

# Digitális domborzatmodellek használata tájrekonstrukció célra szigetvári és mohácsi területeken

Gyenzise Péter<sup>1</sup> – Bognár Zita<sup>2</sup> – Halmai Ákos<sup>3</sup> – Morva Tamás<sup>4</sup> – Simon Bertalan<sup>5</sup>

<sup>1</sup> egyetemi docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, gyenzise@gamma.ttk.pte.hu

<sup>2</sup> doktorandusz, PTE TTK Földtudományok Doktori Iskola, zita.bognar88@gmail.com

<sup>3</sup> tanársegéd, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, halmaia@gamma.ttk.pte.hu

<sup>4</sup> doktorandusz, PTE TTK Földtudományok Doktori Iskola, morvatamas@gmail.com

<sup>5</sup> doktorandusz, PTE TTK Földtudományok Doktori Iskola, asimonbertalan@gmail.com

**Abstract:** Az elmúlt öt évben két kutatási projekt keretében foglalkoztunk a Szigetvár és Mohács körüli területek múltbéli tájhasználatának vizsgálatával, rekonstruálásával. Az ezekhez tartozó geoinformatikai modellezések alapját különböző forrásból származó, különböző kiterjedésű és felbontású domborzati modellek adták. A Szigetvár körüli területek domborzatmodelljét felhasználtuk az Idrisi szoftver Land Change Modeller moduljában és segítségével modelleztük a terület XVI–XVII. századi felszínhasználati formáit. Megállapítottuk, hogy az erdők és legelők valószínűleg nagyobb, a szántók kisebb kiterjedésűek voltak. Valószínűsítjük, hogy a gazdálkodás mozaikosabb lehetett és a domb tetején fekvő egykori Turbék város környezetében több szántó és kevesebb szőlő lehetett, mint ma. Fotogrammetriával és LIDAR-ral előállított domborzatmodellek segítségével kimutattuk a Turbéki erőd körüli védelmi árok maradványát és évszázadok óta nem használt utak nyomvonalára bukkantunk.

## Bevezetés, célkitűzés

A PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézetének munkatársaiként évek óta részt veszünk olyan interdiszciplináris projektekben, amely a XVI. századi Magyar Királyság életében kiemelkedő jelentőségű eseményeket, pontosabban azok természeti környezeti viszonyait igyekeznek rekonstruálni. 2013 óta foglalkozunk Szigetvárral és környékével, 2017 óta Moháccsal és környékével (FODOR ET AL. 2016; PAP N. – KITANICS M. 2017). Mindkét helyszín nevezetes csatának adott helyet az 1500-as években és mostanában ünnepeltük/fogjuk ünnepelni ezek 450, illetve 500 éves évfordulóját.

1526. augusztus 29-én Mohács közelében zajlott le a mohácsi csata, ahol a II. Lajos magyar király, Tomori Pál kalocsai érsek és Szapolyai György szepesi gróf által vezetett kb. huszonezzer fős magyar és szövetséges hadak vereséget szenvedtek az I. Szulejmán és Paragli Ibrahim nagyvezír vezette kb. hatvanezer fős oszmán hadseregtől.

A másik esemény pedig Szigetvár 1566-os ostroma, amikor szintén I. Szulejmán oszmán szultán megostromolta a várat és legyőzte Zrínyi Miklós védő seregét. De a siker előtt, 1566. szeptember 6-ról 7-re virradó éjjel a szultán sátrában elhunyt. Belső szerveit a korabeli források alapján, a sátra helyén temették el, testét Isztambulba szállították. 1577-re Szulejmán szultán számára Szigetvár mellett türbét

emeltek, ami a XVII. század végéig állt, majd lerombolták. A romok helye feledésbe merült, de a környezetére vonatkozó néhány leírás megmaradt.

A történelmi események mélyebb értékelésével, valamint azok politikai, gazdasági, társadalmi kapcsolatrendszerével most nem szándékozunk foglalkozni. Azonban az utóbbi években célul tűztük ki, hogy a természetföldrajz és a geoinformatika eszközeivel megpróbáljuk elősegíteni a fenti események pontos térbeli lokalizációját, ugyanis 2015 előtt nem volt ismert az I. Szulejmán belső szerveit rejtő türbe helye, továbbá a mohácsi csata pontos lokalizációja még ma sem ismert.

Ezen környezeti rekonstrukciókhoz többek között a korábbi évszázadokban készült térképeket, valamint különböző domborzati modelleket használtunk fel. Jelen cikkben a kutatások során felhasznált domborzati modellek készítésével és azok felhasználásával kapcsolatos tapasztalatainkat, valamint a belőlük kapott eredményeket mutatjuk be.

## **Anyag és módszer**

Különböző térbeli léptékű vizsgálatainkhoz más-más felbontású domborzati modellt használtunk. Több tíz km<sup>2</sup>-es területek esetén elegendő volt 2–10 méter/pixel térbeli felbontású modell, viszont volt, amikor csak 2–3 hektáros terület részletes vizsgálatáról volt szó, akkor centiméteres térbeli felbontásra volt szükségünk.

A XVI–XVII. századi Szigetvár környéki táj (dél-zselici dombság) domborzati és növényzeti rekonstruálásához és más elemzésekhez az 1980-as évek végén készült 1:10.000-es méretarányú topográfiai térképek szelvényeit használtuk fel a szintvonalak digitalizálására. Egyes szelvényeken méterenként, másokon 2,5 méterenként követték egymást az alapszintvonalak, amelyek mindegyike digitalizálásra került Cartalinx szoftverben. A centiméterben megadott magasságértékekkel rendelkező szintvonalakat vektoros állományba exportáltuk, amelyet az Idrisi nevű programban használtunk föl. Itt először raszterizáltuk a vonalas elemekből felépülő réteget, majd interpolációval létrehoztuk a domborzatmodellt. A modellen 7x7-es átlagoló szűrőt futtattunk le. A modell térbeli felbontása 2 méter/pixel lett.

A mohácsi csata helyszínét magába foglaló Mohácsi-sík esetében már nem mi készítettük el a nagy terület domborzati modelljét, hanem megvásároltuk a Budapest Főváros Kormányhivatala Földmérési, Távérzékelési és Földhivatali Főosztályától. Ennek térbeli felbontása 5 méter/pixel. Ez az 1: 10 000-es méretarányú topográfiai térképek szintvonalrajzaiból készített, sztereofotogrammetriai kiértékeléssel javított domborzatmodell (INTERNET1).

A Szigetvár melletti turbéki szőlőhegyen beazonosítottuk Szulejmán turbéjének romjait és azóta is részletes vizsgálatok folynak ennek területén. Ebben a műveletben szintén nagy szerepe volt a domborzati modelleknek, de már sokkal jobb horizontális és vertikális pontosságra volt szükségünk. Ezeket fotogrammetriai és

LIDAR módszerrel készítették el megbízott partnereink.

2015. márciusában merevszárnyú drón-repülőgéppel készített felvételezést a Pazirik Kft., amiből 97 darab képet választottak ki feldolgozásra, amiből 4 cm/pixel felbontású ortofotó és digitális felszínmodell készült Photoscan szoftverrel (Pazirik Kft. 2015). A földi koordináták pontosítását ebben az esetben Topcon HiPer Pro RTK GPS-el végeztük el.

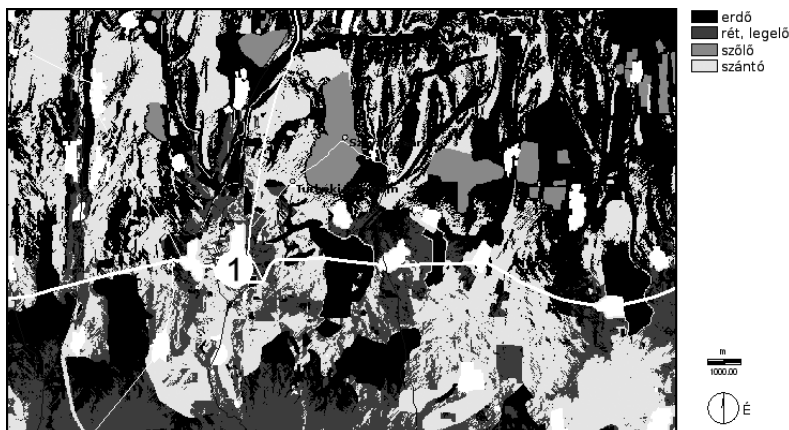
A szigetvári vártól északkeletre eső, a drónok képességeit felülmúlóan nagy kiterjedésű területre 2016. március 9-én a gyöngyösi Károly Róbert Főiskola Távérzékelési és Vidékfejlesztési Kutatóintézete (ma Eszterházy Károly Egyetem Gyöngyösi Károly Róbert Campus Távérzékelési és Vidékfejlesztési Kutatóintézete) munkatársai készítették el a LIDAR felvételezést a repülőgépre szerelt LEICA ALS-70HP lézerszkennel segítségével. A felmérésből 25,1 GB adat származott. A pontfelhő felbontása a felszínen négyzetméterenként átlagosan nyolc pont volt. Az állomány pontosságára jellemző, hogy a legkritikusabb koordináta, azaz az átlagos tengerszint feletti magasság maximális pontatlansága sehol sem haladja meg az 7 centimétert (GYENIZSE ET AL. 2016)

## **Eredmények**

### ***Felszínborítás domborzatmodellel segített rekonstrukciója***

Alapvető célunk az volt, hogy modellezzük a XVI–XVII. századi domborzati viszonyokat, vízrajzot és földhasználatot Szigetvár körül, hogy a Szulejmán szultán halálához, temetéséhez, sírjához kapcsolódó korabeli forrásokat még pontosabban tudjuk értelmezni.

A korabeli leírásokból kiderült, hogy az ostrom közben a szultán sátrát valószínűleg (legalább egyszer, de nem kizárt, hogy többször) áthelyezték, s a második helyen türbét emeltek a szultán halálát követően. A sátorozási helyszínek nem ismertek pontosan, de a sátor és a türbe természeti környezetére vonatkozóan több helyen szerepelnek információk. A levéltári források, a korabeli leírások tartalmazznak (különböző mélységű) utalásokat a vizsgált területen található tavakra, mocsarakra, erdőkre, legelőkre, szántóföldekre, szőlőre és gyümölcsös kertekre, de ezeket nem tudtuk kellő pontossággal térképekre vinni, mivel a dokumentumok nagy része nem adja meg ezek térbeli kiterjedését, nem közöl térképeket, és részletes leírásokkal sem szolgál. Ezért a GIS modellezés kínált megfelelő megoldást. A XVI–XVII. századi felszínhasználati térkép elkészítéséhez az Idrisi szoftver Land Change Modeller modulját használtuk. Ez a GIS modul két ismert, különböző időpontban készült térkép felszínhasználati formái alapján kiszámolta a felszínhasználat-változás irányát, illetve gyorsaságát, és ezt extrapolálja egy harmadik időpontra. Hangsúlyoznunk kell a „modellezés” szót, mivel az eredmény a betáplált adatoktól, illetve az alkalmazott matematikai modelltől függ. A bemenő adatok a domborzati modelltől levezetett meredekségi és kitettségi térképi rétegek, valamint a felszínborítási rétegek voltak.

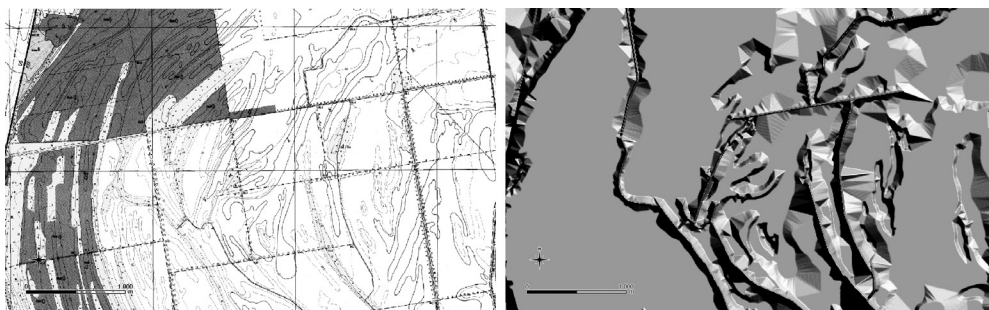


1. ábra A Land Change Modelerrel 1689-re számított fontosabb tájhasználati típusok (1=Szigetvár) (szerk.: Gyenizse P. – Bognár Z.)

Első lépésben kiszámoltuk az RUSLE modullal az elmúlt 450 év talajpusztulását. Arra az eredményre jutottunk, hogy a vizsgált területen alig található 6%-nál nagyobb meredekségű lejtő, továbbá a talajtípus is nagyon hasonló. Ebből kifolyólag bizonyossággal állíthatjuk, hogy a terület nagy részén az elmúlt 450 év alatt a kisebb (1–2%) meredekségű lejtőkön kb. 6 cm talajréteg mosódott le a csapadék hatására, míg a legmeredekebb (kb. 6%) lejtőkön ennek nagysága kb. 43 cm volt. Ezekkel az értékekkel módosítottuk a mai domborzatmodellt és elvileg megkaptuk a XVI. századi felszínt.

Fontos kutatási feladatunk volt a XVI–XVII. századra vonatkozó tájhasználati térkép elkészítése, amely segített térben elhelyezni a korabeli szövegekből kibontakozó területhasználati formákat. Utóbbiakat a Dél-Zselic első (1783–84, 1:28.800), második (1859, 1:28.800), harmadik (1880, 1:25.000), valamint 1950–1951-es katonai felmérési térképeiről (1:25.000) digitalizáltuk. A későbbi elemzésekhez az eredeti felbontást 20x20 méteres pixelméretre csökkentettük, így a kisebb térbeli hibákat sikerült kiküszöbölnünk.

A bevitt adatokat az Idrisi szoftver Land Change Modeler nevű moduljával dolgoztuk fel. A program számára elsősorban a természeti folyamatok modellezhetők, ezért a települések, kertek változásainak vizsgálatára nem került sor. A program úgy működik, hogy két különböző időpont tájhasználatát ábrázoló térképből következtet egy harmadik időpont felszínborítottságára. A rekonstrukcióhoz tehát el kellett készítenünk a kizárólag felszínborítottságot mutató GIS rétegeket. A modul ezután statisztikai kimutatást és térképet készített, amely megmutatta, hogy mely tájhasználati kategória milyen irányban és milyen mértékben változott a két ismert, különböző időpontban készült és összehasonlított térképen. Például azt is kiszámítottuk, hogy mely területek voltak azok, amelyeken a kiindulási térképeken még erdők voltak, de a másik időpontban készült térképen már szántóföldek vették át a helyüket. Ezen statisztikai számítások után még meg kellett adni a szoftvernek a terület talajvesztés-térképpel módosított domborzatmodelljét, a lejtőmeredekségi,



2. ábra Övzátany-sarlólapos területek, melyek a szintvonalas térképen látszanak (balra), de az árnyékolt domborzati modellen nem jelennek meg (jobbra) (szerk.: Gyenizse P.)

valamint a kitétségi viszonyokat tartalmazó GIS rétegeket, amely aztán ezeket is figyelembe vette a 16. és 17. századi területhasználat modellezésénél.

A Land Change Modelerrel egyrészt 1689-re, másrészt 1566-ra számítottuk ki a tájhasználatot. A digitalizált térképeket felhasználva három párosításban végeztünk rekonstrukciós számításokat. Közülük a legjobb megbízhatóságot az 1950–1951-es és az első katonai felmérés (1783–1784) területhasználati adataival értük el. A program a 130 hektárnál nagyobb méretű tájhasználati változásokat vette csak figyelembe. A szoftver visszajelzése alapján a táj rekonstruálása ebben az esetben 40,9%-os megbízhatóságú volt (1. ábra).

A modell segítségével megállapítható, hogy az erdőterületek kiterjedése nagyobb lehetett, elsősorban a vizsgált terület északi részén fekvő domboldalakon, az Almás-patak árterén, valamint a nedvesebb legelők területén.

A XVIII. századi állapothoz képest a legelők-kaszálók részesedése nagyobb, ezzel szemben a szántóké kisebb. A legelőterületek a patakok közelében és a közepesen magas térszíneken is nagy területeket foglalnak el.

A szántók területe a későbbi történelmi korokhoz képest jóval kisebb. A modellben a középmagasan fekvő legelők alatt és fölött húzódnak főleg, de meglehetősen tagoltan, keveredve azokkal. Az első katonai felmérés idejéhez képest több kisebb szántót ábrázol Szigetvárhoz közelebb.

A szőlőterületek határa bizonyul a maihoz leginkább hasonlóknak. A Turbéli-hegy területén szántókat jóval a modell a szőlőben, ami azt jelzi, hogy a belső részeken lehettek más használati formák is, ami egyébként megfigyelhető napjainkban is a dombsági szőlőterületeken (szántók, legelők, gyümölcsösök). Ez különösen fontos megállapítás, mert a történelmi források is utalnak a dombtetőhöz közeli, szőlőterületekkel és a türbével határos szántóföldekre (PAP ET AL. 2015).

Hasonló modellezést fogunk elvégezni a mohácsi-sík területére is. Ezen a területen azonban a kevésbé változatos domborzat miatt nem gondoljuk, hogy a kitétségek és meredekségeknek akkora szerepe lesz, mint Szigetvár esetében. Inkább a természeti viszonyokból (mikrodomborzat) adódóan a Duna vízszintje fölötti relatív magasság lesz a meghatározó várakozásaink szerint. Sajnos az már

első összehasonlítások után is látszik, hogy a Budapest Főváros Kormányhivatala Földmérési, Távérzékelési és Földhivatali Főosztályától vásárolt 5 méter/pixel terepi felbontású domborzati modell nem igazán jó a változatos mikrodomborzatú ártéri felszínnek vizsgálatára. A övzátonyok és sarlólapos területek szépen látszanak az 1:10.000-es topográfiai térképek szintvonalainak futásán, de az ugyanezen szintvonalakat használó domborzati modellen úgy látszik, hogy a fotogrammetriai felvételekkel történő javítás ezeket eltüntette (2. ábra).

### ***A szigetvári vár láthatóságának elemzése domborzatmodell segítségével***

A RUSLE modell eredményeivel korrigált domborzati modellt felhasználtuk beláthatósági vizsgálatokra is. Az Idrisi program Viewshed modulja alkalmas arra, hogy egy domborzatmodell birtokában kiszámítsuk a programmal, hogy egy pontból vagy területből nézve a terep mely pontjai láthatóak. Ez természetesen fordítva is igaz, azaz a terep azon pontjaiból látható a kijelölt pontunk. Esetünkben igen fontos volt meghatározni, hogy a török hadsereg irányítását végző szultán honnan figyelhette meg legjobban a hadmozdulatokat. Csak olyan helyen állhatott a sátra, ahonnan az egész várat (és nem csak annak csúcsát) meg tudta figyelni. Megállapítottuk, hogy a vár teljesen, vagy közel minden részletre kiterjedően látszik/látszott a vártól keletre fekvő kis temetődombról, valamint a szőlőhegy nyugati-délnyugati oldaláról (a turbéki templomtól és Turbékpusztáról), de nem látszódott az Almás-patak völgytalpának jelentős részéről (ahova a korábbi kutatók jelentős része gondolta a sátrat és a türbét) (GYENIZSE P. – BOGNÁR Z. 2014)

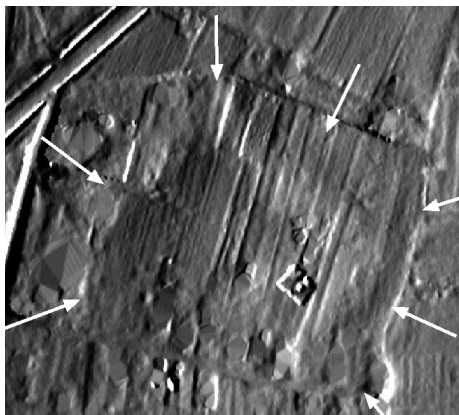
### ***A Turbéki erődítményt körülvevő árok maradványának kimutatása domborzatmodellből***

A 2015. márciusi Pazirik Kft. által készített digitális domborzatmodellt Gyenyizse Péter elemezte Idrisi, QGIS és Blender szoftverekkel. A feldolgozás során többek között kimutatta a turbéki rommezőt körbevevő árokrendszer északnyugati, északi és délkeleti oldalának nyomát (az árok déli része út- és házépítések miatt ma már megsemmisült). Térinformatikai módszerrel összevetette Esterházy Pál 1664-es rajzán szereplő falakat, árkot, illetve a geofizikai mérésekből származó térképeket a domborzatmodellből kimutatott árokrendszerrel. Ez az elemzés fontos bizonyítékot adott arra (még a régészeti feltárás előtt), hogy a vizsgált rommező nem más, mint Szulejmán szultán türbéje és az azt körülvevő, árokkal körülvett erődítmény (3. ábra).

Később a DGPS mérésekkel is megerősítésre került az egykori erődöt körbevevő árok megléte (tehát nem fotogrammetriai műtermékről van szó).

### ***Korábbi útvonalak meghatározása LIDAR felmérés domborzatmodelljének segítségével***

A 2016. március 9-i LIDAR felvételezés magában foglalta a szigetvári vár környezetét és a tőle keletre fekvő turbéki szőlőhegy nagy részét is. Ekkora területet



3. ábra Az egykori turbéki erődítményt körbevevő árokrendszer mára elsimult nyomai a domborzati modellen (szerk.: Gyenizse P.)

drónnal felmérni nagyon körülményes lett volna. A pontfelhőből kapott domborzati modell számos olyan (valószínűsíthetően) antropogén felszíninformát tárt fel a turbéki szőlőhegyen, amelyek a szintvonalas térképekről nem olvashatók le. Ilyenek a mai útvonalhálózattól jelentősen eltérő futású, a mai útvonalakhoz képest szélesebb bevágódást mutató egykori szőlőhegyi utak. Ezek korát nem tudjuk még megállapítani, azt sem tudjuk, hogy egyszerre keletkeztek, egy időben használták őket vagy sem. Többségük nem igazodik a mai domborzathoz és telekhatárokhoz. Valószínűleg tehát mesterséges formákkal állunk szemben. Ezek futásának és kereszteződéseinek részletesebb vizsgálata azért érdekes, mert segíthetnek megtalálni a Turbék erődje melletti polgári települést, ahol két-háromszáz ember is élhetett. Mind a domborzati modell vizsgálata, mind a terepbejárások még folynak, eredményeikről később adunk hírt.

### **Köszönetnyilvánítás**

A kutatásokat az alábbi projektek támogatták:

NKFIH K 116270 számú, Szigetvár és Turbék politikai, katonai és szakrális szerepe az oszmán-Habsburg nagyhatalmi vetélkedésben és a magyarországi török berendezkedésben – tények és emlékezet című projektje keretében.

MTA Kiválósági Együttműködési Program – Mohács 1526-2026 – Rekonstrukció és emlékezet.

### **Felhasznált irodalom**

FODOR P. – PAP N. – KITANICS M. (2016): Szulejmán szultán elveszett zarándokvárosa. *Rubicon*, XXVII(5–6), pp. 158–161.

GYENIZSE P. – BOGNÁR Z. (2014): Szigetvár és környéke 16–17. századi tájrekonstrukciója

kartográfiai és geoinformatikai módszerekkel. Mediterrán és Balkán Fórum, 7, pp. 73–90.

- GYENIZSE P. – BOGNÁR Z. – PAP N. – KITANICS M. – MORVA T. (2016): Egy dél-zselici mintaterület múltbéli területhasználatának modellezése geoinformatikai módszerekkel. In: FÜLEKY GY. (szerk.): A táj változásai a Kárpát-medencében. Tájgazdálkodás, tájtermelés; hungarikumok és helyi értékek a mezőgazdaság területén – történeti áttekintés. Gödöllő, Környezetkímélő Agrokémiáért Alapítvány, pp. 216–221.
- PAP N. – KITANICS M. (2017): Nagy Szulejmán szultán szigetvári türbéjének kutatása (1903–2016). In: Pap N. – Fodor P. (szerk.) Szulejmán szultán Szigetváron: A szigetvári kutatások 2013–2016 között. Pécs, PannonCastrum Kft., pp. 25–47.
- PAP N. – KITANICS M. – GYENIZSE P. – HAN CZ E. – BOGNÁR Z. – TÓTH T. – HÁMORI Z. (2015): Finding the tomb of Suleiman the Magnificent in Szigetvár, Hungary: historical, geophysical and archeological investigations. Erde, 146(4), pp. 289–303.
- PAZIRIK KFT. 2015: Remote sensing examination by drones. – Kutatási jelentés, megrendelő: GeoResearch Nonprofit Kft., 8 p. (mellékletekkel együtt)

### **Internetes források**

INTERNET1 – <http://www.ftf.bfkh.gov.hu/portal/index.php/termekeink/magassagi-adatok/domborzat>