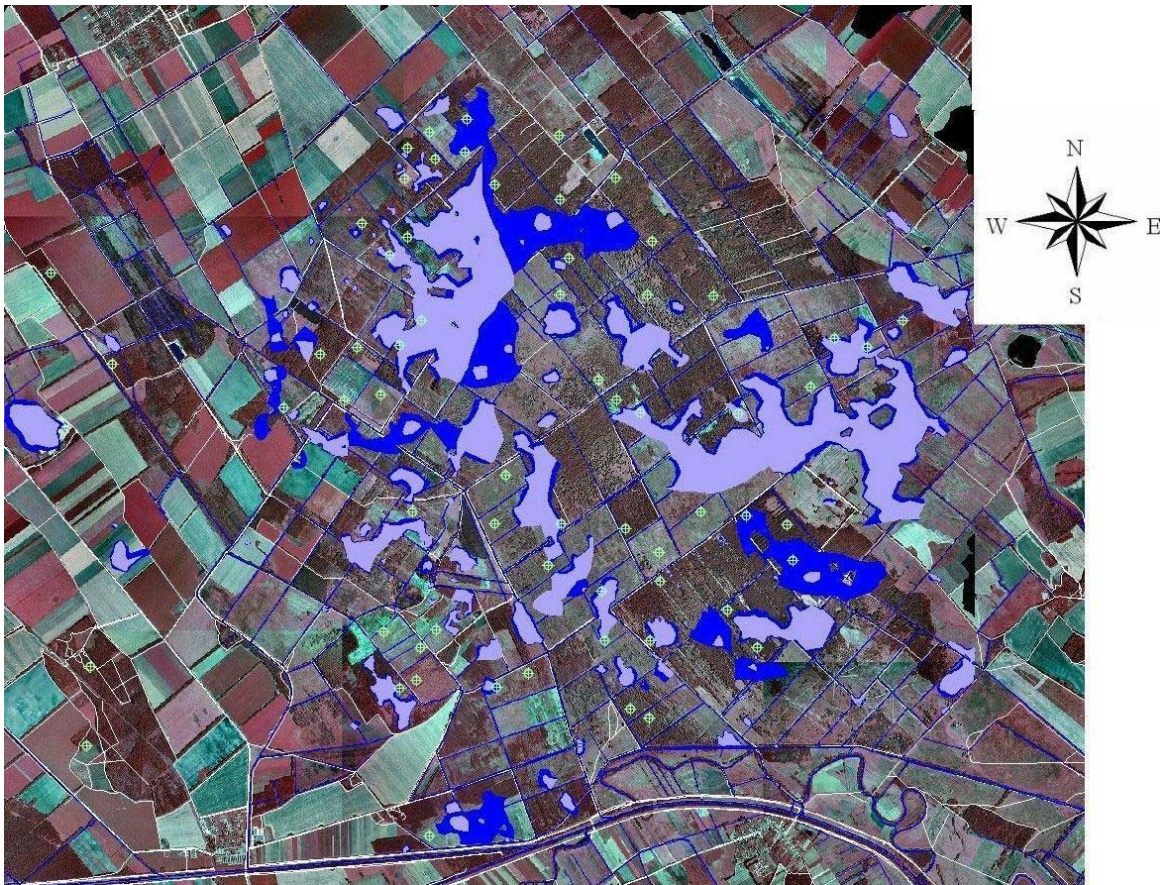
A lefolyástalan területek vízborításának modellezése során a domborzatmodell elemzésével meghatározható az előző fejezetekben említett mikro-vízgyűjtő rendszer szerkezete. A vízgyűjtőkön belül megkereshetők azok a pontok, ahol a lejtés értéke egyenlő nullával. Ezek közül, a legkisebb magassággal rendelkező pontok értelemszerűen a vízgyűjtő alján helyezkednek el. Ezek közül *ArcView Hydrological Modelling Extension* programmal meghatározható volt a lefolyástalan területen az elméleti kifolyási pont, ami a legalsó pontja a mikro-vízgyűjtőnek. Azok a vízgyűjtő területek, amelyek teljes terjedelmükben egy ilyen pont körül lehatárolhatók, azt a területnagyságot jelentik, amelyről a víz összegyűlhet a vízgyűjtő alsó részein. Ezek után már modellezni lehet, hogy mekkora területek kerülhetnek elméletileg vízborítás alá abban az esetben, ha a legalsó pont fölött tetszőleges ( $x$  cm) magasságú vízoszlop áll. A bemutatott modellekben két eltérő magasságú vízborítás látható: Egy 15 cm-es és egy 30 cm-es vízoszlop hatása a legmélyebb ponton, a kifolyási pont felett. Ilyen mélységű belvíz a terepi tapasztalatok szerint gyakori a Hanság vizsgált erdőterületein. A vízborítási modellt mutató térképvázlat látható a *VII.1.1.1. ábrán*, a terület ortofotójára illesztve. Ezáltal lehetővé válik a felszíni vízösszefolyásból eredő pangóvízzel veszélyeztetett területek nagyságának meghatározása.

A felszínborítás, a talaj állapota, a légyszárú vegetáció természetesen mind befolyásolja a valóságos vízállások megjelenését, ami ezért néhol akár jelentősen el is térhet az előrejelzettől. Ennek oka abban van, hogy a számítógépes modell egy síklapokkal határolt felületet jelent, ami csak igen durva közelítése a valóságos talajfelszínnek, másfelől pedig a domborzatmodell az elkészítéséhez felhasznált topográfiai térkép szerinti állapotot tükrözi. A felszínben a térképezés óta eltelt idő alatt esetlegesen bekövetkezett jelentősebb változások pedig ezeken a térképeken nem érzékelhetők.

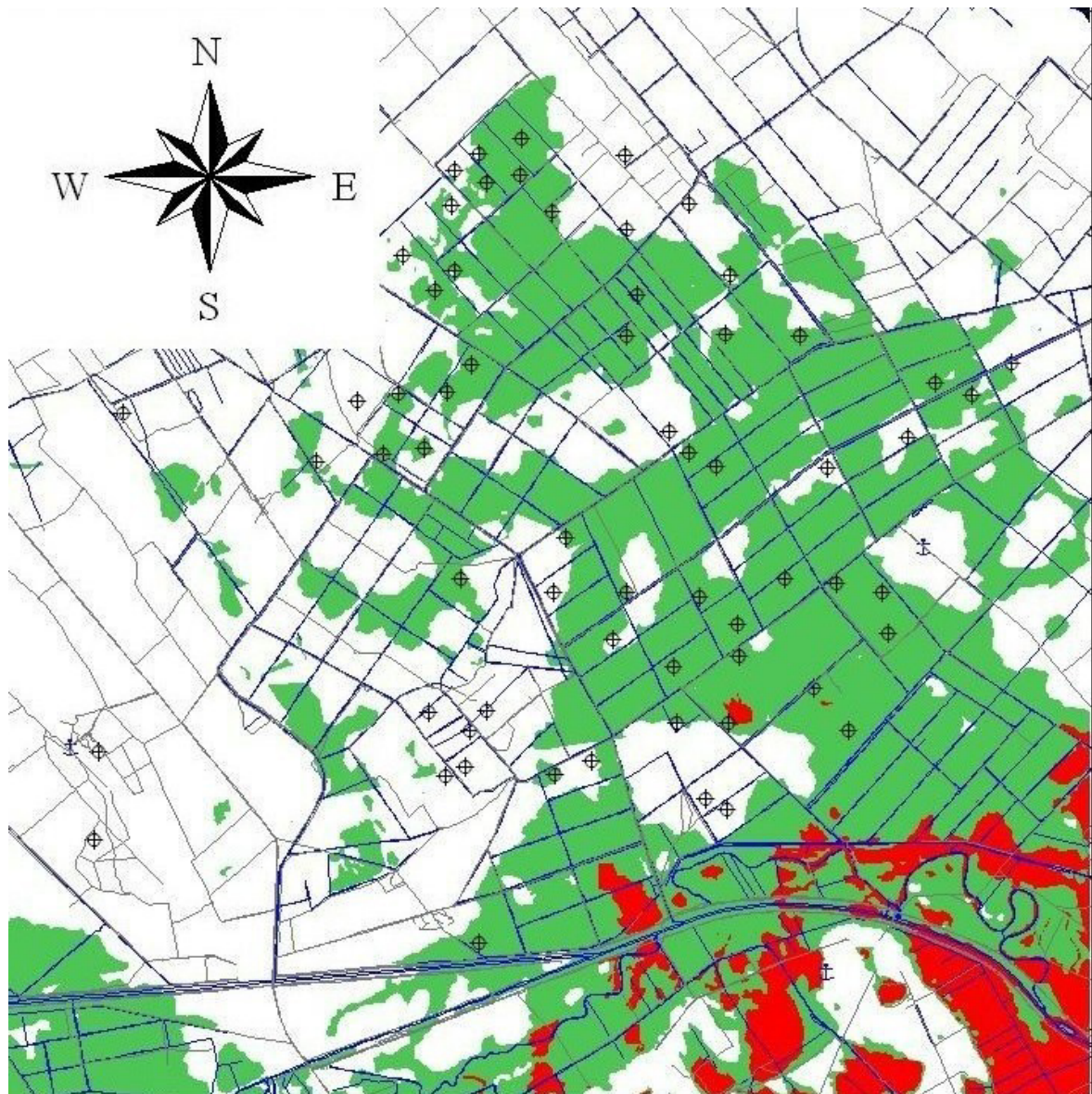
### VII.1.2. Talajvízszint elhelyezkedési térképek

Az időbeni talajvízszint mozgások elemzéséhez használható térképek a talajfelszín és a modellezett elméleti talajvízszintek közötti különbségeket teszik szemléletessé. Vizsgálhatóvá válnak azok a területek, amelyek bizonyos talajvízszint állásoknál elvizenyősödhetnek, vagy vízborítás alá kerülhetnek. Meghatározható, hogy mely talajvíz kutakban mért vízálláshoz, milyen terepi vízviszonyok párosulnak és e mellett a modell milyen felszín közeli, vagy

felszínen megjelenő vízszintet becsül. Az összetartozó értékek és a tapasztalat összevetésével 'kalibrálható' a térinformatikai modell és megbecsülhető, hogy mely talajvízcutakban mért vízállásoknál mely területek járhatatlanok a magas vízállás miatt, mely területek művelhetők még, ill. melyek teljesen szárazak. Egyfajta előrejelzést lehet adni az erdőgazdálkodónak, ami a munkák szervezésében segítségére lehet (VII.1.2.1., VII.1.2.2. ábra). Az ábrákon két időpont: 1990 és 1996 év esetében kerül bemutatásra az évi átlagos talajvízszint felszínhez viszonyított elhelyezkedése. Az időintervallumok természetesen szűkíthetők a rendelkezésre álló adatok mennyiségétől függően, s akár napi bontásban is elkészíthetők effajta térképek, amelyek intenzív megfigyelés mellett megalapozhatják a későbbi előrejelzések pontosságát.

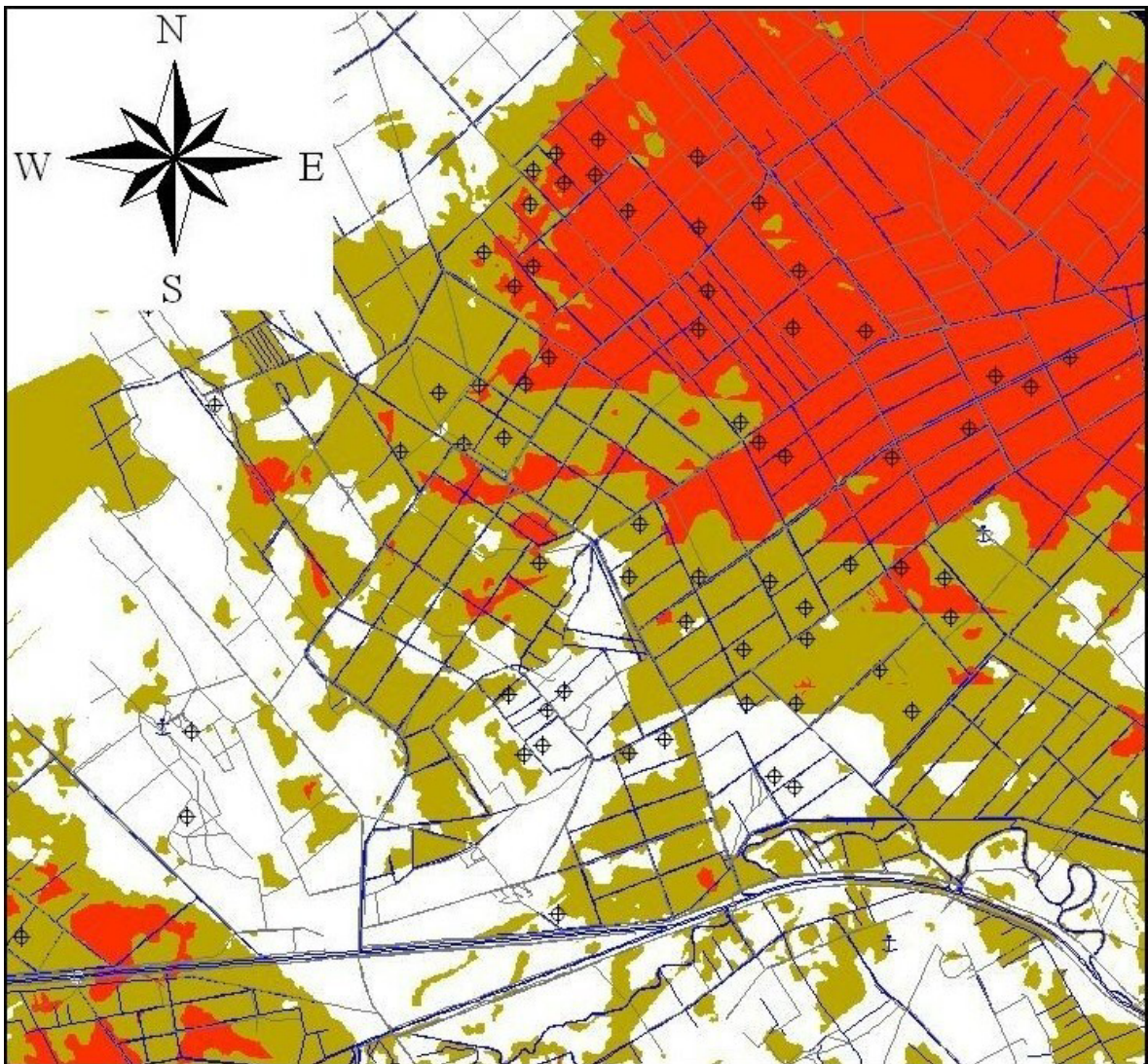


**VII.1.1.1. ábra:** Az Észak–Hanság lébényi területeinek vízborítás térképe. Világos késsel a 15 cm-es, sötét késsel a 30cm-es vízborítással érintett terület. A világos pontok a mintaterületek elhelyezkedését jelölik. M=1:100.000.



**VII.1.2.1. ábra:** Az Észak-Hanság lébényi területeinek 1990-es talajvízszint térképe. A zölddel jelzett területeken a talajvíz 1m-en belül van a felszínhez képest, a pirossal jelzett területeken az átlagos talajvízszint a felszín felett van. (A keresztek a mintaterületeket, a horgonyok a talajvíz kutakat jelzik). M~1:80.000.





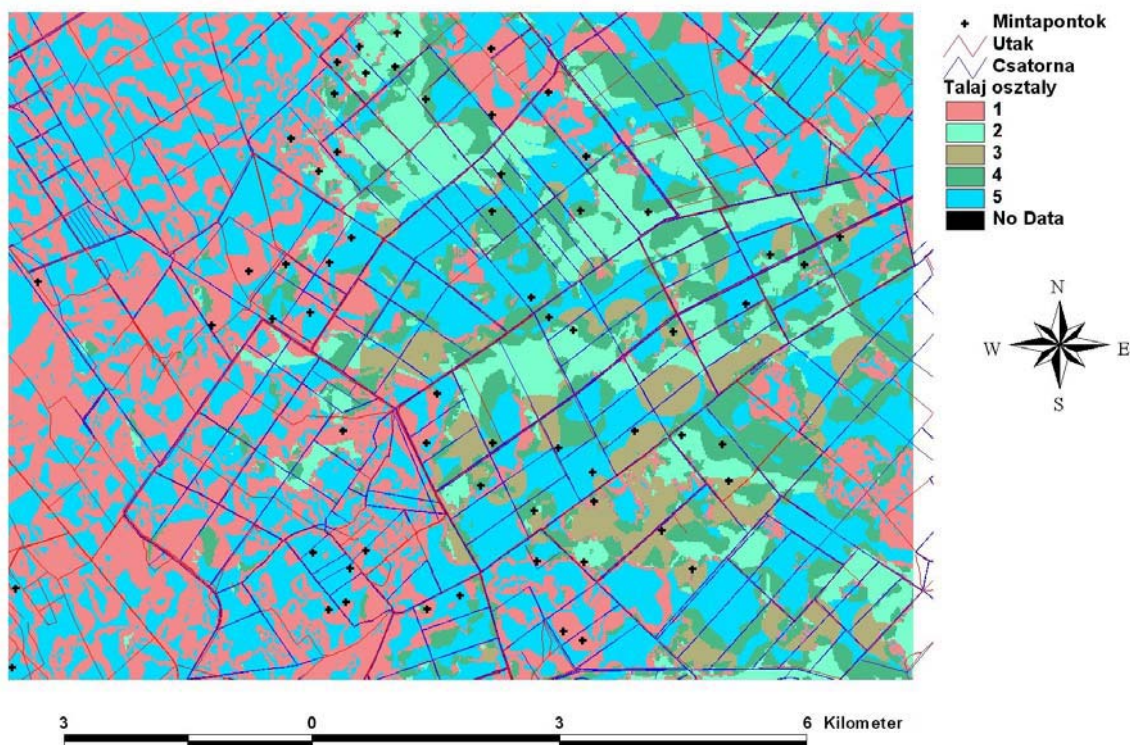
**VII.1.2.2. ábra:** Az Észak–Hanság lébényi területeinek 1996-os talajvízszint térképe. A sárgásbarnával jelzett területeken a talajvíz 1m-en belül van a felszínhez képest, a pirossal jelzett területeken az átlagos talajvízszint a felszín felett van. (A keresztek a mintaterületeket, a horgonyok a talajvízkutakat jelzik). M~1:80.000.

## VII.2. A lágú osztályozás eredményei

A fuzzy klasszterezés végén öt talaj osztály alakult ki, mely osztályok jellemző adatai (osztály közép értékei), az egyes változók esetében a **VII.2.1. táblázatban** közölt módon alakultak.

Ily módon, a mintaterületek talajainak és környezeti tulajdonságaiknak osztályozásával, sikerült előállítani az Észak-hansági területekre a mintavételek alapján ma jellemző talajtulajdonság csoportokat, azok jellemző környezeti értékeivel együtt. (Ezek a talajosztályok semmilyen formában nem kötődnek a genetikai talajtípusok rendszeréhez) Ezek a talajosztályok csupán a feldolgozás során vizsgált tulajdonságok szerinti, az osztályozás algoritmusával elkülönített főbb csoportokat jelentik.

A VII.2.1. ábrán az egyes fuzzy talaj osztályok előfordulását ábrázoló, az VI.6. fejezetben leírt módon előállított térkép látható.



VII.2.1. ábra: Az Észak-Hanság fuzzy talajosztályainak térképe (részlet).

VII.2.1. táblázat: Fuzzy talajosztályok középértékei minden vizsgált talaj- és környezeti jellemzőre. (Bezdek-féle partíciós koefficiens: 0,99957)

Osztály	Elem szám	Termő-réteg (cm)	Tőzeg-réteg (cm)	Lejtés (fok)	Kitettség (fok)	T.sz.f. mag. (m)	Ágyazat kódja	Víz-gyűjtő táv. %	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl
1	16	48	5	3,064	222	114,2	3	36	7,3	6,9
2	8	53	14	0,4878	19,5	113,8	4	32	7,1	6,7
3	5	65	101	0,1389	22,4	113,5	6	18	6,5	6,1
4	10	53	44	2,16	283,9	113,9	5	46	6,9	6,4
5	35	41	18	0,1013	2,6	114,1	3	40	7,2	6,9

Osztály	Agyag (%)	Iszap (%)	Finom homok (%)	CaCO <sub>3</sub> max (%) term.r.	C-tart (mg/100 mg)	N-tart (mg/100 mg)	S-tart (mg/100 mg)	AL-P (mg/100 g)	AL-K (mg/100 g)	Talaj-víz index (v)
1	14	26	49	14	14,1	0,8	0,7	5,7	5,4	1,301
2	14	29	53	18	12,1	0,8	0,9	7,4	4,1	2,598
3	13	25	60	5	27,9	1,9	1,1	2,8	4,0	2,128
4	17	23	57	10	21,4	1,4	1,2	2,8	4,3	2,213
5	14	31	47	20	12,6	0,8	0,5	3,9	5,6	1,311

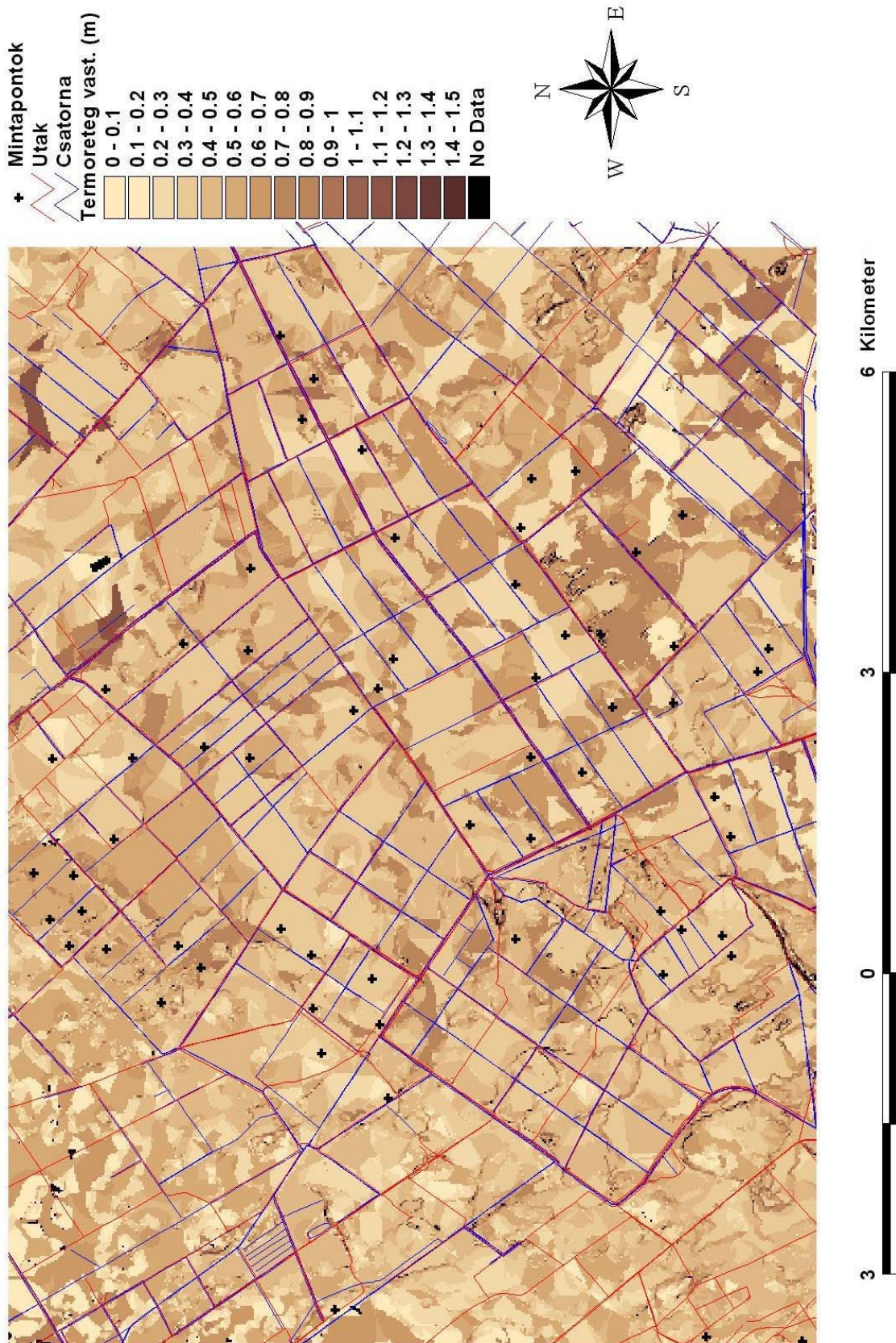
A **VII.2.1. táblázatban** látható osztály középértékek az adott osztályok tipikus értékeit mutatják, mind a talajjellemzők, mind a környezeti változók esetében. Az adatok közül a tengerszint feletti magasság, a lejtés, a kitettség, a vízgyűjtő legalsó pontjától mért távolság mérőszáma (Vízgyűjtő táv. %), az ágyazat és a talajvízszint index értéke (v) az adott osztály maximális előfordulási valószínűségét jelentő környezeti feltétel rendszerét jellemzik. Az ágyazat kódja oszlopban szereplő kódok jelentése a következő: 3-homokos, durva kőzetliszt; 4-kavicsos, homokos, finom kőzetliszt; 5-kavicsos, homokos agyag; 6-tőzeg.

### VII.3. Talajtérképek

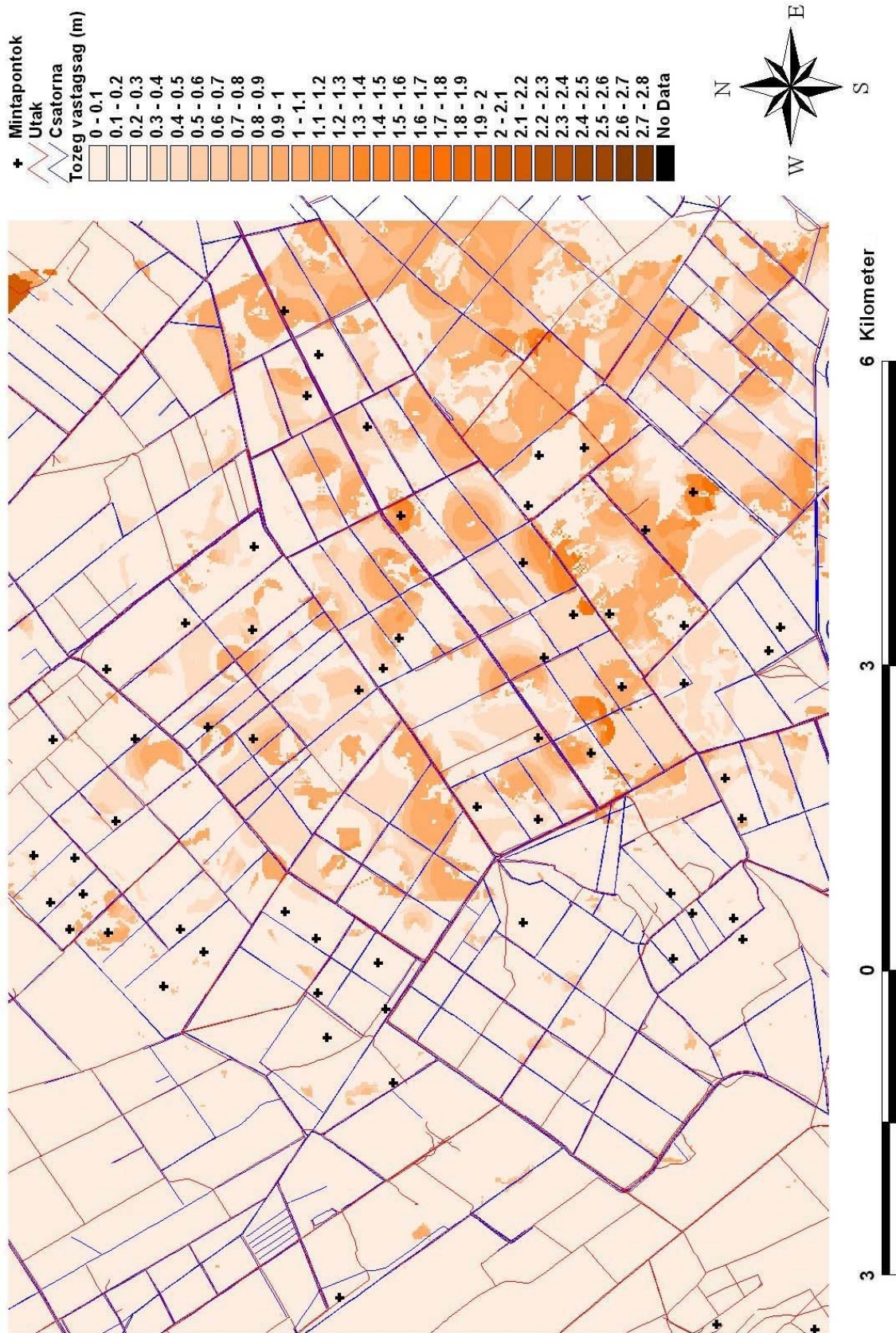
Az eredmények közül az „Anyag és módszer” fejezet **VI.7. alfejezetében** felsorolt talajtulajdonság térképek közül az első, nevezetesen a termőréteg vastagságának térbeli mintázatát mutató, a pontszerű mérési eredmények közbesítésével kapott térkép a dolgozat legfontosabb térképi eredményének tekinthető, mivel ennek meghatározása a termőhelyre irányuló vizsgálatok fő tárgya volt. Kiemelkedően fontos még emellett a tőzegréteg vastagságának térbeli mintázatát mutató térkép is, mivel ez a két talajtulajdonság a gyakorlatban is, a helyszínen történő talajszelvény nyitás során közelítően megbecsülhető. E mellett közlöm még a többi, témánk szempontjából fontos talajtulajdonság térképeket is, nevezetesen a termőréteg mésztartalma, átlagos pH-ja, agyagtartalma, valamint a legfontosabb tápelemek, úgymint a szén, nitrogén és a foszfor termőrétegben található átlagos mennyiségének térbeli mintázatát bemutató térképeket.

Az eredmény térképek a termőréteg vastagságának térbeli mintázatát (**VII.3.1. ábra**); a tőzegréteg vastagságának térbeli mintázatát (**VII.3.2. ábra**), a termőrétegbeli mésztartalom (**VII.3.3. ábra**), a pH értékek (**VII.3.4. ábra**), az agyag- (**VII.3.5. ábra**), a szén- (**VII.3.6. ábra**), nitrogén- (**VII.3.7. ábra**) és foszfortartalom (**VII.3.8. ábra**) értékeinek termőrétegbeli alakulását bemutató térképek.

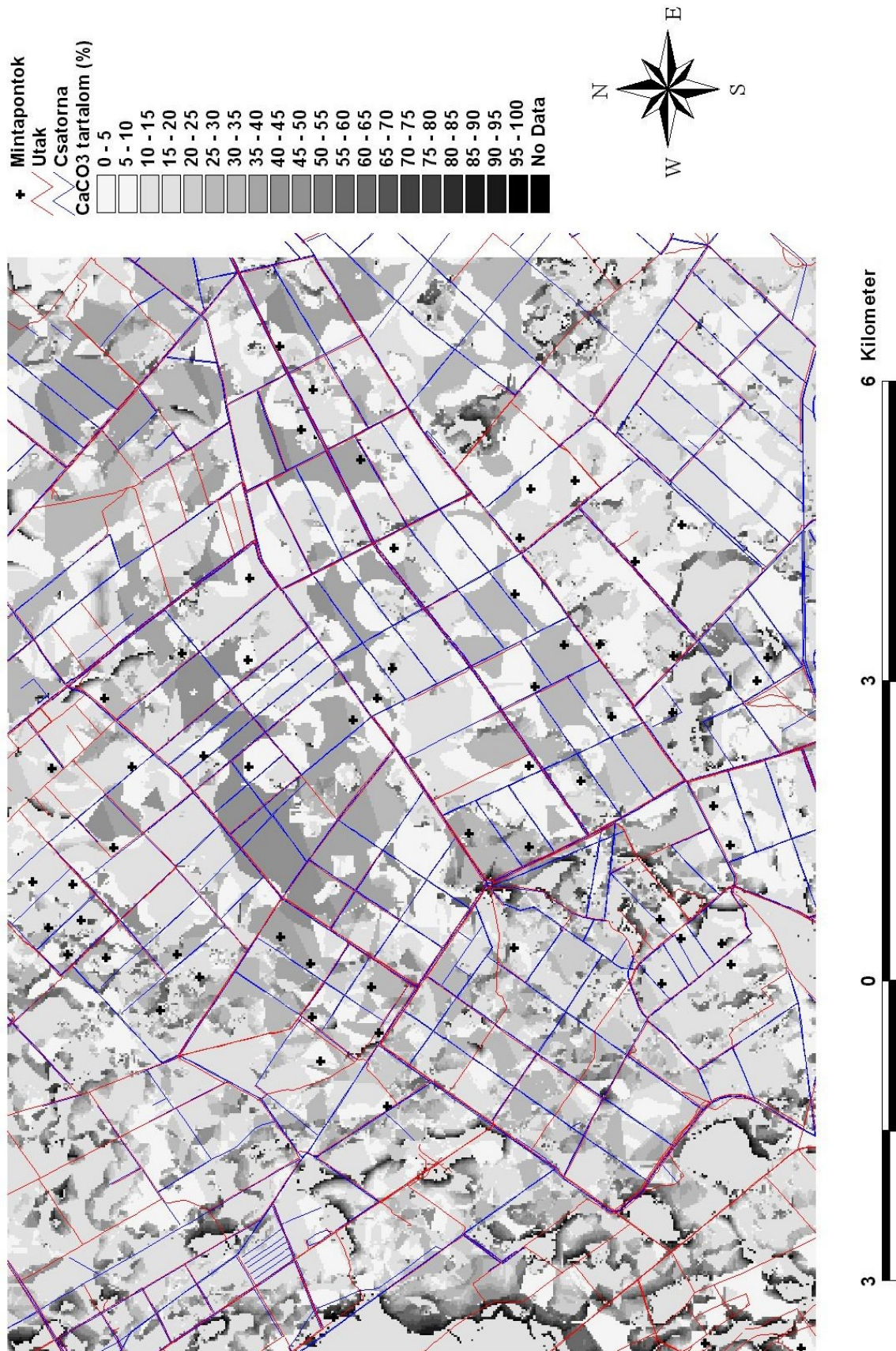
A térképek felbontása meghaladja az erdészeti üzemi talajtérképek felbontását, de ez a környezeti változók térbeli mintázatát leíró raszter állományok felbontásától erősen függ. Ez esetben a térképek pixelmérete 20x20 m, ami azt jelenti, hogy ekkora az a minimális terület, ami a térkép egy pontjának felel meg.



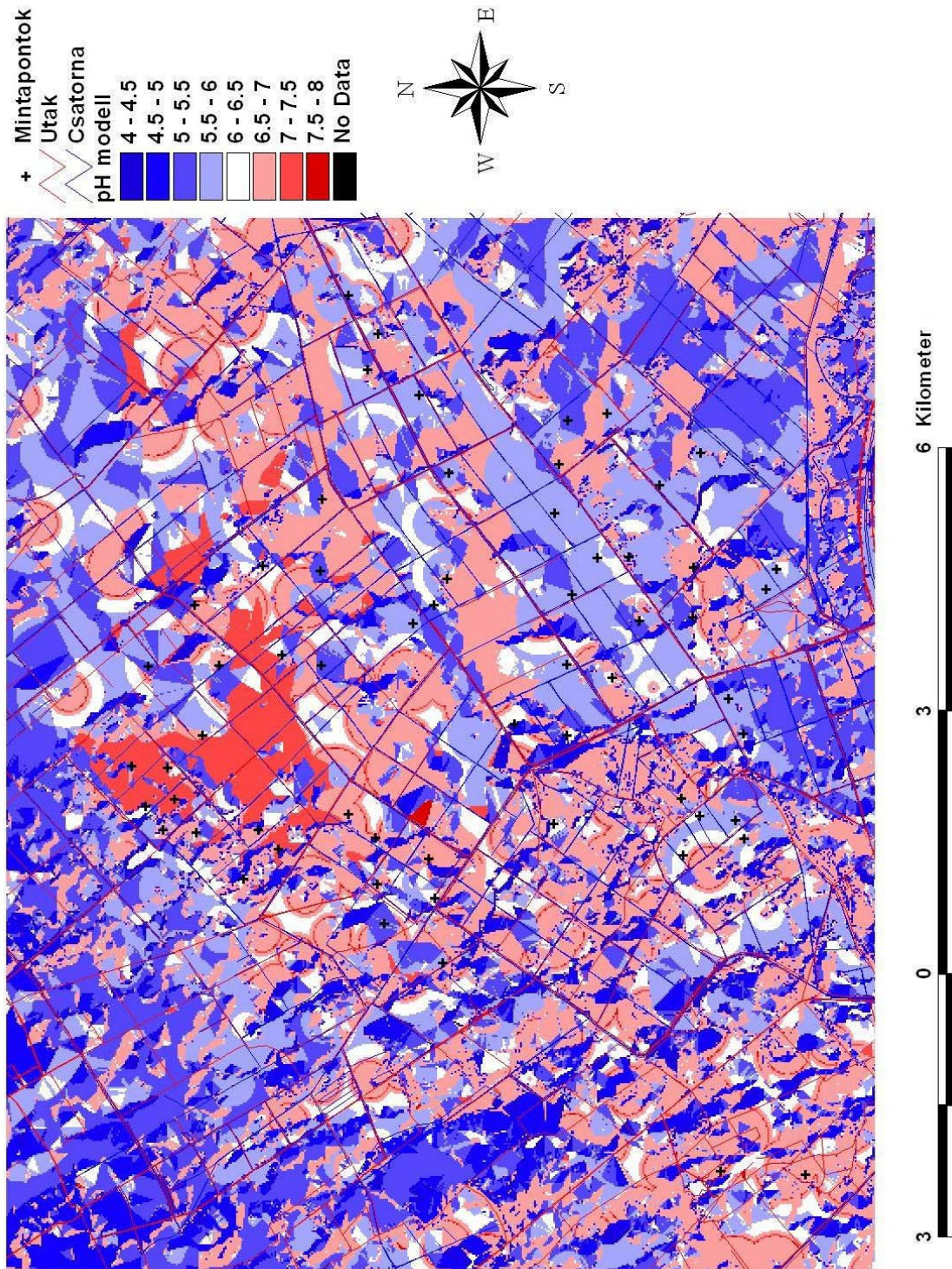
VII.3.1. ábra: Az Észak-Hanság termőréteg vastagsági térképének részlete.



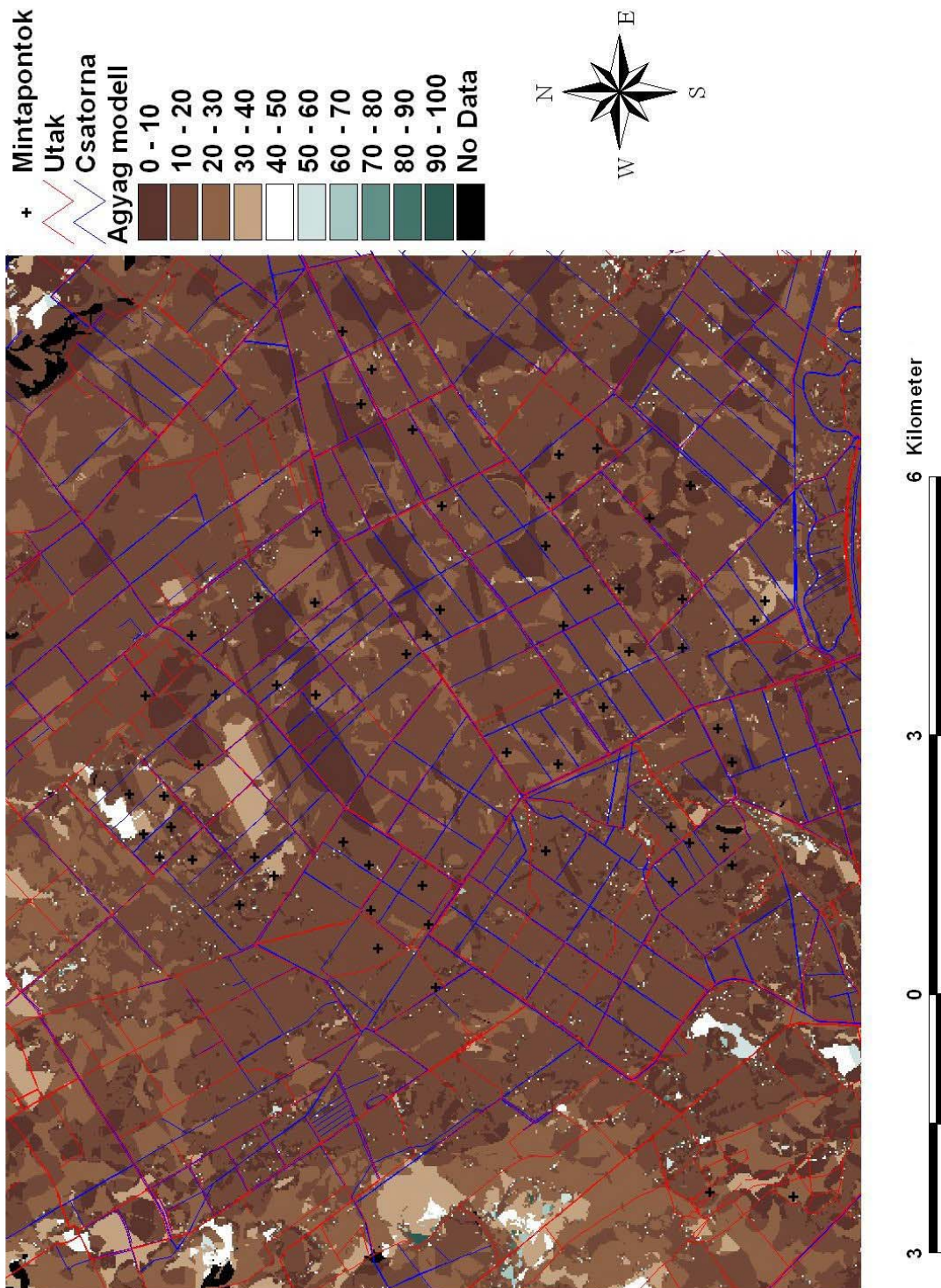
VII.3.2. ábra: Az Észak-Hanság tőzegréteg vastagsági térképének részlete.



VII.3.3. ábra: Az Észak-Hanság termőrétég mésztartalmi térképének részlete.

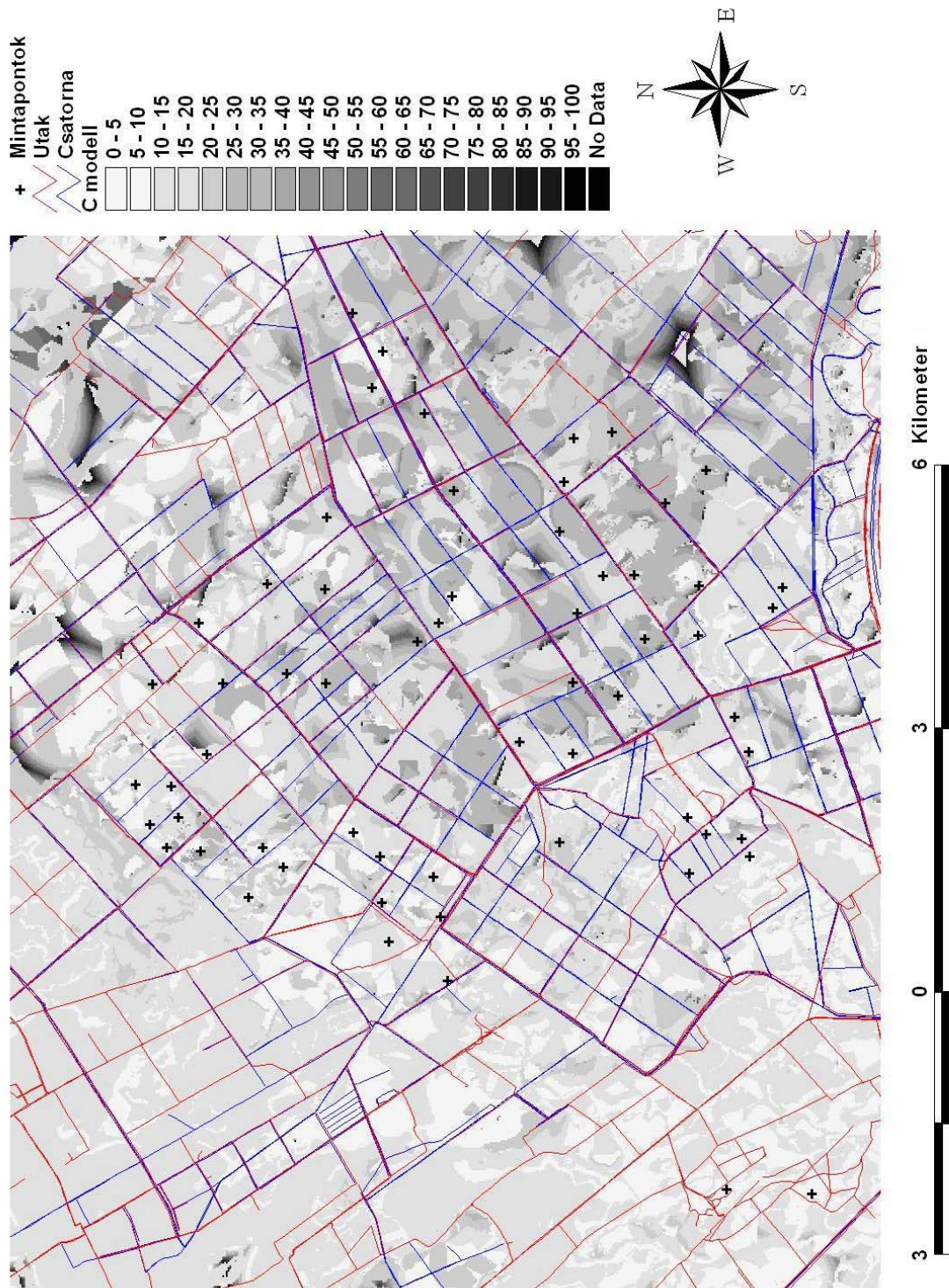


VII.3.4. ábra: Az Észak-Hanság termőréteg pH érték térképének részlete.

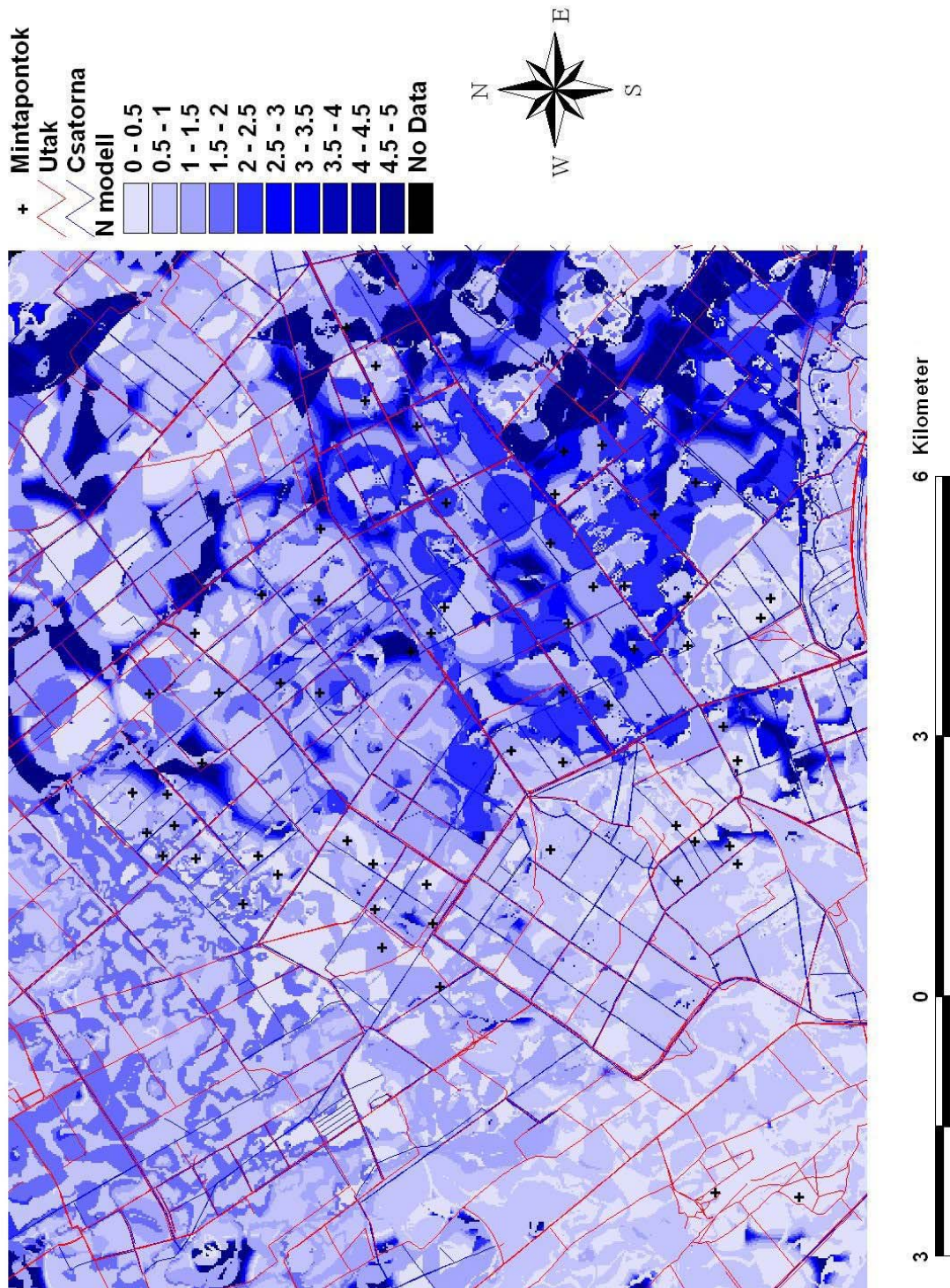


VII.3.5. ábra: Az Észak-Hanság termőréteg agyagtartalmi (A%) térképének részlete.

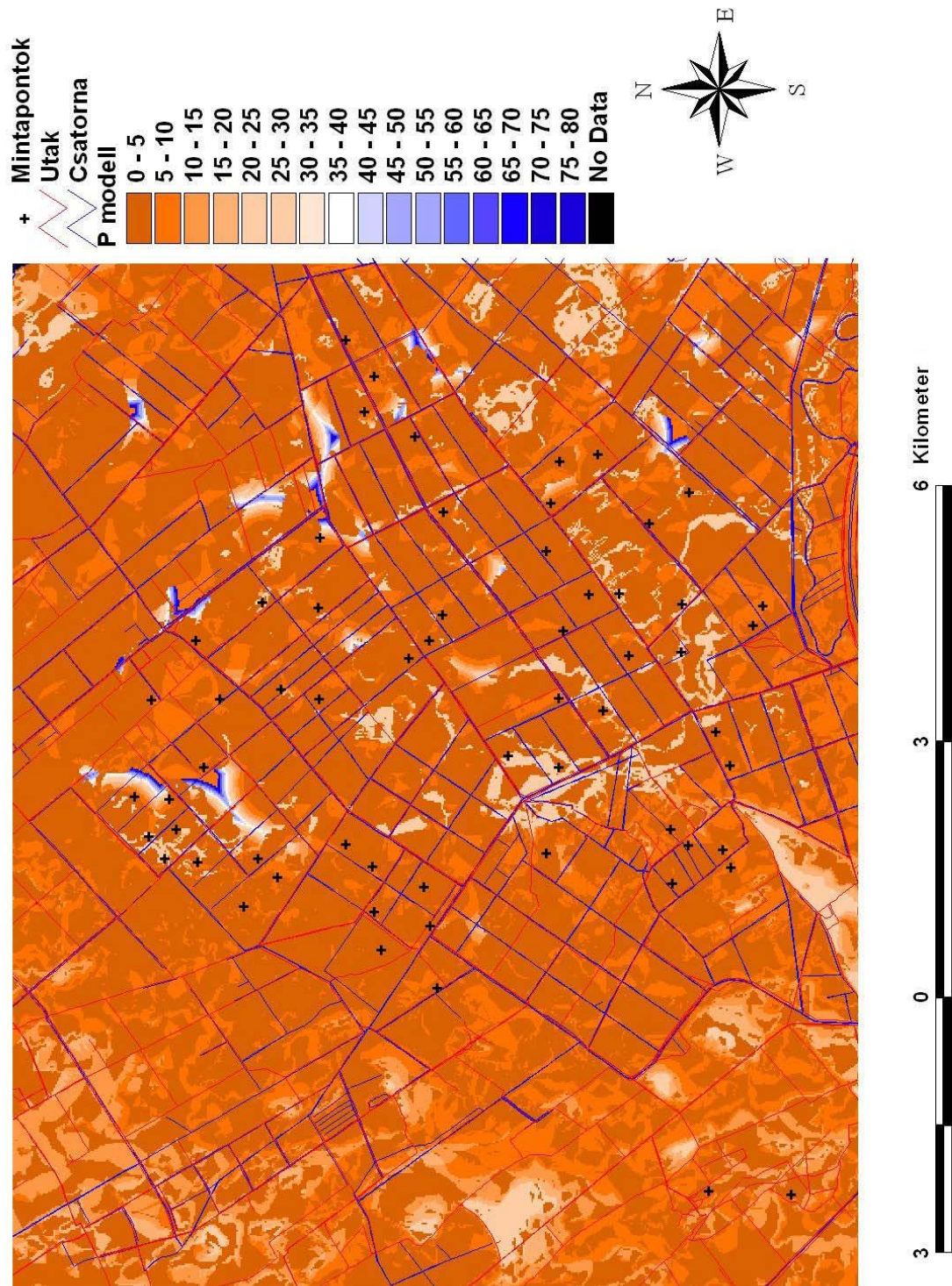




VII.3.6. ábra: Az Észak-Hanság termőrétég széntartalmi (C mg/100mg) térképének részlete.



VII.3.7. ábra: Az Észak-Hanság termőréteg nitrogén tartalmi (N mg/100mg) térképének részlete.



VII.3.8. ábra: Az Észak-Hanság termőréteg foszfor tartalmi (P mg/100g) térképének részlete.

## VII.4. A faállomány-mérések eredményei

### VII.4.1. A mérések főbb összesített adatai

A faállományok vizsgálata során a 96 db mintaterületet borító faállományból összesen 2890 db faegyed adatait mértem meg. Összesen 23 különböző fafaj, vagy fajta egyedeiről van szó. Ebből 10 nemesnyár fajta (olasznyár-I-214, Pannónia nyár, óriásnyár stb.), 3 fűzfajta (pl.: bédai egyenes), továbbá a fehérsnyár, a feketenyár és szürke nyár, mézgás éger, a kocsányos tölgy, a magas kőris, az amerikai kőris, a hegyi juhar, a nyír és az akác.

Láthatóan igen széles spektrumot fog át a területen található fafajok listája. Azonban súlyukat tekintve messze kiemelkednek a nyár fajták (hazai és nemes nyárak, de különösen az olasznyár) és a fűzek. Őket követi az éger. A többi fafaj területileg kevésbé jelentős, és közülük a nyír természetes úton megjelenő elegyfaj, mely az utóbbi időben spontán terjeszkedésbe kezdett. A *VII.4.1.1.a, b, c táblázatban* foglalom össze a legfontosabb leíró adatokat a legfontosabb fafajokra vonatkozóan.

A fafajok eltérő fontosságának figyelembevételével, ebben a dolgozatban csak a meghatározó fafajokra, nevezetesen az olasznyárra, a mézgás égerre és a fehérfűzre vonatkozó fatermési vonatkozású elemzés kerül bemutatásra.

*VII.4.1.1. a. táblázat: A mintaterületek olasznyár fafajának fő leíró statisztikai adatai*

Jellemző	Elemzés	Átlag	Átlag konfidencia int.		Összeg
			-5 %	+5 %	
Kor (év)	232	22,5	21,7	23,4	5229,0
D <sub>1,3</sub> átlag (cm)	232	29,9	28,5	31,4	6947,6
Körlap (m <sup>2</sup> )	232	0,0806	0,0733	0,0879	18,7
Magasság (m)	232	21,7	21,0	22,4	5034,3
Fatérfogat (m <sup>3</sup> )	232	0,9814	0,8759	1,0868	227,7
	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Terjedelem</b>	<b>Variancia</b>	<b>Szórás</b>
Kor (év)	13	47	34,0	41,67	6,4552
D <sub>1,3</sub> átlag (cm)	1,7	59,3	57,6	129,99	11,40
Körlap (m <sup>2</sup> )	0,0002	0,2757	0,2755	0,0032	0,0565
Magasság (m)	3,0	31,5	28,5	27,26	5,2211
Fatérfogat (m <sup>3</sup> )	0,0020	3,7614	3,7593	0,6644	0,8151

**VII.4.1.1.b. táblázat:** A mintaterületek mézgás éger fafajának fő leíró statisztikai adatai

Jellemző	Elemszám	Átlag	Átlag konfidencia int.		Összeg
			-5 %	+5 %	
Kor (év)	786	38,5	37,9	39,1	30241,0
D <sub>1,3</sub> átlag (cm)	786	18,9	18,3	19,5	14842,3
Körlap (m <sup>2</sup> )	786	0,0337	0,0316	0,0358	26,5
Magasság (m)	786	15,6	15,3	15,9	12246,0
Fatérfogat (m <sup>3</sup> )	786	0,3248	0,2998	0,3498	255,3
	Minimum	Maximum	Terjedelem	Variancia	Szórás
Kor (év)	18,0	59,0	41,0	77,94	8,8286
D <sub>1,3</sub> átlag (cm)	4,6	46,2	41,6	72,58	8,5196
Körlap (m <sup>2</sup> )	0,0017	0,1673	0,1656	0,0009	0,0301
Magasság (m)	3,1	28,0	24,9	21,65	4,6532
Fatérfogat (m <sup>3</sup> )	0,0039	2,0331	2,0292	0,1278	0,3575

**VII.4.1.1.c. táblázat:** A mintaterületek fehérfűz fafajának fő leíró statisztikai adatai

Jellemző	Elemszám	Átlag	Átlag konfidencia int.		Összeg
			-5 %	+5 %	
Kor (év)	132	22,2	20,8	23,6	2932,0
D <sub>1,3</sub> átlag (cm)	132	17,1	15,3	18,8	2255,3
Körlap (m <sup>2</sup> )	132	0,0310	0,0239	0,0382	4,1
Magasság (m)	132	12,6	11,6	13,6	1657,9
Fatérfogat (m <sup>3</sup> )	132	0,2688	0,1948	0,3429	35,5
	Minimum	Maximum	Terjedelem	Variancia	Szórás
Kor (év)	6,0	44,0	38,0	66,03	8,1260
D <sub>1,3</sub> átlag (cm)	1,7	61,9	60,2	103,86	10,191
Körlap (m <sup>2</sup> )	0,0002	0,3009	0,3007	0,0017	0,0414
Magasság (m)	2,0	28,5	26,5	33,81	5,8146
Fatérfogat (m <sup>3</sup> )	0,0017	3,0339	3,0322	0,1849	0,43

#### VII.4.2. A többtényezős lineáris regresszió eredményei

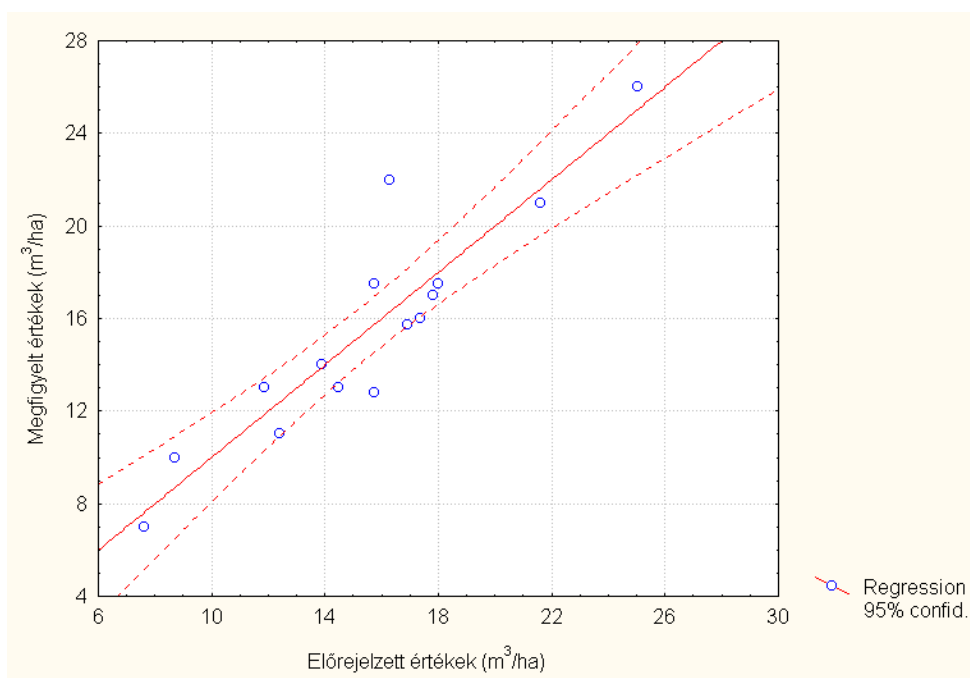
A fentiekben kiemelt három faj esetében kapott, a fatermőképességet leíró egyenletek együtthatóinak kiszámítása érdekében végzett többváltozós regressziós analízis eredményeit a **VII.4.2.1-3 táblázatok** tartalmazzák.

Az egyenletekből látható, hogy az egyes fafajoknál esetenként eltérő talajtulajdonság tényezők kerültek be a regressziós kapcsolatot leíró egyenletbe.

**VII.4.2.1. táblázat:** A talajjellemzők és a fatermőképesség közötti regresszió eredménye az olasznyár állományokban (FH: finom homok; N: nitrogén; S: kén. Többi jelölés a VII.2.1 táblázat szerint).

$R^2=0,74$	
F(5,9)=8,84; a becslés standard hibája: 2,52	
N=15	
Regressziós együtthatók	
<b>Konstans</b>	14,735
$(AL-P)^2$	-0,332
$(FH\%)^3$	0,00002
$(N)^3$	-1,283
<b>S</b>	7,553
$(AL-P)^3$	0,023

A regressziós egyenlet:  $Fatermőképesség(I-214)=14,735-0,332*(AL-P)^2+0,00002*(FH\%)^3-1,283*N^3+7,553*S+0,023*(AL-P)^3$

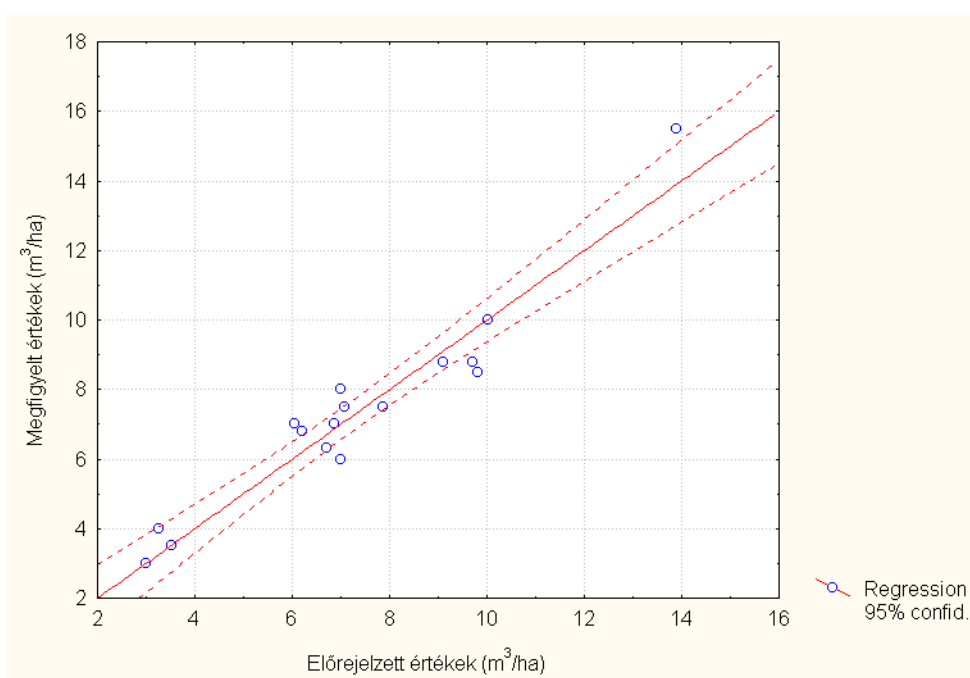


**VII.4.2.1.ábra:** A vizsgált olasznyár állományok fatermőképességi adataira illesztett regressziós egyenes a konfidencia intervallumokkal

**VII.4.2.2. táblázat:** A talajjellemzők és a fatermőképesség közötti regresszió eredménye a mézgás éger állományokban (C: szén; A: agyag; C/N: szén-nitrogén arány. Többi jelölés a VII.2.1 táblázat szerint).

A regressziós egyenletbe került változók	$R^2=0,87$ F(6,10)=18,85; a becslés standard hibája: 1,03 N=17
	<b>Regressziós együtthatók</b>
<b>Konstans</b>	0,951
$e^C$	$7,4*10^{-18}$
$(S)^3$	-0,139
<b>AL-P</b>	0,431
$(A\%)^3$	-0,00059
$(FH\%)^2$	0,00096
$(C/N)$	-0,187

A regressziós egyenlet: Fatermőképesség(ME)= $0,951+7,4*10^{-18}*e^C-0,139*S^3+0,431*(AL-P)-0,00059*(A\%)^3+0,00096*(FH\%)^2-0,187*(C/N)$

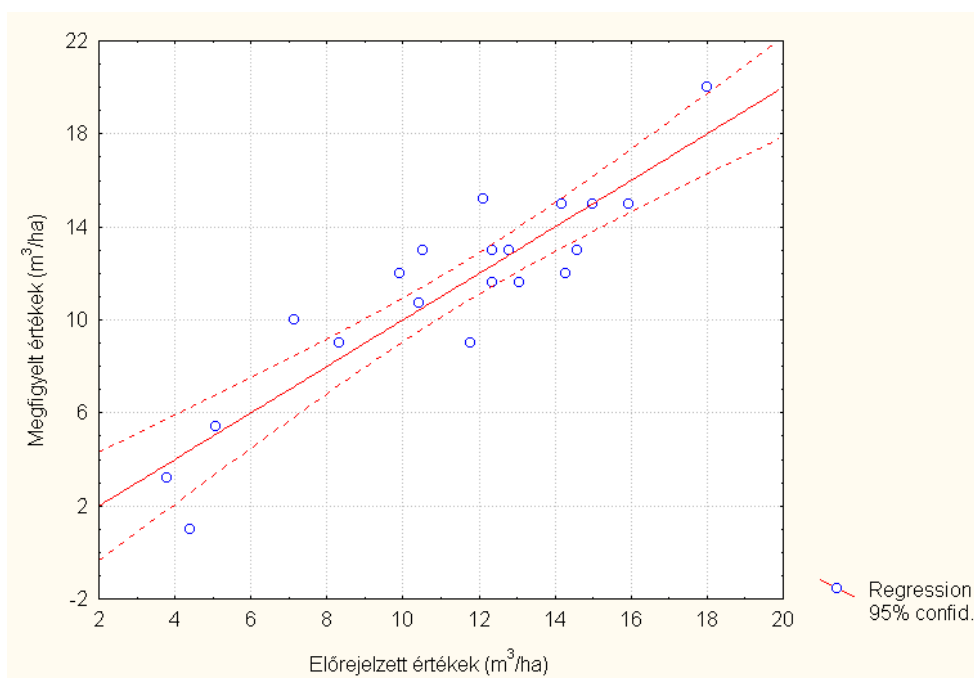


**VII.4.2.2. ábra:** A vizsgált mézgás éger állományok fatermőképességi adataira illesztett regressziós egyenes a konfidencia intervallumokkal

**VII.4.2.3. táblázat:** A talajjellemzők és a fatermőképesség közötti regresszió eredménye a fehérfűz állományokban.

A regressziós egyenletbe került változók	$R^2=0,75$ F(5,15)=13,3; a becslés standard hibája: 2,12 N=21
Regressziós együtthatók	
Konstans	-26,91
FH%	0,263
$e^{pH}$	-0,021
$(pH)^3$	0,149
$e^{(AL-P)}$	$3,55 \cdot 10^{-9}$
$(AL-P)^3$	-0,001

A regressziós egyenlet: Fatermőképesség(FFU)=-26,91+0,263\*(FH%)-0,021\*e<sup>pH</sup>+0,149\*pH<sup>3</sup>+3,55\*10<sup>-9</sup>\*e<sup>(AL-P)</sup>-0,001\*(AL-P)<sup>3</sup>



**VII.4.2.3. ábra:** A vizsgált fehérfűz állományok fatermőképességi adataira illesztett regressziós egyenes a konfidencia intervallumokkal

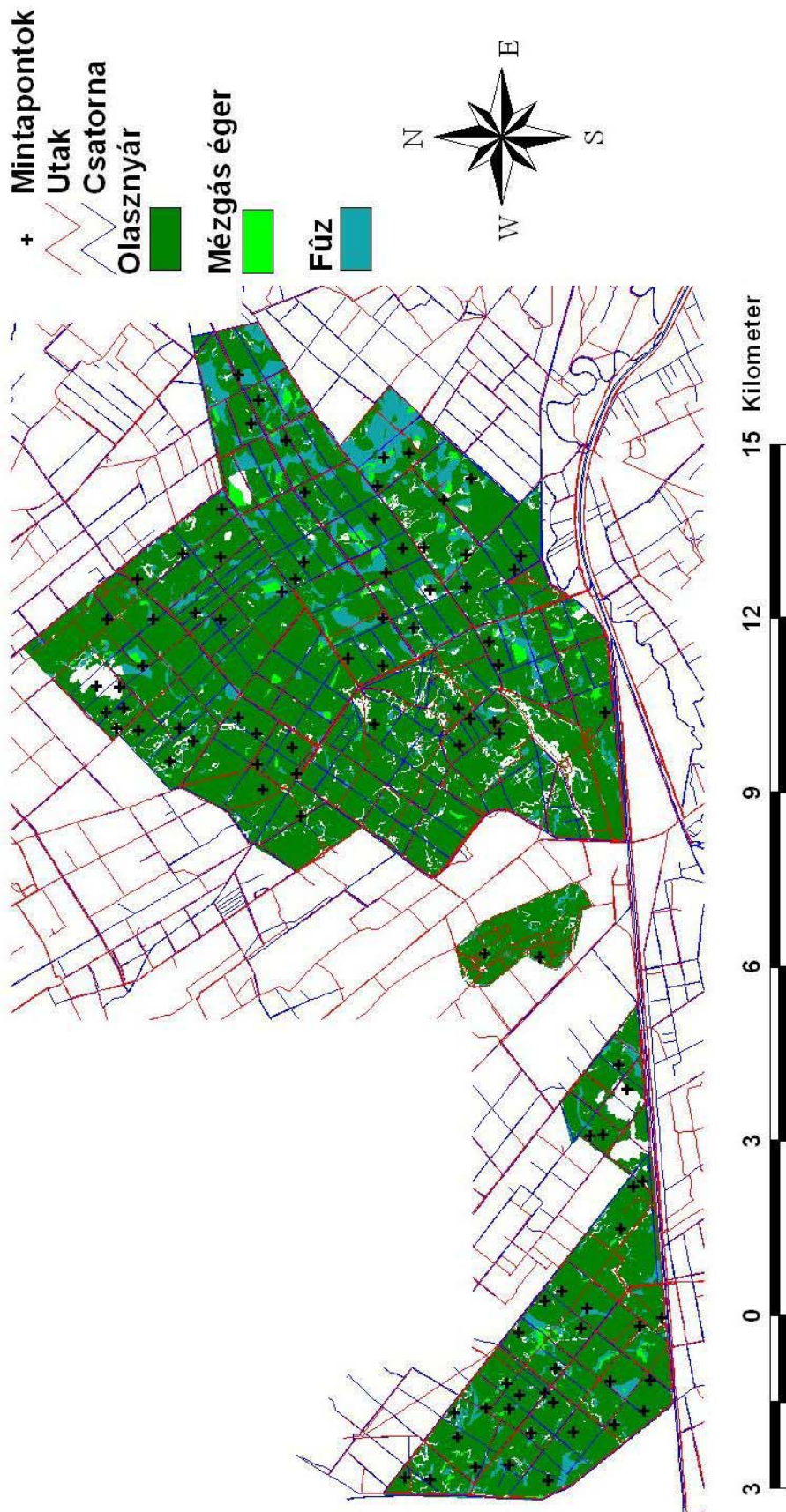
### VII.4.3. A fatermőképességi regressziós egyenletek térinformatikai alkalmazásának eredményei

A következőkben az Észak-hansági erdőterületekre a regressziós egyenletek módszerével meghatározott, maximális fatermőképességet jelentő fafaj összetételt bemutató térképet

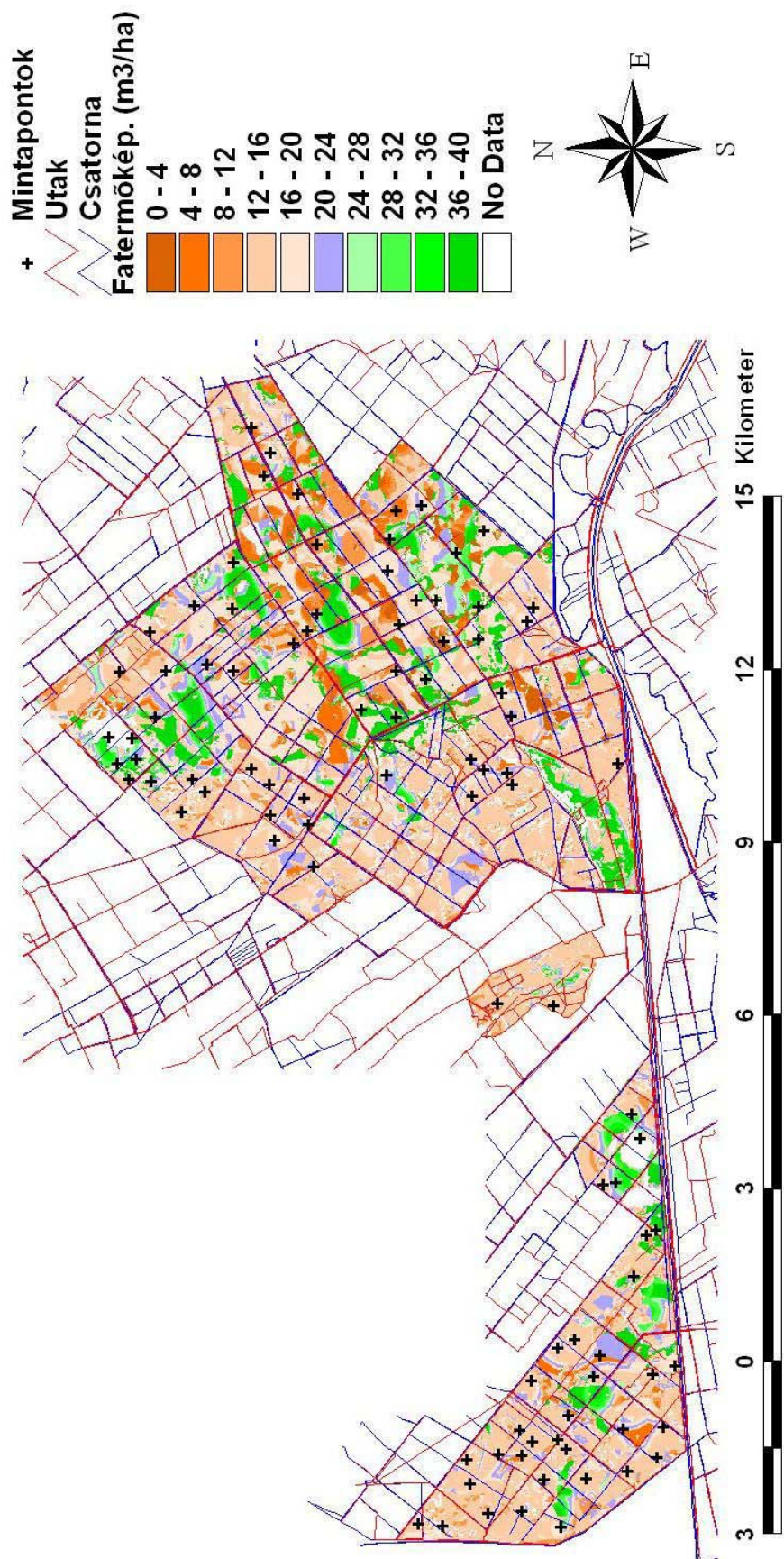


(VII.4.3.1. *ábra*), illetve az ebben az esetben várható fatermőképesség értékeket bemutató térképet (VII.4.3.2. *ábra*) szemlélhetjük.

A térképek a termőhelyi viszonyok lehető legteljesebb figyelembevételével adnak becslést az adott körülmények között legnagyobb fatermőképességre képes, és a területen jelenlévő fafajok várható produkciójára. Ily módon egy megoldást jelentenek a szakmában már régóta kívánatos, potenciális fatermőképesség térképekre, hiszen valóban a termőhelyi tényezők összhatásán alapulnak.



VII.4.3.1. ábra: Az Észak-Hanság maximális fatermőképességet biztosító fafaj összetétel térképe



VII.4.3.2. ábra: Az Észak-Hanság területeinek fatermőképességét bemutató térkép optimális fajfaj összetétel esetén

## **VIII. Az eredmények értékelése**

### **VIII.1. A talajtérképek értékelése**

#### **VIII.1.1. A talajtérképek általános értékelése**

A térképek nagyobb változatosságot mutatnak, mint a **VII.2.1. ábrán** bemutatott fuzzy talajosztály térkép, mivel az osztályokon belül formalizált környezeti tulajdonság – talajtulajdonság közelítésére használt regressziós egyenletek pixelről pixelre, az adott pont környezeti tulajdonság értékeinek függvényében más talajtulajdonság értékeket számolnak, és jelenítenek meg. Ezáltal nem egyetlen, az adott fuzzy osztályra, az osztály egész területén érvényes (átlag-)értékkel jellemezhető a vizsgált terület, hanem a környezeti (talajképző) tényezők tulajdonságainak függvényében pixelről pixelre változik a talaj paramétereinek értéke is. Ez okozza a részletesebb mintázatot. Az alkalmazott módszer előnye lehet, hogy azokon a területeken is képes a térbeli változatosság mértékének becslésére – felhasználva a talajjellemzők és a környezeti változók közötti összefüggéseket –, ahol előzőleg nem, vagy csak kevés mintaterület létesült. Ez természetesen csak abban az esetben igaz, ha a környezeti változók értékei közelítik, vagy nagyon hasonlóak a mintaterületek esetén megfigyelt értékekhez. Az egy, vagy több környezeti változó tekintetében is szélsőséges értékekkel (kiugró értékek) jellemezhető térségekre ez a megállapítás természetesen nem lehet igaz.

A térképek megbízhatóságával kapcsolatban megemlítem, hogy messzemenőig figyelembe kell venni a matematikai modell létrehozásában felhasznált mintaterületek környezeti változói által felölelt értéktartományt, hiszen előfordulhat, hogy a paraméter tartományon kívül eső pontok esetén a modell látszólag értelmezhető eredményt ad, ám az a valódi értéktől jelentősen eltér. Ezért a modell létrehozásában felhasznált mintapont hálózattól a paramétertérben nézve távoli helyeken, a modell által generált térkép nem megbízható, hanem csak az ilyen értelemben vett 'értelmezési tartományán' belül, illetve annak környezetében alkalmazható, ott viszont – az alább bemutatásra kerülő statisztikák szerint –, pontossága megfelel a vele szemben támasztott elvárásoknak. Ez alatt azt kell érteni, hogy a modell által adott becslések az esetek túlnyomó részében a jelenleg alkalmazott erdészeti termőhely értékelést meghatározó, a talaj tulajdonságaira vonatkozó kategóriák határain belül maradnak. (Bővebben lásd a pontossági kérdéseket tárgyaló fejezetben). Azt lehet mondani ezért, hogy az effajta modellekre vonatkozó kutatásoknak helye kell legyen az erdészeti kutatás területén, mivel elérhető olyan pontosság, amely már megfelelően alkalmazható lesz az

erdőgazdálkodás és erdőtervezés gyakorlati támogatására és nem csak az Észak-hansági Erdészet kezelésében álló erdőterületeken.

### VIII.1.2. A termőréteg vastagsági térkép értékelése

Az erdészeti termőhely értékelésben a termőhely-típusok meghatározásának egyik igen fontos szempontja a termőréteg vastagsága (ÁESZ, 2001). Ezért ennek a dolgozatnak is kiemelt célja volt a termőréteg vastagság térképezése. A termőréteg vastagság alapvetően a fafajok növekedését befolyásolja, de számos esetben kihathat a fafaj választásra is. A hansági termőhelyeken a termőréteg teljes vastagsága alatt a kotus feltalajt, és a nagy szervesanyag-tartalmú rétegeknek (tőzeg) azt részét értjük, ami a gyökerek által még hasznosítható. Ennek meghatározása egyfelől a gyökérszóna vizsgálatán alapul, másfelől ez így meghatározott értéket módosítják a laborvizsgálati adatok. Amennyiben talajhiba található az érintett szintekben, akkor a termőréteg vastagsága redukálásra kerül.

A feldolgozás alapján a termőréteg vastagsága 20-95 cm között változott. A vizsgált területen a termőréteg vastagságának megoszlása az alábbi (VIII.1.2.1. táblázat):

VIII.1.2.1. táblázat: A termőréteg vastagsági kategóriák megoszlása

Termőréteg vastagság	Területi kiterjedés (ha)	Térkép alapján (%)	Mintaterület alapján (%)
Igen sekély	2158	28	36
Sekély	3644	48	50
Középmély	1613	21	12
Mély	217	3	2
Igen mély	6	0	0
Összesen	7638	100	100

A VIII.1.2.1. táblázat adatai alapján látható, hogy a mintaterületek adatai alapján darabra megállapított termőréteg vastagsági kategóriák részarányait a modell területi arányokban némileg módosítja. Nagyságrendileg nincs eltérés a felvételi helyek alapján meghatározott és a szerkesztett térkép alapján számított termőréteg-vastagsági kategóriák részarányai között, de a pontminták kiterjesztése következtében ezek a területarányok enyhén módosultak, részletesebbé váltak, hiszen számos környezeti tényező összhatását vizsgálva történt a pontminták kiterjesztése az egész területre. Ennek magyarázata, hogy a 96 mintaterület alapján is számítható egyfajta termőréteg vastagság eloszlás, anélkül, hogy térképeznénk. A környezeti változók bevonásával végzett kiterjesztése a pontminták adatainak – térképezés – eredményeképpen a területet reprezentáló pixelek mindegyikéhez, beleértve az eredeti

mintaterületeket is rendelhető egy számított termőréteg vastagsági érték (kb. 185 ezer, 20x20 m-es pixel). Amennyiben a használt modell a környezeti változók és a kérdéses talajtulajdonságok közötti összefüggéseket jól képezi le, akkor elvárható, hogy a területre vonatkozó termőréteg vastagsági kategóriákra a modell alapján készített eloszlási táblázat egyfelől közelítse a mintákból származtatott eloszlás számait – ahogyan ez meg is valósul – másfelől pedig hogy a minták esetlegességéből származó arányeltolódásokat kisimítsa. Ennek megfelelően pl. olyan termőréteg vastagsági kategória is megjelenik a modell alkalmazásakor – igaz csak kis területi részarányal –, amely a minták között nem szerepelt. Ezért pusztán a minták alapján feltételezhető volt, hogy nincs ilyen kategória jelen a területen, vagy ha van is, annak mértékéről és elhelyezkedéséről semmilyen tájékoztató jellegű adat nem állt rendelkezésre. A modell alapján azonban legalább becsléssel rendelkezhetünk e tekintetben. Az természetesen másik kérdés, hogy a modell által jelzett kategória valóban jelen van-e az adott helyen, vagy nincs. Erről sajnos jelenleg adat nem áll rendelkezésre.

A **VIII.1.2.1 táblázat** alapján megállapítható, hogy a terület 28 %-ára az igen sekély termőréteg-vastagság a jellemző, vagyis a termőréteg nem éri el a 40 cm-t. Ez a tény önmagában felhívja a figyelmet a termőhelyi tényezők gyors változására, hiszen a múlt század elején még lényegesen vastagabb volt a termőréteg ill. a tőzegréteg vastagsága az egész Hanság területén (**Dömsödi, 1974**). A gyors változások, elsősorban a lecsapolások miatti mineralizáció és a szerves anyag elbomlása révén, a térség felszínének a süllyedésében, ezen keresztül pedig a meszes dunai altalajnak a felszínhez való közeledésében lehetnek kimutathatók. A területek 48 %-a sekély, azaz 40-60 cm vastag termőréteggel rendelkezik. A közép mély kategória 60-100 cm, a terület 21 %-án jellemző, amely helyenként már feltételezheti azt, hogy a mineralizáció kevésbé érintette ezeket a területrészeket. A 100-140 cm-es, mély termőréteg a terület 3 %-án található, összességében a közel 7700 hektárból 217 ha-on, míg az igen mély mindösszesen 6 ha, amely százalékosan már szinte meg sem adható, s mely kategória a mintavétel során nem jelent meg, csupán a térkép előrejelzése alapján becsülhető.

Összességében tehát a termőréteg vastagságáról megállapítható, hogy a termőréteg vastagsága térkép (**VII.3.1. ábra**) alapján a terület 76%-a az igen sekély és a sekély termőréteg vastagsági kategóriába tartozik, viszont a mintaterületek alapján ez az érték 86 %. A már sokszor hivatkozott hansági talajokkal foglalkozó tanulmány szerint (**Halupa, 1985**) az 1970-es években ugyanezen két termőréteg vastagsági kategória aránya 80% volt, ami körülbelül megfelel a jelen vizsgálatok eredményeinek is. Meg kell jegyezni, hogy az

akkori 80% a kérdéses kategóriákba eső mintaterületek darabszámából számított érték, mely jelen esetben 86%. Így elképzelhető, hogy némileg emelkedett a sekély, igen sekély termőréteg vastagsági kategóriák részaránya, bár korabeli térképekkel sajnos nem rendelkezünk. Feltételezhető, hogy a térség magasabban fekvő részein a szerves talaj mineralizációja miatt némileg megnövekedtek a sekély és igen sekély termőréteg vastagsági kategóriák arányai, de ez a változás a jelenleg rendelkezésre álló adatok alapján nem mutatható ki egyértelműen.

### **VIII.1.3. A tőzegréteg vastagsági térkép értékelése**

A tőzegréteg vastagságának a meghatározása a lápi termőhelyi tulajdonságok gyors változásának nyomon követésére igen alkalmas lehet. A térképi ábrázolást követően látható, milyen jelenleg az Észak-Hanságban található tőzegréteg vastagságának térbeli megoszlása, melyek azok a területek (erdőrészletek), ahol a tőzeg már gyakorlatilag teljesen átalakult (kötösödött) és hol találhatjuk azokat a termőhely-részleteket, ahol a tőzegréteg akár 1,5 m-t is elérheti. Ez a térkép a továbbiakban több célt is szolgálhat annak megfelelően, milyen további adatok állnak rendelkezésre a tőzegréteg vastagságáról, esetleges térbeli változásáról. Amennyiben korábbi, akár az erdőtervezéshez, akár egyéb tájhasználatához kötött adatok rendelkezésre állnak, úgy lehetőség van annak becslésére, hogy az adott használati mód mellett milyen irányú változások következhetnek be a tőzegréteg vastagságában. Ha nincsen ilyen feltárásokról kellő részletességű információk, mint esetünkben, úgy az elkészített tőzegréteg vastagsági térkép egy esetleges monitoring alapadatának tekinthető, mely a jövőben igen értékes összehasonlítások alapjául szolgálhat a Hanságban bekövetkezett termőhelyi változások kutatásában, elsősorban a természetvédelem területén. A későbbi időbeni távlat lehetőséget teremthet a tőzegréteg vastagságának környezeti változóktól és gazdálkodási formától függő modellezésére. Így ennek térképnek az értékelése, mint eddig hiányzó alapadat a természetvédelem szempontjából igen jelentős. További felhasználhatóságát a jövőbeli kapcsolódó kutatások alapján lehet majd felmérni.

### **VIII.1.4. A termőréteg CaCO<sub>3</sub>-tartalma térkép értékelése**

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a hansági termőhelyekre az igen heterogén szénsavas mésztartalom eloszlás jellemző. A talajszelvények termőrétegében található CaCO<sub>3</sub>-tartalmat vizsgálva a **VII.3.3. ábrán** a termőrétegben található maximális mésztartalom került ábrázolásra, hiszen ennek a hatása a talaj tulajdonságaira és a növények tápanyag-felvételére

nézve igen sokrétű. A vizsgált területen a termőréteg  $\text{CaCO}_3$  tartalma 0-70 % között változott a mintaterületek adatai alapján, ami azt jelenti, hogy a terület egy részén mészmentes, savanyú talajok vannak, más részén viszont, akár a talajhiba határértékét jelentős mértékben meghaladó mésztartalom is előfordulhat. Ezeknek térbeli mintázatát becsli a **VII.3.3. ábra**.

Azokban a talajokban, ahol a feltalajban nem található szénsavas mész, ott a kémhatás gyengén savanyú, amely kedvez a tápanyagok feltáródásának és a növények tápanyagfelvételének, szinte valamennyi tápanyag vonatkozásában. A 10 % alatti mésztartalom ugyancsak kedvező a stabil talajszerkezet kialakítása végett, mennyisége ugyanakkor még jelentősen nem korlátozza a kalciummal ion-antagonizmusban levő egyéb ionok ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ) felvételét (**Kovács G., szóbeli közlés**). Mint látható a **VII.3.3. ábrán** a terület egy jelentős részén az előállított térkép szerint, ennél jóval nagyobb a mészakkumuláció a talajban. Az Erdőtervezési Útmutató (2001) szerint homok esetén 15 % felett, vályog és agyag fizikai féleségnél 25 % feletti mésztartalom talajhibaként kezelendő. Meg kell jegyezni azonban, hogy ezek a mésztartalmi értékek csak többlet vízhatástól független termőhelyekre érvényesek. Amennyiben a többlet vízhatás eredményeként a gyökérszónában megjelenik a nedvesség, úgy jelentősen mérséklődik a mész fiziológiai szárító hatása és továbbá nem játszik szerepet a nagyobb holtvíz sem. Ezért, a termőréteg becsült mésztartalmát ábrázoló térképet együtt vizsgálva a talajvíz elhelyezkedését, vagy a felszínen összegyűlő víz borításával érintett területeket ábrázoló térképekkel elméletileg meghatározhatók azok az erdőrészek, amelyekben várhatóan növényélettani zavarok léphetnek fel a magas szénsavas mésztartalom miatt, illetve, ahol a határértéket túllépő mésztartalom sem okoz majd vélhetően számottevő nehézséget a többletvíz hatása alatt álló területeken. Ez arra utal, hogy a digitális talaj- és termőhelyi jellemzőket ábrázoló térképeket egy rendszerbe összefogottan célszerű és lehet hatékonyan hasznosítani.

A bemutatott térképek együtt jelentősen segíthetnek a tervezésben és a fafajválasztásban is. Erre példaként szolgál, hogy az égeresek egyik legnagyobb problémája a Hanságban, hogy a termőréteg fokozatos csökkenése következtében (mineralizálódik a tőzeg ill. a kotu) egyre közelebb kerül a talajfelszínhez a meszes, dunai altalaj, amit az éger már tartósan nem képes elviselni. A térképek azonban a tájhasznosítás és a természetvédelem által kívánatosnak tartott faállományok potenciális fafajeloszlást is kirajzolják. Ezek szerint egyáltalán nem tekinthető reálisnak az az általánosító vélemény, hogy a nemesnyárasok helyén égerrel, mint a Hanság egyik őshonos fafajával történjenek az erdőfelújítások.



### VIII.1.5. A pH térkép értékelése

A talajok kémhatásának jellemzésére és értékeléséhez az erdészeti talajtanban elfogadott skálázást alkalmaztam (*Szodfridt, 1993; Scheffer és Schachtschabel, 2002*), vagyis igen savanyú a talajok kémhatása, ha a pH 4,5-nél kisebb; savanyú, ha 4,5-5,5 közé esik; gyengén savanyú 5,5-6,8 között; semleges 6,8-7,2 között; gyengén lúgos 7,2-8,5 között; lúgos 8,5-9,0 között, és erősen lúgos a kémhatás 9,0-nál nagyobb pH érték esetében. Ebben a kategorizálásban, az egyes talajtulajdonságokban bekövetkezett legfontosabb változás jelenik meg. 9 pH fölött- erősen szikes jellegek; 8,3-9 között gyengén szikes jellegek mutatkoznak; 7,2-8,3 között a szénsavas mész hatása jelentkezik a talajban. 6,8-7,2 semleges, de telített tartomány, míg az 5,5-6,8 közötti gyengén savanyú tartományban az adszorpciós komplexek már kismértékben telítetlenek, nincs szabad vas- és alumínium a talajban. 4,5-5,5 között megjelenik a szabad háromértékű alumínium (a háromértékű alumínium az oldatban gyökérméregnek tekinthető, 4,5 alatt pedig ugyanez a helyzet a vassal). A pH-modellben a termőrétegre számított átlagos pH ábrázolása történt a  $H^+$ -ion koncentrációk szintvastagsággal súlyozott számtani átlagainak felhasználásával. Az átlagos koncentrációból ily módon meghatározott átlagos pH-értékek megadása mellett a talajok kémiai tulajdonságainak ill. a tápanyag-szolgáltató képességének szempontjából fontos az egyes szintek kémhatásának az ismerete is, nevezetesen a pH-profil megjelenítése. Mivel előfordulhat, hogy egy szelvényen belül az erősen savanyú felszín és az erősen meszes altalaj között több nagyságrendű különbség van a  $H^+$ -ion koncentrációban, ezért – e helyen nem –, de elméletileg külön is ábrázolható a:

- pH-minimum szelvényeken belüli értékei,
- pH-terjedelem értékeket a termőrétegre vonatkoztatva, valamint
- a feltalaj (humuszos vagy kotus talajfelszín) kémhatása.

Ezeknek a térképeknek a felhasználásával levezethető és meghatározható azon erdőrészek nagysága és területi kiterjedése, ahol a savanyú kémhatás, vagy ahol a lúgos kémhatás dominál, esetleg egy szelvényen belül mindkettő előfordul.

A pH szerepe egyébként kiemelkedő, hiszen számos talajadottságot determinál, nevezetesen a mikrobiális átalakulást, a tápanyag feltáródás intenzitását és mértékét, a talajszerkezet kialakulását ezen keresztül a levegő- és hógazdálkodást, a talajok adszorpciós képességét stb.

**VIII.1.5.1. táblázat:** A vizes pH-értékek területi megoszlása és százalékos aránya

pH (vizes)	Terület (ha)	%
-4,5	187,8	2,5
4,5-5,5	1534,5	20,1
5,5-6,8	3020,5	39,5
6,8-7,2	2776,2	36,3
7,2-8,5	119,0	1,6
8,5-9,0	0	0
9,0-	0	0

A **VII.3.4. ábráról** és az **VIII.1.5.1. táblázatból** látható, hogy a mintaterületek legnagyobb részén a savanyú, gyengén savanyú és a semleges kémhatás a jellemző, amelyek kedvező kémiai állapotot alakítanak ki. A táblázat és a térkép alapján megállapítható, hogy az átlagos kémhatás tekintetében tehát szélsőséges talajadottságok nincsenek a vizsgált területen, tehát a potenciális fafajeloszlást és fatermőképességet a pH viszonyok nem befolyásolják hátrányosan.

#### VIII.1.6. Agyagtartalmi térkép értékelése

A talajok agyagtartalma (A%) a gyakorlatban a fizikai talajféleség meghatározására szolgál. Az agyag fizikai és adszorpciós tulajdonságai a talajok víz és levegőháztartását alapvetően meghatározzák. Az agyag tartalom térbeli mintázatát bemutató térkép alapján a **VII.3.5. ábrán** látható a termőréteg A%-a, ami viszonylag egységes képet mutat a mintaterületen belül. A fizikai talajféleség lehet az agyagtartalom alapján durvahomok (A % 5% alatt), homok (A % 5-15% között), homokos vályog (A% 15-20% között), vályog (A% 20-30% között), agyagos vályog (A% 30-40% között), agyag (A% 40-50% között), és nehézag (A% 50% felett) (**Scheffer és Schachtschabel, 2002**).

Az öntésjelleg miatt az agyageloszlás ill. a fizikai talajféleség eloszlás egy szelvényen belül is változhat, így az eltérő öntés-rétegzettség hatásának vizsgálatához szükséges a rétegzettség külön értékelése. A talajok vízvezető-képességének becslése a fizikai talajféleségek alapján elvégezhető, azonban gyakorlati jelentősége a többletvízhatástól független termőhelyeken van. Az Észak-Hanságban a talajok pórusrendszerének nagysága, ennek következtében a levegőellátottság valamint a pórusokon áthaladó víz (H, h) mozgásának és sebességének ismerete szükséges, amelyek az agyagtartalom függvényeként határozhatók meg. Ehhez jó alapot ad a közölt agyagtartalom térbeli mintázatát ábrázoló térkép.

**VIII.1.6.1. táblázat:** Fizikai talajféleségek területi és százalékos megoszlása a mintaterületen

Fizikai talajféleség	Terület (ha)	%
DH (A% 5%>)	206,4	2,7
H (A% 5-15%)	4673,4	61,2
HV (A% 15-20%)	1532,0	20,1
V (A% 20-30%)	996,4	13,0
AV (A% 30-40%)	154,0	2,0
A (A% 40-50%)	43,0	0,6
NA (A% 50%<)	32,8	0,4
Összesen	7638,0	100

**VIII.1.7. A termőrétég szénttartalmi térkép értékelése**

A szerves szén mennyisége a felhalmozódott szerves anyag mennyiségét mutatja. A szerves szén évszázadok, évezredek alatt a humuszban, vagy a le nem bomlott szerves anyagban (tőzeg) halmozódik fel és jelentős tápanyagforrásként szerepel a talajban. (A láptalajok széntartalma egyébként igen jelentős:  $455 \cdot 10^9$  t, a világ talajai szénkészletének közel 1/3-a. (Aerts, 1999)).

A szerves-szén mennyiségéből gyakorlatilag a humuszatartalom levezethető lenne, azonban ez nem teljesen pontos, hiszen a szerves szén egy kisebb-nagyobb hányada humifikálódott, így a még el nem bomlott szerves anyagok kötéseiben szerepel. A **VII.3.6. ábrán** a szerves szén mennyiségének a térbeli mintázata látható, amelyből kitűnik, hogy jelentős mennyiségű szerves szén akkumulálódott az Észak-hansági talajokban. Ebben az esetben a szerves szénnél érdemes még a mineralizált és a bomlatlan szerves kötésekben levő szénnek az elkülönítése is, hiszen a szerves anyag mineralizációja során jelentős mennyiségű tápanyag szabadul fel. A térkép szerint mintaterület dél-keleti részének szerves szén mennyisége jóval magasabb, mint az észak-nyugati területrészen található talajoké. A viszonylag jelentős különbség oka egyrészt az eltérő sebességű mineralizációs folyamatban keresendő, másrészt pedig a szerves anyag felhalmozódásának üteme és mértéke már évszázadokkal ezelőtt is jelentősen különbözött a két területrészt között. Feltételezhető, hogy elsősorban a felhalmozódás mértéke különbözött jelentősen, mivel a dél-nyugati területrészek alacsonyabb fekvésűek, mint az észak-keleti területek, így a valamikori láp is mélyebb lehetett ezeken a területrészekben. A lecsapolások után pedig a magasabban fekvő területeken a mineralizáció sebessége gyorsabb volt a gyorsabb kiszáradás következtében. A természetvédelmi és gazdálkodási érdekek összehangolásának egyik alapvető eleme lehet ennek a kérdésnek a további vizsgálata és tisztázása.

### VIII.1.8. A termőréteg nitrogén tartalma térkép értékelése

A szerves vegyületekben megkötött nitrogén tartalom mintázata, tendenciái szoros kapcsolatot mutatnak a szénnel, hiszen az élő szervezetekben jól definiálható a C/N arány (3), amely az elhalt szerves anyagban erdei talajok esetén 10-20 közé esik (Ulrich 1990). Ezért ahol nagyobb a szén felhalmozódás, ott jelentkezik a nagyobb mértékű nitrogén felhalmozódás is. A vízrendezések hatására bekövetkezett nitrogén felszabadulás jelentősen növeli a rendelkezésre álló (a növények számára felvehető nitrogén) mennyiségét, ami a fatermőképesség szempontjából alapvető jelentőségű. A tápanyagok és a fatermési adatok közötti összefüggések vizsgálatában a jövőben erre érdemes lenne nagyobb hangsúlyt fektetni. A VII.3.7. ábrán látható, hogy a dél-keleti erdőrészekben 2-5% nitrogén tartalommal találkozunk, ami 40-100% humusznak felel meg a talajban, vagyis gyakorlatilag teljes egészében szerves talajokról van szó. A szerves anyag, így a szerves nitrogénformák átalakulása is jelentősen függ a mineralizációs ill. a humifikációs folyamatok eredőjétől, így a nagyobb szerves nitrogén tartalmú erdőrészek nem jelentik egyértelműen azt, hogy a felvehető nitrogénben is gazdagabbak. A talajvíz állásnak komoly szerepe van az előbb említett folyamatokban, magas vízállás esetén a humifikáció és a szervesanyag-képződés kerül túlsúlyba, alacsony vízállásnál pedig a mineralizáció lesz a jelentősebb folyamat. Az erdőgazdálkodás tekintetében fontos, hogy ilyen esetben a jelentős felvehető nitrogén áll rendelkezésre, és azt az állományok fel is tudják venni. Ezeknek a kérdéseknek a vizsgálatában a bemutatott térképek nagyon informatívak.

### VIII.1.9. A termőréteg foszfor tartalma térkép értékelése

A nitrogén mellett a másik jelentős makrotápelem a foszfor, amelynek térbeli mintázatát a termőrétegben a VII.3.8. ábrán láthatjuk. Néhány erdőrészetet leszámítva a felvehető foszfor tartalom a 0-5mg/100g, a térkép szerint. A mezőgazdasági hasznosítást figyelembe véve ezek az értékek igen gyenge foszforellátottságnak felelnek meg. Azokon a termőhelyi foltokon, ahol a könnyen felvehető foszfor eléri a 10mg/100g-ot, közepes, 15-20 mg/100g között pedig jó a foszforellátottság a talajban. A foszfornak a felvehetősége jelentős mértékben függ a talajok kémhatásától, így mind savanyú, mind pedig alkalikus közegben megnehezül felvételük. A hazai erdészeti szakirodalomban nem találkozni olyan adattal, amelyben az egyes termőhelyek könnyen felvehető foszfortartalmát kalibrálták volna az egyes fafajok növekedésére vonatkozó, valamilyen számszakilag is mérhető paraméterével (pl. biológiai felsőmagasság, folyónövedék stb.). Így ennek a tápelemnek a faállományok növekedésében játszott szerepéről igen keveset tudunk.

Az egyes fafajok fatermőképessége és a talaj tápelem-tartalmának adatai között számos esetben csak gyenge korrelációs kapcsolat mutatható ki, ill. többváltozós tényezők vizsgálatára lenne szükség a meglévő adatbázisok birtokában (*Kovács, 1996*). Erre jelen dolgozatban történt is kísérlet. Ennek az iránynak a behatóbb vizsgálatát a jövőben ki kellene terjeszteni részletes talaj-növény reláció elemzések révén, további többtényezős vizsgálatok segítségével.

#### **VIII.1.10. Az előállított térképek pontossági kérdései**

A térképek tulajdonképpen térbeli modelljei a térképezett objektumoknak. A térképek becsült értékeket mutatnak, melyek pontosságának értékeléséhez a termőréteg vastagsági, a tőzegréteg vastagsági és a mésztartalmi térképek értékeit, valamint a mintapontok adatait használtam fel. A többi jellemzőre vonatkozó adatok a mellékletben kaptak helyet (*IV. melléklet*). Az térképek pontosságának értékeléséhez kiemelten kell figyelembe venni a következő szempontokat:

1. A kiindulásnak alapul vett környezeti változók adatbázisa, elemeit tekintve maga is egy összetett modell (a valóság egyszerűsített mása), amely nyilvánvaló módon valamilyen kezdeti hibával terhelt, de ennek a mértéke nem ismert. Ez a következőkből adódik:
  - A szintvonalas térkép hibája, a domborzatban a térképezés óta bekövetkezett változások miatt.
  - A domborzatmodellből levezetett jellemzők hibája, amely az előző hiba következménye.
  - A talajvízszintek modelljének hibája, amely modell adatait 15 talajvízkút adatából vezettem le.
  - A földtani térkép esetleges hibái.
2. A térképezni kívánt talajjellemzők (*VII.2.1. táblázat*) mérési hibái.
3. Végül pedig nem lehet figyelmen kívül hagyni azt a tényt sem, hogy jelen esetben tulajdonképpen, nagyon egyszerű kiinduló adatok felhasználásával, egyszerűsített összefüggésrendszer alkalmazásával történt egy roppant bonyolult és összetett kölcsönhatások során kialakuló rendszer (a talaj) tulajdonságainak modellezése. (Megjegyzem, hogy ez elvben nem biztos, hogy hibát eredményez. Példa lehet a Naprendszer, amelyet Newton 3 egyszerű törvényével nagyszerűen lehet modellezni).

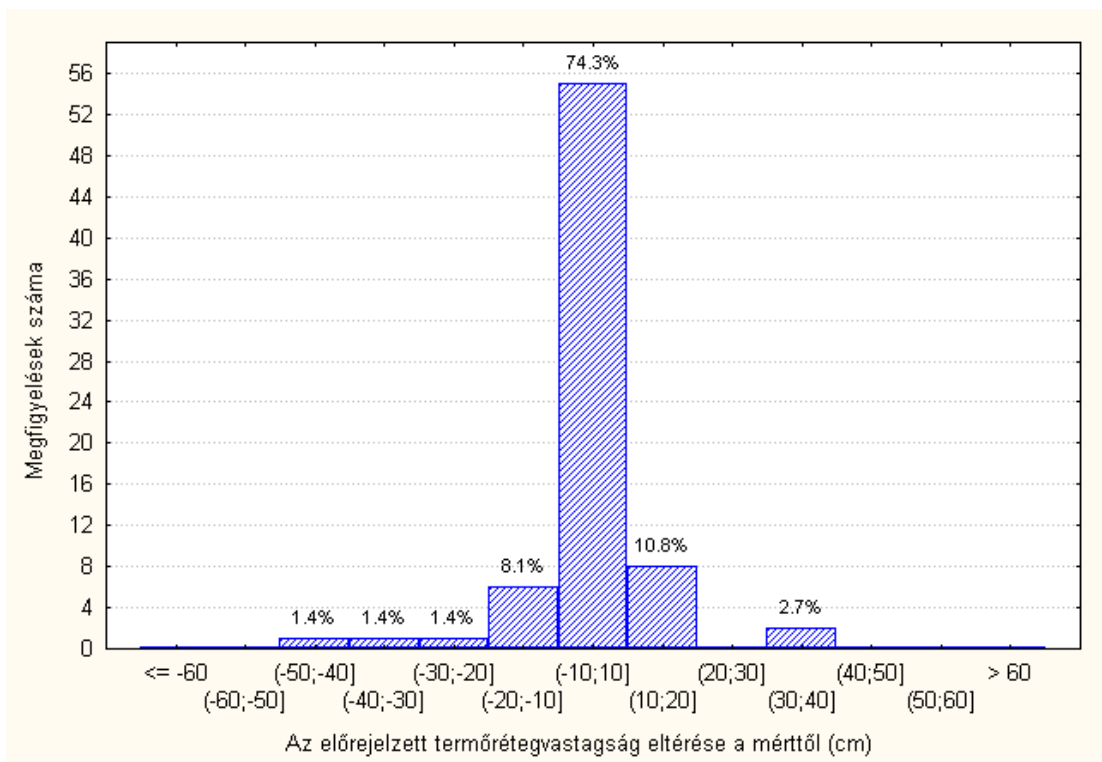
A térképek hibáinak becslésére azt a módszert használtam, hogy a rendelkezésre álló 96 mintapontból csak 74 pont adatát használtam a becslésre, majd összevettem a mért és az adott ponton a térképek által becsült adatokat mind ezen a 74 ponton, mind pedig a maradék 22 ponton. Ahogyan az alábbiakból kiderül, az előzőekben vázolt és olykor jelentős hatású, a bizonytalanságot növelő hibalehetőségek ellenére, a térképek megfelelő pontosságú eredményeket adtak a mintaterületek adataival való összevetés során.

Az **VIII.1.10.1.-VIII.1.10.3. ábráról** leolvasható, hogy a termőréteg vastagság, a tőzegréteg vastagság és a termőréteg mésztartalma tekintetében az esetek (mintaterületek) hány százaléka esik a különböző hibasávokba a térképkészítéshez felhasznált 74 pont esetében. Az értékek meggyőzőek abban a tekintetben, hogy a térképek adatai az esetek zömében közel vannak a mintaterületek adataihoz, ami azt jelenti, hogy a generálásukhoz használt környezeti változókból felépülő egyenletekben sikerült megragadni a termőhelyi viszonyok alakulását kormányzó fő tényezőket, és segítségükkel feltehetően lehetőség lesz a gyakorlat mai igényeit messzemenően kielégítő térképeket készíteni. Kiegészítésként a **VIII.1.10.1. táblázatban** tekinthetők meg a közölt termőhelyi tényezőkre vonatkozó hibaértékek statisztikái.

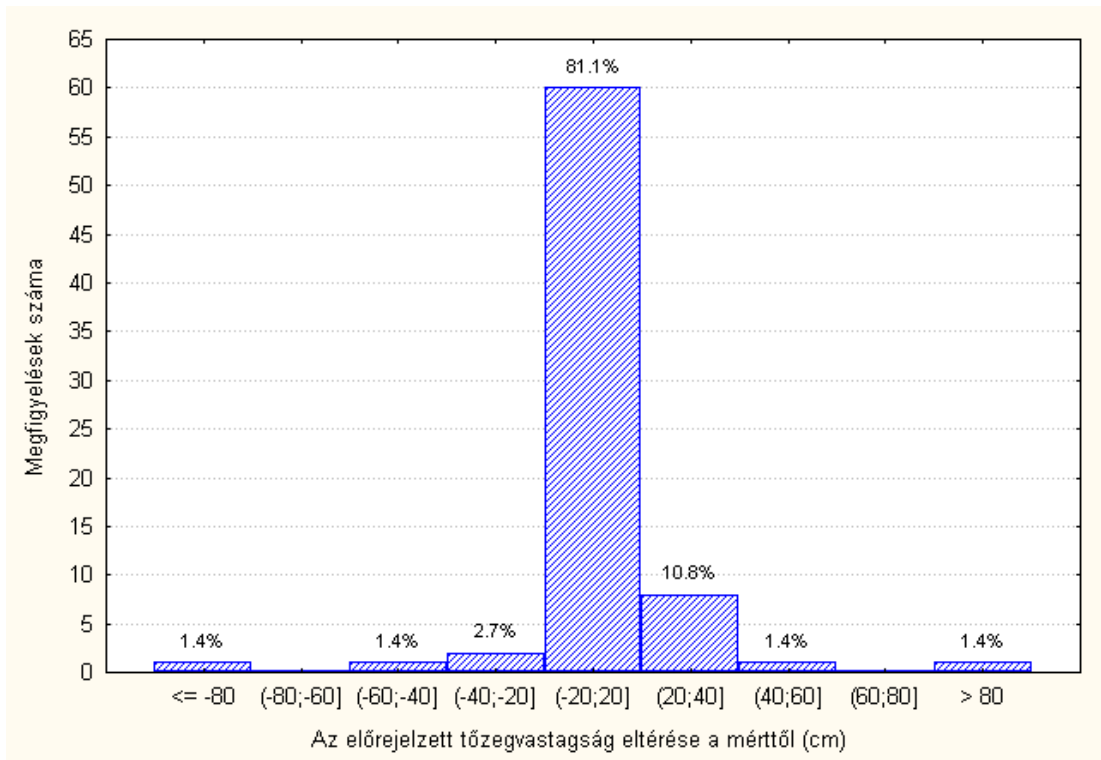
A térképek által adott becslések gyakorisági hibaeloszlása a 22 db, véletlenszerűen kiválasztott, regresszióba be nem vont mintaterületek esetében a **VIII.1.10.4.-VIII.1.10.6. ábrán látható**; további statisztikai adatok találhatóak a **VIII.1.10.2. táblázatban**. Megállapítható, hogy a modell értékei a termőréteg és a tőzegréteg vastagságának tekintetében megfelelően szorosan követik a valóságos adatokat, és a hibasávok arányai nem változnak számottevően. A mésztartalom esetében némileg eltérő a helyzet, mivel itt a nagyobb eltérések aránya jelentősen növekedett, bár itt is igaz, hogy a becslési hibák többsége a valóságos értékektől kevésbé eltérő tartományba esik. Ez azonban jelzi, hogy a mésztartalom becslése nem annyira „könnyű”, mint az előző két paraméteré és további fejlesztést igényel. Megfigyelhető továbbá, hogy a hiba értékek eloszlásának alakja mindegyik esetben hasonló, tehát a modell nem „mintavételi hely specifikus”, ami azt jelenti, hogy ettől eltérő mintapont hálózat esetében sem kapnánk lényegesen eltérő eredményt. Továbbá megjegyzendő, hogy a 22 db független minta eredménye – tekintettel a jelentős bizonytalansági tényezőkre (hiszen a talajjellemzők valóságos térbeli eloszlását nem ismerjük) – még nem biztos, hogy elegendő a térképek teljes értékeléséhez. Igaz ugyan, hogy a 74 db felhasznált területtel szemben a 22 db ellenőrző pont csaknem 30%-nyi tartalékpontot jelent – szemben a szokásos 10%-al -, ám abból két pont eltérése, már csaknem 10%-nyi hibás eredményt jelent. Feltehető, hogy az újabb, a térképkészítéshez felhasználható pontok bevonásával, amire kapacitáshiány miatt

sajnos nem volt mód, a hibaeloszlási hisztogramok százalékarányai is kedvezőbbek lennének.

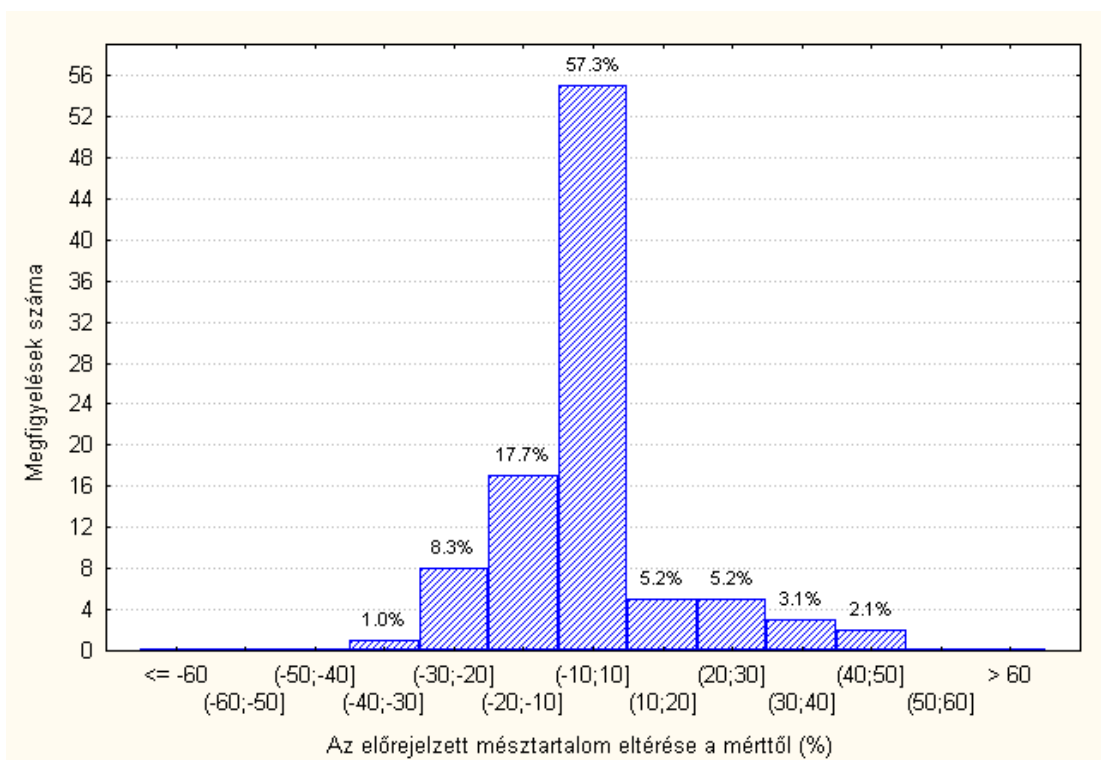
Végül bemutatom az összesített statisztikákat, amelyhez felhasználásra került mind a 96 db szelvény adata, vagyis mind a 74 db regresszióba bevont szelvény és a 22 db regresszióba be nem vont szelvény adatai egyaránt szerepelnek (VIII.1.10.7.-VIII.1.10.9. ábra és VIII.1.10.3. táblázat). Ezek mind megerősítik a fenti megállapításokat.



VIII.1.10.1. ábra: A termőrétgvastagság térképi modelljének hibaeloszlása a térkép létrehozására felhasznált 74db mintapont esetében.

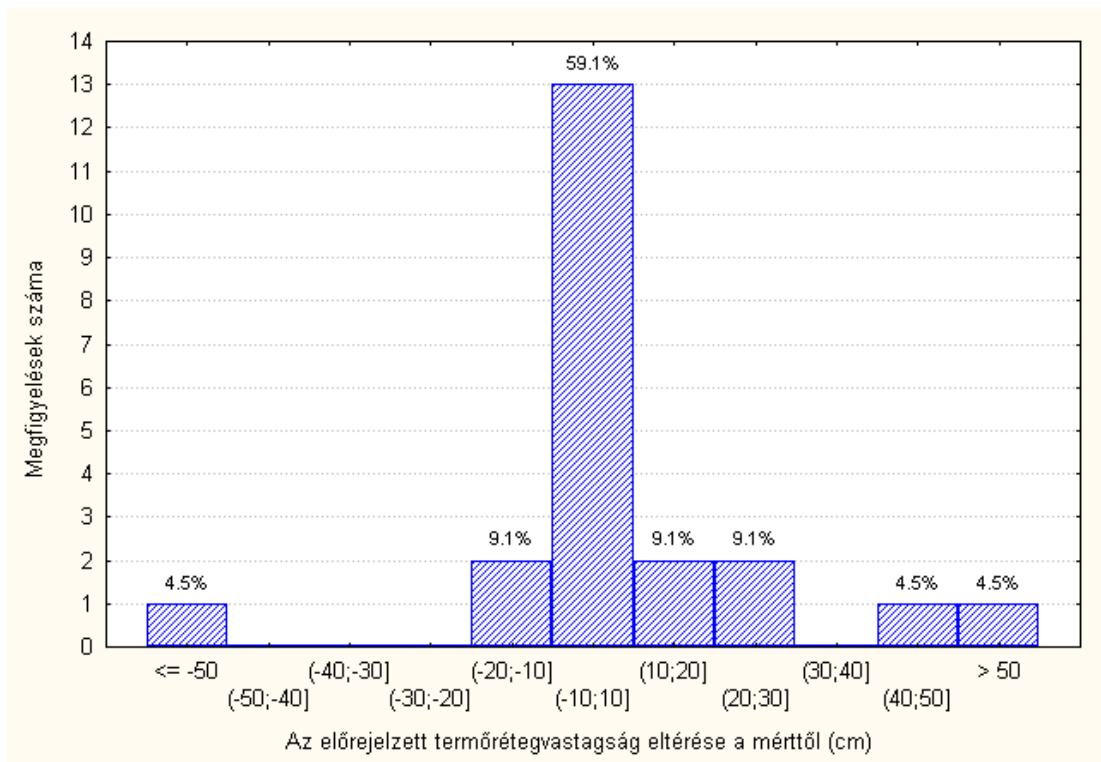


VIII.1.10.2. ábra: A tőzegréteg vastagság térképi modelljének hibaeloszlása a térkép létrehozására felhasznált 74db mintapont esetében.

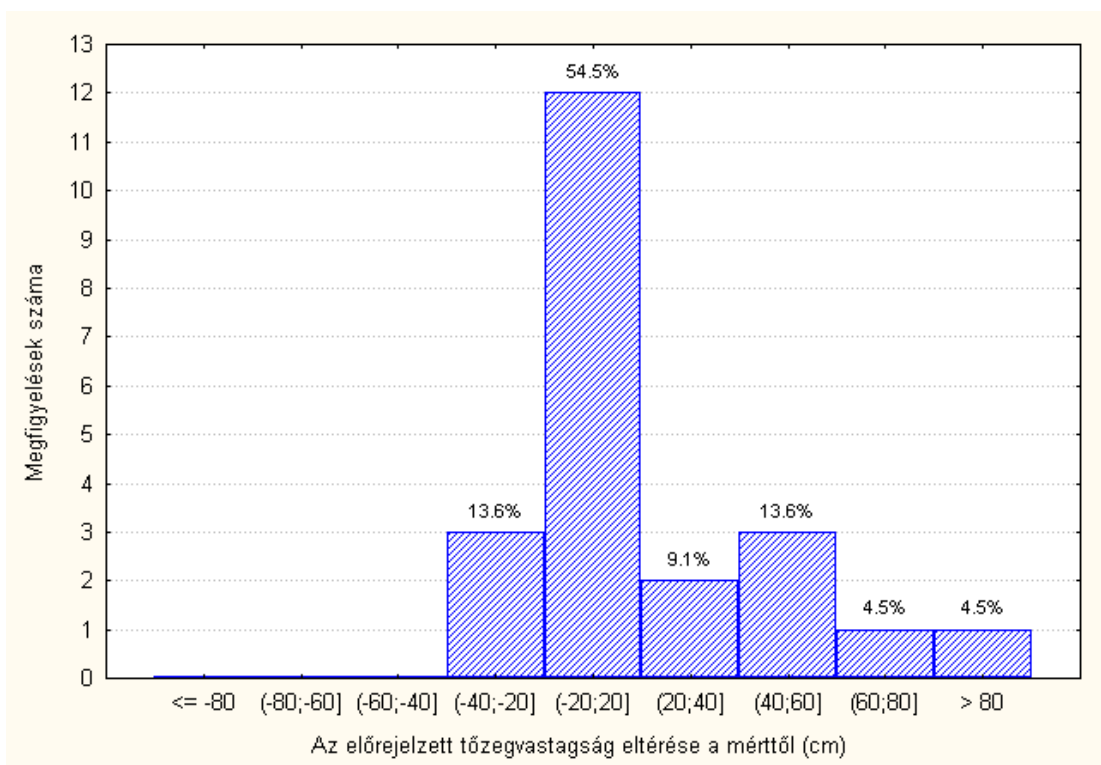


VIII.1.10.3. ábra: A termőréteg mésztartalma térképi modelljének hibaeloszlása a térkép létrehozására felhasznált 74db mintapont esetében.

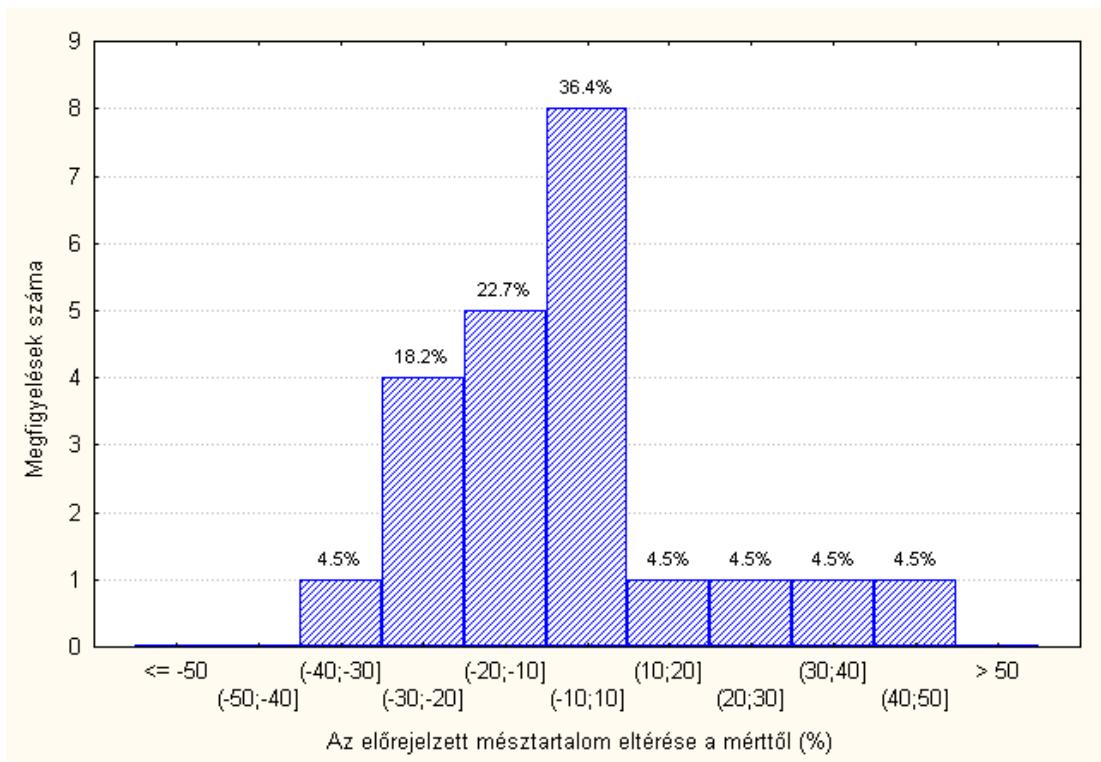




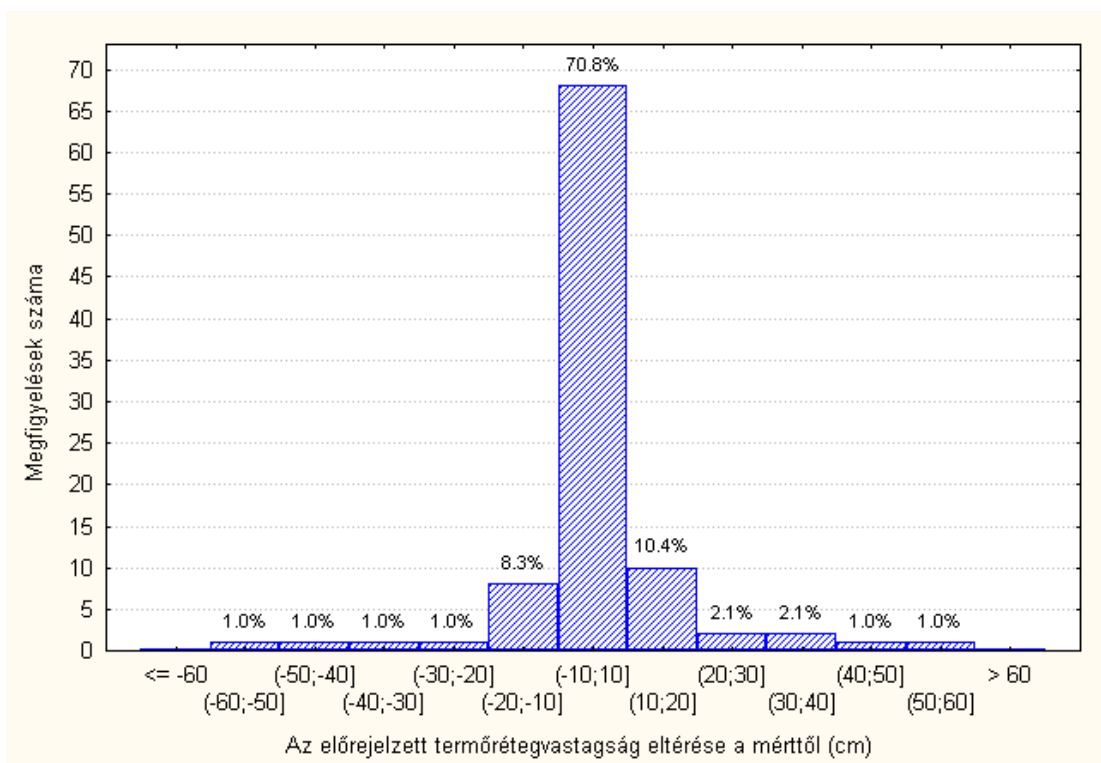
VIII.1.10.4. ábra: A termőrég vastagság térképi modelljének hibaeloszlása a térkép létrehozására nem felhasznált 22db mintapont esetében.



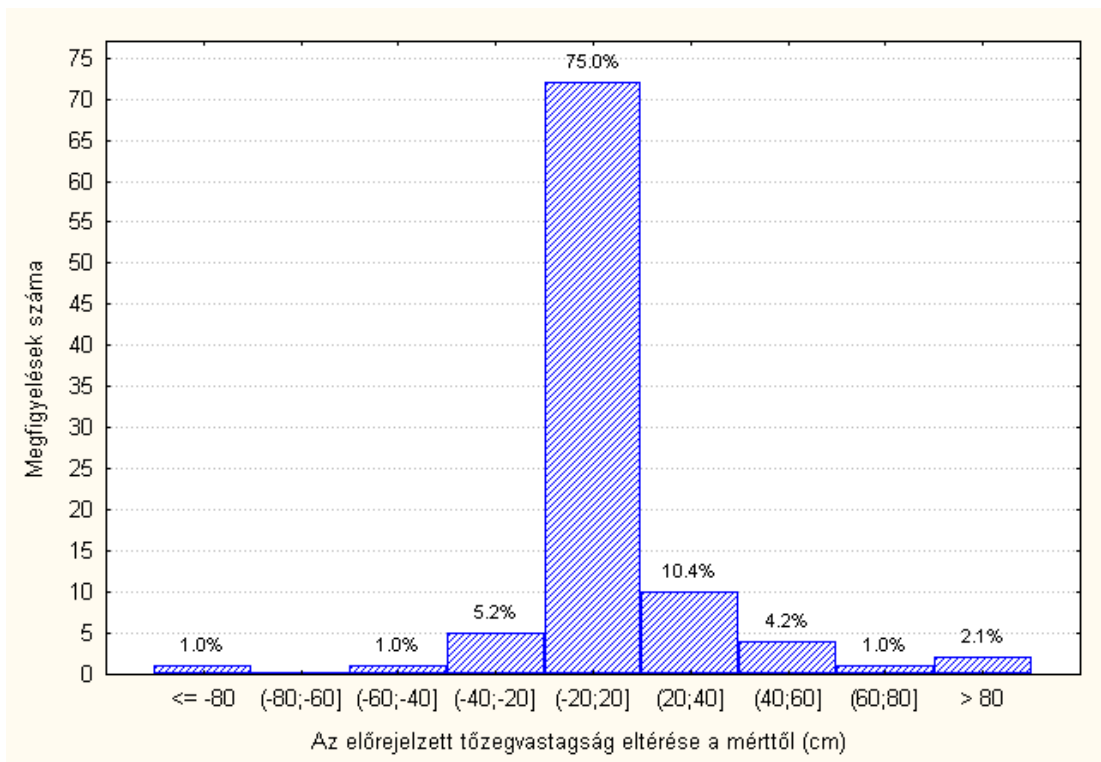
VIII.1.10.5. ábra: A tőzegrég vastagság térképi modelljének hibaeloszlása a térkép létrehozására nem felhasznált 22db mintapont esetében.



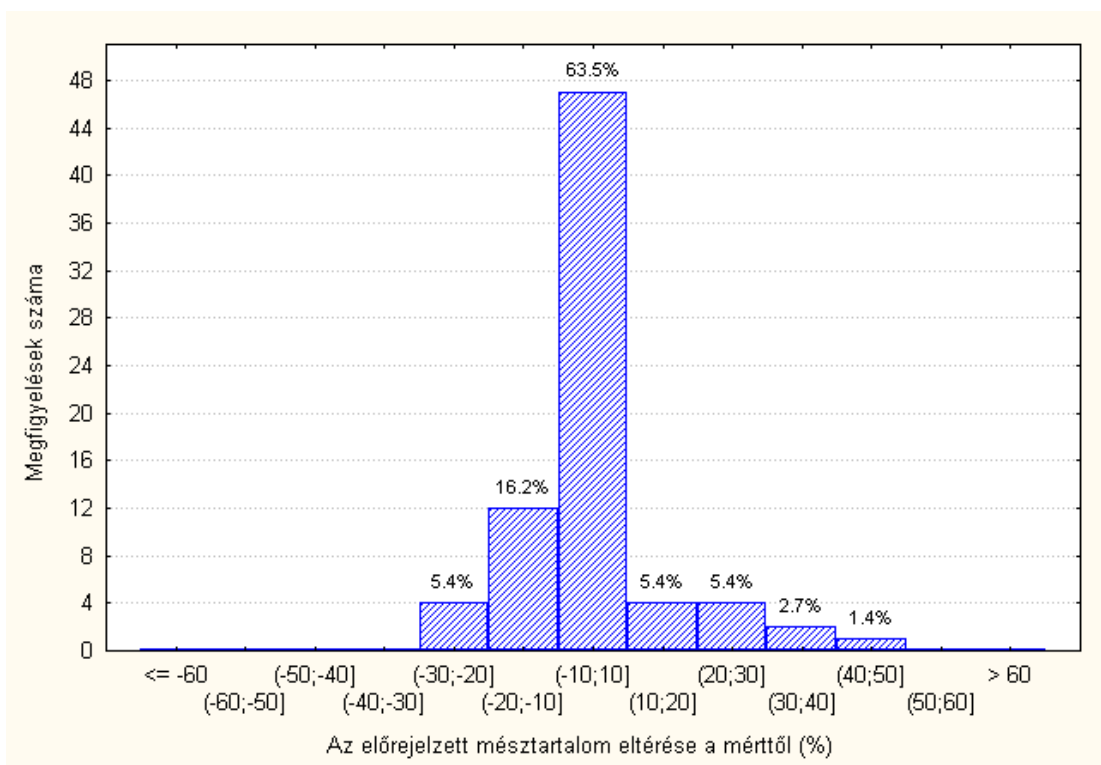
VIII.1.10.6. ábra: A termőréteg mésztartalma térképi modelljének hibaeloszlása a térkép létrehozására nem felhasznált 22db mintapont esetében.



VIII.1.10.7. ábra: A termőréteg vastagság térképi modelljének hibaeloszlása az összes (96db) mintapont esetében.



VIII.1.10.8. ábra: A tőzegréteg vastagság térképi modelljének hibaeloszlása az összes (96db) mintapont esetében.



VIII.1.10.9. ábra: A termőréteg mésztartalma térképi modelljének hibaeloszlása az összes (96db) mintapont esetében.

**VIII.1.10.1. táblázat:** Az egyes termőhelyi tényezőkre számolt hiba statisztikai adatai, az előállításához felhasznált pontok esetében

	Elemzés	Átlag	A konfidencia intervallum határértékei 5% tévedési valószínűség mellett		Összeg	Minimum	Maximum	Szórás
			alsó	felső				
Termőréteg	74	-0,7	-3,3	2,0	-49,0	-40,4	34,3	11,5
Tőzegréteg	74	-0,5	-5,7	4,6	-39,5	-115,5	85,0	22,3
CaCO <sub>3</sub> tart.	74	-0,5	-3,6	2,6	-37,6	-28,0	46,2	13,4

**VIII.1.10.2. táblázat:** Az egyes termőhelyi tényezőkre számolt hiba statisztikai adatai, a modell előállításához fel nem használt pontok esetében

	Elemzés	Átlag	A konfidencia intervallum határértékei 5% tévedési valószínűség mellett		Összeg	Minimum	Maximum	Szórás
			alsó	felső				
Termőréteg	22	5,3	-4,1	14,8	117,2	-50,4	54,0	21,3
Tőzegréteg	22	16,3	0,9	31,8	359,6	-38,9	120,0	34,8
CaCO <sub>3</sub> tart.	22	-4,3	-13,0	4,4	-94,7	-38,7	45,4	19,6

**VIII.1.10.3. táblázat:** Az egyes termőhelyi tényezőkre számolt hiba statisztikai adatai, az összes pont esetében

	Elemzés	Átlag	A konfidencia intervallum határértékei 5% tévedési valószínűség mellett		Összeg	Minimum	Maximum	Szórás
			alsó	felső				
Termőréteg	96	0,7	-2,2	3,6	68,1	-50,4	54,0	14,4
Tőzegréteg	96	3,3	-2,0	8,7	320,1	-115,5	120,0	26,5
CaCO <sub>3</sub> tart.	96	-1,4	-4,4	1,7	-132,3	-38,7	46,2	15,0

A táblázatok (**VIII.1.10.1.-3. táblázat**) adataiból és az ábrákból látszik, hogy a térképek előrejelzései túlnyomó részben a valóságos értékek viszonylag szűk környezetében helyezkednek el.

A pontossági kérdések értékeléséhez megjegyzem, hogy a termőréteg vastagság tekintetében a vizsgált terület erdészeti klímátípusában, a középmező kategória 60-100 cm-ig terjed (40 cm terjedelemben); ezzel szemben a térképi előrejelzésünk az esetek 75%-ban a mért termőréteg vastagság értékét +/- 10 cm-es pontossággal (20 cm terjedelemben) „eltalálta”. Egyes további jellemzők esetében, például a valóságos agyagtartalom és a térképek becslésének eltérése +/- 5%-os agyagtartalmi hibatarományban mozgott az esetek 55%-ban, és a további 5-5 százalékos figyelembevételével, tehát +/- 10%-os agyagtartalmi hibatarományon belül volt az esetek 92 %-a (**IV. melléklet**). Ez az érték a fizikai talajféleség meghatározásához szükséges agyag százalékokra vonatkozik. Megállapítható tehát, hogy a térképi modell egyszerűségéhez képest nagy pontosságú eredményeket produkált az összes vizsgált talajjellemző esetében.

Az eredmények statisztikai értékelésén túlmenően – ami a fentiekben bemutatásra került – végeztem két elvi megfontolásokon nyugvó értékelést is az egyenletek segítségével produkált térképeken. Az egyik értékelési lehetőség a gyakorlatilag mészmentes területek és a pH összefüggése közötti vizsgálat, aminek eredménye megmutatta, hogy a modell a várakozásoknak megfelelően nem párosít mészmentes területeket magas pH értékekkel és fordítva. A másik lehetőség pedig a szén és nitrogén tartalom összefüggése, melyek a térképeken is szorosan követik egymást az elvárásoknak megfelelően.

## **VIII.2. A faállományokra vonatkozó eredmények értékelése**

### **VIII.2.1. A fatermőképesség térbeli mintázat térképének, és módszerének általános értékelése**

Látható a regressziós eredményekből, hogy mind a három fafaj fatermőképessége térbeli előrejelzéséhez alkalmazhatók a talaj tulajdonságait leíró változók. Minthogy azonban az összefüggések megállapításához ebben a vizsgálatban csak korlátozott számú terület adata állt rendelkezésre, a kapott egyenletek megbízhatóságát további teszterületeken vizsgálni kell. Ezt a vizsgálatot a jelen dolgozat keretében már nem állt módomban elvégezni, de fontosnak tartom megemlíteni, hogy a bemutatott függvényeknek nem a terület jelenlegi fatermőképességi mintázatát kell közelítenie, hanem arra vonatkozóan kell becslést adnia, hogy egy adott helyen adott talajtulajdonságok mellett, az adott fafaj milyen fatermőképességi értéket érhetne el. Mivel az egyenletek segítségével levezetett térképek konkrét fafaj összetételhez kapcsolhatók, jelen esetben csak az vizsgálható, hogy a jelenlegi fafaj szerkezet

mellett a mért fatermőképességi értékek mennyiben térnek el az optimálisnak feltételezettől. A felállított modell megbízhatóságát akkor lehetne teljesen meghatározni, ha törekednénk megvalósítani a hozzá kötődő fafaj összetételt is. Addig az eredményeket közelítő becsléseknek kell tekinteni.

A jelen dolgozatban alkalmazott módszerrel mindazonáltal lehetőségünk nyílik arra, hogy egy konkrét erdőterület esetében, a megfelelő részletességben elvégzett termőhely feltárást követően és az ahhoz kapcsolódó faállomány-felvételek felhasználásával elkészíthessük az erdőterület optimális – maximális fatermőképességet jelentő – faállomány-borítási térképét. Minthogy láthatólag a faállományok teljesítőképessége és az egyes termőhelyi változók között szoros kapcsolatok állnak fenn, így kiemelt fontosságú, hogy a termőhely feltárási munkákat az elérni kívánt pontossághoz mérten a leghatékonyabban végezzük el. A dolgozatban tárgyalt eredményekből látható, hogy a módszer eredményességét leghatékonyabban a környezeti (talajképző) tényezők és a befolyásukra kialakuló termőhelyi jellemzők – főként a talajjellemzők – közötti kapcsolatrendszer leíró modell fejlesztésével növelhetjük. Ily módon fő feladatnak kell tekinteni, hogy a vizsgálandó területen a meghatározó termőhely változatok azonosítása megtörténjen és ezeken részletes termőhely feltárást megvalósuljon. Ez alatt a környezeti változók lehető legszélesebb spektrumát felölelő adatgyűjtést kell érteni, kiegészítve a talajszelvények részletes vizsgálatával. E mellett természetesen a kérdéses termőhelyeken álló faállományok aktuális fatermőképességét is meg kell határozni, minden egyes vizsgálni kívánt fafaj esetében a megfelelő elemszámban. Előnyös, ha hasonló termőhelyi körülmények között fejlődő, ám eltérő fafajú állományok adatai is szerepelnek az adatbázisban, mert így lehetőség nyílik ezek teljesítőképességének összehasonlítására.

### **VIII.2.2. A faállományok fatermőképességi térképének értékelése**

A fatermőképességi térkép esetében is érvényes a regressziós módszerekre vonatkozó korlátozó megállapítás, ám ebben az esetben sokkal jobb volt az adatellátottság a vizsgált három fafaj esetében, mint némely talajosztály esetében alkalmazott regressziós elemzések során. Egyéb fafajok (pl. tölgy) vizsgálatára azért nem került sor, mert nem állt rendelkezésre az elemzésekhez szükséges minimális mintaszám. Ez a mintavételezés részletezésénél leírt mintavétel eredménye, ahol is utaltam rá, hogy a legjelentősebb állománytípusok jellemzése volt az elsődleges cél.

Fontos megjegyezni, hogy a három tesztfa fatermőképessége és a talajjellemzők közötti regressziós kapcsolatokat jellemző 0,74; 0,75 és 0,87-es  $R^2$  értékek biológiai értelemben nagyon szoros kapcsolatokra utalnak a regresszióba vont változók között. Ez a tény megint

rávilágít a talajjellemzők térbeli változatosságát leíró modell további fejlesztésének a szükségességére, hiszen az első részmodell kiindulásul szolgál a különböző fafajú faállományok fatermőképességét leíró második részmodellhez.

A bemutatott térkép sajátossága, hogy előnyben részesíti a gazdálkodási szempontokat, mivel ahol lehet, a maximális fatermésűnek becsült fafajt részesíti előnyben, illetve a gyenge fatermőképességűnek becsült területek elhelyezkedésére mutat rá. Fontos kiemelni, hogy ez egyfajta szempont, ám semmiképpen sem az egyetlen. Más, a termőhellyel és a fafajokkal kapcsolatos kérdések megválaszolására is használható az ilyen módon létrehozott összetett adatbázis, csak akkor az igényeknek megfelelően változik a szükséges adatok köre is.

Látható a térképek alapján, hogy alapvetően sikerült megvalósítani a lecsapolás kivitelezésekor és az erdőgazdálkodás területre történő bevezetésekor kitűzött célt, mégpedig a nyárfatermesztésre alkalmas termőhelyek létrehozását. A **VII.4.3.1. ábra** tanúsága alapján leszögezhető, hogy a nemesnyárok – olasznyár – produkciója a terület nagy részén meghaladja az őshonos fafajok produkcióját. Ez persze nem azt jelenti, hogy az olasznyáron kívül más fafaj nem ültethető az adott területre, csak azt jelenti, hogy más fafaj esetében (fűz és éger) gyengébb produkcióra lehet számítani. Természetesen, ha nem a fatermesztés az elsődleges rendeltetés, akkor ennek a megállapításnak nincs különösebb jelentősége.

### **VIII.2.3. A faállományokra vonatkozó eredmények alkalmazhatósága**

A további értékeléshez egy gondolat kísérlet szükséges, mellyel jól illusztrálható a fatermőképességi térképek alkalmazhatósága.

Ha egy terület fő állományalkotó fafajaira – jelen esetben az olasz nyárra, a fehér fűzre és a mézgás égerre – rendelkezésre állnak a fatermőképességük térbeli mintázatát ábrázoló térképek, akkor lehetőség adódik a fatermesztési céllal művelendő területek kiterjedésének meghatározására. Ehhez tételezzük fel, hogy a termesztett fafajok mindenkori piaci értékét ismerjük a véghasználati korra elért méretek és az ezzel összefüggő választék összetétel alapján. Ismerjük továbbá a telepítéstől kezdődően felmerülő ráfordításokat a kitermelési költségekig bezárólag. Ez azt jelenti, hogy egy köbméterre vetítve meghatározható mind a ráfordítás mértéke, mind az azon keletkező árbevétel, vagyis a nyereség számítható. Ha a ráfordítási költségeket fixnek tételezzük fel – miközben valójában a gyengébb állományok fenntartása költségesebb feladat –, akkor egyértelmű, hogy az egységnyi idő alatt megtermelt faanyag méretétől és minőségétől függ az erdőgazdálkodás jövedelmezősége. Vagyis a különböző fafajok fatermőképességi értékeihez jövedelmezőségi kategóriák rendelhetők, melyek alapján megállapítható egy minimális fatermőképesség érték, amely alatt már nem

lehet rentábilisan fatermesztéssel foglalkozni. Az egyszerűség kedvéért esetünkben legyen ez az érték mindhárom fafajra nézve a negyedik fatermési osztály határa. Ekkor az ennél alacsonyabb várható fatermőképességű területek térkép szerinti leválogatásával kiszűrhetők azok az erdőrészek, amelyek jelen adottságaikat tekintve nem szolgálnak jövedelmezőségi célokat, a gazdasági küszöb alatt helyezkednek el. (Márkus és Mészáros, 2000)

A VII.4.3.1. ábrán bemutatott fafaj megoszlási térkép alapján az egyes fafajok elméleti területi arányai – a fenti gondolat kísérlet alapján – az alábbiaknak megfelelően alakulnak (VIII.2.3.1. táblázat):

VIII.2.3.1. táblázat: A fafajok térfoglalása és elméleti területarányai a maximális fatermőképesség kihasználása esetében

Fafajok	Potenciális terület (ha)	Erdőnek nem javasolt terület (ha)	Reális terület (ha)	Résarány %
Olasznyár	6313	1814	4499	58,9
Fűz	745	198	547	7,2
Mézgás éger	146	50	96	1,3
Terület a gazd.-i küszöb alatt	-	2062	2062	27
Nem modellezhető	434	-	434	5,7
<b>Összesen</b>	<b>7638</b>	<b>2062</b>	<b>7638</b>	<b>100,0</b>

A VIII.2.3.1. táblázat elemzéséhez szükséges megjegyezni, hogy a gazdasági küszöb alatti területek azok, amelyekben az ott maximális fatermőképességet mutató fafaj becsült fatermőképessége a IV., V., vagy VI. fatermési osztályba esik. Ezek által a fatermési osztályok által elfoglalt területek szerepelnek fafajonkénti bontásban az erdőnek nem javasolt területek oszlopában. A reális terület oszlopban az első három fatermési osztály által elfoglalt területek szerepelnek fafajonkénti bontásban. A nem modellezhető sorban jelzett terület a vizsgálati terület azon része, amelyre vonatkozóan az egyes fafajokra a regressziós összefüggések nem adtak értelmezhető eredményt. Az utolsó oszlop százalék értékei a reális területértékek összes területhez való viszonyát mutatják.

Ahogy az előzőekben arról szó volt, a fafajok fatermőképességének értékei alapján egyértelműen el lehet különíteni azokat a területeket, ahol valóban gazdasági célú erdőgazdálkodás folytatható, ahol már gazdaságilag megkérdőjelezhető az erdőgazdálkodás, illetve ahol már semmiképpen nem indokolható az erdőnek gazdálkodási célú fenntartása. Példánkban, melynek tehát az eredmények alkalmazhatóságának bemutatása a cél, közelítő gazdaságossági határértékek előállítására érdekében feltételezzük, hogy az első három fatermési osztályban nyereséges lehet az erdőgazdálkodás. A negyedik fatermési osztálytól lefelé az ötödik és hatodik fatermési osztályban az erdőgazdálkodás nem rentábilis. Vagyis az utolsó három fatermési osztályban inkább csak valamilyen védelmi rendeltetésű erdő létrehozása



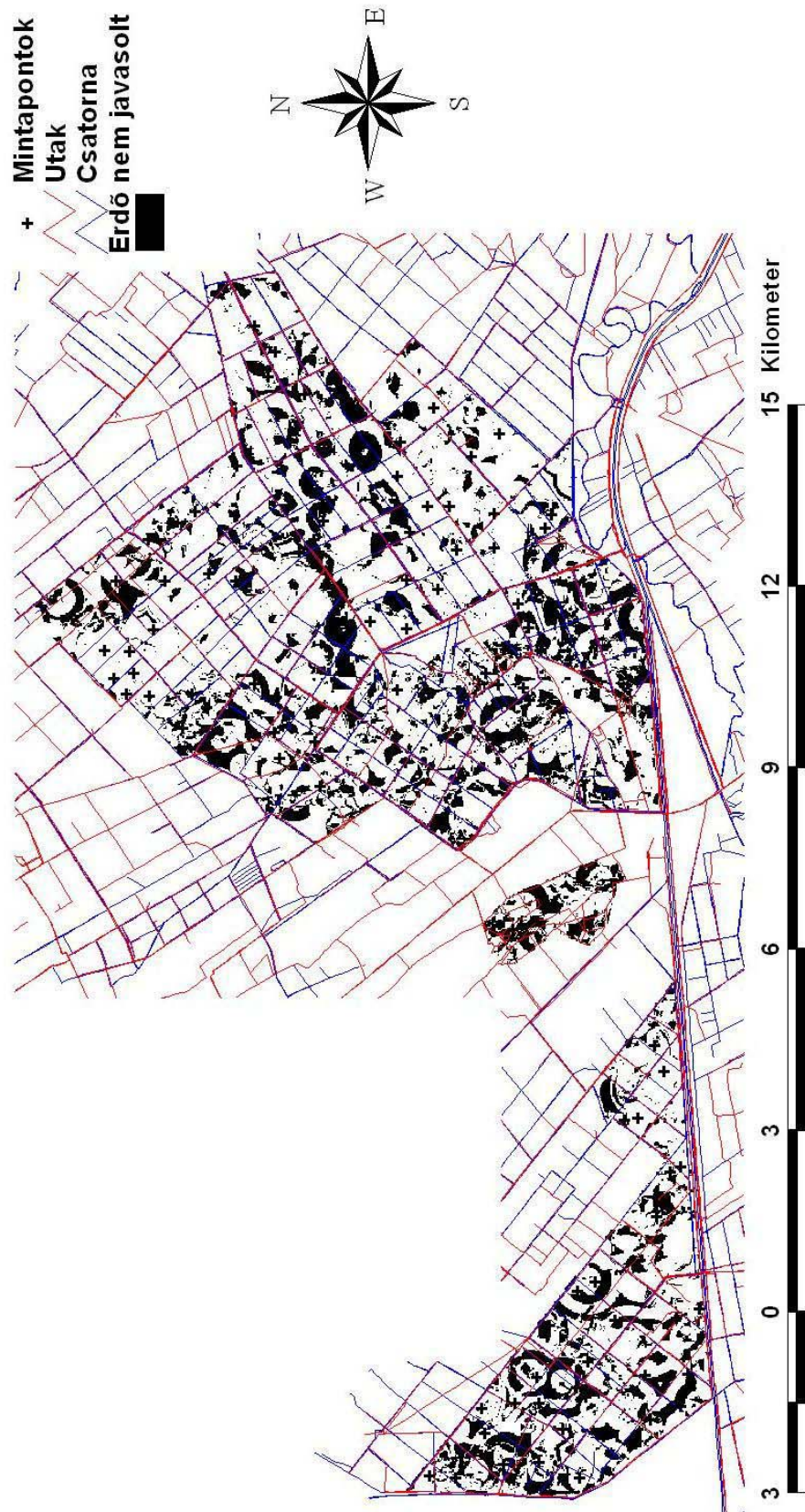
jöhet szóba. Természetesen a mindenkori fapiaci helyzet függvényében célszerű, és lehetséges meghatározni az egyes fafajok termesztésének gazdaságossági határát, melynek megfelelően alakíthatók az elsődleges rendeltetések is. A gondolat kísérletben a három vizsgálat tárgyát képező fafaj esetében a kérdéses határ – tehát a IV. fatermési osztálytól lefelé – a következőképpen alakul (**VIII.2.3.2. táblázat**):

**VIII.2.3.2. táblázat:** A vizsgált három fafaj feltételezett gazdaságossági határai a fatermőképesség alapján

Fafaj	A IV. fatermési osztály határa (m <sup>3</sup> /ha)
Olasznyár	15
Fűz	8,3
Mézgás éger	7,5

A **VIII.2.3.2. táblázatban** szereplő határok fafajonkénti térképi leválogatásával meghatározhatókká válnak azok a területek, ahol célszerű a gazdasági célú erdők létrehozása és fenntartása, illetve azok a területek, ahol az erdő egyéb rendeltetéseit kell előtérbe helyezni.

A fentieknek megfelelően a **VIII.2.3.1. ábrán** látható azoknak a területrészeknek az elhelyezkedése, amelyeken – a példa alapján – nem lenne javasolt az erdőgazdálkodás gazdasági célú fenntartása. Ezeknek a területeknek a hasznosítására egyéb megoldásokat kellene keresni, pl.: a Nemzeti Parkkal és a földterületek tulajdonosaival való egyeztetések alapján.



VIII.2.3.1. ábra: A példa alapján gazdasági rendeltetésű erdők létrehozására nem javasolt terület.

### VIII.3. A talajvízszint elhelyezkedését bemutató térképek értékelése

A talajvízszintek havi elhelyezkedését ábrázoló térképállományokkal kapcsolatosan megemlítendő, hogy ezeknek az adatoknak az elemzése során kapott eredmények alátámasztják azt az elméletet, miszerint a talajvízszintekben 1993-96 között észlelt drasztikus talajvízszint emelkedés – ami a hansági erdőkben jelentős gazdálkodási nehézséget okozott – egyenes következménye lehetett a dunacsúnyi víztározó 1992-es üzembe helyezésének. A víztározó által a talajvízre kifejtett, megnövekedett hidrosztatikai nyomás ugyanis a mélyebben fekvő területeken talajvízszint emelkedést okozhatott.

Ezt a feltételezést erősítik a következő tények:

- A víztározó alját nem látták el semmilyen szigeteléssel. *(Forrás: Hlavati Zoltán, szlovák vízügyi szakemberrel folytatott konzultáció alapján.)*
- Megnövekedett belvízkárokról a víztározó környezetében szlovák oldalon is beszámoltak. *(Forrás: Hlavati Zoltán, szlovák vízügyi szakemberrel folytatott konzultáció alapján.)*
- A víztározó tengerszint feletti magasságban kb. 10m-rel a kérdéses terület felett helyezkedik el és a terep a Hanság medencéje felé lejt. A horizontális távolság pedig csupán néhányszor 10km.
- A mélyebb talajrétegek tiszta kavicsos összetétele kedvez a vizek ilyen irányú áramlásának.
- A vízmennyiség az utóbbi években fokozatosan csökken a Hanságban.

Az utolsó megállapítást azért lehet a feltevést alátámasztó érvek tekinteni, mert az évek múlásával a víztározóban lelassuló vízből kiüledik a hordalék, eliszapolja a víztározó alját és eltorlaszolja a víz útját. Így a tározó víztömege egyre csökkenő mértékben tud befolyást gyakorolni a környező talajtestek vizeire.

Természetesen ezen feltételezés igazolására, vagy cáfolatára további vizsgálatokra, úgymint: geológiai és vízügyi elemzésekre lenne szükség.

A két időpont (1990 és 1996) között **(VII.1.2.1. és VII.1.2.2. ábra)** a területen a talajvízszint-tükör lényeges különbséget mutat. A vizsgált terület nagy részén (az érintett erdőrészeltek az erdőrészlet fedvénnel pontosan meghatározhatók) a talajvízszint 0-100 cm között volt, ami állandó és felszínig nedves hidrológiai kategóriának felel meg. Egy adott vízszint a hansági öntözőcsatornák segítségével elméletileg ebben a kedvező talajmélységben

tartható, ami átlagosan 50 cm. Ennek köszönhetően a Hanság lecsapolása után bekövetkező gyors termőhelyi degradáció lelassulhat. A gazdálkodási oldalról sem kedvező a termőhelyi tényezők gyors megváltozása, hiszen a klasszikus termőhely-feltárási módszerek alkalmazását teszi lehetetlenné. Ennek következtében a klasszikus módszerekkel folytatott közvetlen termőhely-feltárási nagy bizonytalansággal terhelt az Észak-Hanságban, hiszen az egyes termőhelyi tényezők nem statikus, hanem dinamikus állapotát kell a termőhely-feltárási alkalmazni azért, hogy a gazdálkodás biztonsága, valamint a fatermés a lehető legnagyobb legyen.

Ezt támasztja alá az a tény (*VII.1.2.2. ábra*), hogy 1990-hez képest hat évvel később a talajvízszint-állásban jelentős változás következett be, ami egy üzemtervezési cikluson belül (10 év) nem is követhető nyomon.

A talajvízszintet kifejező hidrológiai adottságokban bekövetkező drasztikus változás nemcsak a fafajok növekedésében, hanem már a fafaj-választásban, végül az erdősíthetőség kérdésének eldöntésében játszik komoly szerepet.

Az ilyen jellegű, jelentős változás már önmagában is számos kérdést indukál és fölveti az ok-okozati kapcsolatok további vizsgálatát is. Így a térségben a gondos tervezés az erdőgazdálkodásban nem képzelhető el a környezeti tényezők, nevezetesen a talajvízszint mozgásának alaposabb elemzése nélkül. Amennyiben szükséges, úgy külső szakértők bevonására van szükség, mi okozhatja a talajvízszint rövid időn belül több méteres szintemelkedését, amelyet már a meglévő csatornahálózat működtetésével sem lehet problémamentesen kezelni.

## **IX. Összegzés és fejlesztési irányok**

### **IX.1. Összegzés**

A talaj tulajdonságait a talajképző környezeti változók változatos módokon befolyásolják, alakítják. A hatások lehetnek direkt hatások és lehetnek a talajban lejátszódó indukált folyamatok. Ezeken kívül, a felszint borító, mindenkori vegetáció szintén jelentős hatást fejt ki elsősorban a felsőbb talajrétegek szerkezetére, víz- és humusztartalmára. Mind ehhez hozzáadódnak az antropogén hatások is. E ható tényezők – a környezet, a vegetáció és az ember – jelentősége a talaj tulajdonságainak kialakításában pontról pontra, továbbá az időben is változik. A változatosság és a változás leggyakrabban ismeretlen mértékű, hiszen az erdészeti ágazatban nem állnak rendelkezésre a kérdés tisztázásához megfelelő minőségben és mennyiségben referencia területek és megbízható mérések.

A fentiek tudatában, e dolgozat arra vállalkozott, hogy olyan módszert keressen, amellyel a legjelentősebbnek ítélt hatótényező csoport (környezeti változók) és a talaj tulajdonságai közötti ok-okozati összefüggéseket feltárja olyan mértékig, ameddig arra a gyakorlatnak jelenleg szüksége van.

A dolgozatban bemutatott módszer a térinformatikai alkalmazások, valamint a statisztika nyújtotta lehetőségeket igyekezett ötvözni az erdészeti termőhelyfeltárás és faterméstan módszereivel annak érdekében, hogy a feltárt területről előállított adatokat a leghatékonyabban lehessen felhasználni termőhelyi térképek készítésére. Ennek érdekében a vizsgálati terület termőhely formáló és talajképző környezeti tényezőinek térinformatikai rendszerbe foglalt modelljét állította elő, amelybe a mintavételezéssel nyert talajvizsgálati adatok is beillesztésre kerültek. A talaj vizsgálatán kívül a faállományok egyidejű felvételével gyűjtött adatok is a térinformatikai adatbázis részét képezték. Az adatokat lágy (fuzzy) osztályozási és több változós statisztikai módszerekkel feldolgozva sikerült a talaj tulajdonságait és velük összefüggésben a faállományok fatermőképességét térben reprezentáló térképeket előállítani, amelyek felhasználhatók mind a napi erdőgazdálkodási tevékenységek, mind pedig az erdőtervezési munkák során.

A bemutatott módszer tetszőleges terepviszonyok között adaptálható, tehát egyaránt alkalmazható hegy- és síkvidéki területek esetén, illetve speciális termőhelyeken is, mint amilyenek a jelen példában szereplő láptalajok. Ez abból adódik, hogy az egész eljárás lényege a megfelelő környezeti (talajképző-, és termőhely alakító) változók körének helyes meghatározása és megfelelő részletességű modellezése. Hegyvidék esetében például nem a talajvízjárás vagy a felszíni vizek összefolyásának vizsgálata a megfelelő eljárás, hanem például a kitétségtől és a domborzattól függő csapadékeloszlási és besugárzási, valamint hőmérséklet eloszlás térképek előállítása. A faállományok és a talajjellemzők vizsgálata azonban nagyon hasonló, sőt azonos módon történhet csakúgy, mint a mintavételezés tervezése és a térbeli mintázatok vizsgálata is.

A végső eredményeket tekintve – a további fejlesztések elvégzése után – a dolgozatban ismertetett eljárás hatékonyan segítheti az erdőtervezési munkák jövőbeli kivitelezését, már ami az optimális fafajválasztást és a leendő állomány várható fatermőképességének meghatározását, valamint a termőhelyi-, talajtulajdonság viszonyok értékelését illeti.

Ennél pontosabb becslésekre is lehet mód, amelyekhez – a mintavételi intenzitás növelésén kívül – további módszertani kutatások szükségesek. A további munka során azonban már lesznek támpontok arra vonatkozóan, hogy mely tényezőket kell hangsúlyosabban figyelembe venni és mely tényezők hagyhatók figyelmen kívül a független

változók közül, illetve, hogy milyen új tényezőket kellene figyelembe venni az eddigieken kívül. Mindenképpen fontos leszögezni, hogy a jelen dolgozatban közölt eredmények nem egy régóta használt és hibátlan termőhelyfeltárási eljárás kőbe vésett állításai a Hanság termőhelyi- és talajtani viszonyait illetően. Ezek az első eredményei egy új és ígéretes, ám még számos helyen fejlesztésre szoruló eljárásnak, amellyel időt és pénzt lehet megtakarítani és amelyet ötvözve a hagyományos módszerekkel, a valóságot jobban közelítő eredményeket lehet elérni, mint a jelenleg rendelkezésre álló termőhelyfeltárási eljárások kizárólagos alkalmazása révén.

A dolgozatban bemutatott, a fő fafajok fatermőképessége térbeli mintázatának jellemzésére használt eljárást nem csak az erdőtervezés korszerűsítésében lehetne alkalmazni, de lehetőség nyílhat az aktuális állományviszonyok fatermőképessége és az elméleti állományösszetétel fatermőképessége közötti különbségek vizsgálatára is.

**Fontos megemlíteni, hogy az egész közölt eljárás legnagyobb előnye a rugalmasságában van. Ha például ismert a vízviszonyok, vagy egyéb környezeti tényezők megváltozásának térbeli mintázata, akkor lehetőség van – bizonyos határok között – az egész modellrendszer gyors újrakalibrálására, és új térképek, új fatermőképesség optimalizálás vezethető le. Ebben az esetben tehát nincs szükség a teljes termőhelyi térképezés megismétlésére, mint a hagyományos módszernél. Ez a lehetőség megerősíti és kiemeli a térinformatika modellezés jelentőségét, és alkalmazásának szükségességét.**

Végül pedig a szakirodalom tanúsága alapján megállapítható, hogy az ebben a dolgozatban vázolt talajterképezéshez hasonló modell-szemléletű megközelítéseknek egyre nagyobb a jelentősége és szerepe a talajtani kutatásokban (*Grunwald, et al., 2001; Zhu, 1997; Zhu, et al. 1996*). Mindenképpen érdemes lenne hasonló modelleket felállítani egyéb erdőterületeken is, hogy az alkalmazási kérdéseket egységes koncepciók keretében lehessen kezelni.

Amennyiben a módszer a későbbi tesztek során is eredményesnek mutatkozik, úgy kínálkozik a lehetősége egy olyan viszonylag kevés, ám reprezentatív módon kiválasztott mintaterület hálózattal jellemzett, és térinformatikai eszközökkel támogatott országos erdészeti termőhely-térképezési eljárásnak, amely bármilyen területen képes lesz a gyakorlat számára az eddigieknél részletesebb termőhelyi-, talaj- és fatermőképességi térképek előállítására.

## IX.2. Továbbhaladási irányok

A dolgozatban bemutatott eljárást a szerző véleménye szerint a következő pontokon lehet – a várakozások szerint – látványosan fejleszteni:

1. A talajvízmozgások időbeni fluktuációjának részletesebb figyelembevételével.

Ennek különösen akkor lehet jelentősége, ha a talajvíz a termőréteg közelében mutat jelentősebb ingadozást. Mint ismeretes a dolgozat a talajvíznek a talajszelvényben történő hosszú távú mozgásaiból kalkulált egy talajvízszintet, amelynek segítségével az ingadozásokat figyelmen kívül hagyva statikus talajvízjellemzővel lehetett számolni. Ennél eredményesebb lenne, ha a vonatkozó időszakok hőmérsékleti adataival együtt – amelyek jelen esetben sajnos nem álltak rendelkezésre – vizsgálnánk a talajvízszintek elhelyezkedését és a talajszelvény profiljának szerkezetét. Belátható, hogy egy szárazabb és melegebb periódus alatt a tőzegréteg oxidációja felgyorsulhat oly mértékben, hogy az amúgy rendszeresen magasabb talajvízszinttel rendelkező talajok tőzegréteg vastagsága közel azonossá válhat egy ma már alacsonyabb talajvízszinttel rendelkező, ám szélsőséges vízállásoktól mentes talajszelvény tőzegréteg vastagságával.

Azonban a talajvíz fluktuációjának nem csak a tőzegrétegre, hanem a termőréteg alakulására is nagy hatása van. A magas vízállások esetén, a fizikai, kémiai és tápelem tartalmi tulajdonságait tekintve egyébként termőrétegnek alkalmas talajszinteket nem lehet a termőrétegbe beszámítani az időszakos levegőtlenesség miatt. Fordítva pedig, az optimálisnál magasabb mésztartalmú talajrétegek fiziológiai szárazságot okozó hatását ellenpontosíthatja a jobb vízellátottságot biztosító magasabb talajvízszint, így az amúgy alkalmatlan talajrétegek bizonyos vízállások esetén hozzáadódhatnak a termőréteghez. Ennek megfelelően a talajvízmozgások fluktuációja a termőréteg vastagságának fluktuációját is okozhatja, amely tényező modellbe foglalása jelentősen javíthat az előrejelzés pontosságán. Továbbá a vízgyűjtők legalsó pontjától vett magasságkülönbség jobban jellemzi a felszíni vízállások kialakulásának valószínűségét, mint ugyanattól a ponttól vett horizontális távolság, ami jelen esetben alkalmazásra került.

2. A térbeli fuzzy klasszifikációs eljárás kifejlesztésével.

Ezáltal elhagyható lenne az osztályokra vonatkozó eloszlás-illesztés vizsgálat, ami a következő hibalehetőségekkel terhelt: Mivel korlátozott számban állnak rendelkezésre a mintapontok, ezért még a legjobb illeszkedés esetén sem lehet kizárni, hogy az osztályba tartozó elemek valószínűségi eloszlása nem követi az elméleti eloszlást. Ennek kiküszöbölésére

növelni kellene az osztályok elemszámát. Továbbá, ha az osztályok eloszlása nem az illesztett eloszlást követi, akkor a térbeli besorolásra alkalmazott valószínűségi osztályozás is hibával terhelt. A kívánatos térbeli fuzzy klasszifikációs eljárásnak képesnek kell lennie a raszteres adatállomány minden pontjához hozzárendelni minden talajosztályhoz tartozó tagsági értékét, mégpedig pusztán a környezeti változók értékei alapján. Ennek az alkalmazásnak a kifejlesztése szintén a jövő feladata.

### 3. A talajjellemzők becsléséhez új módszerek keresésével.

A dolgozat a mintavételi pontokon kívül eső területeken a talajjellemzők értékeit többváltozós regressziós eljárással becsülte. Ezzel kapcsolatosan a következő korlátozó feltételek érvényesek:

Először is az összefüggések formája kötött, mindegyik visszavezethető egy általános alakra. Ez egyfajta statikus összefüggést feltételez a környezeti változók és a talajjellemzők között. Előfordulhat, hogy az összefüggés jól modellezi a jelenséget, de nem magyarázza a kapcsolatot a környezeti jellemzők és a talaj tulajdonságai között. Ez a probléma nemcsak a polinomiális függvényalakok esetében áll fenn, hanem az összes elméleti függvényalak esetében fennáll. A regressziós eljárások sajátossága, hogy érzékenyek az elemszámra és a független változók mennyiségére. Alacsony elemszám és viszonylag nagy számú predikciós változó esetén hamar előfordulhat az 'over-fitting', vagy túlillesztés jelensége. Ekkor a rendelkezésre álló pontok által reprezentált tartományon belül nagyon pontos az illesztés (a regressziós összefüggés szorosságát mutató  $R^2$  igen magas), ám az adott tartományon kívül a becslés teljesen megbízhatatlan lehet. Az ebből fakadó lehetséges eltérés mértéke a mért és a becsült értékek között, a magasabb fokú függvényalakoknál a mintapontok által lefedett tartománytól távolodva rohamosan növekedhet. Ezért a becsléshez felhasznált változók számát és a polinomok fokszámát is korlátozni kellett, ám az alacsony mintaszámmal rendelkező csoportokon belül így is megfigyelhetők ilyen jellegű tendenciák.

A fentebb vázolt problémákra a megoldást a magasabb mintaszám mellett, a nehezen függvényesíthető problémák előrejelzésére alkalmas, mesterséges neuron hálózat (Neural Network) néven ismert eljárás alkalmazása jelenthetné (Zhu, 2000), amely várhatóan a modellek hatékonyságát is javítaná. Jelenleg ebben az irányban is folynak vizsgálatok, és a jövőben a regressziós egyenletek mellett a neuron hálózatok felhasználásával próbáljuk a keresett jellemzőket becsülni.



### IX.3. A megvalósítás során felmerült egyéb gondolatok

A jelen dolgozatban illusztrált módszer lényege, hogy a térben adott helyen megfigyelhető környezeti változók értékei és az ugyanazon a helyen fellelhető talaj egyes tulajdonságai között próbál kapcsolatot keresni és ezt a kapcsolatot valamilyen módon megpróbálja leképezni, modellezni. Mindehhez meglehetősen robusztus eszközöket és minél egyszerűbb leképezési eljárást igyekszik választani, azért, hogy viszonylag egyszerűen, nagy területről tudjon az erdőgazdálkodást segítő és annak számára megfelelő pontosságú térképeket előállítani. Mindezekből következően belátható, hogy általában jó, bizonyos esetekben azonban helytelen becslést lesz képes nyújtani. Fokozottan igaz ez azokra a speciális termőhelyekre – amilyenek például az árterek, ahol is az előntések gyakorisága és mértéke, mint ami a legfőbb talajformáló erő az adott termőhelyeken, hatását tekintve nehezen becsülhető –, ahol egy környezeti hatótényező gyakorlatilag soha nem ugyanolyan és legkevésbé sem előre jelezhető módon fejt ki a talaj fejlődésére gyakorolt hatását.

Más termőhelyekkel kapcsolatosan azonban vannak elméleti lehetőségei a tudományos céllal történő fejlesztéseknek, amelyek előreláthatóan jelentősen növelhetnék a talajtérképezési módszerek megbízhatóságát. Alapvető elvi súlypontáthelyezése lehetne a számítógéppel támogatott termőhelyi modellezésnek az a lépése, ha nem közvetlenül a környezeti változók és a talajtulajdonságok között keresnénk összefüggéseket, melyekben a környezeti változókat elsődleges független változóknak tekintjük, hanem azt próbálnánk modellezni, hogy a környezeti változók jellemző, vagy éppen szélsőséges értékei hogyan hatnak azokra a talajban lejátszódó fizikai és mikrobiológiai folyamatokra, amelyek tulajdonképpen és valójában alakítják a talaj általunk megfigyelt és mért, vagy mérhető tulajdonságait. Ebben a tekintetben becslési céllal felhasználhatnánk azokat az ismereteinket, amelyeket az egyes talajtípusok kialakításában közrejátszó, és változataik elkülönítésében használt főbb folyamatokról tudunk; és ezen folyamatok irányának, sebességének előrejelzésére állítanánk modelleket a környezeti adatmodellel összefüggésben.

A tulajdonságok közötti közvetlen kapcsolatok modellezése ezt a lépést átugorja, hiszen feltételezi, hogy hasonló körülmények között hasonló végeredménnyel fognak járni a talajban lejátszódó folyamatok. Ez feltehetően nagyban-egészében igaz is, mivel egészen jó előrejelzések készítésére volt alkalmas. Mint módszer ezért, a gyakorlati erdőgazdálkodás és erdőtervezés eredményességének és ökológiai megalapozottságának fejlesztésére önmagában is alkalmas lehet. A folyamatok modellezése már alapvetően más célú, inkább a tudományos érdeklődés körébe tartozó irányvonal lehet, amennyiben a modellek segítenek megérteni az egyes talajtípusok kialakulásának körülményeit. Továbbá, ha már tisztában vagyunk a talajok

kialakításában főszerepet játszó, vezérlő folyamatok és a környezeti változók közötti kölcsönhatások mibenlétével, akkor már képesek lehetünk pontosabban becsülni az emberi környezetalakító tevékenységek – pl.: klímaváltozás – talajainkra gyakorolt várható hatását. Erre értelemszerűen a 'pusztán' tulajdonságot tulajdonságra képező módszer a maga korlátai miatt ma nem képes, és nem is lehet képes a jövőben sem.

A folyamat-modellen alapuló talajtérképezési módszer jobb előrejelzésekre lehetne képes, hiszen a környezeti változók alapvetően olyan fizikai és kémiai folyamatok feltételeit adják, mint az aprózódás és a mállás, továbbá olyan biológiai és mikrobiológiai folyamatokat befolyásolnak, mint a kialakuló vegetáció jellege, vagy a humuszképződésben szerepet játszó folyamatok. Ezeknek az eseményeknek sohasem a végeredményét látjuk, hanem az ezek hatására folytonosan változó helyzet mérhető és észlelhető jeleit, ami mindig egy pillanatnyi állapotot jellemez csak. Pl: két egyidős tőzegréteg nem azért 20 és nem azért 60 cm az egyik illetve a másik helyen, mert szintben fél méter differencia van, hanem azért, mert az egyes helyeken a lebomlási folyamat sebessége különbözik. A folyamatok környezetfüggő modellezését kell ezért alapkutatási irányának tekinteni, míg a tulajdonságok közvetett összefüggése közötti kapcsolatok formalizálásával végzett modellezést alkalmazott kutatási irányának.

## **X. A kutatás során elért, új tudományos eredmények**

- I. Nagy felbontású, digitális erdészeti talajtérkép készült, mely figyelembe veszi a talajképző környezeti változók térbeli változatosságát és mintázatát.
- II. A kutatás keretében digitális termőréteg vastagsági-, tőzegréteg vastagsági-, mésztartalmi-, pH-, mechanikai összetétel- és tápelemtartalmi térképek készültek.
- III. Sikerült a területen nagy jelentőséggel bíró fafajok fatermőképessége és a talaj tulajdonságai között biológiai értelemben véve szoros regressziós összefüggéseket kimutatni és felhasználni, a fatermési osztályok térbeli megjelenítésével objektíven meghatározhatókká válnak azok a területrészek, amelyeken előreláthatólag nem érdemes gazdasági célú erdők létrehozásával foglalkozni.
- IV. Az összefüggések térbeli alkalmazásával sikerült előállítani a különböző fafajokra vonatkozó és a talaj tulajdonságaitól függő elméleti fatermőképesség térképeket a vizsgált terület egészére vonatkozóan. Ez nagyban könnyítheti az egyes területek fafajok számára való alkalmasságának kérdésének vizsgálatát, illetve a fafajválasztást.
- V. A. Olyan komplex térinformatikai adatbázist sikerült előállítani, ami a hőmérséklet és csapadékeloszlás értékein kívül az összes lényeges környezeti és termőhelyi változót magában foglalja.
- VI. Az 1955-2000 közötti időszakra rendelkezésre áll digitális formában a térség talajvízszint modellje havi bontásban, melyből tetszőleges időpontok illetve időszakok talajvízviszonyait vizsgálni lehet.
- VII. Elkészült a térség felszíni vizeinek összefolyásából kialakuló, tartósan belvízzel, veszélyeztetett területeinek térképe, amely lehetővé teszi a hatékonyabb erdőgazdálkodási tervezést.
- VIII. Elkészült az Észak-Hanság első, nagy felbontású digitális domborzat modellje, mely nemcsak az erdészeti kutatást és az erdőgazdálkodást, de a természetvédelem céljait és egyéb szakterületek kutatóinak munkáját is segítheti.
- IX. Nagyban gyakorlati szemléletű, erdészeti célú talajértékelési eljárás alkalmazása, mely a talajok megfigyelt tulajdonságain alapuló csoportosítást használ a talajok értékeléséhez.

- X. Erdészeti hasznosítású digitális, talajtérképezési módszer alapjainak kidolgozása és alkalmazása, amely kisebb terepi munkaigénnyel és nagyobb eredményességgel képes a talajtérképezés végrehajtására, mint az ezt megelőzően lehetséges volt.
- XI. A kutatás eredményei alternatívákat ajánlottak, milyen eljárásokkal és irányokkal lehetne az erdészeti talajtérképezés módszereit fejleszteni.
- XII. Összefoglalva, sikerült módszertani kísérletként kialakítani és alkalmazni egy olyan térinformatikai és statisztikai alapokon nyugvó termőhely térképező és értékelő módszert, amely az élettelen környezeti változóktól kezdve a talajon keresztül a faállományok növekedéséig a mintaterületek adatai alapján képes képet adni az éppen aktuális termőhelyi- és faállomány viszonyokról, és térbeli elemzések útján lehetőséget ad az erdészeti- és természetvédelmi tervezés fejlesztésére, a gazdasági ésszerűsítésekre, a földhasznosítás nagyobb hatékonyságának elérése érdekében.

### **XI. Köszönetnyilvánítás**

Köszönettel tartozom családomnak, barátaimnak és munkatársaimnak támogatásukért. Témavezetőmnek, dr. Szodfridt Istvánnak támogatását, valamint az NYME Erdőmérnöki Kar Termőhelyismeret-tani Intézeti Tanszéke segítségét. Köszönettel tartozom az Erdészeti Tudományos Intézetnek, amiért lehetővé tette számomra a levelező doktori képzésben való részvételt és biztosította a munka feltételeit. Köszönöm a Kisalföldi Erdőgazdaság Rt, Észak-hansági Erdészetének nyújtott sokrétű szakmai segítségét; a Fertő-Hanság Nemzeti Park támogatását, hogy lehetővé tették számomra a védett és fokozottan védett területek felkeresését. Munkám során felhasználtam az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság és a Magyar Állami Földtani Intézet által átadott adatokat, amiért szintén köszönettel tartozom. A kutatást anyagilag az FVM és az OTKA támogatta, segítségüket ezúton is köszönöm.

## XII. Irodalomjegyzék

- Aerts, R. 1999: Plant-mediated controls on nutrient cycling in temperate fens and bogs. Ecology, Oct. Forrás: <http://www.findarticles.com>.
- Adorján J. 1974: Mézgás éger grafikus fatermési modell. Kutatási jelentés. Erdészeti Tudományos Intézet. Budapest.
- Állami Erdészeti Szolgálat, Szombathelyi Igazgatóság. 1994: Erdőgazdálkodási Üzemi Térképek. Észak-Hanság. M=1:20 000.
- Állami Erdészeti Szolgálat. 2001: Erdőtervezési Útmutató. Budapest. p.: 217.
- A Lébényi-Hany. Belvízrendezés, főcsatornák bővítésének tervéhez. II. műszaki leírás. Kézirat. Észak-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság. 1959.
- Ambrus A. 1997: Fertő-Hanság Nemzeti Park. Tájak, korok, múzeumok kiskönyvtára. Budapest.
- ArcView GIS 3.2a. ESRI. [www.esri.com](http://www.esri.com).
- Babos I. 1954: Magyarország táji erdőművelésének alapjai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Babos I., Horváthné dr. Proszk S., Járó Z., Király L., Szodfridt I., Tóth B. 1966: Erdészeti termőhelyfeltárás és térképezés. Akadémiai Kiadó, Budapest. p.: 493.
- Balsay E. 1993: A KAEG természetszerű erdőállományok létesítésével kapcsolatos és tájalakító tervei a Hanságban. Erdészeti Lapok. p.: 332-336.
- Balsay L. 1950: A Hanság mint erdőterület. Erdészeti Lapok. p.: 168-173.
- Balsay L. 1954: A Hanság fásítása. MTA Agrártudományi Közlemények. p.: 35-62.
- Balsay L. 1956: A Hanság-fásítás 5 évi eredményeiről. Az erdő. p.: 147-152.
- Balsay L. 1960: A Hanság szerepe népgazdaságunk célkitűzéseiben. Az erdő. p.: 1-4.
- Balsay L. 1962: Nyárkultúra láptalajokon. In Keresztesi B.: A magyar nyárfatermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. p.: 242-246.
- Balsay L. 1979: A „Kapuvári Égeresek” eltűnésének körülményeiről. Az erdő. p.: 475-476.
- Balsay L., Halupa L., Komjáthy L., 1975: Adatok a hansági erdők történetéhez. In Kolossváry Sz.-né szerk.: Az erdőgazdálkodás története Magyarországon. Akadémiai Kiadó. Budapest. p.: 394-466.
- Balsay S. 1993: A hansági égererdők felújítási lehetőségei. Erdészeti Lapok. p.: 337.
- Bardossy, A., Duckstein, L. 1995: Fuzzy rule-based modelling with applications to geophysical, biological and engineering systems. CRC Press. New York. 113 p.
- Bencze P. 1926: A hansági égererdő természeti viszonyainak ismertetése. OEF kiadvány.

- Bezdek, J.C. 1981: Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms. Plenum Press. New York.
- Black, M. 1937: Vagueness: an exercise in logical analysis. Philos. Sci. 4. p.: 427-455.
- Borders, B.E., Shiver, B.D. 1996: Sampling Techniques for Forest Resource Inventory. John Wiley & Sons, Inc. p.: 116-157.
- Brule, F.J. 1985: Fuzzy systems – a tutorial. Forrás:  
<http://www.quadralay.com/www/fuzzy/tutorial.html>.
- Csapodi I. 1983: A Fertő-tó és a Hanság: tájvédelmi körzetek. OKTH, Budapest.
- Csillag F., Kertész M., Kummert Á. 1996: Sampling and mapping of heteroneneous surfaces: multi-resolution tiling adjusted to spatial variability. Int. J. Geographical Information Systems. Vol. 10. No. 7. p.: 851-875.
- Danszky I. (szerk) 1963: Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási és erdőtelepítési irányelvei I-VI. OEF. Budapest.
- Danszky I. (szerk.) 1963: A 49. Hanság erdőgazdasági táj leírása. In: Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási, erdőtelepítési irányelvei és eljárásai III. Kisalföld erdőgazdasági tájcsoport. Országos Erdészeti Főigazgatóság. Budapest.
- Danszky I. 1972: Erdőművelés I. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Dobos E., Michéli E., Baumgardner M.F., Biehl L., Helt T. 2000: Use of combined digital elevation model and satellite radiometric data for regional soil mapping. Geoderma Vol. 97. p.: 367-391.
- Dömsödi J. 1971a: Magyarország tőzeges lúpvidékein végzett földtani kutatások áttekintése. Gazdálkodás. 15. (2) p.: 49-54.
- Dömsödi J. 1971b: A Hanság keleti tőzegmedencéjének felderítő fázisú kutatási programja. Kézirat. Helyiiparú Kutató Intézet. Budapest.
- Dömsödi J. 1972: A tőzeglápok földtani kutatása. Földtani Kutatás. (3). p.: 17-24.
- Dömsödi J. 1973: A Hanság keleti tőzegmedencéjének földtani kutatási (összefoglaló) jelentése. Kézirat. Helyiiparú Kutató Intézet. Budapest.
- Dömsödi J. 1974: A lecsapolások hatása a Hanság medence tőzeg- és lúpföld készletére. Agrokémia és Talajtan. Tom. 23. No. 3-4. p.: 445-459.
- Dömsödi J. 1979: A lúpképződés, lúpmegsemmisülés és a talajképződés kölcsönhatásai. Agrokémia és talajtan. Tom. 28. No. 3-4. p.: 511-525.
- Dömsödi J. 1983: Nemzetközi láphasznosítási együttműködés és a magyar tervezési munka ismertetése. Agrokémia és talajtan. Tom. 32. No. 1-2. p.: 271-276.

- Erdélyi M. 1990: A Kisalföld hidrogeológiája a vízlépcsők megépítése előtt és után. Földrajzi Értesítő. p.: 7-25.
- Erdődi A. 1862: Mosonymegye erdőségei. Erdészeti Lapok. p.: 57-61, 82-88, 123-126.
- Fekete Z. 1951. Erdőbecsléstan. Akadémiai Kiadó. Budapest. 628 p.
- Fekete Zs. 1882: Magyarország vizei múltjának és vízépítkezéseinek történelme, tekintettel a művelődéstörténeti viszonyokra. Budapest.
- Gaál L. 1971: Az Esterházy hercegi hitbizomány gazdálkodása 1930-1940 I. Agrártörténeti Szemle. p.: 86-127.
- Gasztonyi L. 1998: Élőhelyrekonstrukciók hatása a vizivadállományra a Fertő-Hanság Nemzeti Park területén. Vadgazdálkodási Intézet, Sopron.
- Grunwald, S., McSweeney, K., Rooney, D.J., Lowery, B. 2001: Soil layer models created with profile cone penetrometer data. Geoderma 103. p.: 181-201.
- Halupa L. 1978: Lápi eredetű termőhelyek. In Keresztesi B. (szerk.): A nyárok és fűzék termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. p.: 131-132.
- Halupa L. 1985: A Hanság erdőgazdasági táj fontosabb termőhelytípusai és erdőgazdasági hasznosításuk. Erdészeti Kutatások 76-77. p.: 235-247.
- Halupa L., Kiss R. 1980: I-214 olasznyár grafikus fatermési modell. Erdészeti Kutatások. Vol. 73. II. p.: 157-164.
- Halupa L. 1991: A Hanság tájvédelmi körzet védett erdei. Budapest. 110 p.
- Harmathy L., Vigh F. 1948: Magyarországi tőzegelőfordulások kutatási adatai. Kézirat. Tőzegkutató Intézet. Budapest.
- Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., Xiaosu, D. (szerk).2001: Climate Change 2001: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press. United Kingdom. p.: 944.
- Hudson, B.D. 1992: The soil survey as paradigm-based science. Soil. Sci. Soc. Am. J. Vol. 56. p.: 836-841.
- Hurositzky H. 1907: A Kis Magyar Alföld nyugati részének föld- és talajtani leírása. Magyar Állami Földtani Intézet. Évi jelentése 1906-ról. p.: 149-162.
- Járó Z. 1963: Talajtípusok. Országos Erdészeti Főigazgatóság. Budapest. p.: 150.
- Kandel, A. 1986: Fuzzy Mathematical Techniques with Applications. Addison-Wesley. Mass.
- Károlyi Z. 1955a: A Hanság és a Fertő-tó. Vízügyi Közlöny 3-4. p.: 306-311.
- Károlyi Z. 1955b: A Hanság és a Fertő-tó rendezési kérdéseinek fejlődése. Vízügyi Közlemények. 37. p.: 291-332.

- Kertész M., Tóth T. 1994: Soil Survey Based on Sampling Scheme Adjusted to Local Heterogeneity. *Agrokémia és Talajtan*: Tom. 43. No. 1-2. p.: 113-132.
- Kleb B., Benkovics L., Török Á., Dömsödi J. 1999. Peat exploration for medical use. *Periodica Polytechnica Ser. Civ. Eng.* Vol. 43. No. 2. p.: 233-242.
- Komjáthy F. 1981: A gyorsan növényő fajok szerepe a Kisalföldön. *Az erdő.* p.: 237-241.
- Komjáthy F. 1984: A Hanság öntözéses erdőgazdálkodása. Doktori értekezés. Sopron.
- Komulainen, V., Nykanen, H., Martikainen, J. P., Laine, J. 1998: Short-term effect of restoration on vegetation change and methane emissions from peatlands drained for forestry in Southern Finland. *Can. J. For. Res.* Vol.28. p.: 402-411.
- Kovács G. 1996: Tülevelek tápanyagtartalma és a termőhelyek közötti kapcsolatok vizsgálata IUFRO lucfenyő származási kísérletekben., Kandidátusi értekezés, Sopron
- Kovács Gy. 1957: A Hanság és a Fertőzug talajviszonyai. *Vízügyi Közlemények.* p.: 389-400.
- Kovács J. 1971: A dél-hansági égererdők helyén otthonra talált a nyárfa. *Az erdő.* p.: 385-388.
- Kovács L. 1957: A Fertő-tó földtani kialakulása. *Hidrológiai Tájékoztató.* p.: 122-126.
- Kovács N. Zs. 1962: Nyárak bakhátas telepítése. In.: Keresztesi B.: A magyar nyárfatermesztés. *Mezőgazdasági Kiadó.* Budapest. p.: 316-321.
- Kövér Fidel J. 1930: A Hanság földrajza. Szeged Városi Ny. és Könyvkiadó. 97 p.
- Köves P., Párniczky G. 1981: Általános statisztika I-II. *Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó.* Budapest. 740 p.
- Lejewski, C. 1967: Jan Lukasiewicz. In: *Encyclopedia of Philosophy.* Vol. 5. MacMillan. New York. p.: 104-107.
- Márkus L., Mészáros K. 2000. Erdőértékszámítás. *Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó.* Budapest. p.: 274.
- Máté K. 1970: A 10 éves Észak-hansági Erdészeti tapasztalatai. *Az erdő.* p.: 385-390.
- Máté K., Balsay E. 1966: A hansági erdőtelepítések vizsgálata az 1965. évi belvizes esztendő tükrében. *Az erdő.* p.: 53-59.
- Mátyás Cs. (szerk) 1996: Erdészeti ökológia. *Mezőgazda Kiadó.* Budapest. 312 p.
- McBratney, A.B., Odeh, I.O.A. 1997: Application of fuzzy sets in soil science: fuzzy logic, fuzzy measurements and fuzzy decisions. *Geoderma* 77. p.: 85-113.
- McBratney, A.B., Mendonca Santos, M.L., Minasny, B. 2003: On digital soil mapping. *Geoderma* Vol. 117. p.: 3-52.
- McSweeney, K., Gessler, P.E., Slater, B.K., Hammer, D., Bell, J., Petersen, G.W. 1994: Towards a new framework for modeling the soil-landscape continuum. In Amundsen,



- A.G. et al (szerk.). Factors of soil formation: A fiftieth anniversary perspective. SSSA Spec. Publ. No.33. Madison WI. p.: 127-145.
- Minkkinen, K., Laine, J. 1998a: Effects of forest drainage on the peat bulk density of pine mires in Finland. Can. J. For. Res. Vol.28. p.: 178-186.
- Minkkinen, K., Laine, J. 1998b: Long-term effect of forest drainage on the peat carbon stores of pine mires in Finland. Can. J. For. Res. Vol.28. p.: 1267-1275.
- Monserud, R. A., Sterba, H. 1996: A basal area increment model for individual trees growing in even- and uneven-aged forest stands in Austria. Forest Ecology and Management 80. p.: 57-80.
- Nemzeti Erdőprogram Programiroda. 2002: Nemzeti Erdőstratégia és Erdőprogram. Társadalmi és információs vitaanyag. Sopron.
- Palotás F. 1974: Fűz grafikus fatermési modell. Kutatási jelentés. Erdészeti Tudományos Intézet. Budapest.
- PCI Geomatica v 8.2.1. User's Guide. www.pcigeomatics.com.
- Podani J. 1997: Bevezetés a többváltozós biológiai adatfeldolgozás rejtelseibe. p.: 126-131.
- Podani J. 2000: SYN-TAX 2000 programcsomag.
- Popper E. 1911: Zsombékos mocsarak és kiaknázott tőzegterületek erdősítése. Erdészeti Lapok. p.: 374-379.
- Potter, C., Bubier, J., Crill, P., Lafluer, P. 2001: Ecosystem modeling of methane and carbon dioxide fluxes for boreal forest sites. Can. J. For. Res. Vol.31. p.: 208-223.
- Scharek P. (szerk) 1991: A Kisalföld földtani térképsorozata, Mosonmagyaróvár. Magyar Állami Földtani Intézet. Budapest.
- Scheffer-Schachtschabel. 2002. Lehrbuch der Bodenkunde. Elsevier Verlag.
- Simon T. 1962: A Kisalföld természetes növénytakarója. Földrajzi közlemények. Budapest. p.: 183-193.
- Somogyi Z. 2001: Erdő nélkül? L'Harmattan Könyvkiadó. Budapest. 247 p.
- Statsoft.Inc. STATISTICA. www.statsoft.com.
- Stefanovits P. 1992: Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 380 p.
- Stefanovits P., Góczán L. 1962: A Kisalföld magyarországi részének talajföldrajzi viszonyai. Földrajzi Közlemények. Vol. 10. p.: 195-207.
- Sváb J. 1973: Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. p.: 517.
- Szalai S., Szentimrey T. 2002: Melegedett-e Magyarország éghajlata a XX. Században? OMSZ. Budapest.

- Szilva V. 1953: Adatok a hansági láptalajok ismeretéhez. *Agrokémia és talajtan*. Tom. 2. p.: 179-184.
- Szodfridt I. 1962: Mocsári, lápi és réti növénytársulások fásítása. In: Majer A.: *Erdő- és termőhelytipológiai útmutató*. OEE. Budapest. p.: 158-163.
- Szodfridt I. 1993: *Erdészeti termőhelyismeret-tan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 317.p.
- Újházi J. 1873: A Rába és a vele vízművileg összefüggő Répce, Kistrábatörök és a Marczal szabályozás és csatornázás, továbbá a Hanság és a Fertő lecsapolása. Budapest.
- Ulrich, B. 1990: *Stoffhaushalt von Waldökosystemen – Bioelement-Haushalt. Vorlesungsskript, Institut für Bodenkunde und Waldernaehrung der Universitaet Göttingen*
- Varga F. 1997: Fűzállományok vizsgálata a Kisalföldi Erdőgazdaság Rt. Észak-hansági Erdészetének területén. SE Erdő- és faanyagvédelmi Tanszék. Sopron.
- Veperdi G. 2002. *Fatermésztan*. Oktatási segédanyag. NYME Sopron. 71 p.
- Waterstone, M. 1994: Institutional analysis and water resources management. In: Duckstein, L., Parent, E. (szerk.) *Natural Resources Management*. Kluwer. Dordrecht.
- Zadeh, L.A. 1965: Fuzzy Sets. *Inf. Control*. 8. p.: 338-353.
- Zhu, A-X. 1997: A similarity model for representing soil spatial information. *Geoderma* 77. p.: 217-242.
- Zhu, A-X., Band, L. E., Dutton, B., Nimlos, T.J. 1996: Automated soil inference under fuzzy logic. *Ecological Modelling* 90. p.: 123-145.
- Zhu, A-X. 2000: Mapping soil landscape as a spatial continua. The Neural Network approach. *Water Resour. Res.* Vol. 36. p.: 663-677.
- Zhu, A-X., Hudson, B., Burt, J., Lubich, K., Simonson, D. 2001: Soil mapping using GIS, expert knowledge and fuzzy logic. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65. p.: 1463-1472.
- Zólyomi B. 1920-30: A Hanság vegetációs térképe.
- Zólyomi B. 1931: Adatok a Hanság flórájához. *Botanikai Közlemények*. 28. p.: 191-192.
- Zólyomi B. 1932: Adatok a Hanság flórájához. *Botanikai Közlemények*. 29. p.: 153-154.
- Zólyomi B. 1934: A Hanság növényközösségei. *Vasi Szemle*. 1. p.: 146-174.

### XIII. Mellékletek

**I. melléklet:** A vizsgálati területek koordinátajegyzéke.

Sorszám	Pontszám	Terkep		Stereo N/E		EOV		WGS	
		X	Y	X	Y	X	Y	$\phi$	$\lambda$
79	NW-5-18-82/008	369327.7	529945.2	-130672.3	29945.2	519336.11	268030.03	47-44-34.5656	17-18-17.9497
80	NW-5-18-72/007	367996.1	529081.4	-132003.9	29081.4	518004.91	267166.1	47-44-05.6336	17-17-14.9980
81	NW-5-18-73/050	367768.2	529195.4	-132231.8	29195.4	517776.99	267279.99	47-44-09.1542	17-17-03.9380
82	NW-5-18-82/007	368017.1	530029.1	-131982.9	30029.1	518025.68	268113.69	47-44-36.3228	17-17-14.9703
84	NW-5-18-83/001	367448.8	530035.1	-132551.2	30035.1	517457.44	268119.55	47-44-36.0973	17-16-47.6930
86	NW-5-18-72/006	366516.1	529627.3	-133483.9	29627.3	516524.96	267711.51	47-44-22.2036	17-16-03.3882
87	NW-5-18-72/005	366121.7	529462.3	-133878.3	29462.3	516130.68	267546.49	47-44-16.5706	17-15-44.6485
91	NW-5-18-12/004	365379.4	530164.1	-134620.6	30164.1	515388.36	2682248.01	47-44-38.7283	17-15-08.2536
92	NW-5-18-73/041	364740.6	530143.1	-135259.4	30143.1	514749.66	268226.87	47-44-37.5677	17-14-37.6246
93	NW-5-18-73/042	365187.5	529954.2	-134812.5	29954.2	515196.5	268038.06	47-44-31.7892	17-14-59.2776
94	NW-5-18-82/006	365136.5	529546.3	-134863.5	29546.3	515145.62	267630.23	47-44-18.5497	17-14-57.2863
95	NW-5-18-73/043	364929.6	529453.3	-135070.4	29453.3	514938.74	267537.22	47-44-15.3848	17-14-47.4616
98	NW-5-18-73/047	365298.4	527632.9	-134701.6	27632.9	515307.94	265717.16	47-43-16.7441	17-15-07.1860
100	NW-5-19-63/010	361136.8	529715.5	-138863.2	29715.5	511146.52	267798.46	47-44-20.9714	17-11-45.1941
102	NW-5-19-63/008	361091.9	528750.5	-138908.1	28750.5	511101.86	266833.6	47-43-49.7046	17-11-44.1488
107	NW-5-19-73/055	357996.2	527884.2	-142003.8	27884.2	508006.8	265966.63	47-43-19.2400	17-09-16.6615
108	NW-5-19-73/056	358028.3	527659.3	-141971.7	27659.3	508038.97	265741.86	47-43-11.9895	17-09-18.4657
110	NW-5-19-73/052	359220.6	527386.4	-140779.4	27386.4	509231.14	265469.2	47-43-04.0944	17-10-15.9673
112	NW-5-19-72/010	358803.1	527245.9	-141196.9	27245.9	508813.74	265328.61	47-42-59.2186	17-09-56.1081
115	NW-5-19-73/059	357213.3	526968.8	-142786.7	26968.8	507224.32	265051.27	47-42-48.9948	17-08-40.1954
116	NW-5-19-83/003	357125.0	527133.4	-142875.0	27133.4	507135.98	265215.82	47-42-54.2515	17-08-35.7658
120	NW-5-19-12/007	356400.6	527355.8	-143599.4	27355.8	506411.63	265437.99	47-43-00.8699	17-08-00.7624
121	NW-5-19-73/060	356131.5	526985.8	-143868.5	26985.8	506142.66	265067.95	47-42-48.6788	17-07-48.2967
139	NW-5-20-72/016	352809.2	530184.0	-147190.8	30184.0	502820.2	268264.89	47-44-29.4892	17-05-05.0932

Sorszám	Pontszám	Terkep		Stereo N/E		EOV		WGS	
		X	Y	X	Y	X	Y	$\phi$	$\lambda$
140	NW-5-20-73/065	353222.5	530245.3	-146777.5	30245.3	503233.39	268326.21	47-44-31.8097	17-05-24.8474
141	NW-5-20-71/001	352293.9	529872.8	-147706.1	29872.8	502305.05	267953.57	47-44-18.9927	17-04-40.7492
142	NW-5-20-72/017	353314.4	529694.2	-146685.6	29694.2	503325.35	267775.28	47-44-14.0514	17-05-29.9223
143	NW-5-20-72/018	353742.9	529321.8	-146257.1	29321.8	503753.95	267402.98	47-44-02.3475	17-05-50.9341
144	NW-5-20-82/011	352329.6	529291.2	-147670.4	29291.2	502340.9	267372.02	47-44-00.1980	17-04-43.1729
145	NW-5-20-71/002	353304.2	529291.2	-146695.8	29291.2	503315.25	267372.27	47-44-00.9982	17-05-29.9218
146	NW-5-20-73/071	352880.7	528903.4	-147119.3	28903.4	502891.94	266984.45	47-43-48.1017	17-05-10.0785
147	NW-5-20-72/019	352069.4	528622.8	-147930.6	28622.8	502080.9	266703.67	47-43-38.3523	17-04-31.5078
149	NW-5-20-63/011	353538.9	529112.6	-146461.1	29112.6	503549.95	267193.78	47-43-55.4107	17-05-41.3969
150	NW-5-20-73/066	354605.2	529127.9	-145394.8	29127.9	504616.12	267209.35	47-43-56.7742	17-06-32.5321
152	NW-5-20-82/013	355166.5	528663.6	-144833.5	28663.6	505177.38	266745.26	47-43-42.2020	17-07-00.0113
153	NW-5-20-83/011	353574.6	528673.8	-146425.4	28673.8	503585.77	266755.06	47-43-41.2392	17-05-43.6414
154	NW-5-20-73/072	353406.2	528520.7	-146593.8	28520.7	503417.46	266601.98	47-43-36.1478	17-05-35.7507
155	NW-5-20-83/010	353998.1	528495.2	-146001.9	28495.2	504009.22	266576.62	47-43-35.8051	17-06-04.1699
156	NW-5-20-73/073	352896.0	528178.9	-147104.0	28178.9	502907.42	266260.06	47-43-24.6665	17-05-11.6937
158	NW-5-20-73/067	355319.5	528372.8	-144680.5	28372.8	505330.49	266454.51	47-43-32.9134	17-07-07.7013
160	NW-5-20-72/021	354681.7	528051.3	-145318.3	28051.3	504692.9	266132.97	47-43-21.9946	17-06-37.4967
161	NW-5-20-73/074	353033.7	527459.5	-146966.3	27459.5	503045.33	265540.8	47-43-01.4969	17-05-19.1746
162	NW-5-20-73/075	353768.5	527546.2	-146231.5	27546.2	503779.89	265627.7	47-43-04.9047	17-05-54.3041
163	NW-5-20-73/069	355033.8	527934.0	-144966.2	27934.0	505044.92	266015.72	47-43-18.4817	17-06-54.5224
164	NW-5-20-73/132	355822.1	527020.7	-144177.9	27020.7	505833.3	265102.76	47-42-49.5594	17-07-33.4178
165	NW-5-20-73/070	354714.9	527030.9	-145285.1	27030.9	504726.31	265112.69	47-42-48.9961	17-06-40.3125
166	NW-5-20-82/015	354862.9	526648.2	-145137.1	26648.2	504874.34	264730.13	47-42-36.7314	17-06-47.8666
168	NW-5-20-73/076	353791.4	526852.3	-146208.6	26852.3	503803.02	264933.92	47-42-42.4662	17-05-56.2434
169	NW-5-20-73/077	353260.8	526959.5	-146739.2	26959.5	503272.46	265040.92	47-42-45.5005	17-05-30.6692
210	NW-6-17-73/099	371117.7	533967.8	-128882.3	33967.8	521124.95	272052.57	47-46-46.0611	17-19-39.5490

Sorszám	Pontszám	Terkep		Stereo N/E		EOV		WGS	
		X	Y	X	Y	X	Y	$\phi$	$\lambda$
212	NW-6-18-82/028	369198.1	531564.7	-130801.9	31564.7	519206.16	269649.35	47-45-26.8903	17-18-09.9773
213	NW-6-18-82/029	369690.7	531457.5	-130309.3	31457.5	519698.68	269542.29	47-45-23.7800	17-18-33.7351
215	NW-6-18-82/027	369767.3	531016.0	-130232.7	31016.0	519775.33	269100.84	47-45-09.5451	17-18-37.8861
218	NW-6-18-82/024	368956.7	530412.3	-131043.3	30412.3	518965	268497.06	47-44-49.4155	17-17-59.6382
220	NW-6-18-82/023	368135.6	530764.2	-131864.4	30764.2	518143.94	268848.72	47-45-00.2025	17-17-19.8514
221	NW-6-18-72/026	367412.2	530646.9	-132587.8	30646.9	517420.73	268731.27	47-44-55.8721	17-16-45.2664
223	NW-6-18-73/118	368125.8	531121.0	-131874.2	31121.0	518134.09	269205.46	47-45-11.7432	17-17-18.9928
224	NW-6-18-73/111	368634.1	531614.7	-131365.9	31614.7	518642.2	269699.16	47-45-28.0939	17-17-42.8510
225	NW-6-18-73/117	367705.5	531414.3	-132294.5	31414.3	517713.76	269498.58	47-45-20.9245	17-16-58.4988
228	NW-6-18-73/115	367378.0	533232.4	-132622.0	33232.4	517385.92	271316.42	47-46-19.5284	17-16-40.7849
230	NW-6-18-73/114	367593.1	532992.9	-132406.9	32992.9	517600.99	271077.01	47-46-11.9364	17-16-51.3722
231	NW-6-18-73/113	367891.2	532836.5	-132108.8	32836.5	517899.12	270920.7	47-46-07.0946	17-17-05.8566
235	NW-6-18-73/110	369098.4	532821.9	-130901.6	32821.9	519106.16	270906.33	47-46-07.5068	17-18-03.8280
237	NW-6-18-73/104	369978.2	533154.2	-130021.8	33154.2	519985.71	271238.84	47-46-18.9049	17-18-45.7050
241	NW-6-18-82/030	368041.1	534943.9	-131958.9	34943.9	518048.5	273027.83	47-47-15.4114	17-17-10.7476
243	NW-6-18-85/003	367978.5	534286.8	-132021.5	34286.8	517986.08	272370.8	47-46-54.0977	17-17-08.4614
244	NW-6-18-83/017	368796.5	534268.9	-131203.5	34268.9	518803.99	272353.11	47-46-54.1205	17-17-47.7619
249	NW-6-18-73/102	370682.9	533629.7	-129317.1	33629.7	520690.23	271714.42	47-46-34.8044	17-19-19.0304
250	NW-6-18-73/103	370276.1	533750.4	-129723.9	33750.4	520283.49	271835	47-46-38.4164	17-18-59.3693
252	NW-6-18-85/002	367591.4	535718.7	-132408.6	35718.7	517598.7	273802.42	47-47-40.1560	17-16-48.3010
253	NW-6-18-73/122	365296.4	536275.6	-134703.6	36275.6	515303.86	274358.77	47-47-56.4695	17-14-57.4466
254	NW-6-18-85/004	365030.7	536083.7	-134969.3	36083.7	515038.22	274166.81	47-47-50.0579	17-14-44.8974
255	NW-6-18-73/123	365734.3	536034.5	-134265.7	36034.5	515741.81	274117.78	47-47-48.9947	17-15-18.7523
256	NW-6-18-85/005	365375.1	535950.9	-134624.9	35950.9	515382.66	274034.05	47-47-46.0172	17-15-01.5913
257	NW-6-18-73/124	364996.2	535704.8	-135003.8	35704.8	515003.87	273787.94	47-47-37.7685	17-14-43.6672
258	NW-6-18-71/005	364469.7	535158.6	-1355530.3	35158.6	514477.55	273241.67	47-47-19.6920	17-14-18.9919

Sorszám	Pontszám	Terkep		Stereo N/E		EOV		WGS	
		X	Y	X	Y	X	Y	$\phi$	$\lambda$
260	NW-6-18-82/032	366098.5	535631.0	-133901.5	35631.0	516106	273714.41	47-47-36.2078	17-15-36.6914
262	NW-6-18-82/034	366895.7	536246.1	-133104.3	36246.1	516902.92	274329.64	47-47-56.7110	17-16-14.3006
263	NW-6-18-82/031	366905.5	535444.0	-133094.5	35444.0	516912.95	273527.64	47-47-30.7578	17-16-15.6589
264	NW-6-18-83/21	367018.7	534725.6	-132981.3	34725.6	517026.28	272809.31	47-47-07.5889	17-16-21.8870
265	NW-6-18-73/120	366905.5	534277.8	-133094.5	34277.8	516913.22	272361.54	47-46-53.0115	17-16-16.9459
266	NW-6-18-62/004	365030.7	534991.3	-134969.3	34991.3	515038.48	273074.52	47-47-14.7010	17-14-46.1203
269	NW-6-18-72/030	365202.9	533962.8	-134797.1	33962.8	515210.93	272046.23	47-46-41.5442	17-14-55.5407
270	NW-6-18-72/029	364937.2	533657.7	-135062.8	33657.7	514945.32	271741.11	47-46-31.4695	17-14-43.1232
271	NW-6-18-72/028	364405.7	533638.1	-135594.3	33638.1	514413.95	271721.3	47-46-30.4307	17-14-17.6288
273	NW-6-18-73/126	364809.2	534764.9	-135190.8	34764.9	514817.13	272848.13	47-47-07.2076	17-14-35.7396
275	NW-6-18-73/129	363962.8	533554.4	-136037.2	33554.4	513971.16	271637.55	47-46-27.3871	17-13-56.4595
276	NW-6-18-62/005	363514.8	532894.5	-136485.2	32894.5	513523.33	270977.6	47-46-05.6874	17-13-35.6939
278	NW-6-18-73/131	364245.4	532974.6	-135754.6	32974.6	514253.82	271057.83	47-46-08.8343	17-14-10.6782
279	NW-6-18-73/130	364700.8	533049.6	-135299.2	33049.6	514709.12	271133	47-46-11.6085	17-14-32.4559
283	NW-6-18-72/032	365096.1	531618.4	-134903.9	31618.4	515104.74	269702.06	47-45-25.5847	17-14-53.0343
286	NW-6-18-82/022	366762.5	530952.8	-133237.5	30952.8	516771.06	269036.97	47-45-05.2905	17-16-13.7508
287	NW-6-18-73/119	366912.7	531468.3	-133087.3	31468.3	516921.05	269552.38	47-45-22.0847	17-16-20.3877
288	NW-6-18-81/002	366107.0	531468.3	-133893.0	31468.3	516115.48	269552.19	47-45-21.4842	17-15-41.7184
289	NW-6-18-82/021	366237.1	532068.8	-133762.9	32068.8	516245.43	270152.66	47-45-41.0175	17-15-47.2979
295	NW-6-19-92/001	360649.1	534549.2	-139350.9	34549.2	510657.67	272631.38	47-46-57.0341	17-11-16.2143
297	NW-6-19-63/014	361403.2	533426.4	-138596.8	33426.4	511412	271508.93	47-46-21.2809	17-11-53.7182
299	NW-6-20-71/003	352110.9	531088.9	-147889.1	31088.9	502121.72	269169.41	47-44-58.1978	17-04-30.4791
300	NW-6-20-71/004	352079.0	530664.5	-147921.0	30664.5	502090	268745.11	47-44-44.4379	17-04-29.4712
302	NW-7-18-83/014	365757.7	536435.8	-134242.3	36435.8	515765.13	274519.01	47-48-01.9997	17-15-19.4302

**II. melléklet:** A mintaterületek összefoglaló környezeti és talajtani adattáblája, valamint fatermőképessége.

Minta szám	Fuzy talaj oszt.	Termő réteg (m)	Tőzeg réteg (m)	Fatermő képesség (m <sup>3</sup> /ha)	Lejtés (fok)	Kitettség (fok)	T.sz. f.m. (m)	Alap kőzet kódja	Vgyft %	PH H <sub>2</sub> O	PH KCl	Agyag tart. (%)	Izszap tart. (%)	Finom homok tart. (%)	CaCO <sub>3</sub> tart. (%)	C/N	C (mg/100 mg)	N (mg/100 mg)	S (mg/100 mg)	AL-P (mg/100 g)	AL-K (mg/100 g)
84	1	0.5	0	10	0.707	353	113.5	6	46	7.6	7.1	11	32	48	9	15.0	4.9	0.3	0.2	10.5	2.6
87	1	0.4	0.1	10	0.169	294	113.3	2	20	6.6	6.4	7	32	58	0	16.0	9.4	0.6	0.7	4.7	4.6
91	1	0.25	0	9	0.159	233	114.5	3	18	7.6	7.1	13	32	42	29	21.0	9.8	0.5	0.3	3.0	3.4
95	1	0.5	0.25	11	0.448	256	113.9	2	39	7.6	7.1	7	20	73	8	15.6	17.1	1.1	0.7	11.6	3.6
100	1	0.55	0	9	0.961	323	115.2	3	27	7.7	7.3	22	31	44	4	13.7	4.3	0.3	0.0	2.3	4.7
116	1	0.5	0	9	0.209	229	113.6	2	29	7.5	7.2	11	33	30	7	18.0	11.4	0.6	4.5	3.7	7.4
144	1	0.55	0	11	0.253	246	113.8	2	20	7.7	7.5	9	14	74	12	38.0	15.7	0.4	0.3	4.8	3.7
145	1	0.53	0.27	3	0.301	260	113.9	2	67	7.7	7.3	16	31	49	51	19.7	12.6	0.6	0.1	1.1	6.7
166	1	0.65	0	10	0.413	131	113.5	1	42	7.4	7.3	12	23	61	13	26.2	2.8	0.1	0.1	8.1	7.3
243	1	0.3	0.05	11	0.131	209	114.2	6	48	6.6	6.3	21	11	36	6	12.0	13.0	1.1	0.5	22.3	11.7
249	1	0.65	0.1	0	0.260	217	113.9	5	33	6.7	6.4	28	27	44	17	14.3	25.5	1.7	1.2	1.8	5.5
252	1	0.55	0	9	0.108	128	115.0	3	41	6	4.9	20	14	57	0	16.9	35.8	2.1	1.6	1.9	2.1
263	1	0.5	0	5	0.218	193	115.1	3	43	6.7	6.2	16	25	42	5	14.0	27.7	2.0	0.9	10.2	8.9
271	1	0.3	0	6	0.363	131	114.7	3	35	7.6	7.4	15	39	45	29	23.0	16.3	0.7	0.0	0.8	4.4
275	1	0.25	0.05	11	0.087	162	115.2	3	34	7.5	7.2	8	44	35	11	15.0	9.0	0.6	0.5	2.9	3.3
283	1	0.65	0	7	0.159	189	113.9	3	32	7.9	7.5	11	13	45	8	28.7	9.9	0.4	0.1	2.0	5.9
107	2	0.45	0.5	12	0.000	-1	113.0	2	42	6.5	6.1	13	30	55	34	17.0	10.3	0.6	0.0	1.9	2.0
115	2	0.37	0	6	0.000	-1	113.0	2	31	7.5	7.1	9	38	47	4	17.0	13.4	0.8	4.1	17.8	4.8
146	2	0.4	0	10	0.304	33	113.0	2	13	7	6.8	9	6	72	7	30.0	14.7	0.5	0.0	5.7	3.3
231	2	0.4	0.55	14	0.092	146	113.5	6	7	7.1	6.6	15	42	38	70	10.0	6.7	0.6	0.2	0.9	4.9
244	2	0.5	0	14	0.000	-1	114.0	6	66	7.2	6.7	19	30	50	3	14.0	20.7	1.5	0.7	16.5	3.1
256	2	0.7	0	14	0.000	-1	115.0	6	20	7.1	6.6	5	46	48	20	14.0	15.3	1.1	0.9	1.5	3.4
273	2	0.95	0	3	0.000	-1	114.5	3	19	7.7	7.4	35	18	42	8	19.0	5.3	0.3	0.0	10.6	7.6
302	2	0.45	0.15	12	0.000	-1	114.5	6	52	7	6.6	8	20	66	0	11.9	10.0	0.9	1.0	3.2	3.6
210	3	0.5	1	11	0.000	-1	114.0	7	26	6	5.7	15	38	45	0	17.4	21.0	1.3	1.0	4.2	2.2
220	3	0.9	1	8	0.000	-1	113.0	6	6	6.1	5.8	7	22	70	7	14.0	25.7	1.8	0.9	0.9	2.6
221	3	0.65	0.85	8	0.068	114	113.0	6	12	7.5	7.1	11	20	66	16	14.0	31.0	2.2	1.0	2.9	5.0

Minta szám	Fuzzy talaj oszt.	Termő réteg (m)	Tőzeg réteg (m)	Fatermő képesség (m <sup>3</sup> /ha)	Lejtés (fok)	Kitettség (fok)	T.sz. f.m. (m)	Alap kőzet kódja	Vgyft %	PH H <sub>2</sub> O	PH KCl	Agyag tart. (%)	Iszap tart. (%)	Finom homok tart. (%)	CaCO <sub>3</sub> tart. (%)	C/N	C (mg/100 mg)	N (mg/100 mg)	S (mg/100 mg)	AL-P (mg/100 g)	AL-K (mg/100 g)
224	3	0.6	0.8	11	0.000	-1	113.5	6	45	6.3	5.9	19	14	66	0	15.0	35.6	2.4	1.4	1.4	4.9
235	3	0.6	1.4	11	0.000	-1	114.0	6	4	6.4	6.2	14	33	52	0	14.3	26.4	1.8	1.2	4.7	5.1
112	4	0.5	0.2	10	0.208	312	112.6	2	41	7	6.8	5	36	58	3	13.5	17.2	1.2	1.8	1.3	2.0
120	4	0.35	0.15	7	0.060	344	113.0	4	17	7.7	7.2	19	34	40	18	12.0	7.2	0.6	0.2	1.8	4.1
160	4	0.5	0	7	0.129	333	113.4	2	57	6.8	6.4	15	27	52	3	38.6	8.7	0.4	0.5	3.7	3.7
250	4	0.75	0.45	0	0.516	169	113.9	6	44	6.7	6.3	24	24	49	11	13.0	21.1	1.6	0.7	2.5	5.4
255	4	0.5	0	0	0.311	353	114.6	6	68	7	6.7	11	6	80	4	15.0	6.1	0.4	2.1	0.2	3.9
260	4	0.5	0.15	8	0.292	253	114.7	6	100	7.1	6.7	14	21	60	10	15.7	19.3	1.3	1.5	4.0	4.0
264	4	0.4	1.1	11	0.027	300	114.5	6	22	6.9	6.5	21	24	53	7	16.0	41.7	2.0	1.3	2.8	5.0
265	4	0.6	0.6	14	0.090	183	114.4	6	40	5.8	5.3	22	17	53	0	12.0	23.7	1.9	0.8	2.2	5.0
286	4	0.5	0.9	7	0.277	338	113.9	6	30	7	6.3	17	24	57	6	16.5	35.6	2.2	1.8	1.4	5.2
287	4	0.7	0.85	10	0.233	260	113.6	6	43	6.9	5.8	20	14	64	10	17.6	33.9	2.0	1.5	7.7	4.9
79	5	0.45	0.35	7	0.000	-1	113.0	6	17	7.2	6.4	3	16	22	30	17.8	9.9	1.4	0.7	4.8	5.6
86	5	0.3	0.3	10	0.000	-1	113.5	6	58	7.6	7.3	10	36	54	43	19.0	18.3	0.9	0.8	2.4	1.2
92	5	0.5	0.2	10	0.000	-1	114.0	3	45	7.2	6.9	11	34	53	9	22.0	11.5	0.5	0.5	6.4	5.1
93	5	0.3	0	10	0.000	-1	114.0	3	55	6.6	6.2	13	38	47	0	15.0	13.7	0.9	0.6	5.3	4.9
94	5	0.35	0.25	0	0.000	-1	114.0	2	69	7.3	7	17	30	52	7	15.0	33.0	2.2	1.6	3.0	4.9
98	5	0.3	0	12	0.000	-1	113.0	2	42	7.1	7	19	24	43	3	11.0	2.1	0.2	0.1	7.2	6.1
102	5	0.57	0	13	0.000	-1	115.0	2	33	7.6	7.3	25	24	45	8	29.6	6.8	0.2	0.0	1.3	1.9
110	5	0.4	0	9	0.000	-1	113.5	2	15	7.5	6.9	5	8	53	3	13.0	9.7	0.7	0.3	5.7	4.2
142	5	0.48	0.32	7	0.266	44	113.8	2	61	7.1	7	13	38	47	3	45.7	7.2	0.2	0.0	8.2	5.6
143	5	0.45	0	8	0.000	-1	113.5	2	16	7.4	7.4	18	34	42	54	12.0	7.6	0.6	0.4	1.3	2.0
149	5	0.43	0.24	8	0.000	-1	114.0	2	32	7.7	7.3	21	34	40	34	21.4	11.3	0.6	0.7	0.8	5.4
150	5	0.4	0.3	12	0.000	-1	114.0	2	51	7.4	7.1	12	31	52	33	27.0	13.5	0.5	0.0	1.0	14.2
153	5	0.2	0	7	0.000	-1	113.5	2	33	6.7	6.4	7	10	43	5	18.0	12.4	0.7	0.0	1.0	10.4
154	5	0.42	0	12	0.000	-1	113.5	2	33	6.5	6	21	30	48	4	75.0	15.8	0.2	0.0	1.6	7.7
155	5	0.47	0.33	12	0.000	-1	114.0	2	73	7.6	7.4	23	35	40	10	13.0	19.4	1.5	0.4	6.9	9.0
156	5	0.36	0	0	0.000	-1	113.5	2	30	7.5	7.2	7	28	63	16	22.0	5.3	0.2	0.0	16.9	6.3



Minta szám	Fuzzy talaj oszt.	Termő réteg (m)	Tőzeg réteg (m)	Fatermő képesség (m <sup>3</sup> /ha)	Lejtés	(fok)	f.m. (m)	Alap kőzet kódja	Vgyft %	PH H <sub>2</sub> O	PH KCl	Iszap tart. (%)	Finom homok tart. (%)	CaCO	C/N	C (mg)	N (mg/100 mg)	S (mg/100 mg)	AL-K (mg/100 g)	
158	5	0.34	0.29	10	0.000	-1	113.5	2	16	7.8	7.4	15	53	12	14.8	13.8	1.0	0.3	1.8	2.5
162	5	0.34	0.36	12	0.000	-1	113.5	2	71	5.6	5.2	15	44	0	12.0	17.9	1.4	4.1	2.0	14.3
165	5	0.52	0.1	10	0.000	-1	113.5	1	48	5.3	5	14	55	0	14.0	13.9	1.0	1.0	3.6	9.1
168	5	0.5	0.2	9	0.000	-1	113.5	2	57	6.8	6.6	21	39	0	12.5	5.8	0.5	0.1	11.4	7.5
215	5	0.3	0.5	5	0.000	-1	113.0	6	39	5.9	5.2	21	14	0	16.3	21.4	1.4	1.0	2.5	3.1
223	5	0.35	0.35	11	0.000	-1	113.5	6	30	7.4	6.5	5	46	37	16.0	22.6	1.4	0.0	2.3	4.9
225	5	0.3	0.7	14	0.000	-1	113.5	6	52	7.2	6.4	15	36	22	15.0	24.8	1.6	0.7	1.6	4.9
230	5	0.23	0.77	14	0.000	-1	114.0	6	53	7.2	6.9	11	42	40	18.0	23.5	1.3	0.6	1.6	5.0
253	5	0.55	0	0	0.000	-1	115.5	6	55	7.4	6.7	5	31	21	17.0	5.2	0.3	0.6	2.3	3.4
254	5	0.7	0	13	0.000	-1	115.5	6	12	7.3	6.9	16	33	5	13.0	8.5	0.7	0.4	4.2	4.4
257	5	0.6	0	0	0.000	-1	115.5	6	15	7.4	7.1	12	33	19	17.3	6.0	0.3	2.7	9.1	4.5
258	5	0.45	0	3	0.000	-1	116.0	3	18	7.6	6.9	9	52	12	15.0	5.4	0.4	0.2	4.3	5.0
266	5	0.55	0	6	0.087	80	115.0	3	47	7.6	7.2	20	32	33	12.0	8.5	0.7	0.3	4.2	6.6
269	5	0.35	0	8	0.000	-1	114.5	3	28	7.7	7.4	18	27	15	14.0	16.2	1.2	0.6	2.2	5.1
270	5	0.4	0.15	9	0.000	-1	114.5	3	46	7.7	7.5	5	52	57	18.0	8.9	0.5	0.0	0.1	3.0
278	5	0.25	0	9	0.000	-1	114.5	3	61	7.8	7.6	13	36	55	16.4	12.3	0.7	0.0	5.2	4.4
279	5	0.45	0	10	0.000	-1	114.5	3	43	7.5	7.5	9	30	41	22.0	10.7	0.5	0.0	2.3	6.1
299	5	0.48	0.16	3	0.000	-1	115.0	5	19	7.5	7.4	23	28	13	23.0	9.6	0.4	0.1	1.6	4.4
300	5	0.45	0.35	4	0.000	-1	114.5	2	27	7.6	7.4	25	28	14	22.4	7.8	0.3	0.1	1.3	3.1



**III. melléklet:** Az egyes talajjellemzőkre vonatkozó regressziós eredmények.

Regression Summary for Dependent Variable: TERMRET							1.talajoszt.
R= .56115988 R2= .31490041 Adjusted R2= .14362551							
F(3,12)=1.8386 p<.19388 Std.Error of estimate: .12696							
		St. Err.		St. Err.			
	BETA	of BETA	B	of B	t(12)	p-level	
Intercpt			12.11932	6.214538	1.950156	0.074907	
ELEVATI	-0.49172	0.261254	-0.10246	0.054438	-1.88217	0.084282	
SLOPE	0.7025	0.371071	0.410733	0.216955	1.893168	0.082696	
ASPECT4	-0.55544	0.383867	-1.8E-11	1.24E-11	-1.44696	0.173522	
Regression Summary for Dependent Variable: TOZEG							
R= .63666016 R2= .40533616 Adjusted R2= .36286017							
F(1,14)=9.5427 p<.00800 Std.Error of estimate: .07091							
		St. Err.		St. Err.			
	BETA	of BETA	B	of B	t(14)	p-level	
Intercpt			0.02401	0.019799	1.212654	0.245329	
VGYFT5	0.63666	0.206097	1.75E-10	5.67E-11	3.089128	0.008003	
Regression Summary for Dependent Variable: AL_P (hanclus7.sta)							
R= .86340418 R2= .74546678 Adjusted R2= .65290924							
F(4,11)=8.0541 p<.00275 Std.Error of estimate: 3.3341							
		St. Err.		St. Err.			
	BETA	of BETA	B	of B	t(11)	p-level	
Intercpt			7.826841	1.901317	4.116538	0.001711	
PARENT5	4.540762	1.165601	0.009724	0.002496	3.895641	0.002495	
PARENT3	-3.59762	1.123442	-0.28669	0.089527	-3.20232	0.00842	
ASPECT5	-0.56517	0.225713	-2.1E-12	8.55E-13	-2.50392	0.029302	
DIFF2	0.297795	0.201149	1.424032	0.961878	1.48047	0.166812	
Regression Summary for Dependent Variable: N (hanclus7.sta)							
R= .64515484 R2= .41622476 Adjusted R2= .32641319							
F(2,13)=4.6344 p<.03024 Std.Error of estimate: .50523							
		St. Err.		St. Err.			
	BETA	of BETA	B	of B	t(13)	p-level	
Intercpt			-59.2449	23.70545	-2.49921	0.026628	
ELEVATI	0.565841	0.222431	0.529039	0.207964	2.543894	0.024474	
DIFF2	-0.5264	0.222431	-0.27381	0.115699	-2.36658	0.034153	
Regression Summary for Dependent Variable: H_KONC							
R= .70962809 R2= .50357203 Adjusted R2= .25535804							
F(5,10)=2.0288 p<.15961 Std.Error of estimate: .00000							
		St. Err.		St. Err.			
	BETA	of BETA	B	of B	t(10)	p-level	
Intercpt			6.08E-05	3.15E-05	1.92767	0.082753	
ASPECT	-15.1076	9.498843	-7E-07	4.42E-07	-1.59047	0.142813	
ASPECT2	27.05675	19.64018	2.7E-09	1.96E-09	1.377622	0.198367	
SLOPE	-1.03438	0.520376	-1.4E-05	6.9E-06	-1.98775	0.074901	
SLOPE5	0.51494	0.416946	7.79E-06	6.31E-06	1.235026	0.245051	
ASPECT3	-12.1905	10.39778	-3.2E-12	2.74E-12	-1.17241	0.268204	
Regression Summary for Dependent Variable: C (hanclus7.sta)							
R= .69801103 R2= .48721939 Adjusted R2= .30075372							
F(4,11)=2.6129 p<.09342 Std.Error of estimate: 7.4966							

Folytatás, III. melléklet						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(11)	p-level
Intercpt			-1.25308	8.663194	-0.14464	0.887608
ASPECT4	-0.14978	0.299646	-3.2E-10	6.34E-10	-0.49986	0.627025
PARENT	1.257889	0.541608	7.852218	3.380923	2.322507	0.040399
PARENT5	-1.2557	0.602137	-0.00426	0.002043	-2.08541	0.061124
DIFF4	-0.42508	0.278972	-0.6875	0.451195	-1.52374	0.155793
Regression Summary for Dependent Variable: CACO3						
R= .98247648 R2= .96526003 Adjusted R2= .93486255						
F(7,8)=31.755 p<.00003 Std.Error of estimate: 3.6069						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(8)	p-level
Intercpt			25.16349	4.422888	5.689379	0.00046
VGFT5	7.635656	1.049427	3.34E-07	4.59E-08	7.276023	8.59E-05
VGFT4	-6.87038	1.05097	-2E-05	3.1E-06	-6.53718	0.000181
ASPECT	-0.70263	0.104562	-0.14848	0.022097	-6.71973	0.00015
SLOPE	1.147263	0.157245	69.09612	9.470373	7.29603	8.42E-05
SLOPE5	-1.27436	0.18878	-87.5928	12.97572	-6.75052	0.000145
PARENT	0.392546	0.092849	3.86291	0.913697	4.227781	0.002885
DIFF5	0.580681	0.141204	0.706103	0.171702	4.112363	0.00338
Regression Summary for Dependent Variable: AGYAG						
R= .92815088 R2= .86146406 Adjusted R2= .74024511						
F(7,8)=7.1067 p<.00645 Std.Error of estimate: 3.0705						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(8)	p-level
Intercpt			17.92446	11.0092	1.628135	0.142146
PARENT	-3.49917	1.796727	-14.679	7.537261	-1.94752	0.087326
PARENT5	-3.7947	1.324761	-0.00865	0.00302	-2.86444	0.021008
PARENT2	7.783522	2.906756	4.260106	1.590936	2.677735	0.028024
VGFT3	0.319691	0.146642	2.73E-05	1.25E-05	2.180085	0.060854
SLOPE5	9.74354	4.220012	285.4958	123.6507	2.308889	0.049775
SLOPE4	-10.014	4.707888	-279.462	131.3842	-2.12706	0.066095
SLOPE	0.640084	0.628185	16.43371	16.12819	1.018943	0.338052

Regression Summary for Dependent Variable: TERMRET <b>2.talajoszt.</b>						
R= .96531320 R2= .93182958 Adjusted R2= .88070177						
F(3,4)=18.225 p<.00851 Std.Error of estimate: .06888						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(4)	p-level
Intercpt			-3.51269	1.239946	-2.83294	0.047204
ELEV5	0.662744	0.240025	1.97E-10	7.15E-11	2.761145	0.05079
PARENT5	-6.45019	2.253616	-0.00031	0.000109	-2.86215	0.04583
PARENT2	6.016365	2.360194	0.072632	0.028493	2.549097	0.063366
Regression Summary for Dependent Variable: TOZEG						
R= .77056001 R2= .59376273 Adjusted R2= .43126783						
F(2,5)=3.6540 p<.10518 Std.Error of estimate: .17914						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(5)	p-level

Folytatás, III. melléklet						
Intercpt			0.241493	0.135266	1.78532	0.134272
ASPECT5	0.545005	0.304304	5.54E-12	3.09E-12	1.790987	0.133295
DIFF2	-0.38636	0.304304	-1.92029	1.512474	-1.26963	0.260097
Regression Summary for Dependent Variable: AL_P (hanclus7.sta)						
R= .70746105 R2= .50050113 Adjusted R2= .30070158						
F(2,5)=2.5050 p<.17633 Std.Error of estimate: 5.7321						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(5)	p-level
Intercpt			8.613636	2.904451	2.965667	0.031313
VGYFT5	0.733159	0.354202	1.16E-08	5.61E-09	2.069891	0.093253
PARENT5	-0.60015	0.354202	-0.001	0.00059	-1.69437	0.150968
Regression Summary for Dependent Variable: N (hanclus7.sta)						
R= .98821035 R2= .97655969 Adjusted R2= .94530594						
F(4,3)=31.246 p<.00885 Std.Error of estimate: .08878						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(3)	p-level
Intercpt			0.584534	0.081625	7.161225	0.005608
VGYFT5	0.659125	0.100097	5.78E-10	8.78E-11	6.584895	0.007127
DIFF4	0.43629	0.095481	18.50707	4.050235	4.569381	0.019664
PARENT5	13.89379	6.127446	0.001283	0.000566	2.267468	0.108177
PARENT4	-13.6684	6.118643	-0.00768	0.003437	-2.2339	0.111592
Regression Summary for Dependent Variable: H_KONC						
R= .38718451 R2= .14991184 Adjusted R2= .00823048						
F(1,6)=1.0581 p<.34332 Std.Error of estimate: .00000						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(6)	p-level
Intercpt			5.23E-06	4.99E-06	1.048409	0.334834
ELEVATI	-0.38718	0.376406	-4.5E-08	4.38E-08	-1.02864	0.34332
Regression Summary for Dependent Variable: C (hanclus7.sta)						
R= .99995005 R2= .99990010 Adjusted R2= .99930068						
F(6,1)=1668.1 p<.01874 Std.Error of estimate: .13248						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(1)	p-level
Intercpt			204.0401	12.37925	16.48243	0.038577
DIFF2	0.503723	0.085154	52.8	8.925849	5.915404	0.106613
VGYFT4	1.75411	0.128513	1.33E-06	9.78E-08	13.64927	0.046558
SLOPE5	0.311583	0.012555	1707.795	68.81467	24.8173	0.025638
ELEVATI	-0.27868	0.017032	-1.75495	0.107255	-16.3625	0.038859
VGYFT5	-1.07013	0.130329	-1.2E-08	1.51E-09	-8.21094	0.077153
DIFF4	0.27869	0.088383	156.0105	49.47648	3.153225	0.195508
Regression Summary for Dependent Variable: CACO3						
R= .88131903 R2= .77672324 Adjusted R2= .73951044						
F(1,6)=20.872 p<.00382 Std.Error of estimate: 11.915						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(6)	p-level
Intercpt			11.42038	4.537539	2.516867	0.045479
ASPECT2	0.881319	0.192906	0.00275	0.000602	4.568641	0.003816
Regression Summary for Dependent Variable: AGYAG						
R= .97062090 R2= .94210493 Adjusted R2= .89868362						
F(3,4)=21.697 p<.00616 Std.Error of estimate: 3.0313						

Folytatás, III. melléklet						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(4)	p-level
Intercpt			-1705.8	251.5742	-6.78051	0.00247
DIFF4	-5.65804	0.792602	-6021.17	843.471	-7.13857	0.002037
ELEVATI	1.264033	0.184691	15.13217	2.211002	6.844034	0.002385
DIFF3	4.791799	0.743475	1990.658	308.8617	6.445142	0.002982

Regression Summary for Dependent Variable: TERMRET							3.talajoszt.
R= .90453403 R2= .81818182 Adjusted R2= .63636364							
F(2,2)=4.5000 p<.18182 Std.Error of estimate: .09045							
		St. Err.		St. Err.			
	BETA	of BETA	B	of B	t(2)	p-level	
Intercpt			37.83638	12.39554	3.052418	0.092653	
ELEVATI	-1.09584	0.365281	-0.32727	0.109091	-3	0.095466	
ASPECT2	-0.61862	0.365281	-1.6E-05	9.41E-06	-1.69354	0.232432	
Regression Summary for Dependent Variable: TOZEG							
R= .99703130 R2= .99407142 Adjusted R2= .97628568							
F(3,1)=55.891 p<.09794 Std.Error of estimate: .03628							
		St. Err.		St. Err.			
	BETA	of BETA	B	of B	t(1)	p-level	
Intercpt			0.942632	0.032677	28.84724	0.02206	
DIFF5	0.737757	0.086417	1.377521	0.161356	8.537164	0.074232	
VGYFT4	-0.66949	0.080188	-9.2E-08	1.1E-08	-8.34893	0.07589	
SLOPE3	-0.23168	0.089323	-388.311	149.7132	-2.5937	0.234268	
Regression Summary for Dependent Variable: AL_P (hanclus7.sta)							
R= .94100373 R2= .88548802 Adjusted R2= .77097604							
F(2,2)=7.7327 p<.11451 Std.Error of estimate: .79893							
		St. Err.		St. Err.			
	BETA	of BETA	B	of B	t(2)	p-level	
Intercpt			-83.5937	21.98108	-3.80298	0.06271	
ELEV5	1.138548	0.289632	4.56E-09	1.16E-09	3.931016	0.05904	
SLOPE3	0.668288	0.289632	7937.473	3440.052	2.30737	0.147402	
Regression Summary for Dependent Variable: N (hanclus7.sta)							
R= .79056942 R2= .62500000 Adjusted R2= .50000000							
F(1,3)=5.0000 p<.11137 Std.Error of estimate: .30000							
		St. Err.		St. Err.			
	BETA	of BETA	B	of B	t(3)	p-level	
Intercpt			2.695776	0.380331	7.08797	0.005776	
PARENT5	-0.79057	0.353553	-8.3E-05	3.71E-05	-2.23607	0.111367	
Regression Summary for Dependent Variable: H_KONC							
R= .75590554 R2= .57139319 Adjusted R2= .42852425							
F(1,3)=3.9994 p<.13935 Std.Error of estimate: .00000							
		St. Err.		St. Err.			
	BETA	of BETA	B	of B	t(3)	p-level	
Intercpt			1.37E-06	2.88E-07	4.747558	0.01773	
ASPECT2	-0.75591	0.37798	-9.9E-11	4.95E-11	-1.99986	0.139345	
Regression Summary for Dependent Variable: C (hanclus7.sta)							
R= .93079612 R2= .86638141 Adjusted R2= .73276283							
F(2,2)=6.4840 p<.13362 Std.Error of estimate: 2.8735							
		St. Err.		St. Err.			

Folytatás, III. melléklet						
	BETA	of BETA	B	of B	t(2)	p-level
Intercpt			70.87794	20.4727	3.462072	0.074257
VGYFT5	0.627213	0.263248	4.5E-08	1.89E-08	2.382589	0.140074
PARENT	-0.57904	0.263248	-7.19715	3.272018	-2.1996	0.158853
Regression Summary for Dependent Variable: CACO3						
R= .90305706 R2= .81551205 Adjusted R2= .75401606						
F(1,3)=13.261 p<.03570 Std.Error of estimate: 3.5000						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(3)	p-level
Intercpt			1.873818	1.735061	1.079972	0.359238
ASPECT	0.903057	0.247984	0.123818	0.034001	3.641596	0.035702
Regression Summary for Dependent Variable: AGYAG						
R= .98912745 R2= .97837311 Adjusted R2= .91349242						
F(3,1)=15.080 p<.18657 Std.Error of estimate: 1.3219						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(1)	p-level
Intercpt			-684.015	181.1777	-3.77538	0.164839
VGYFT2	0.806766	0.153529	0.004344	0.000827	5.254814	0.119718
ELEVATI	0.683379	0.178181	6.115161	1.594437	3.83531	0.162374
ASPECT4	0.343603	0.183865	2.04E-08	1.09E-08	1.868777	0.312796

Regression Summary for Dependent Variable: TERMRET							4.talajoszt.
R= .95259552 R2= .90743823 Adjusted R2= .83338882							
F(4,5)=12.254 p<.00852 Std.Error of estimate: .05018							
		St. Err.		St. Err.			
	BETA	of BETA	B	of B	t(5)	p-level	
Intercpt			0.79073	0.092242	8.572323	0.000356	
ASPECT	-0.7897	0.170222	-0.00146	0.000315	-4.63923	0.005637	
SLOPE	1.691365	0.517931	1.42263	0.435638	3.265622	0.022306	
VGYFT5	-0.4133	0.152388	-1.6E-11	6.04E-12	-2.71217	0.042167	
SLOPE2	-1.27522	0.540964	-1.98818	0.843414	-2.3573	0.064968	
Regression Summary for Dependent Variable: TOZEG							
R= .97289208 R2= .94651899 Adjusted R2= .87966774							
F(5,4)=14.159 p<.01185 Std.Error of estimate: .13943							
		St. Err.		St. Err.			
	BETA	of BETA	B	of B	t(4)	p-level	
Intercpt			1.320291	0.319001	4.138823	0.01439	
DIFFREAL	0.161601	0.135783	0.183521	0.154201	1.190143	0.299797	
PARENT3	-5.39977	1.734792	-0.02341	0.00752	-3.11263	0.035781	
VGYFT	-1.41728	0.299775	-0.02364	0.004999	-4.72781	0.009119	
PARENT5	5.999614	1.749765	0.000672	0.000196	3.42881	0.026565	
VGYFT5	0.747934	0.266315	9.69E-11	3.45E-11	2.808453	0.048393	
Regression Summary for Dependent Variable: AL_P (hanclus7.sta)							
R= .99999097 R2= .99998193 Adjusted R2= .99983740							
F(8,1)=6918.9 p<.00930 Std.Error of estimate: .02643							
		St. Err.		St. Err.			
	BETA	of BETA	B	of B	t(1)	p-level	
Intercpt			-79.1222	0.990346	-79.8935	0.007968	
ASPECT5	9.234305	0.125059	9.68E-12	1.31E-13	73.83933	0.008621	
ASPECT	30.17814	0.325539	0.94089	0.01015	92.70214	0.006867	

Folytatás, III. melléklet						
DIFFREAL	1.149651	0.008342	6.732546	0.04885	137.8194	0.004619
DIFF5	-1.03457	0.00898	-2.98762	0.025931	-115.212	0.005525
SLOPE	0.447693	0.006545	6.349198	0.092821	68.40275	0.009306
ASPECT2	-38.9685	0.444744	-0.00231	2.64E-05	-87.6199	0.007265
ELEV5	-0.27965	0.005793	-9.8E-10	2.03E-11	-48.2709	0.013187
VGYFT2	-0.19368	0.007364	-0.00014	5.31E-06	-26.302	0.024193
Regression Summary for Dependent Variable: N (hanclus7.sta)						
R= .90201518 R2= .81363138 Adjusted R2= .66453648						
F(4,5)=5.4571 p<.04549 Std.Error of estimate: .40146						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(5)	p-level
Intercpt			132.8123	41.80866	3.17667	0.02463
PARENT5	3.850133	1.41425	0.000743	0.000273	2.722386	0.041656
ELEVATI	-1.18213	0.375522	-1.16081	0.368749	-3.14796	0.025437
SLOPE	-0.52474	0.232236	-2.48869	1.10143	-2.25951	0.073397
PARENT2	-2.08807	1.275025	-0.10402	0.063517	-1.63767	0.162416
Regression Summary for Dependent Variable: H_KONC						
R= .99998108 R2= .99996217 Adjusted R2= .99965949						
F(8,1)=3303.8 p<.01345 Std.Error of estimate: .00000						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(1)	p-level
Intercpt			-1.2E-05	1.95E-06	-6.13963	0.102788
ASPECT	-2.56789	0.028418	-5.8E-08	6.45E-10	-90.3612	0.007045
SLOPE3	-1.48731	0.018149	-5.4E-05	6.64E-07	-81.9478	0.007768
ASPECT5	1.422573	0.026677	1.09E-18	2.04E-20	53.32629	0.011937
DIFF3	0.302546	0.067017	9.11E-07	2.02E-07	4.514482	0.138776
SLOPE	0.531223	0.016687	5.49E-06	1.72E-07	31.83521	0.019991
VGYFT5	-0.2895	0.010113	-1.4E-16	4.92E-18	-28.6268	0.02223
ELEVATI	0.109968	0.007806	2.35E-07	1.67E-08	14.08722	0.045116
DIFF4	-0.24996	0.067199	-6.3E-07	1.69E-07	-3.7197	0.167195
Regression Summary for Dependent Variable: C (hanclus7.sta)						
R= .84529006 R2= .71451528 Adjusted R2= .48612750						
F(4,5)=3.1285 p<.12133 Std.Error of estimate: 8.9228						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(5)	p-level
Intercpt			24.99301	12.41698	2.012809	0.100286
DIFFREAL	0.241112	0.277037	8.479545	9.742973	0.870324	0.423929
PARENT5	9.820937	7.26757	0.03404	0.02519	1.351337	0.23451
VGYFT	-0.51588	0.29163	-0.26643	0.150613	-1.76896	0.137131
PARENT4	-9.22754	7.222393	-0.1969	0.154115	-1.27763	0.257484
Regression Summary for Dependent Variable: CACO3						
R= .99880831 R2= .99761804 Adjusted R2= .97856235						
F(8,1)=52.353 p<.10651 Std.Error of estimate: .92357						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(1)	p-level
Intercpt			780.7631	139.1085	5.612619	0.112249
ELEVATI	-0.77461	0.137344	-6.92211	1.227338	-5.63994	0.111716
VGYFT5	1.300577	0.115881	2.64E-09	2.36E-10	11.22334	0.056573
PARENT	0.26835	0.133602	0.995903	0.495827	2.00857	0.29408
DIFF2	-0.447	0.056615	-6.73282	0.852753	-7.89539	0.080205



Folytatás, III. melléklet						
VGYFT	-1.05033	0.154709	-0.27489	0.040491	-6.78903	0.093102
SLOPE	0.498256	0.094622	21.50501	4.083934	5.265757	0.119475
ASPECT	1.082426	0.375501	0.102705	0.035629	2.882618	0.212578
ASPECT3	-0.9012	0.365159	-4E-07	1.61E-07	-2.46797	0.245082
Regression Summary for Dependent Variable: AGYAG						
R= .99983677 R2= .99967356 Adjusted R2= .99706204						
F(8,1)=382.79 p<.03951 Std.Error of estimate: .31064						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(1)	p-level
Intercpt			17.77835	3.206479	5.544508	0.113599
PARENT	1.187413	0.145628	4.003753	0.491033	8.153742	0.077689
VGYFT	-0.23989	0.022508	-0.05704	0.005352	-10.6581	0.059557
ASPECT	-1.53281	0.257561	-0.13214	0.022204	-5.95126	0.105982
DIFFREAL	1.832684	0.068232	29.67562	1.104836	26.85974	0.023691
DIFF2	-1.55546	0.071483	-21.2863	0.978241	-21.7598	0.029236
ASPECT2	1.457618	0.253445	0.000239	4.16E-05	5.751225	0.109597
PARENT3	-0.84116	0.152694	-0.05199	0.009438	-5.50878	0.11432
SLOPE5	0.117405	0.027318	59.57802	13.86256	4.297766	0.145538

Regression Summary for Dependent Variable: TERMRET						5.talajoszt.
R= .64819352 R2= .42015484 Adjusted R2= .34284216						
F(4,30)=5.4345 p<.00206 Std.Error of estimate: .09017						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(30)	p-level
Intercpt			-1.10969	0.47488	-2.33678	0.026319
ELEV5	0.478291	0.1483	7.94E-11	2.46E-11	3.225164	0.003035
VGYFT	-0.25216	0.147303	-0.00157	0.000919	-1.71183	0.097249
SLOPE	0.246926	0.145235	0.58542	0.344327	1.700184	0.099443
DIFFREAL	0.158991	0.147898	0.04661	0.043358	1.075	0.290945
Regression Summary for Dependent Variable: TOZEG						
R= .70750272 R2= .50056009 Adjusted R2= .43396811						
F(4,30)=7.5168 p<.00026 Std.Error of estimate: .15581						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(30)	p-level
Intercpt			-364.67	251.3563	-1.45081	0.157209
PARENT5	0.575841	0.140253	3.52E-05	8.56E-06	4.105742	0.000285
ELEV5	-15.5554	10.39913	-4.8E-09	3.21E-09	-1.49584	0.145142
VGYFT2	0.24924	0.140058	3.51E-05	1.97E-05	1.779554	0.085283
ELEVATI	15.16445	10.38769	4.011645	2.747986	1.459849	0.154725
Regression Summary for Dependent Variable: AL_P (hanclus7.sta)						
R= .21484208 R2= .04615712 Adjusted R2= .01725279						
F(1,33)=1.5969 p<.21520 Std.Error of estimate: 3.4465						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(33)	p-level
Intercpt			3.786288	0.592916	6.385878	3.11E-07
SLOPE2	0.214842	0.170013	62.24341	49.25558	1.263682	0.215199
Regression Summary for Dependent Variable: N (hanclus7.sta)						
R= .77856631 R2= .60616550 Adjusted R2= .50406026						
F(7,27)=5.9367 p<.00030 Std.Error of estimate: .35143						
		St. Err.		St. Err.		

Folytatás, III. melléklet						
	BETA	of BETA	B	of B	t(27)	p-level
Intercpt			-617.014	573.8962	-1.07513	0.29183
VGYFT5	2.5372	1.165683	2.46E-09	1.13E-09	2.176579	0.03843
PARENT5	0.46343	0.136342	6.82E-05	2.01E-05	3.399017	0.002116
ELEV5	-11.0659	9.853208	-8.2E-09	7.34E-09	-1.12308	0.271293
SLOPE5	-4.47672	4.038416	-9906.87	8936.909	-1.10853	0.277408
VGYFT4	-2.03459	1.17823	-1.4E-07	8.01E-08	-1.72682	0.095626
ELEVATI	10.68372	9.842594	6.810332	6.274156	1.085458	0.287316
SLOPE3	4.255198	4.04333	666.9937	633.7837	1.052399	0.301944
Regression Summary for Dependent Variable: H_KONC						
R= .43585569 R2= .18997018 Adjusted R2= .11158020						
F(3,31)=2.4234 p<.08455 Std.Error of estimate: .00000						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(31)	p-level
Intercpt			0.01353	0.007784	1.738153	0.092109
ELEVATI	-85.2427	49.1988	-0.00024	0.000136	-1.73262	0.093103
ELEV2	84.9921	49.21236	1.03E-06	5.95E-07	1.727048	0.094112
VGYFT	0.268797	0.179296	3.27E-08	2.18E-08	1.499176	0.143944
Regression Summary for Dependent Variable: C (hanclus7.sta)						
R= .70783469 R2= .50102995 Adjusted R2= .43450061						
F(4,30)=7.5310 p<.00025 Std.Error of estimate: 5.0706						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(30)	p-level
Intercpt			-18088.1	7915.864	-2.28504	0.029551
VGYFT5	0.403964	0.135002	5.3E-09	1.77E-09	2.992288	0.005495
PARENT5	0.463321	0.140266	0.000921	0.000279	3.303159	0.002479
ELEV5	-23.3672	10.05357	-2.4E-07	1.01E-07	-2.32427	0.02707
ELEVATI	23.04372	10.04621	198.481	86.53036	2.293772	0.028981
Regression Summary for Dependent Variable: CACO3						
R= .57623838 R2= .33205067 Adjusted R2= .21688699						
F(5,29)=2.8833 p<.03119 Std.Error of estimate: 16.339						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(29)	p-level
Intercpt			-52519.4	24343.7	-2.15741	0.039395
DIFFREAL	-0.37262	0.165632	-18.1324	8.060061	-2.24966	0.032231
ELEVATI	24.3102	11.28367	573.3407	266.1182	2.154459	0.039646
ELEV5	-24.138	11.29847	-6.7E-07	3.11E-07	-2.1364	0.041214
PARENT	0.246531	0.172916	2.63382	1.847351	1.425728	0.164623
SLOPE5	-0.1757	0.15485	-14385.6	12678.44	-1.13465	0.265814
Regression Summary for Dependent Variable: AGYAG						
R= .48565795 R2= .23586364 Adjusted R2= .16191496						
F(3,31)=3.1896 p<.03725 Std.Error of estimate: 5.7592						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(31)	p-level
Intercpt			15.07531	2.392485	6.301112	5.22E-07
DIFF3	0.366033	0.160368	1.128728	0.494523	2.282457	0.029479
PARENT	-0.22263	0.159631	-0.81043	0.581101	-1.39465	0.173037
ASPECT5	0.187885	0.158105	2.15E-09	1.81E-09	1.188361	0.243716

A táblázatokban szereplő angol kifejezések fordítása:

Regression Summary for Dependent Variable: A regressziós eredmények a függő változóra vonatkozóan (TERMRET: termőréteg vastagsága; TOZEG: tőzegréteg vastagsága; H\_KONC: H<sup>+</sup> ion koncentráció).

Adjusted R2: módosított R<sup>2</sup> érték.

Std.Error of estimate: a becslés standard hibája.

B oszlop: a regressziós együtthatók.

Intercept: konstans.

ELEVATI; ELEV: tengerszint feletti magasság.

SLOPE: lejtés.

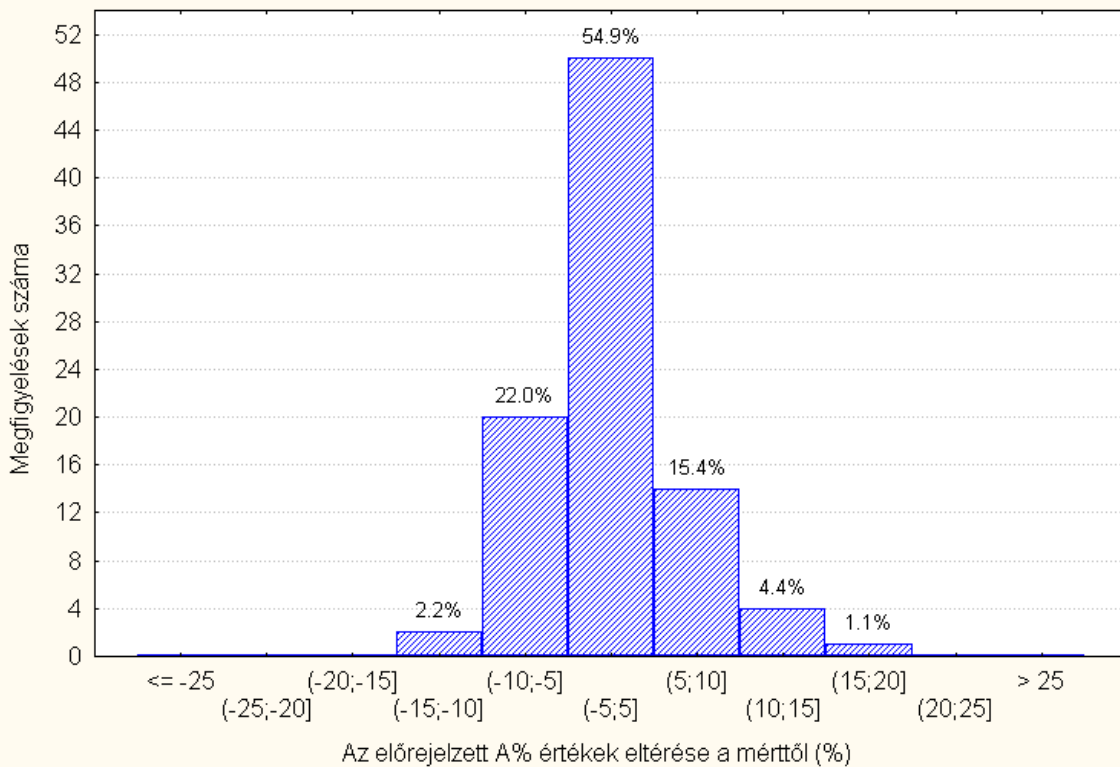
ASPECT: kitettség.

VGYFT: a vízgyűjtő legalsó pontjától vett távolság a legtávolabbi pont %-ában.

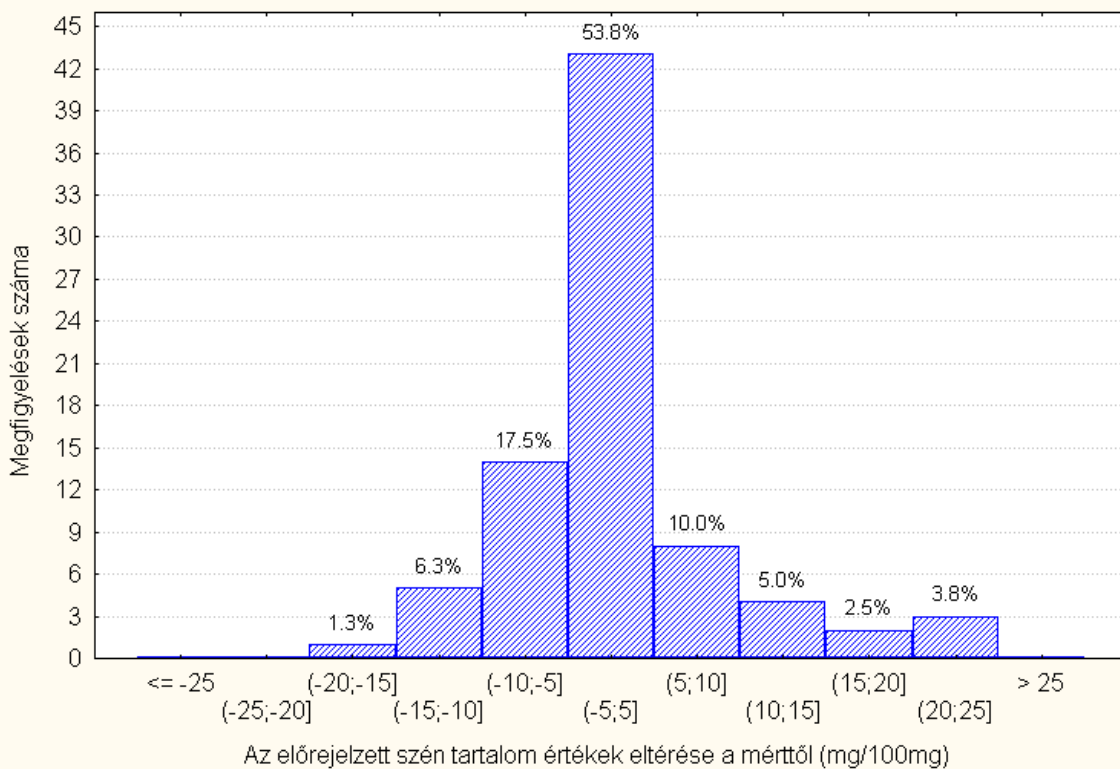
PARENT: ágyazati kőzet.

DIFFREAL; DIFF: jellemző talajvízszint mélysége.

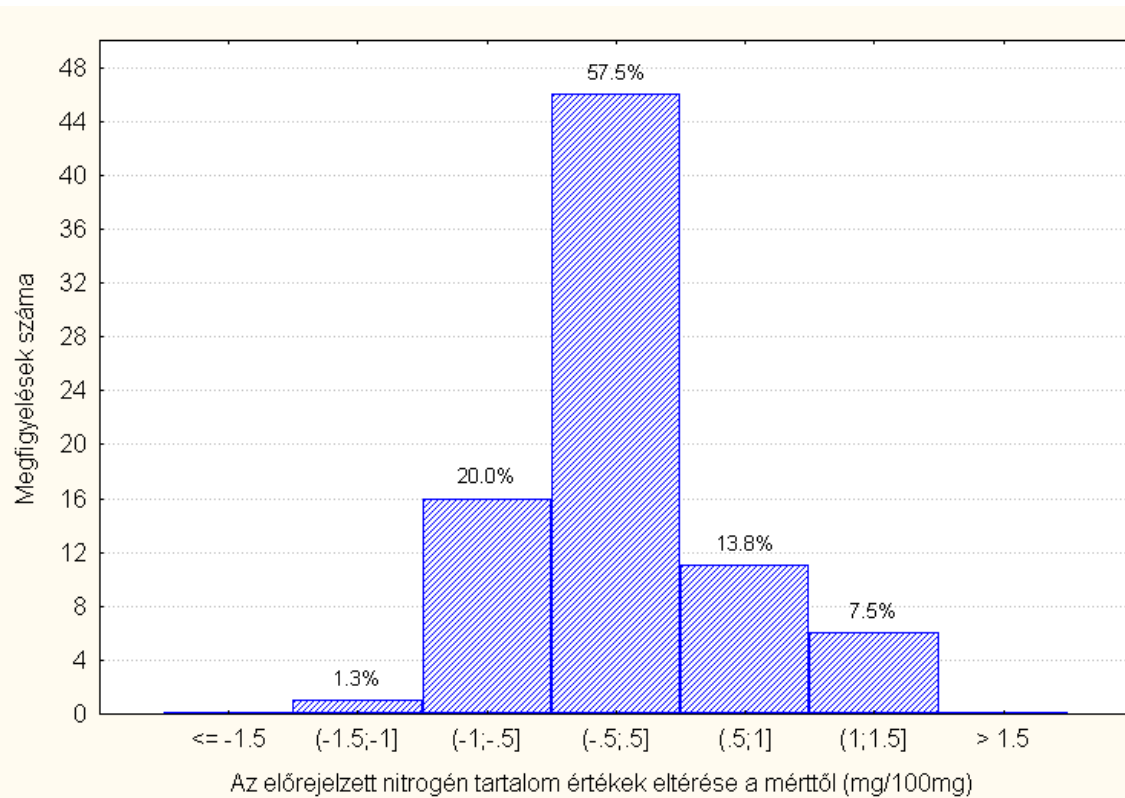
**IV. sz. melléklet: A talajjellemzők becsült értékeinek hibaeloszlása a vizsgált pontokon.**



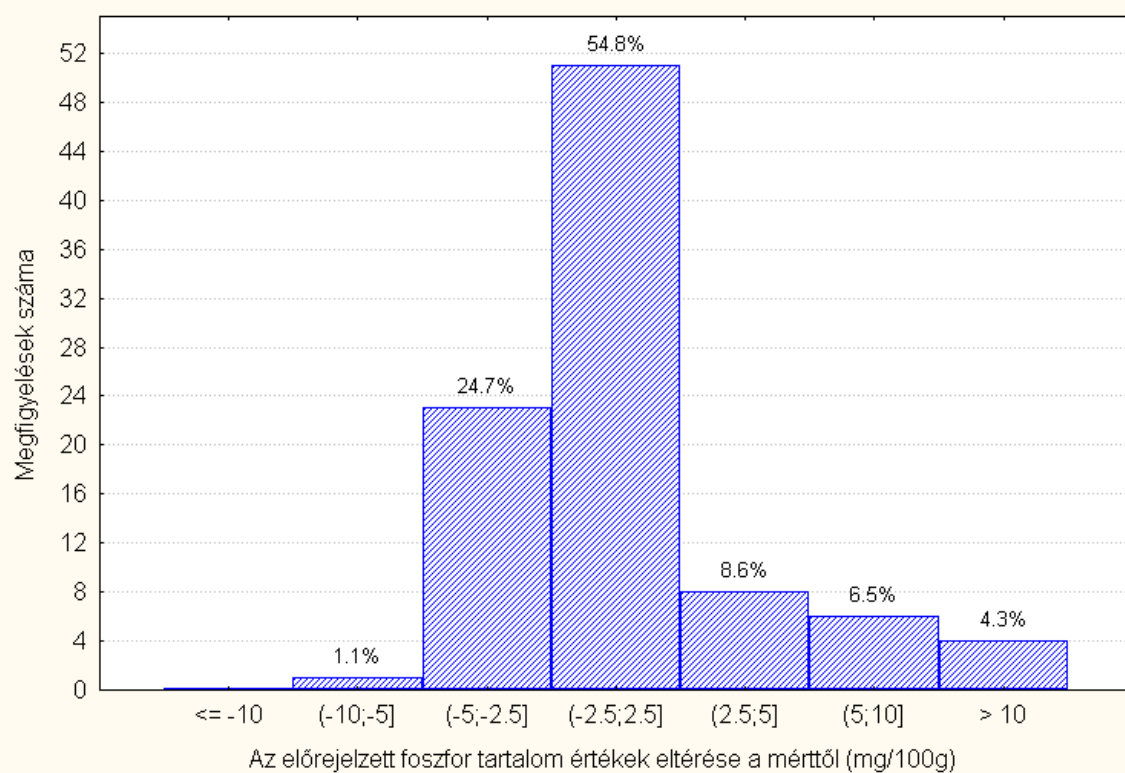
**IV.1. ábra: Az agyagtartalom (%) hibaeloszlása a vizsgált pontokon**



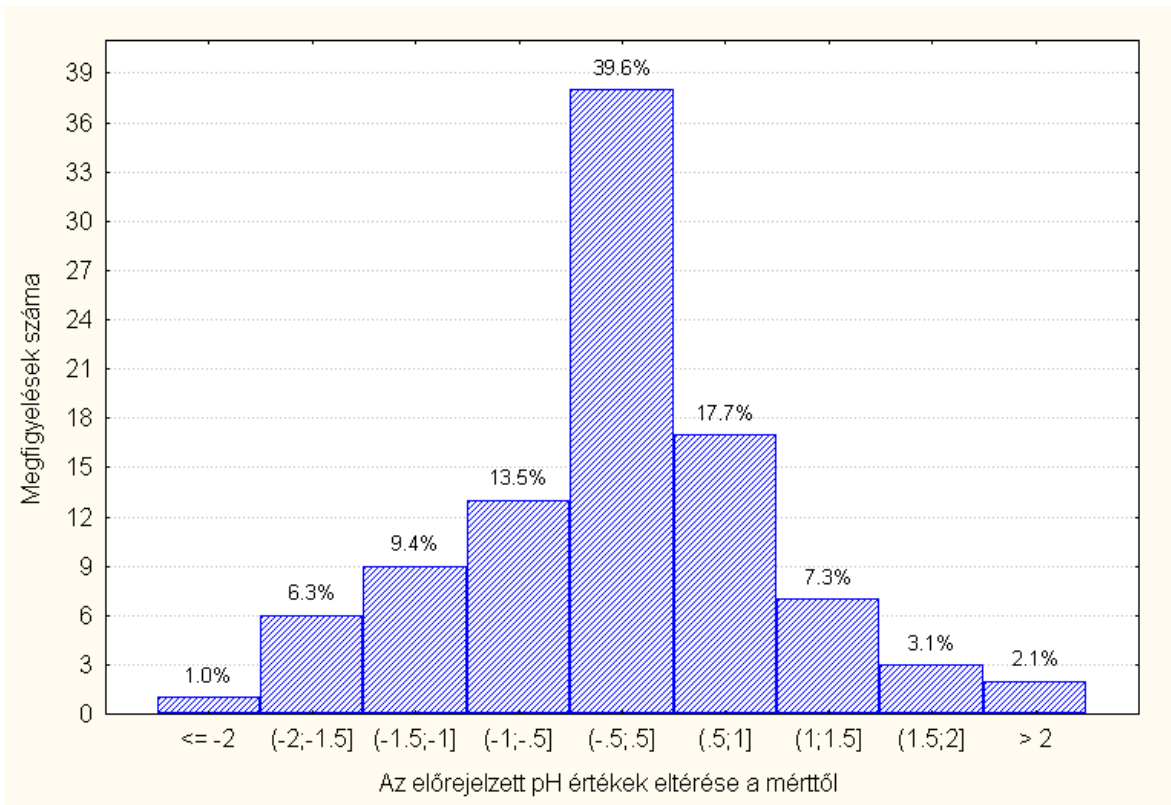
**IV.2. ábra: A széntartalom (mg/100mg) hibaeloszlása a vizsgált pontokon**



**IV.3. ábra:** A nitrógentartalom (mg/100mg) értékeinek hibaeloszlása a vizsgált pontokon



**IV.4. ábra:** A foszfortartalom (mg/100g) értékeinek hibaeloszlása a vizsgált pontokon



**IV.5. ábra:** A KCl-os pH értékeinek hibaeloszlása a vizsgált pontokon