

**Egyetemi doktori (Ph.D.) értekezés tézisei**

**AZ AGROÖKOLÓGIAI POTENCIÁL VIZSGÁLATA  
TÉRINFORMATIKAI ÉS TÁVÉRZÉKELÉSI MÓDSZEREKKEL  
SZŐLŐ- ÉS GYÜMÖLCSÜLTETVÉNYEKBEN**

**Fórián Tünde**

**Témavezető:**

**Dr. Tamás János**

**Dr. Szabó József**



**DEBRECENI EGYETEM**

**Kerpely Kálmán Növénytermesztési, Kertészeti és Regionális  
Tudományok Doktori Iskola**

**Debrecen, 2014**

## 1. DOKTORI ÉRTEKEZÉS ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEI

Egyre nagyobb elvárásokkal néz szembe az intenzív szőlő- és gyümölcsstermesztés. Modern agro-technológiai eljárásokkal kell növelni a termelés színvonalát, hogy a hazai és nemzetközi piacon sikereket tudjon elérni. Azonban a precíziós termesztéstechnológia megköveteli a termőhely adottságainak pontos ismeretét. A termőhelyek, vagy ültetvények agroökológiai potenciáljának meghatározásához, és a hosszú távú fenntartásához szükséges az agroökológiai adottságokban kimutatható térbeli különbségek feltárása.

Az agroökológiai elemzés egy komplex ökoszisztéma térbeli kapcsolatának vizsgálatát jelenti, mely a mezőgazdaság valamely ágához köthető. Természetesen a vizsgálatoknak minden esetben gyakorlati indíttatása van, a célja egy területre vonatkozó termőképesség, a termeszthető növényfajok, valamint a művelhetőség feltételeinek meghatározása.

Az ország agroökológiai potenciáljának felmérése az 1970-es évek végén zajlott egy nagyszabású kutatási program keretében *Láng István* vezetésével (*Láng et al.*, 1983). A növényzeti produktivitás értékelésénél a talaj, a talaj vízgazdálkodása, a melioráció, a klíma tényezőire koncentráltak. A *Várallyay György* irányításával lefolytatott Agroökológiai Kutatási Program az agroökoszisztémák oldaláról közelítette meg a termőhely minősítését (*Várallyay*, 2004), melynek keretében szintén nagy hangsúlyt fektettek a talajtani adottságok vizsgálatára. *Góczán László* koordinálásával az 1980-as évek elejétől kezdődően elindult az agroökológiai körzetesítési program, amely a geográfia irányából közelítette meg a témát, tehát a domborzat, éghajlat, talaj tulajdonságaira egyaránt figyelmet fordított (*Góczán et al.*, 1988).

Az agrárgazdasági földminősítés, vagy termőhely értékelés célja, hogy a termőterület értékelje a mezőgazdasági potenciál szempontjából, a gyakorlatban azonban sok esetben csak a talajértékelésre szűkül le. Az értékelés során meghatározzák a kulcsfontosságú "fő" és az "alárendelhető" tényezőket, majd együttes értékelésükből paraméterrendszert vagy pontrendszert állítanak fel. A jelenlegi piaci helyzet mellett csak a minőségi gyümölcsöknek és a különleges terroir borok termelésének van jövője, így a termőhely értékelésnek és besorolásnak nagyobb jelentősége lehet az elkövetkező években.

A művelt szőlőterületeket a Szőlő Termőhelyi Kataszter alapján értékelhetjük, ami a terület ökológiai tulajdonságai alapján pontszámmal jelöli a terület minőségét. A 95/2004. (VI.3.) FVM rendelet 7 főtenyező csoportot határozott meg, melyek közül a pontszámban

kifejezett jelentőségét tekintve a domborzat (40,5%), az agrometeorológia (23,3%) és a talaj (22,6%) a meghatározó.

A gyümölcsstermesztésben a gyümölcsfajok ökológiai igényei jelentősen eltérnek egymástól, ennek megfelelően a termőhely értékelésnek is tükröznie kell ezeket a különbségeket. Az Országos Gyümölcs Termőhely Kataszterben 17 gyümölcsfajra készült el a termőhelyminősítés pontrendszere. A rendszert maximálisan 12%-os lejtőkre dolgozták ki. *Kállayné* (1993) a talajt, a vízháztartást, a besugárzást, a fekvést és a környezetéhez viszonyított magasságot emeli ki, mint a gyümölcs termőhelyi kataszterben meghatározó fő környezeti tényezőcsoportokat. A maximális pontszámot a korlátozó tényezők pontértékei csökkenthetik, melyek az erodáltság, a virágzaskori fagy gyakoriság, és a vízfolyás.

Az agrár-támogatási rendszerek és a minőségi termelés egyaránt megkívánja a szőlő- és gyümölcsültetvények kataszteri rendszerének elektronikus nyilvántartását is. A VINGIS rendszer a szőlészetben a korábbi papír alapú nyilvántartáshoz képest új távlatokat nyitott meg, és alap adatbázist biztosít az elemzések elvégzéséhez. Azonban a szőlő hegyközségi nyilvántartásától eltérően a gyümölcs szektorban nincs ilyen központosított intézményrendszer, amely az adatok térinformatikai feldolgozását végezné.

A fent említett példák országos, vagy regionális léptékben vizsgálták a növények termesztetőségét, azonban az utóbbi években megnőtt az igény az ültetvény szintű értékelés iránt, mely már a precíziós mezőgazdaság irányába mutat. A precíziós szőlő- és gyümölcsstermesztésben egyre pontosabb, nagy térbeli felbontású adatokra lesz szükség az elkövetkező években, így ennek megfelelően felmerülhet az igény az értékelési rendszer térinformatikai feldolgozására is. Ennek megvalósítása érdekében, a térképi rétegek előállításához valamint a termőhely értékelő modellek futatásához egyre nagyobb térbeli felbontású digitális adatforrás szükséges.

### *Az értekezés célkitűzése*

Célul tűztem ki a termőhely agroökológiai potenciáljának pontos meghatározása és megőrzése érdekében a szőlő- és gyümölcsültetvények ökológiai alkalmasságának térinformatikai módszerekkel történő vizsgálatát a kiválasztott mintaterületeken, néhány kulcsfontosságú tényező (domborzat, talaj, biomassza, földhasználat) alapján.

Ezen általános cél eléréséhez a következő részletes célkitűzéseket fogalmaztam meg:

- Szőlő és gyümölcs termőhelyek értékeléséhez szükséges térinformatikai modellek kidolgozását, valamint a szőlő termőhelyi kataszter térinformatikai modellezéssel történő vizsgálatát.
- Digitális domborzatmodellek alkalmazhatóságának bemutatását a szőlő- és gyümölcs termőhely értékelésében, a természetes domborzat és a hozzá szorosan kapcsolódó jelenségek modellezésén keresztül.
- A mesterséges domborzati elemek (támfalak) vizsgálatát a terasz-támfal rendszer állapotának felmérésén keresztül.
- Légi hiperspektrális felvételek elemzését a biomassza állapotának felmérése céljából.
- A földhasználat időbeli és térbeli változásának kimutatását, valamint a földhasználat változás és a természeti adottságok közötti kapcsolat (rendszer) vizsgálatát térinformatikai módszerekkel.

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A disszertációban speciálisan a szőlő és gyümölcstermő területek vizsgálatával foglalkozom, így az agroökológiai tényezők térinformatikai feldolgozása is ebben a szemléletben zajlott. Vizsgálataimat 3-3 eltérő adottságokkal rendelkező szőlőhegyen és gyümölcsültetvényben végeztem.

### *Vizsgált szőlőhegyek*

Mindhárom nagy múltú szőlőművelési hagyományokkal rendelkező szőlőhegy, ahol a szőlőműveléshez kapcsolódó felszínformálás is több, mint 1000 éves múltra tekint vissza.

- **Csobánc-hegy:** A Tapolcai-medencében Gyulakeszi település mellett (46° 52' 08"N, 17° 28' 55"E) fekszik, mely a Badacsonyi Borvidék részét képezi. A 375 m tszf-i magasságú bazaltos tanúhegy mintaterülete megközelítőleg 300 ha. Alapzatát 200-240m magasságig főként szarmata mészkő, pannóniai üledékes kőzetek (szürkésfehér és sárgásbarna homok, homokos-agyag, agyagos-márga), valamint pliocén bazalt alkotják. A 40%-nál enyhébb lejtővel rendelkező pannon üledékből álló szoknyaterület adja a szőlőművelés fő színterét egészen 270 m magasságig. A szőlőművelés számára kedvező adottságokkal rendelkező (déli, 5-25% közötti) lankák a hegy területének 39%-án találhatóak. Magas mésztartalmú agyagos vályogos talajok jellemzők.
- **Sátor-hegy:** A Tokaj-hegyaljai Történelmi Borvidék világörökségi területének része, a világörökségi terület ÉNy-i határánál, Abaújszántó mellett (48° 16' 30"N, 21° 11' 01"E) fekszik. 2002-ben került fel az UNESCO világörökségi listájára az ezeréves szőlőművelési tradícióknak, a jellegzetes szőlőknek, a borospincéknek, az egyedülálló építészeti örökséggel rendelkező falvaknak és városoknak köszönhetően. A hegy mintaterülete 140 ha-t foglal el. Az alapkőzet néhány száz méter vastag pannon riolittufából és lávából áll. A hegy területének több mint 50%-án a meredekebb lejtők (17-25%, 25-40%) uralkodnak, és további 11,4%-os részarányt képviselnek a 40%-nál meredekebb lejtők. A támfalak elhelyezkedése alapján egészen a 300 m-es tengerszint feletti magasságig műveltek szőlőt a hegyen. A vulkanikus alapkőzeten Ramann-féle barna erdőtalaj, míg a hegylábi löszös lejtőkön csernozjom barna erdőtalaj képződött.
- **Nagy-Eged-hegy:** A Bükk-hegység déli részén, Eger mellett (47°55'27.44"N, 20°24'55.25"E) helyezkedik el. Magyarországon a Nagy-Eged az egyik legmagasabb

tengerszint feletti magasságig művelt szőlőhegy. Az 537 m magas hegy mintaterülete 280 ha-t fed le. A hegy fő tömegét a felső triász, nori emeletben képződött szürke mészkő alkotja, melyre felső-eocén bartoni kori finom sárga-fehér mészmárga és fehér nummuliteszes-lithothamniumos mészkő települt. A 17-25%-os meredekebb lejtők jellemzik a művelt terület 30,3%-át, és további 28,6%-ot fednek le a 12-17%-os lejtők. A szőlők a hegy déli oldalán helyezkednek el, ahol lejtőirányú sorokban, modern kordonos ültetvényben művelik terasz és öntöző rendszer nélkül. Humuszkarbonátos rendzina talaj alakult ki, amely rendkívül könnyen erodálódik és kopár mészkő marad a felszínen. A nagy lejtőszög és az alkalmazott szőlőművelési mód következtében a művelt területek jelentős mértékű erózióval jellemezhetőek.

### ***Vizsgált gyümölcsültetvények***

- ***Újfehértó:*** Vizsgálataimat az Újfehértói Gyümölcsstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Nonprofit Közhasznú Kft. területén végeztem, mely a Nyírség területén, Újfehértó mellett (47° 49' 30" N; 21° 40' 27" E) fekszik. A teljes művelt (gyümölcs és szántó) terület megközelítőleg 300 ha. A részletesebben vizsgált körte génbank (2,74 ha) 1660 fahelyet foglal magába (sortávolság 8 m, tőtávolság 2 m), melyet 1982-ben létesítettek. A vizsgált génbankban 673 alma, 480 körte, 57 birs és 28 naspolya fajta változat és hibrid kapott helyett, melyből 389 génmegőrzést szolgál. Domborzatát a pleisztocén időszaka alatt lezajlott felszínformáló folyamatok, azon belül is a futóhomok mozgás alakította ki. A terület 92%-át 0-5%-os lejtők jellemzik. A talaj fizikai típusa homok.
- ***Siófok:*** Az ültetvény Siófok mellett (46°52'33.05"N, 18° 1'2.92"E) a Balaton dél-keleti partvonalánál fekszik. A Siófoki Gyümölcsstermesztési Zrt. tulajdonában lévő vizsgált mintaterület 300 ha. Cseresznye, meggy, őszibarack, kajszli, körte és birs ültetvényeket találunk itt. Pliocén folyóvízi homokos, kavicsos hordalék alkotja az aljzatot. A területet döntően nagyon enyhe lejtőmeredekség jellemzi, melyet az ültetvény határvonala mentén meredekebbek völgyek szegélyeznek. A délies lejtők aránya rendkívül kicsi a mintaterületen belül. Legmagasabb pontja a déli kiszögelésnél található, mely a Balaton irányába észak felé fokozatosan alacsonyodik. A talaj homokos vályog – vályogos agyag fizikai féleségű.
- ***Nagykanizsa körzete:*** A Gyümölcskert Zrt. tulajdonában lévő 3 nagyobb gyümölcsültetvény vizsgálatával foglalkoztam, melyek Szepetnek (233 ha, 46°25'41.01"N, 16°52'0.51"E), Surd (84 ha, 46°21'36.18"N, 16°57'34.00"E) és

Zalasárszeg (179 ha, 46°29'31.58"N, 17° 5'22.53"E) közigazgatási területén találhatóak. Leginkább Farold-87 és vad alanyon 'Bosc kobak', 'Vilmos', 'Packhams', 'Triumph', 'Conference' és 'Clapp' körte fajtákat telepítettek. A gyümölcstüvelyek a meridionális völgyek között kiemelkedő hátakon létesültek, ahol főként 17%-osnál enyhébb lejtők találhatóak. A jellemző lejtőirány a nyugatias. A talaj homokos-vályog és vályog féleségű, helyenként vályogos agyag foltokkal.

### ***Természetes és mesterséges domborzat vizsgálata***

A 1:10000-es méretarányú topográfiai térképek digitalizálásával, a szintvonalak és magassági pontok alapján minden mintaterületre digitális domborzat modellt állítottam elő. Egységesen 5x5 m-es raster pixel felbontást választottam minden egyes paraméterhez és változóhoz.

A lejtőkategória térképek esetében a mezőgazdasági termelésnek megfelelő nemzetközileg is elfogadott osztályokat (0-5%, 5-12%, 12-17%, 17-25%, 25-40% és >40%), valamint a szőlő termőhelyi kataszterben foglalt kategóriákat egyaránt alkalmaztam. A lejtő irányultságát 8 ill. 16 osztatú szélrózsa alapján határoztam meg. A DDM-et alapul véve elkészítettem a gyümölcsös mintaterületek tágabb környezetére vonatkozó relatív relief (1km<sup>2</sup>-re eső magasságkülönbség) és "völgy"sűrűségi térképeket (1km<sup>2</sup>-re jutó lefolyáshossz km-ben). Ezen kívül DDM alapján topografikus nedvességi index – TWI - számítását végeztem.

A digitális domborzatmodell alapján elkészítettem minden mintaterületre a talajfelszínre érkező direkt besugárzás térképét, feltételezve a tiszta égboltot és a földrajzi szélességhez tartozó maximális besugárzást. A térképek az adott cellára érkező összes besugárzási értéket mutatják meg Watt óra/ m<sup>2</sup>-ben. A térképeket a szőlő termőhelyi kataszter értékelő rendszer térinformatikai adaptációjánál, valamint a geostatistikai vizsgálatoknál használtam fel.

Az újfahértói körte génbank termőterületéről az ültetvény besugárzási értékeinek pontosabb kiszámításához a terepi mérések és a hiperspektrális felvétel adatai alapján terepmodellt készítettem, mely a természetes domborzaton túl a lombozat térbeli kiterjedését is figyelembe veszi. Terepi mérésekkel és a hiperspektrális felvételtől származtatott NDVI térkép alapján meghatároztam a fák lombozatának paramétereit (magasság, szélesség), melyet az interpolálás során használtam fel. Az NDVI felvétel újraosztályozásánál 4 kategóriát

különítettem el: szabad talajfelszín, gyepesített sorköz, gyenge lomboszat, egészséges sűrű lomboszat. Az általam készített paraméterezett modell segítségével, egyértelmű hozzárendeléssel meghatároztam minden „ismeretlen” cella magassági értékét a körte génbank területén. Az így előállított terepmodellt az átlagos evaporációs értékek számításához használtam fel.

A Csobáncon és a Sátor-hegyen felmértük a támfalak aktuális állapotát, a hosszát, a magasságát, és a különböző típusú támfalsérülések (falhas, omlás, és a talajlemosódás) kiterjedését és gyakoriságát. A Sátor-hegyen a feltérképezett támfalak (271 db) hossza 2,3-205 m, míg a magassága 48-300 cm között változik, átlag 149,3 cm. A Csobáncon a részletesen lemért 86 támfal hossza 6,3-146,2 m között változott, a magasságuk 50-250 cm volt. Megmértük a támfalak koronáján és a lábánál felhalmozódott talaj vastagságát. Meghatároztam a támfalak magasságától függően a jelenség kialakulásának gyakoriságát. Vizsgáltam a támfal pusztulás és az azt körülvevő teraszszinteken jellemző területhasználat kapcsolatát. 4 alaptípust különítettem el: művelés alatt álló terasz, közelmúltban felhagyott terasz magas füves vegetációval (<5 év), közelmúltban felhagyott terasz bokros - füves vegetációval (5-25 év), és a hosszú ideje felhagyott terasz cserjés-fás növényzettel (>25 év).

### ***Talajtulajdonságok vizsgálata***

A talaj paraméterek és a támfal szerkezetkárosodás közti kapcsolat feltárássra talajminta vételezést folytattunk. A Csobáncon és a Sátor-hegyen 2006-2010 között talajmintát vettünk a már lebomlott támfalak mögött előkészített teraszanyag szelvényeiből. A Sátor-hegyen 7, a Csobáncon további 7 mintavételi ponton történt 10 cm-ként mintavétel a leomlott támfalak szelvényeiből (összesen 161 db talajminta).

A talajminták feldolgozása a (DE-TEK) Földtudományi Tanszékcsoport laboratóriumában, valamint a (DE-MÉK) Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet laboratóriumában történt. A talajmintákon elvégeztük a pH (H<sub>2</sub>O, KCl), humusztartalom (Tyurin módszer), mésztartalom (Scheibler-féle kalciméter) és a szemcseösszetétel (száraz szitálás, Köhn-pipetta-ülepítés) mérést. A talajmechanikai összetétel analízist megelőzően a mintákat desztillált vízben felfőztük, hogy a durvább közettörmelékről leválasszuk a finom frakciót. A szemcseméret analízis során nem vizsgáltam a 10 mm-nél nagyobb méretű közettörmelék arányát. A leiszapolható részt (<0,02 mm) tömeg %-ban határoztam meg.

A talaj makroelem tartalmát a (MÉK) Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet laboratóriumában röntgen fluoreszcenciás spektrometria (XRF) elvén működő hordozható

NITON XL 700 műszer segítségével mértük. Az előkészített 50 g finom frakciót (<0,2 mm) fóliazacskón keresztül 60 mp-ig mértük, háromszori ismétléssel.

Az újfelhértói gyümölcsültetvény területére 1:5000-es méretarányú üzemi talajtérkép alapján talajerózió becslési számításokat végeztem. A térinformatikai feldolgozás során az Egyetemes Talajvesztési Egyenlet - USLE (*Wischmeier és Smith, 1978*) átdolgozott általános talajvesztési egyenletét - RUSLE (*Renard et al., 1997*) alkalmaztam.

### ***Hiperspektrális felvételek feldolgozása***

A hiperspektrális felvételek az FVM Mezőgazdasági és Gépesítési Intézet és a DEMÉK, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet által közösen üzemeltetett AISA DUAL rendszerként ismert 2 hiperspektrális szenzorral készültek. A látható és a közeli infra tartományban (400-970 nm) működő Eagle és a rövidhullámú infra tartományban érzékelő (970-2450 nm) Hawk szenzorok alkotják az AISA DUAL rendszert. A két szenzort egy közös házba építették be, amely együttesen 498 spektrális csatornában képes felvételt készíteni.

Az újfelhértói mintaterület spektrális vizsgálatára radiometriailag és geometriailag korrigált légi hiperspektrális felvételt használtam. A felvételek térbeli felbontása 1,5 m, a felvételezés időpontja 2009.06.29. volt. A terepi felmérés során térbeli és a spektrális feldolgozáshoz szükséges adatgyűjtést végeztünk. Az adat feldolgozáshoz ENVI 4.7 szoftvert alkalmaztam.

A növények leveleinek pigmentje, a klorofill, erősen elnyel a látható fényt, ezen belül is a vörös 630-690 nm közötti hullámhossztartományában, míg a közeli infra tartományban nagy mértékben reflektál. Ezt felhasználva nagyszámú vegetációs indexet fejlesztettek ki a spektrális görbék alakjának és kiugró értékeinek meghatározásával, melyek a zöld vegetációban kimutatatható különbségek térbeli becslésére alkalmasak. Ezért a növényzet egészségi állapotának valamint, a víz stressz meghatározása céljából vegetációs indexeket számítottam (1.táblázat).

A spektrális hasonlóságot két spektrum között a Spektrális Szögértékelési Módszer (SAM - Spectral Angle Mapper) segítségével határoztam meg (*Kruse et al., 1993*). Elvégeztem a hiperspektrális felvételek újraosztályozását 4 vegetáció típusra (gyümölcsös, gyepek, szántó, talajfelszín). A leválogatott 4 felszínborítási típusra egyenként térbeli korrelációs vizsgálatokat végeztem, mely során a vegetációs index eredményeket vettem össze a talajtulajdonságokkal és a domborzati tényezők értékeivel.

1. táblázat A számított vegetációs indexek

Normalizált Differencia Vegetációs Index - <b>Normalized Difference Vegetation Index</b> (Tucker, 1979)	$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R}$
Vörös él Normalizált Differencia Vegetációs Index - <b>Red Edge Normalized Difference Vegetation Index</b> (Sims és Gamon, 2002)	$NDVI_{705} = \frac{\rho_{750} - \rho_{705}}{\rho_{750} + \rho_{705}}$
Módosított Vörös él Normalizált Differencia Vegetációs Index - <b>Modified Red Edge Normalized Difference Vegetation Index</b> (Sims és Gamon, 2002)	$mNDVI_{705} = \frac{\rho_{750} - \rho_{705}}{\rho_{750} + \rho_{705} - 2\rho_{445}}$
Módosított Vörös él Index - <b>Modified Red Edge Simple Ratio</b> (Sims és Gamon, 2002)	$mSR_{705} = \frac{\rho_{750} - \rho_{445}}{\rho_{705} + \rho_{445}}$
Nedvesség Stressz Index - <b>Moisture Stress Index</b> (Hunt és Rock, 1989)	$MSI = \frac{\rho_{1599}}{\rho_{819}}$

### **Földhasználat változás vizsgálata**

A megfelelő referencia adatot a Sátor-hegyen és a Csobáncon a 0,5 m-es pixel felbontású orthofotók, a 1:4000 és 1:2000-es földmérési-kataszteri térképek és a 1:10000 méretarányú topográfiai térképek jelentették. Megtörtént a térképek digitalizálása, mely a Sátor-hegynél 10 időpontra (1784-2007), a Csobáncon pedig 8 időpontra (1858-2008) vonatkozó szelvények feldolgozását foglalta magába.

Az eltérő földhasználati kategóriák összehasonlíthatósága érdekében 8 főcsoportot különítettem el: Szőlő-1; Kert, Gyümölcsös-2; Rét, Legelő, Gyp-3; Szántó-4; Felhagyás-5; Erdő-6; Kivett-7; Út-8. A kivett kategóriába tartoznak a már használaton kívüli mélyutak, vízmosások is.

Megvizsgáltam a térbeli kapcsolatok erősségét a földhasználat és a digitális domborzat modellből származtatott tényezők között, melyhez a következő adatokat használtam fel: magassági zónák térképe, lejtőmeredekség, lejtőkitettség, besugárzás (solar radiation), úttól való távolság, erdő közelsége, szőlő termőhelyi kataszter (5.1. tényezője) lejtőpontszám, valamint szőlő termőhelyi kataszter összpontszám.

### **Szőlő termőhelyi kataszter térinformatikai modellezése**

A 95/2004. (VI.3.) FVM rendeletben foglalt pontrendszer alapján két mintaterületre (Sátor-hegy, Csobánc) előállítottam a komplex termőhelyi alkalmasságot meghatározó tényezők rétegeit. A pontrendszer térinformatikai feldolgozásához szükséges pixel felbontás megállapításához és a domborzat értékeléséhez egy további mintaterületet is bevontam a

vizsgálatba (Nagy-Eged). A rendeletben megfogalmazott 7 főtenyező közül a talaj (2), terepviszony (5), terület hasznosítása (6), útviszony (7) főtenyezőkre többlépcsős térinformatikai eljárással állítottam elő a pontértékeket bemutató térképsorozatot; míg az agrometeorológia (1), vízgazdálkodás (3), és az erózió (4) főtenyezőkhöz a hegy egész területét jellemző azonos pontszámot rendeltem. A domborzatot és a földhasználatot leíró főtenyezőkhöz előállításához 1:10000 méretarányú topográfiai térképeket és 0,5 m pixel felbontású ortofotókat dolgoztam fel. A talaj értékszám rétegeket a Kreybig és a Géczy talajtérképek (1:25000), illetve a földtani térkép (1:100000) adatai alapján állítottam elő.

### ***Alkalmazott térinformatikai és statisztikai módszerek***

Elvégeztem az eltérő vetületi rendszerű, papír alapú szelvények és légifelvételek georektifikációját Erdas 9.1 szoftver segítségével, másod és harmadfokú polinominális, Nearest Neighbour módszerrel (megengedett maximális 0,03 RMS hibahatár mellett). A helyenkénti torzulások esetében a térbeli pontosságot ArcGIS 9.2 szoftverkörnyezetben Spline módszer alkalmazásával javítottam. A domborzati-, talajtani-, földhasználati tényezők előállításához és a térképi rétegek kvantitatív jellemzéséhez paraméterezett modelleket dolgoztam ki ArcGIS 9.2 és 10, valamint Idrisi Tajga szoftverek alkalmazásával.

A korreláció analízis vizsgálatok során az SPSS 17. szoftvert és az ArcGIS geostatisztikai moduljait együttesen alkalmaztam. SPSS környezetben végeztem Kolmogorov-Smirnov tesztet a normalitás megállapítására, főkomponens analízist, valamint lineáris és parciális korrelációt a kapcsolat erőségének meghatározására.

### **3. AZ ÉRTEKEZÉS FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI**

#### ***Természetes domborzat***

A szőlő termőhely értékelő rendszerben kiemelkedő szerephez jut a domborzat, az összpontszámból 40,5%-os részarányt jelent; míg a gyümölcs termőhelyi kataszterben gyümölcsfajtól függően maximálisan csak 6-20%-ot tesz ki. A felszint leíró változók térképeit digitális domborzatmodellből származtatható mutatók előállításával hoztam létre. A kapott térképek segítségével jellemeztem a domborzatot bemutató tényezők területi eloszlását, meghatároztam a legfőbb különbségeket a mintaterületek között. Az eredményeim rámutattak, hogy a surdi ültetvény betegségeinek és kis hozamának oka kapcsolatba hozható a domborzat tulajdonságaival, mely megfelelő tereprendezéssel mérsékelhető.

Légi hiperspektrális felvételt felhasználva kidolgoztam egy új térinformatikai módszert a gyümölcsültetvények felszínének modellezésére, mely a természetes domborzatot és a fák lombzatát egyszerre képes megjeleníteni egy terepmodellben. Az elkészült terepmodell alkalmas az ültetvény besugárzási értékeinek kiszámításához, valamint közvetve felhasználható az öntözés tervezés során is.

#### ***Mesterséges domborzat***

A szőlőhegyeken a lejtő meredekségének és az erózió mértékének csökkentésére terasz-támfal rendszert alakítottak ki. A tradicionálisan teraszírozott mezőgazdasági területek állapota jelentősen leromlott az elmúlt évszázadban Európa szerte. A terasz-támfal rendszer pusztulása jellemző probléma a Sátor-hegyen és a Csobáncon is, mely akadályozhatja a művelést, és közvetve az agroökológiai potenciál csökkenését is maga után vonja. *Carl és Richter* (1989) Cinque Terre területén végzett kutatásai során megállapította, hogy a támfalsérülés közvetlen oka a leginkább tavaszi intenzív esőzést követő vízmozgás. A tömörödési réteg mentén, kb.40 cm-es mélységben, az erős oldal irányú átszivárgás a fal hézagain belül finom szemcséjű anyagot halmoz fel, mely elősegíti a támfal-károsodás folyamatait. Cinque Terre területén a művelés felhagyását követően fokozatosan nő a támfal szerkezeti károk aránya és mértéke.

A tájdegradációs jelenség kiterjedése nagy területet érint a mintaterületeimen is, melyet mérésekkel igazoltam. A Cinque Terre-i megfigyelésekhez hasonlóan, a Sátor-hegyen és a Csobáncon is leginkább a tavaszi (április-május) időszakban számoltak be a gazdák támfalomlásról. Az omlások teljes hossza átlagosan 1,7-szerese a fal-hasak teljes hosszának,

azonban a fal-has előfordulások száma 1,9-szerese az omlások számának. A támfalak teljes magassága és a jelenségek koronától mért mélysége között a korreláció értéke a fal-has esetében 0,5; az omlások esetében 0,8 ( $p < 0,05$  szignifikancia szint mellett). Tehát minél magasabb egy támfal az omlás mélysége is egyre mélyebbre kerül.

2. táblázat A szerkezeti károk gyakorisága a vegetációs állapot szerint a Sátor-hegyen

	Művelés alatt	Felhagyás (<5 év)	Felhagyás (5-25 év)	Felhagyás (>25 év)	Összesen
<b>Támfal mag. (cm)</b>	70-250	110-160	72-300	48-300	<b>48-300</b>
<b>Támfal (db)</b>	10	6	13	7	<b>36</b>
<b>Támfal hossz (m)</b>	556,9	223,8	491,8	301,7	<b>1574,2</b>
<b>Hiba szám (db)</b>	197	101	155	98	<b>551</b>
<b>Hiba hossz (m)</b>	65,3	38,2	109,9	75,7	<b>289,1</b>
<b>Hiba szám/100 m</b>	35,37	45,13	31,52	32,48	<b>144,5</b>
<b>Relatív eltérés</b>	35,37	9,76	-13,61	0,96	-
<b>Hiba hossz/100 m</b>	11,72	17,07	22,34	25,09	<b>76,22</b>
<b>Relatív eltérés</b>	11,72	5,35	5,27	2,09	-

A Sátor-hegyen felmért támfalak szerkezeti károsodásának mértékét a 2. táblázat összefoglaló adatsora mutatja be. Az általam megvizsgált 2 mintaterületen a támfal pusztulási folyamat és annak főbb jellemzői jelentősen eltérnek a Cinque Terre területén tapasztaltaktól. Megállapítottam, hogy a vizsgált szőlőhegyeken a művelés alatt álló parcelláknál jelentősebb a támfalak szerkezeti károsodásának mértéke, mint Cinque Terre-ben. Mind a szerkezeti károk száma, mind pedig a károk a támfal teljes hosszához viszonyított térbeli kiterjedésének az aránya a művelt teraszok esetén nagyon magas volt, míg a felhagyás fázisaiban ez az arány csak kismértékben volt magasabb.

### ***Talajtulajdonságok***

A 161 db talajminta feldolgozását követően következtetéseket vontam le a talajtani paraméterek és a támfalpusztulási jelenség kialakulása közti kapcsolatáról. A változók közül a szemcseméret, valamint a pH, mésztartalom és néhány kémiai elem hatását tártam fel. A klaszter-analízis eredményeire alapozva megvizsgáltam, hogy mely tényezők együttes hatása befolyásolhatja a jelenséget leginkább. Az omlástól való távolságot 35%-ban határozza meg az első komponensben található tényezők (szemcseméret: <0.2 mm, <0.02 mm, <0.002 mm; pH: H<sub>2</sub>O, KCl; Rb, K) együttese, míg az omlási zónát csak 27%-ban. Csak a 3 frakciótartomány hatását vizsgálva 10% körüli értékeket kaptam, amikor is a szignifikancia

szint jelentősen leromlott. Tehát a hipotézisemet, mely szerint az omlás megjelenésében szerepe van a szemcseméretnek csak részben igazolódott.

A talajtani paraméterek vizsgálata a szőlő- és gyümölcsstermőhely értékelésben kiemelkedő szerepet kap. Hosszútávon kell biztosítani a talaj fenntartható használatát, mivel az ültetvények élettartama több 10 év. Az erózió által veszélyeztetett területek térbeli kiterjedésének változását az újfelhertői ültetvény területére vizsgáltam meg különböző intenzitású csapadék események modellezésével. Az átdolgozott általános talajvesztési egyenletet (RUSLE) alkalmaztam. Az R tényező növelésével (250, 500, 750 MJ\*mm\*ha<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>\*év<sup>-1</sup>) kapott eredményeket a 3. táblázat tartalmazza. Az R tényező növelésével az erózió mentes területek (1) aránya felére csökkent, míg az erózió által veszélyeztetett területek (3) aránya több mint a duplájára emelkedett mindhárom felszínborítási kategóriánál (Gyümölcs, Gyep, Szántó).

*3.táblázat Becsült talajvesztés mértéke terület %-ban, művelési áganként az R tényező változásának függvényében (1:0-2t/ha/év, 2:2-11t/ha/év, 3:>11t/ha/év; Gy-gyümölcs, R-gyep, Sz-szántó)*

R	250			500			750		
	Gyüm.	Gyep	Szántó	Gyüm.	Gyep	Szántó	Gyüm.	Gyep	Szántó
1	28,0	76,5	39,5	15,2	63,3	21,8	10,4	48,6	15,1
2	55,9	22,0	51,7	47,3	26,5	53,4	34,0	36,1	43,5
3	16,1	1,5	8,7	<b>37,4</b>	10,2	<b>24,8</b>	<b>55,6</b>	15,3	<b>41,4</b>
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

### ***Gyümölcsös állomány***

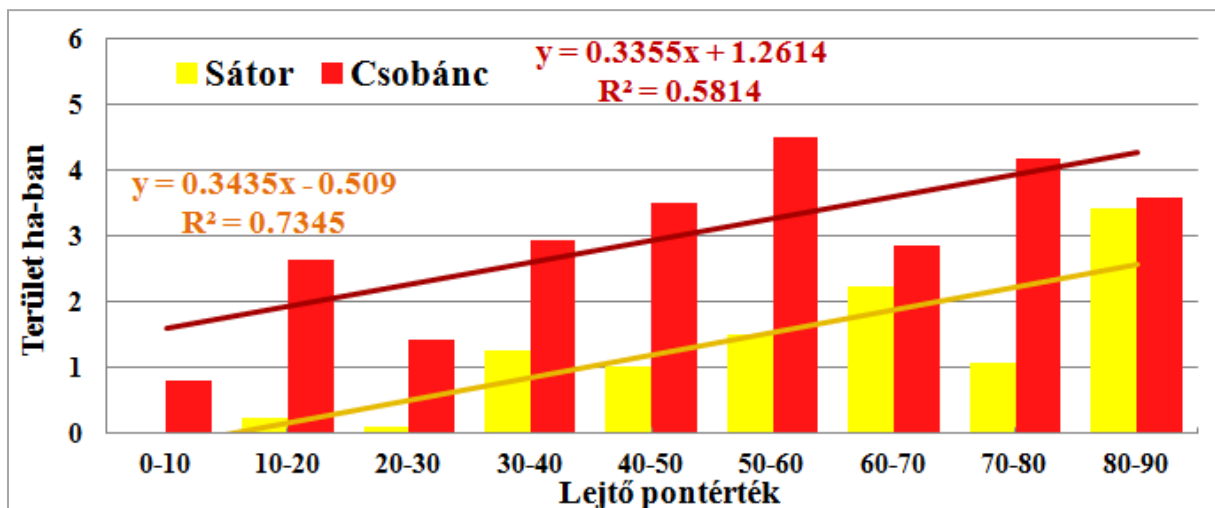
A növény egészségi állapota mutatja meg legjobban a termőhely természetes adottságaiban és a termesztési körülményekben jelentkező különbségeket. Amennyiben valamelyik agroökológiai tényezőben kedvezőtlen hatások érvényesülnek, az megjelenik a növényzetben is: víz stressz, tápanyaghiány, termésmennyiség csökkenés. Meghatároztam hiperspektrális vegetációs indexek alkalmazásával, hogy a domborzati és a talajtani adottságok milyen mértékben magyarázzák a vegetáció állapotát. A szántók esetében gyenge statisztikai kapcsolatot ( $r < 0,4$ ;  $p < 0,01$ ) tártam fel néhány domborzati-, talajtani mutató és a vegetációs indexek között. Azonban a gyep és a gyümölcsös esetén nem sikerült még ilyen jellegű kapcsolatot sem leírni. A gyep és gyümölcsös esetén további vizsgálatokra van szükség a kapcsolatrendszer pontosabb feltárásához. A többváltozós regressziós vizsgálat (stepwise) alapján a talajtani tényezők határozzák meg inkább a vegetációs indexek értékét,

míg a domborzathoz kötődő paraméterek hatása kisebb. Ennek oka lehet többek között, hogy a választott mintaterületen belül a szintkülönbség nagyon kismértékű.

### ***Földhasználat változás***

Két szőlőhegyet (Sátor-hegy, Csobánc) vizsgálva megállapítottam a földhasználati kategóriák térbeli kiterjedésének változását és annak mértékét a történelmi térképek feldolgozásával. Kereszttabulációs műveletekkel, valamint idősoros trend vizsgálattal meghatároztam a jelenséget befolyásoló domborzati tényezőket és azok hatásának erősségét. A szőlő területi kiterjedése és a lejtő tulajdonságok között az esetek többségében erős lineáris trendet tártam fel, a változások iránya hasonló volt mindkét hegy esetén. Kimutattam, hogy a hegyi utaktól 90 méteres távolságig található a művelt szőlők 95%-a, és már az utakhoz közel is jelentős a felhagyott területek, valamint az erdő aránya. Ez tovább hangsúlyozza a táj degradációját a szőlőterületeken.

Megvizsgáltam a szőlőterület kiterjedésének változását a szőlő termőhelyi kataszteri rendszer lejtő-pontértékeinek (5.1. tényező), valamint a termőhelyi összpontszámának szemszögéből. Az évek alatt mindvégig változatlanul szőlőborítású területek kiterjedése és a szőlőkataszter szerint adható lejtő pontérték között erős korreláció tapasztalható (1. ábra). Tehát a lejtő meredeksége és iránya szempontjából kiváló lejtők a későbbiekben is nagyobb valószínűséggel maradnak művelés alatt.

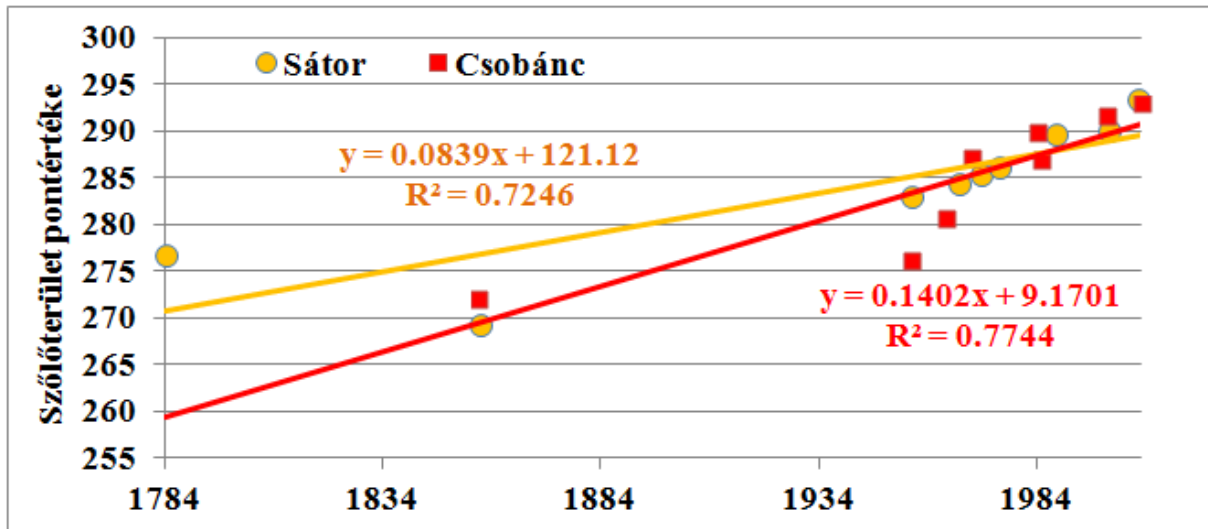


*1. ábra Az évek során mindvégig "változatlanul" maradt szőlőterület és a lejtő pontérték kapcsolata*

A szőlőterületek mindkét hegy esetén az átlagosan magasabb kataszteri összpontszámú területeken maradtak fenn, amit az erős lineáris kapcsolat is mutat (2. ábra). Ugyanakkor az

erdő, gyep és a felhagyott területek között is vannak kiváló minőségűek, ezért nem jelenthető ki egyértelműen, hogy a kevésbé kedvező összpontszámú parcellákat hagyják fel.

Megállapítottam, hogy a termőhelyi pontszám - mint a természeti adottságok egyik értékszáma - alkalmazható a földhasználati változások okának feltárását célzó vizsgálatokhoz. Összefoglalva azonban arra a következtetésre jutottam, hogy a 2 vizsgált szőlőhegyen a földhasználati változásokra a termőhelyi adottságok 55%-nál kisebb mértékben voltak hatással.



2. ábra A szőlőterület átlag pontértékének változása időben a Sátor-hegyen és a Csobáncon

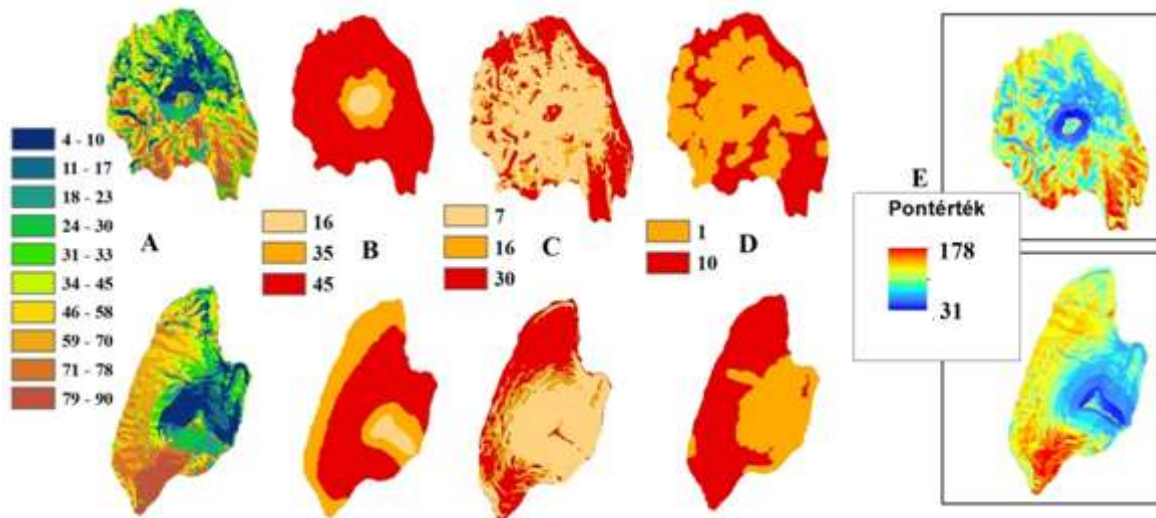
### *Szőlő termőhelyi kataszter térinformatikai modellezése*

Munkám során a szőlő termőhelyi kataszterben meghatározott pontrendszer szerint, paraméterezett modellek segítségével előállítottam a tényezők digitális térképeit. A 3. ábrán mutatom be a terepviszony (5) főtenyező előállításának néhány térképi rétegét. A szőlő termőhelyi kataszter térinformatikai feldolgozásánál az ideális pixel felbontás 5-10 m, melyet az értékelő pontrendszerben 40%-os súllyal szereplő domborzati főtenyező alapján határoztam meg. Megállapítottam, hogy a domborzat értékelés szempontjából nem indokolt a 80 kategória (16 égtáji kitettség x 5 lejtőmeredekség) használata. A 8 égtáji kitettség alkalmazása során nem volt számottevő az információ veszteség mértéke, azonban jelentősen javult a térbeli értékelhetőség és csökkent a mozaikosság mértéke.

A lineáris regresszióval történő visszaellenőrzés során megállapítottam, hogy a digitális térképek alapján a 16 lejtőirány szerepe a lejtőpontszámon belül alárendelt. Megállapítottam,

hogy a besugárzás a lejtőpontszámon belül maximum 50%-ig jelenik meg, mely érték a terület domborzatának változékonyságától függ.

Arra a következtetésre jutottam, hogy a digitális térképeken alapuló értékelés jóval részletesebb eredménnyel szolgál, mint a jelenleg hegyközségi szinten használatban lévő ökotóp (termőhely felvételi egység) térkép. Az összesített termőhely pontszámon belül a domborzat jelentősen túlreprezentált a többi főtenyezőhöz képest. A digitális feldolgozás esetében a termőhelyi összpontszámot már több mint 50%-ban a lejtőtulajdonság pontszámai határozzák meg, mely érték jelentősen magasabb a rendelet alapján kiszámítható pontszámok maximális (22,1%) arányhoz képest. Ez a túlreprezentáltság a többi tényező nagyfokú homogenitásának és az adható pontértékek kis varianciájának köszönhető. Az eltérés már a terepviszonyt leíró térképi rétegeken keresztül is nyomon követhető (3. ábra).



3. ábra A terepviszony pontértékének meghatározása a Csobáncon és a Sátor-hegyen (A)lejtőszög és égtáji kitérttség, (B)tengerszint feletti magasság, (C) terepfelszín, (D)erdő közelsége alapján

## 4. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

### *Tudományos eredmények:*

1. Bemutattam a térinformatikai módszerekkel történő termőhely értékelés számos aspektusát; térképezési módszert fejlesztettem ki a szőlő termőhelyi kataszter tényezőinek térbeli meghatározásához, melyhez különböző adatforrásból származó információkat együttesen dolgoztam fel.
2. Meghatároztam a szőlő termőhelyi kataszter térinformatikai rendszerben való alkalmazhatóságának feltételeit, valamint az ideális felbontást. Javaslatot fogalmaztam meg a hagyományos szőlő termőhelyi kataszteri pontrendszerben alkalmazott lejtőtényezők súlyának közel 50%-os csökkentésére. Ezáltal a térinformatikai kiértékelés megbízhatósága nem csökken.
3. Kimutattam a digitális domborzatmodellből származtatott indexek kiszámításával a térinformatikai térképezés fontosságát a gyümölcsültetvények agroökológiai paramétereinek vizsgálatában.
4. Légi hiperspektrális felvételtől származtatott NDVI értékek alapján terepmodellezési módszert fejlesztettem ki a fa szintű evaporációs értékek számításához.
5. Feltérképeztem a mintaterületen található, az agroökológiai potenciálra hatással lévő támfalak állapotát, valamint ismertettem a degradációs folyamat jellemzőit.
6. Meghatároztam a földhasználat változásban szerepet játszó domborzati tényezőket; valamint értékeltem a folyamatot a szőlő termőhelyi kataszter pontértékeivel összevetve.

### *Gyakorlatban hasznosítható eredmények:*

1. A kutatás során kifejlesztett paraméterezett modellek a megfelelően előkészített adatokkal lehetővé teszik a termőterületek gyorsabb értékelését, a problematikus helyek meghatározását, valamint segítenek a beruházásokkal kapcsolatos tervezésben.
2. A szőlő termőhelyi kataszter térinformatikai kiértékelő rendszere alkalmazható az országos térinformatikai szőlő nyilvántartási rendszerben (VINGIS), és hegyközségi szinten részletesebb értékelést tesz lehetővé.

## 5. A TÉZISFÜZET HIVATKOZÁSAI

- Carl T. – Richter M.: 1989. Geocological and morphological process on abandoned vine-terraces in the Cinque Terre (Liguria). *Geoökodynamik*. Bensheim, 10: 125-158.
- Góczán L. - Benyhe I. - Lóczy D. - Molnár K. - Szalai L. - Técsy Z. - Tózsai I.: 1988. Agroökológiai mikrokörzetesítés a mezőgazdasági termőhelyminősítés szolgálatában. *Földrajzi Értesítő*. 37. 1-4: 28-31.
- Hunt Jr. E.R. - Rock B.N.: 1989. Detection of Changes in Leaf Water Content Using Near-And Middle-Infrared Reflectances. *Remote Sensing of Environment*. 30:43-54.
- Kállay T-né M. E.: 1993. Gyümölcsstermőhely minősítés módszerének kidolgozása és alkalmazása almánál, őszibaracknál, málnánál. Kandidátusi értekezés. Budapest.
- Kruse F. A. - Lefkoff A. B. - Boardman J. B. - Heidebrecht K. B. - Shapiro A. T. - Barloon P. J. - Goetz A. F. H.: 1993. The Spectral Image Processing System (SIPS) - Interactive Visualization and Analysis of Imaging spectrometer Data. *Remote Sensing of the Environment*. 44: 145-163.
- Láng I. - Csete L. - Harnos Zs.: 1983. A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Renard K. G. - Foster G. R. - Weesies G. A. - McCool D. K. - Yoder D. C.: 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA Agriculture Handbook No.703. U.S.Gov. Printing Office. Washington, D. C. (<http://ddr.nal.usda.gov/dspace/bitstream/10113/11126/1/CAT10827029.pdf>)
- Sims D.A. - Gamon J.A.: 2002. Relationships Between Leaf Pigment Content and Spectral Reflectance Across a Wide Range of Species, Leaf Structures and Developmental Stages. *Remote Sensing of Environment*. 81:337-354.
- Tucker C.J.: 1979. Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation. *Remote Sensing of the Environment* 8:127-150.
- Várallyay Gy.: 2004. Az agroökológiai kutatási program. "Agro-21" Füzetek. 37: 5-23.
- Wischmeier W. H. - Smith D.D.: 1978. Predicting rainfall erosion losses—a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537. 95/2004. (VI.3.) FVM rendelet a szőlő termőhelyi kataszterének felvételezéséről és módosításáról. *Magyar Közlöny* 2004. június 03. 75: 7586-7595.

## 6. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN

### Elektronikus jegyzet: (1)

1. *Tamás J. - Fórián T.:* 2011. Geoinformatics. Digitális Tankönyvtár. Budapest, 140.  
[http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032\\_terinformatika/adatok.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_terinformatika/adatok.html)

### Magyar nyelvű, könyvrészlet: (3)

2. *Tamás J. - Nagy A. - Fórián T.:* 2012. Körtegénbank precíziós térinformatikai rendszere. [In: Nyéki J. - Szabó Z. - Soltész M. (szerk.) Körtefajták vizsgálata génbankokban.] Debreceni Egyetem, Kertészettudományi Intézet, Debrecen. 377-395. ISBN: 978 615 5183 25 6
3. *Szabó J. - Fórián T.:* 2008. A Tapolcai-medence tájképi jellemzői és értékei a tanúhegyek természetes és antropogén lejtőfejlődésének tükrében. [In: Antal G. - Tóth J. - Wilhelm Z. (szerk.) A Balatonról Lóczy Lajos emlékére.] Idresearch Kft./Publikon Kiadó. Pécs. 209-232. ISBN 978-963-642-258-5.
4. *Nyizsalovszki R. - Fórián T.:* 2006. Az emberi tevékenység hatása a tájra Tokaj-hegyalján, különös tekintettel a világörökségi területekre [In: Nagy J. - Dobos A. (szerk.) Környezetkímélő növénytermesztés- minőségi termelés. ] DE ATC Területfejlesztési Kutatócsoport. Debrecen. 104-116. ISBN:978 963 9732 09 4

### Tudományos közlemény idegen nyelvű, külföldi, lektorált folyóiratban: (2)

5. *Nyizsalovszki, R. - Fórián, T.:* 2007. Human impact on the landscape in the Tokaj Foothill Region, Hungary. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*. 30: 219 - 224. ISSN 0391-9838. SJR impact: 0,179
6. *Nyizsalovszki, R. - Fórián, T.:* 2007. Human impact on the landscape in the Tokaj Foothill Region, Hungary with especial regard to the world heritage area. *Jurnal Alam Bina*, 3: 89 - 102. ISSN 1511-1369.

### Tudományos közlemény idegen nyelvű, hazai, lektorált folyóiratban: (7)

7. *Fórián, T. - Nagy, A. - Riczu, P. - Mézes, L. - Tamás, J.:* 2012. Vineyards characteristic by using GIS and reflectance measurements on the Nagy-Eged hill in Hungary. *International Journal of Horticultural Science*, 18. 2: 57-60. ISSN: 1585-0404.
8. *Nagy, A. - Fórián, T. - Tamás, J. - Szabó, Z. - Nyéki, J. - Soltész, M.:* 2012. Assessment of soil characteristics in orchard. *International Journal of Horticultural Science*, 18. 1: 11-14. ISSN: 1585-0404.
9. *Tamás, J. - Nagy, A. - Fórián, T. - Nyéki, J. - Szabó, T. - Szabó, Z. :* 2012. Precision geoinformatical system of the pear gene-collection orchard. *International Journal of Horticultural Science*. 18. 1: 43-50. ISSN: 1585-0404.
10. *Fórián, T. - Nagy, A. - Tamás, J.:* 2011. Applied spatial analyst tools in orchard special regard to agro-ecology. *International Journal of Horticultural Science*. 17. 1-2: 17-19. ISSN 1585-0404.

11. Nagy, A. - **Fórián, T.** - Tamás, J.: 2011. Monitoring of water regime in an apple orchard. *International Journal of Horticultural Science*. 17. 1-2: 29-32. ISSN 1585-0404.
12. Tamás, J. - **Fórián, T.** - Nagy, A. - Nyéki, J. - Soltész, M.: 2010. Pilot study for irrigation modelling of a pear plantation. *International Journal of Horticultural Science*. 16. 3: 81-85. ISSN 1585-0404.
13. Nagy, A. - Tamás, J. - **Fórián, T.** - Nyéki J. - Szabó Z.: 2010. Irrigation modeling in a pear orchard. *International Journal of Horticultural Science*. 16. 3: 75-81. ISSN 1585-0404.

Tudományos közlemény magyar nyelvű, lektorált folyóiratban: (4)

14. Nagy A. - **Fórián T.** - Tamás J.: 2012. Fejlett környezetállapot-értékelési eszközök alkalmazhatósága gyümölcskultúrákban. *Acta Agraria Debreceniensis*. 49: 221-225. ISSN 1587-1282.
15. Tamás J. - **Fórián T.** - Nagy A. - Soltész M. - Nyéki J. - Szabó Z.: 2011. Digitális domborzati modellek létrehozása és alkalmazhatósága gyümölcsösök agroökológiai potenciáljának értékelése során. *Klíma-21" füzetek*. 64: 106-114. ISSN 1789-428X
16. **Fórián T.** - Nagy A. - Tamás J.: 2010. Precíziós gyümölcsstermesztés térinformatikai rendszerének kiépítése. *Acta Agraria Kaposváriensis*. 14. 3: 313-321. ISSN 1418-1789.
17. **Fórián T.**: 2006. Tájhasználat-változás okai és jellege a Csobánc-hegyen. *Tájökológiai Lapok*. 4. 2: 419 - 425. ISSN 1589-4673.

Idegen nyelvű, lektorált konferencia kiadvány: (3)

18. Tamás, J. - Nagy, A. - **Fórián, T.**: 2011. Evaluation and controlling of agricultural hillside based on integrated GIS methods. [In: Flanagan D. C. –Ascough J. C. II - Nieber J. L. (ed.) International Symposium on Erosion and Landscape Evolution (ISELE), 18-21 September 2011, ASABE] Anchorage. Alaska USA. Published by the American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan. 711P0311cd, Paper 11119. 1-8.
19. **Fórián, T.**: 2008. The key factors of the dry stone walls dilapidation on the Sátor hill and Csobánc hill, Hungary. [In: Lóki, J. – Szabó, J. (ed.) Anthropogenic Aspects of Landscape Transformation] Department of Physical Geography and Geoinformatics. University of Debrecen. Debrecen. 5: 87-95. ISBN 978 963 473 109 2.
20. **Fórián, T.**: 2006. Land use change effects on terraced grounds and anthropogeneous forms on the Csobánc hill, in NW-Hungary. [In: Rahmonov, O.–Rzetala, M. A. (ed.) Anthropogenic Aspects of Landscape Transformation] Faculty of Earth Sciences. University of Silesia. Sosnowiec. 4: 36-42. ISBN 83-87431-75-3.

Magyar nyelvű konferencia kiadvány: (3)

21. **Fórián T.** - Nagy A. - Tamás J.: 2012. Körteültetvény 3 dimenziós modellezése. [In: Hegedűs A. (szerk.) Lehetőségek a domborzatmodellezésben 2011. A HunDEM 2011 kerekasztal és konferencia közleményei] Miskolci Egyetem. Földrajz Intézet. 1-10. ISBN 978-963-358-006-6
22. Nagy A. - **Fórián T.** - Tamás J.: 2011. Gyümölcsös ültetvények térinformatikai rendszerének kiépítése. [In: Lóki, J. (szerk.) Az elmélet és gyakorlat találkozása a térinformatikában II. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás.] Debrecen. 333-340. ISBN: 978-963-318-116-4.

23. **Fórián T.:** 2008. A támfalpusztulás kérdése a Sátor-hegy és a Csobánc szőlőterületein [In: Szabó József, Demeter Gábor (szerk.) Geographia generalis et specialis: Tanulmányok a Kádár László születésének 100. évfordulóján rendezett tudományos konferenciára] DE Kossuth Egyetemi Kiadó. Debrecen. 295-302. ISBN:978-963-473-110-8.

Absztrakt kötetben megjelent: (2)

24. **Fórián T.** - Nagy A. - Tamás J.: 2009. Intenzív fajtakísérlet térinformatikai rendszerének értékelése. Lippai János – Ormós Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar. 154-155. ISBN 978-963-503-397-3
25. Nagy A. - **Fórián T.** - Tamás J.: 2009. Gyümölcsfa fajok levél reflektancia vizsgálata távérzékelte adatok megalapozására. Lippai János – Ormós Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar. 196-197. ISBN 978-963-503-397-3

Egyéb magyar nyelvű tanulmány: (1)

26. **Utasi Z.** - **Fórián T.:** 2006. A bazaltvulkanizmus megjelenési formái néhány magyarországi példa alapján. [In: Demeter G. - Négyesi G. (szerk.) Földrajzi tanulmányok dr. Lóki József tiszteletére], DE Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 233-241.

---

A kutatásaink a Klíma-09 TECH\_08-A4/2-2008-0138 és a Gyüm-2008 TECH\_08-A3/2-2008-0373 számú pályázat támogatásával valósultak meg.