



Körteültetvény 3 dimenziós modellezése

Fórián Tünde¹, Nagy Attila², Tamás János²

^{1,2}Debreceni Egyetem, AGTC, MÉK, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, 4032 Debrecen,
Böszörményi út 138., +52/508444
¹forian@agr.unideb.hu

Bevezetés

A precíziós agro-ökológiai feladatok megtervezéséhez a növény vagy gyümölcsstermesztő területeken kulcsfontosságú alapadatnak számít a nagy felbontású terepmodell, mivel a legjobb modell sem képes gyenge minőségű adatok alapján, helyes eredményt produkálni. Az adatok minőségét a terepi adatgyűjtés és felhasználás módja egyértelműen meghatározza. A precíziós mezőgazdasági feladatok sajátos kívánalmakat támasztanak a domborzat- és a terepi- térinformatikai modellezés felé, így a hagyományos interpolációs megoldások önmagukban nem alkalmazhatóak.

A térinformatikában a domborzatot érintő kérdéskörrel egy többé-kevésbé különálló szakág, a domborzatmodellezés foglalkozik (Moore et al., 1993; Florinsky és Kuryakova, 1998; Wilson és Gallant 1998). A folyamatos térbeli függvényterek implementálására rendszerint hálós (grid- térrács) vagy háromszög (tetraeder) leképezést használnak, ahol estenként az interpoláló függvények együtthatóit is tárolják (Sárközi, 2000). Moore és Gallant (1991) és Detrekői és Szabó, (2002) megállapítják, hogy a digitális domborzati modellek döntő hányada fotogrammetriai adatnyerés alapján készül és kisebb hányada tachimetralás, vagy szintezés útján. A digitális domborzatmodellezés eddigi története során, számos kutató ért el látványos eredményeket a különböző szintkülönbségek ábrázolása során (Bódis, 2008; Dobos, 1998; Dobos et al., 2000; Pavlopoulos et al., 2009; Zeilhofer et al., 2011), valamint a technikai fejlesztéseknek köszönhetően egyre újabb tudományterületeken is alkalmazzák már a 3 dimenziós megjelenítési módot (Rosell et al., 2009; Yu et al., 2009). A távérzékeléssel történő adatgyűjtés újabb módszerei az aktív szenzorokkal végzett felvételezés radaros (RADAR = Radio Detection And Ranging), illetve a lézeres letapogatás (LIDAR = Light Detection And Ranging) (Belényesi et al., 2008). Óriási előnye a lézershakkenes felmérésnek a gyors és nagy számú mért pont, amiből könnyen felépíthető a vizsgált objektum modellje (Lerma García et al., 2008), azonban ezek a módszerek jelenleg még igen költségesek. A kertészeti alkalmazásokban a lézershakkenes technológia segítségével megismerhetővé válik a fa struktúrája, lombzat nagysága, kiterjedése, amivel számos biofizikai folyamatot képesek vagyunk nyomon követni, a változásokat detektálni; képet alkothatunk a fotoszintézisről, a CO₂-fluxusról, a növekedés üteméről, a párologtatásról (Li et al., 2002; Pereira et al., 2006).

Ezen domborzatmodellek általában csak a talajfelszín magassági viszonyait mutatják be és nem térnek ki a felszínen elhelyezkedő objektumokra (pl. gyümölcsfa), így például a besugárzási érték számításakor csak a talajfelszínre vonatkozó adatot kaphatjuk meg (Dubayah és Rich, 1995). Az általunk elkészített és alkalmazott terepmodell az ültetvény területén mutatkozó finom felületi különbségekre is kitér, amely így alkalmassá válik a további vizsgálatok elvégzéséhez.



Anyag és módszer

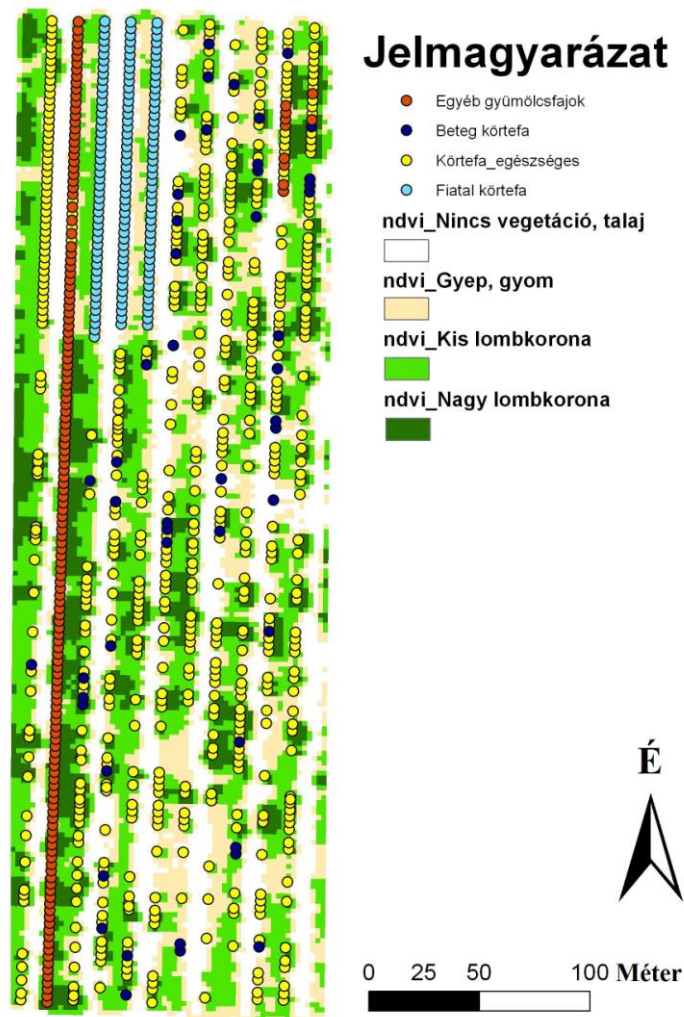
A projekt részét képező mintaterület az Újfehértó településtől északra elhelyezkedő gyümölcsös kutató- és kísérleti telep „Körte Génbank” ültetvénye. Az ültetvény domborzatára a kötött, vagy félig kötött futóhomokból álló homokdombok, dombsorok a jellemzőek. Az Újfehértói Körte Génbank területén létesített alma és körte fajtagyűjtemény területén végeztük vizsgálatainkat, ahol a fajtakísérletek során, azonos ültetvényen belül különböző korú és térállású alanyokon végeznek metszési, öntözési, hozam, agrometeorológiai és jégvédelmi kísérleteket. A mintaterületre vonatkozó különböző adattartalmú (topográfiai-, fajta-, telepítési-) térképek vektorizálása ArcGIS 9.2 szoftver segítségével történt. A terepi felmérésnél TRIMBLE JUNO PDA eszközök segítségével két terepi adatgyűjtő szoftvert alkalmaztunk (DigiTerra 5, ArcPad 7). A belsőleg integrált GPS által gyűjtött térbeli adatok valós idejű pontossága növelhető különböző korrekciós eljárások alkalmazásával, jelen esetben DGPS korrekciót Terrasync Office környezetben, illetve TRIMBLE PATHFINDER Geostation mérési korrekciót végeztünk. A terepi távolság mérésekhez rendelkezésre állt a lézeres távmérő (Leica Distro 1' pontosságú), a Sokkia szintező és libellás szintezőúrú, valamint 2 cm pontosságú járókerék. Ezek a geodéziai eszközök a vertikális és horizontális felmérést is cm-es pontossággal tették lehetővé. A terepi felvételezés során pontszerű magassági mintavételezéssel határoztuk meg a gyümölcsfák koronájának magasságát. Így tehát a tő és sortávolságot cm-es pontossággal katalogizáltuk. A távolságmérésnél figyelembe vettük a tőhiányokat is, hogy az adatbázis készítésekor a tő helyek térbelileg pontos helye is megfelelő geokoordinátával rendelkezzen. Ezek alapján elkészült a teljes körte génbank ültetvény nagyfelbontású (pixel=1,5 m) digitális adatbázisa, melyben minden egyes fához attribútumként hozzárendelt adatok szabadon lekérdezhetőek. (Attribútumok: faj, fajta, sor és tő szám, magasság, telepítés éve, származási adatok, fénykép száma, génkód, WGS és EOVS x ill. y koordináta, ill. a terepi felmérés során készített fénykép száma).

Hazai területeket érintően elfogadott gyakorlat, hogy a FÖMI - EOVS 1:10 000-es topográfiai alaptérképek vektorizált magassági alappontjai és szintvonalai alapján generáljuk a domborzatmodellt, melyet terepi mérésekkel pontosítunk (Bódis 2008; Kitka et al. 2006; Tóth és Pethe 2011). A pontadatbázis alapján 5, a gyakorlatban alkalmazható interpolációs becslési módszert hasonlítottunk össze. A vizsgált módszerek a következők: a krigelés, a globális polinomok (Global Polynomial-GP), a lokális polinomok (Local Polynomial Interpolation-LP), a távolsággal fordítottan súlyozott (Inverse Distance Weighted-IDW), valamint a sugár alapú (Radial Basis Functions-RBF) eljárások.

A módszerek leírása megtalálható többek között Isaaks és Srivastava (1989) munkájában. Az IDW jó eljárás a felszín elsődleges áttekintésére, azonban az érzékeny felszíni átmenetek kezelésére már nagyon korlátozottan alkalmas. Az RBF hasonló felszín produkál, mint az egzakt krigelés, azaz amikor a krigelésnél használt variogram $\gamma(h)$ görbéje az origóból indul. A krigelést optimális interpolátorként is szokták említeni, amely a lokális és globális varianciát is hatékonyan tudja modellezni. A krigelés feltételezi, hogy az adatok random jellegű normál eloszlással rendelkeznek, ahol a random jelleg nem a pontok térbeli elhelyezkedésére, hanem az ott mért tulajdonságokra vonatkoznak (Pellegrini, 1995; Strahler, 1957; Tsai, 1993).

Elkészítettük az Újfehértói kísérleti állomás teljes területére vonatkozó előzetes digitális domborzatmodelljét, melyet az 1:10 000 méretarányú topográfiai szelvények alapján digitalizáltunk be. Azonban, ha a területre vonatkozó agroökológiai viszonyokat szeretnénk

elemezni, mint például a besugárzást, akkor a felszínen lévő, vagy azt módosító tereptárgyakat is figyelembe kell vennünk, valamint beépítenünk a modellbe. A kertészeti ültetvények esetében a fák lombozata (formája, magassága) meghatározó paraméter a besugárzási-, és az evapotranszpirációs értékek kiszámításához. Mivel a besugárzás értékét a korona nagysága is befolyásolja, hiperspektrális felvétel (pixel felbontás=1,5m) adataiból NDVI értékeket számítottunk ENVI 4.7 szoftver segítségével, amely meghatározza számunkra a biomassa tömegét, és egyben lehetővé teszi az eltérő területek lehatárolását is (1. ábra).



1. ábra Az újfehértói körte génbank gyümölcsfáinak helyzete, valamint a hiperspektrális felvételtől származtatott NDVI értékek

$NDVI = \frac{NIR - VIS (RED)}{NIR + VIS (RED)}$, ahol:

NDVI - vegetációs index;

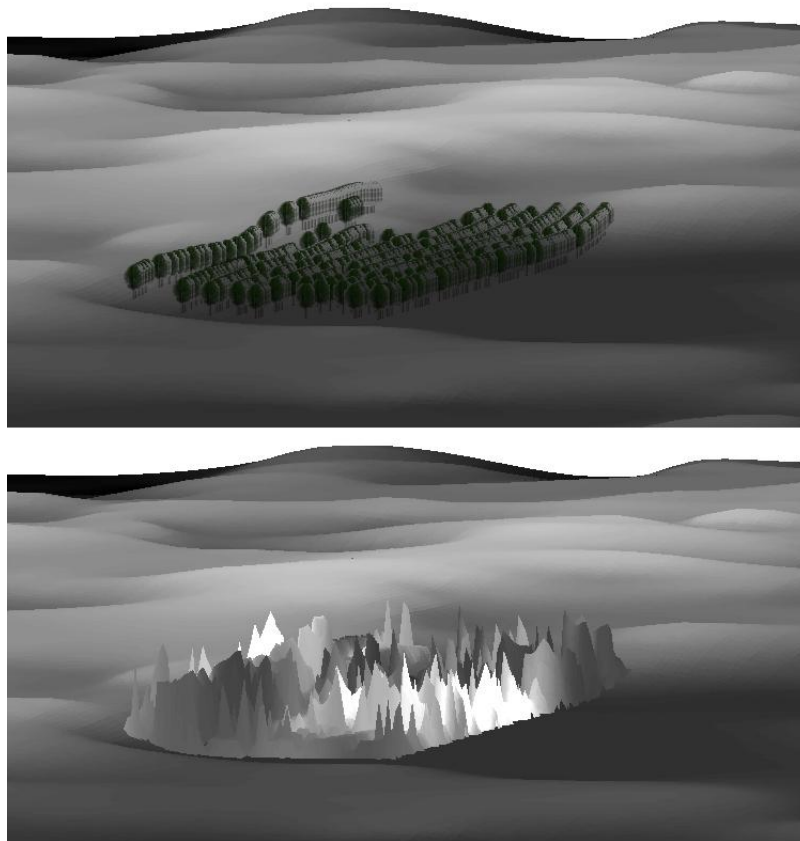
NIR - a visszavert fény intenzitása a közeli infravörös tartományban;

VIS (RED) - a visszavert fény intenzitása a látható vörös tartományban.

A vegetációs index mindig -1 és +1 közötti eredményt ad. Általánosságban elmondható, hogy a nullához közeli érték a növényzet hiányát jelzi, 0,2 és 0,3 körüli érték füves, bokros területet jelent, míg a 0,8-0,9 körüli érték sűrű, zöld növényzetre utal, azonban ez a helyi vegetáció típusától függően kissé eltérhet (Burai, 2007). A terepi felméréseink alapján, négy jellemző vegetáció csoportot különítettünk el: nincs vegetáció - homok felszín; minden második sorközből meghagyott füves-gyom vegetáció, gyenge és kis lombosítójú fiatal fa, illetve dús és kiterjedt lombosítójú fa. Az összefüggő „nagyobb” területű vegetáció típusok foltjaihoz rendelt GPS koordináták alapján meghatároztuk a 4 kategóriához tartozó jellemző NDVI értéket. Majd a hisztogram alapján osztályozott raszter képet ArcGIS 9.2 környezetben építettük be a modellünkbe.

Eredmények

A sík alföldi homok és homokos vályog talajon fekvő ültetvény 5 m-es szintkülönbséggel bír, mely megfelel a nyírségi homokbuckás domborzatnak (2. ábra). Az ábrán is látható, hogy a domborzatmodell csak a felszín (talajfelszín) tengerszint feletti magasságát mutatja be.



2. ábra A körte génbank fájainak magassági adataiból származó „hibásan” interpolált felszín (10* magassági torzítás); és az ültetvény tágabb környezetének homokbuckás domborzata (2* magassági torzítás)



A fa magasságok specifikus mintavételezéséből adódóan az interpolálás eredményeként a koronák magasságára vonatkozó felszínt kapunk, amely a matematikai függvény alkalmazásából adódóan az adattal nem jellemezhető cellákhoz is magassági adatot rendel - abból a feltételezésből kiindulva, hogy nagy valószínűséggel az egymás közelében lévő cellák hasonló értékkel fognak rendelkezni. Azonban, ez a módszer helyenként jelentős túlmagasítást eredményez - két magasabb fa közötti töhiánynál, vagy a sorközökben, illetve a lombkorona kiterjedését sem határozhatjuk meg a pont alapú interpoláció következtében (2. ábra). Így a füvesített sorközökre és a szabad talajfelszínre hibás magassági értékeket kapunk. Azonban a sorközök talajfelszínének pontszerű magassági értékének megadásával (0 m) sem kaphatunk egy lépésben végzett interpolációval helyes eredményt.

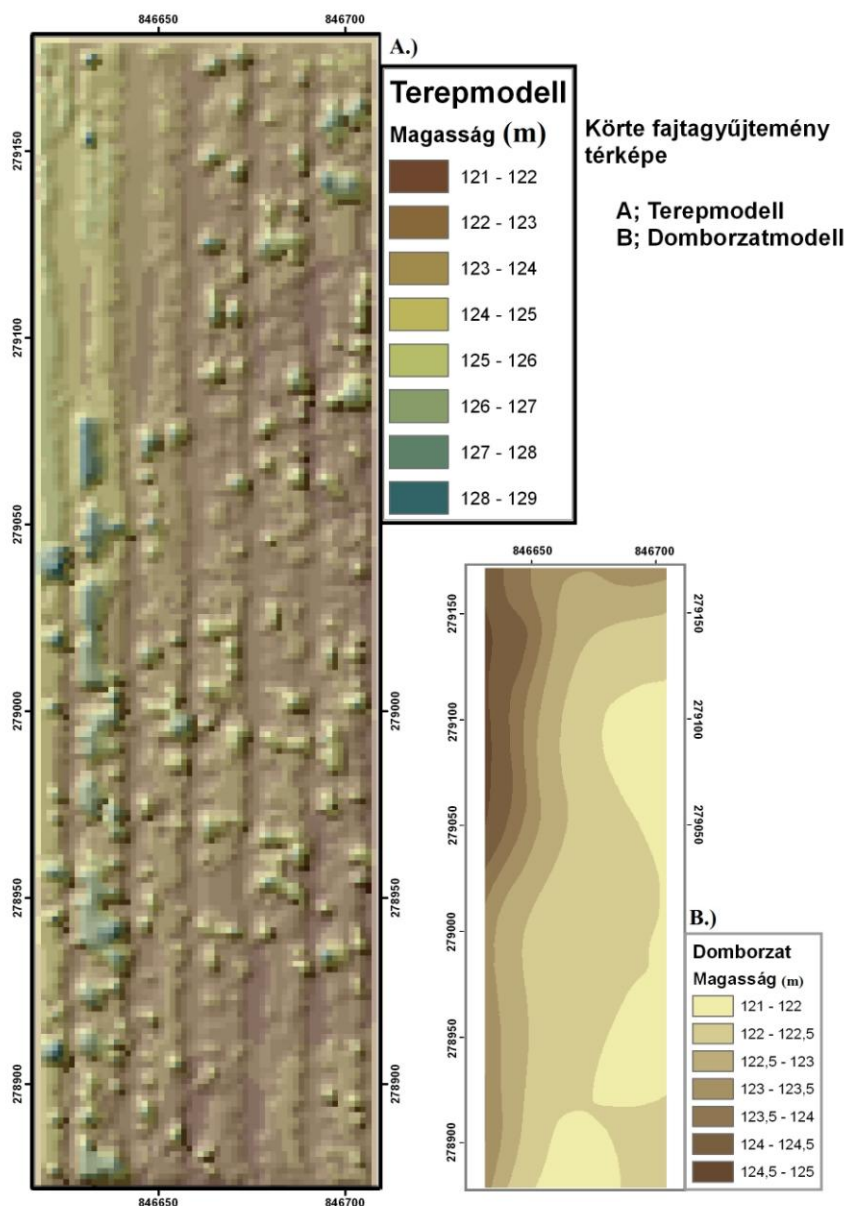
Ezért az ArcGIS 9.2 környezetben egy többlépcsős (logikai és matematikai) műveletsor segítségével modellt építettünk, melyben az újraosztályozott NDVI alapú raszter rétegek alapadatként (boolean réteg) szolgáltak. Ebben a modellben külön-külön határozzuk meg az egyes térszínek magasságát, majd egyesítettük egy digitális terepmodellé, amely többlépcsős műveletsorra Bódis (2008) bevezette a LEGO-GIS fogalmát.

A hiperspektrális NDVI elemzések alapján az elkülönített 4 fő kategória területi kiterjedése a következő:

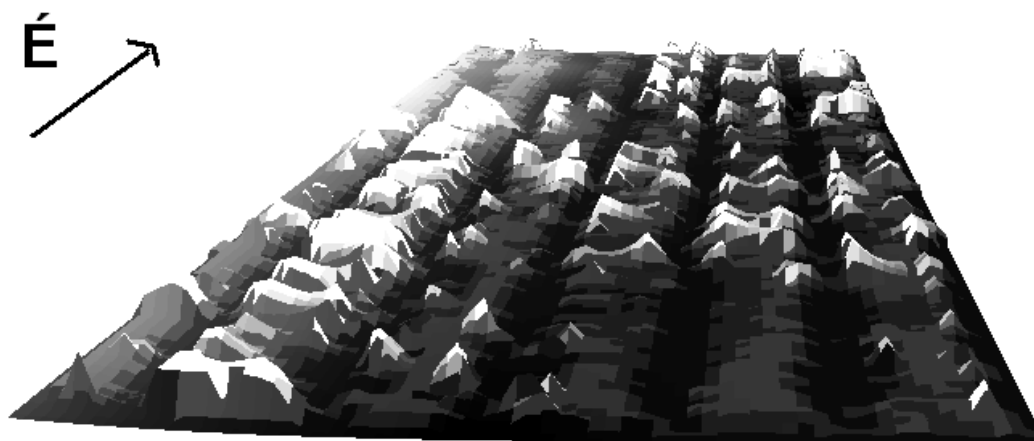
1. Nincs növényzet, talaj:	0,889 ha
2. Füves, gyomos:	0,674 ha
3. Gyenge lombzat:	0,925 ha
4. Sűrű vegetáció:	0,464 ha.

Itt azonban meg kell említeni, hogy az ültetvény É-i részén új (2-5 éves) telepítésű körtefák találhatóak, melyek a kis lombméretük következtében a 2. vagy a 3. kategóriába kerültek az NDVI értékeik alapján (1. ábra).

A sűrű lombzattal rendelkező területek raszter rétegének magassági értékeit a terepen mért adatokból interpoláció segítségével készítettük el. A közepes vagy az alacsony NDVI értékkel rendelkező területek magasságának meghatározáshoz egyértelmű hozzárendeléssel minden „ismeretlen” cellához 0,5 m-es (füves) és 1m-es (kis fa) magassági értéket rendeltünk. Végezetül a rétegek matematikai módszerrel történő egyesítését követően megkaptuk az ültetvényre vonatkozó terepmodellt, mely már az ültetvény „felszíni érdességét” igen plasztikusan ábrázolja, valamint további vizsgálatokhoz nyújt alapot (3. és 4. ábra).



3. ábra A műveletsor eredményeként elkészült terepmodell (A.) és az előzetes domborzati modellje (B.)



4. ábra A mintaterület terepmodellje oldalnézetből

Nagy felbontású (pixel=1,5 m) terepmodell segítségével elkészült a terület direkt besugárzás értékeit bemutató térképsorozat is (Area Solar Radiation), amely számításnak a végeredményeként kapott térképek minden esetben Watt óra/m²-ben adják meg az értéket. A különböző paraméterek lehetőséget nyújtanak a besugárzási értékek különböző időintervallumra történő kiszámítására, mint például egy adott pillanatban, adott napon, hónapban, vagy az egész évben mennyi közvetlen besugárzás éri az adott felszínt.

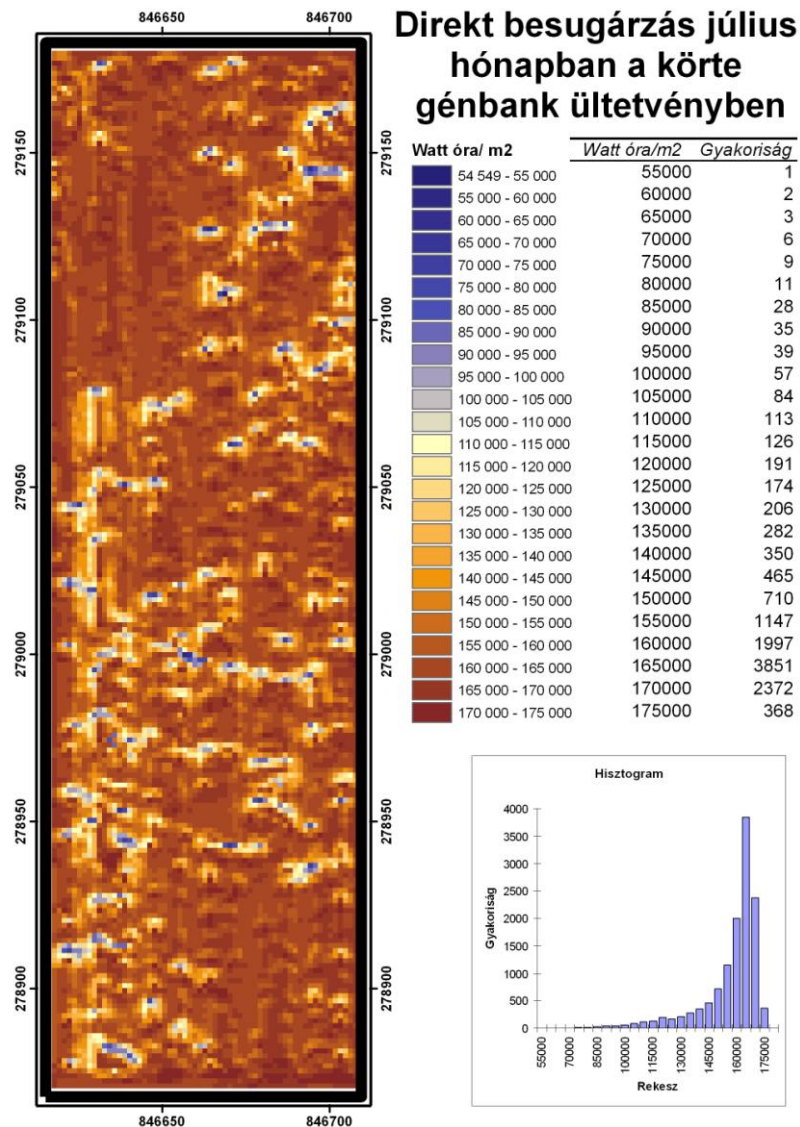
A direkt besugárzási térkép értékei (5. ábra) alapján megadható közelítő értékkel az adott fa equivalens evaporációja, így lehetőség nyílik az öntözéstervezésnél ennek figyelembevételére is. A FAO Penman-Monteith egyenletében a radiáció MJ/m²/nap értékkel van megadva, amelyet az átszámító faktor használatával equivalens evaporációvá (mm/nap) konvertáljuk, ami megfelel a párolgatás látens hője inverzének ($1/\lambda=0,408$):

$$\text{Equivalens evaporáció [mm/nap]} = 0,408 * \text{Radiáció [MJ/ m}^2\text{/nap]}$$

Átszámító faktor a radiációhoz:

	Szorzó érték az időegység alatt adott felszínre érkező energia meghatározásához			Equivalens evaporáció mm/nap
	MJ/ m ² /nap	cal/ cm ² /nap	W/m ²	
1 MJ/ m²/nap	1	23,9	11,6	0,408
1 cal/ cm²/nap	4,1868/10 ²	1	0,485	0,0171
1 W/m²	0,0864	2,06	1	0,035
1 mm/nap	2,45	58,5	28,4	1

A vegetációs időszakon belül 4 napot véletlenszerűen kiválasztottunk, melyre kiszámítottuk az átlagos evaporációs értéket (mm/nap), így 04.21-én átlagosan 5,6; 07.21-én 7,7; 08.21-én 6,5; és 09.22-én pedig 3,8 mm/nap párolgás várható tiszta égbolt mellett.



5. ábra Direkt besugárzás térkép július hónapra számítva, tiszta égboltot feltételezve

Összegzés

A domborzat- és a terep- modellezésének a precíziós mezőgazdaságban és ezen belül is gyümölcsstermesztésben központi szerepe van a hozzá szorosan kapcsolódó tényezőkkel (talaj, klíma, termesztéstechnológia, stb.) együtt. A domborzati adottságoknak (tengerszint feletti magasság, lejtő tulajdonságok, geomorfológiai formák) klimatikai módosító hatása elsősorban a közvetlen besugárzás mennyiségi eloszlásában játszik szerepet, különösen derült napokon. Azonban egy síkvidéki mintaterület esetében ez a különbség a pusztán szintvonal alapján szerkesztett domborzatmodellel nehezen kimutatható, vagy modellezhető. Az itt bemutatott modell segítségével egy síkvidéki gyümölcsös ültetvényen belül is detektálható a „felület” érdességéből adódó különbség, mely jelentékeny hatást gyakorolhat a termesztett növény tulajdonságaira.



Irodalom

- Belényesi, M., Kristóf, D., Skutai, J. (2008): Távérzékelés a környezetgazdálkodásban. Elméleti jegyzet. Szent István Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet, Gödöllő, p. 78.
- Bódis, K. (2008): Digitális domborzatmodellek és alkalmazási lehetőségeik az árvízi kockázatelemzésben. PhD értekezés, Szegedi Tudományegyetem, Szeged.
- Burai P. (2007): Távérzékelési módszerek összehasonlító elemzése mezőgazdasági területeken. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen.
- Detrekői, Á. - Szabó, Gy. (2002): Térinformatika. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. p. 369.
- Dobos, E. (1998): Quantitative analysis and evaluation of AVHRR and terrain data for small scale soil pattern recognition. PhD Thesis, Purdue University, West Lafayette, IN, USA.
- Dobos, E. - Micheli, E. - Baumgardner, M. F. - Biehl, L. - Helt, T. (2000): Use of combined digital elevation model and satellite radiometric data for regional soil mapping. *Geoderma*. pp. 367-391.
- Dubayah, R., Rich, P. M. (1995): Topographic solar radiation models for GIS. *Int. J. Geographical Systems* 9 (4). 405. 419.
- Florinsky, I. - Kuryakova, G. (1998): Determination of grid size for digital terrain models in soil investigations. *Proceedings of the 16th World Congress of Soil Science*. Montpellier, France.
- Isaaks, E. H. - Srivastava, R. M. (1989): *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford Press, New York. 560. p.
- Kitka G., Farsang A., Barta K. (2006): Eróziómodellezés a vízgyűjtőmenedzsment szolgálatában. III. Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa. ISBN: 963-9545-12-0. Budapest, 2006. szeptember 6-7. (CD)
- Lerma García, J. L., Van Genechten, B., Heine, E., Santana Quintero, M. (2008): Theory and practice on Terrestrial Laser Scanning. *Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.*, Valencia, SPAIN. pp. 261.
- Li, F., Cohen, S., Naor, A., Shaozong, K., Erez, A. (2002): Studies of canopy structure and water use of apple trees on three rootstocks. *Agricultural Water Management* 55, pp.1-14.
- Moore, I. D. - Gallant, J. C. (1991): Overview of hydrologic and water quality modeling. In: Moore, I. D. (ed.) *Modeling the Fate of Chemicals in the Environment*. Canberra: Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University. pp. 1-8.
- Moore, I. D. - Gessler, P. E. - Nielsen, G. A. - Peterson, G. A. (1993): Soil attribute prediction using terrain analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57. pp. 443-452.
- Pavlopoulos, K., Evelpidou, N., Vassilopoulos, A. (2009): *Mapping Geomorphological Environments*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Pellegrini, J. G. (1995): *Terrain Shape Classification of Digital Elevation Models using Eigenvectors and Fourier Transforms*. UMI Dissertation Services.
- Pereira, A., Green, S., Villa Nova, N. (2006): Penman-Monteith reference evapotranspiration adapted to estimate irrigated tree transpiration. *Agricultural Water Management* 83, pp. 153-161.
- Rosell, J. R., Llorens, J., Sanz, R., Arnò, J., Ribes-Dasi, M., Masip, J., Escolà, A., Campc, F., Solanelles, F., Gràcia, F., Gil, E., Val, L., Planas, S., Palacín, J. (2009): Obtaining the



- three-dimensional structure of tree orchards from remote 2D terrestrial LIDAR scanning. *Agricultural and Forest Meteorology*, No. 149, pp. 1505–1515.
- Strahler, A. N. (1957): Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Am Geophys. Union Trans*, 38. (6). pp. 913-920.
- Tóth Cs. A., Pethe M. (2011): Geoinformatikai és geofizikai módszerek alkalmazása régészeti kutatásokban, *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában II. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás, Konferencia kiadvány*, pp. 319-326.
- Tsai, V. J. D. (1993): Delaunay Triangulations in TIN Creation: an Overview and a Linear-time Algorithm. *International journal of Geographic Information Systems*, 6. pp. 501-512.
- Wilson, J. P. - Gallant, J. C. (1998): Terrain-based approaches to environmental resource evaluation. In: Lane, S. N., Richards, K. S., Chandler, J. H. (eds.) *Landform Monitoring, Modelling and Analysis*. New York, Wiley. pp. 219-240.
- Yu, B., Liu, H., Wu, J., Lin, W. (2009): Investigating impacts of urban morphology on spatio-temporal variations of solar radiation with airborne LIDAR data and a solar flux model: a case study of downtown Houston. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 30, No. 17, pp. 4359–4385.
- Zeilhofer, P., Schwenk, L. M., Onga N. (2011): A GIS-approach for determining permanent riparian protection areas in Mato Grosso, central Brazil, *Applied Geography* 31. pp. 990-997.