

A HAGYOMÁNYOS TÁJHASZNÁLATHOZ KAPCSOLÓDÓ ANTROPOGÉN
GEOMORFOLÓGIAI FOLYAMATOK VIZSGÁLATA TOKAJ-HEGYALJA
TERÜLETÉN

Egyetemi doktori (PhD) értekezés

Incze József

Témavezető:

Dr. Novák Tibor József

DEBRECENI EGYETEM
Természettudományi Doktori Tanács
Földtudományok Doktori Iskola
Debrecen, 2017

Ezen értekezés a Debreceni Egyetem Természettudományi Doktori Tanács Földtudományok Doktori Iskola Tájvédelem és éghajlat programja keretében készítettem a Debreceni Egyetem természettudományi doktori (PhD) fokozat elnyerése céljából

Debrecen, 2017. június 20.

Incze József
a jelölt aláírása

Tanúsítom, hogy Incze József doktorjelölt 2012-2016 között a fent megnevezett Doktori Iskola Tájvédelmi és éghajlat programjának keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2017. június 20.

Dr. Novák Tibor József
a témavezető aláírása

**A hagyományos tájhasználathoz kapcsolódó antropogén
geomorfológiai folyamatok vizsgálata Tokaj-Hegyalja
területén**

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében a **Földtudományok**
tudományágban

Írta: **Incze József** okleveles geográfus

Készült a Debreceni Egyetem **Földtudományok** Doktori Iskolája (*Tájvédelmi és
éghajlat* Programja) keretében

Témavezető: Dr. Novák Tibor József

A doktori szigorlati bizottság:

elnök:	Dr. Dévai György	.....
tagok:	Dr. Horváth Gergely	.....
	Dr. Lóki József	.....

A doktori szigorlat időpontja: 2017. május 30.

Az értekezés bírálói:

Dr.	.....	.....
Dr.	.....	.....

A bírálóbizottság:

elnök:	Dr.	.....	.....
tagok:	Dr.	.....	.....
	Dr.	.....	.....
	Dr.	.....	.....
	Dr.	.....	.....

Az értekezés védésének időpontja:

TARTALOMJEGYZÉK

1	Bevezetés	1
2	Célkitűzések	2
3	Irodalmi áttekintés	3
3.1	Antropogén geomorfológia tárgya	3
3.1.1	Az antropogén felszínformálás története Tokaj-Hegyalján.....	5
3.2	A mintaterület bemutatása	6
3.2.1	Természetföldrajzi adottságok.....	7
3.3	A hagyományos tájhasználatához kapcsolódó vizsgált antropogén felszínformák Tokaj-Hegyalján	15
3.3.1	Támfalas szőlőteraszok	16
3.3.2	Eróziós árkok, löszmélyutak	18
3.3.3	Bányaüregek, meddőhányók	20
4	Anyag és módszer	22
4.1	Kutatási módszerek	22
4.1.1	Felszínborítási adatok elemzése	22
4.1.2	Támfalas teraszok térképezése	24
4.1.3	Talajszelvények feltárása, mintázása és WRB szerinti besorolása.....	26
4.1.4	Exkavációs formák térképezése, valamint anyagvesztésének meghatározása	29
4.1.5	Logisztikus regresszió alkalmazása GIS környezetben	30
5	Eredmények	33
5.1	Szőlőterületek térbeli és időbeli változásainak vizsgálata.....	33
5.1.1	A vizsgált időszakok során felhagyott és újonnan betelepített szőlőparcellák területváltozásai	36
5.1.2	A vizsgált időszakok során felhagyott szőlőterületek topográfiai tényezőkön alapuló rekonstrukciója logisztikus regresszió segítségével	37
5.1.3	Szőlőterületek változásai lejtőkategória szerint	38
5.1.4	Szőlőterületek változásai lejtőkitettség szerint	40
5.1.5	Szőlőterületek változásai tengerszint feletti magasság szerint	41
5.2	Támfalas szőlőteraszok vizsgálata	44
5.2.1	Szőlőteraszok területi megoszlása	44
5.2.2	Támfalas szőlőteraszok felhagyásának vizsgálata	46

5.2.3	Teraszozott lejtők és a támfalak geomorfológiai sajátosságai	46
5.2.4	Felhagyott szőlőteraszok támfalainak állapota	53
5.2.5	Támfalak hatása a felszíni lefolyásra.....	55
5.2.6	Szőlőparlagok talajtani viszonyai	56
5.2.7	Támfalak építésének tipizálása litológiai bázisuk alapján	69
5.3	Eróziós árkok és löszmélyutak Tokaj-Hegyalján.....	72
5.3.1	LiDAR adatokból származtatott felszínmodell pontosságának terepi ellenőrzése az eróziós árkok és löszmélyutak vizsgálatában	72
5.3.2	Eróziós árkok és löszmélyutak főbb geomorfológiai jellemzői	75
5.3.3	Tokaj-Hegyalja erózióveszélyeztetettségi térképezése eróziós árkok és löszmélyutak vizsgálatával.....	86
5.4	Bányászattal kapcsolatos felszínformák területi megoszlása és a megmozgatott anyagmennyiség meghatározása	89
6	Diszkusszió	94
6.1	A szőlőterületek változásainak és felhagyási folyamatainak mozgató rugói 94	
6.2	Támfalás szőlőteraszok geomorfológiai sajátosságai és a művelés felhagyásának következményei	95
6.3	Szőlőparlagok talajtani viszonyai	97
6.4	Eróziós árkok és löszmélyutak jellemvonásai	98
6.5	Bányászattal kapcsolatos felszínformák	100
6.6	Antropogén geomorfológiai átalakítottság mértéke.....	101
6.6.1	Természetes, közel természetes és természet közeli geomorfológiai folyamatok	101
6.6.2	Antropogén geomorfológiai folyamatok	102
7	Összefoglalás	105
8	Summary.....	112
	Irodalomjegyzék	119
	Köszönetnyilvánítás	138
	A szerző legfontosabb publikációi	139

1 Bevezetés

A társadalomnak, a természeti környezetre gyakorolt fokozódó hatása együtt járt az emberi civilizáció fejlődésével. Ahogy azonban nőttek az igények, a társadalom mindinkább kizsákmányolta környezetét (Szabó, 2006). Manapság már kijelenthető, hogy az ember felszínformáló tényezővé lépett elő és a hosszabb ideje intenzíven használt területeken hatékonyabb lehet, mint a természeti folyamatok (Gouide, 1995). Ennek eredményeképp a társadalomnak egyre többször kell szembenéznie az általa előidézett kedvezőtlen hatások következményeivel.

A tájhasználat, amely magába foglalja a mezőgazdasági művelést és annak különféle művelési módszereit, jelentős változásokat okozott és okoz jelenleg is a környezetünkben. A mezőgazdálkodás során számos természeti tényezőt módosítunk a megfelelő cél elérése érdekében, amelyek komoly környezeti problémákat vonnak maguk után (pl.: talajdegradáció).

A mezőgazdálkodáson belül egyik legjelentősebb felszínalakítással járó tevékenység a szőlőművelés, hiszen a szőlőparcellák meredek, hosszú és gyér növényzettel borított lejtőin egy-egy heves nyári zápor, vagy télen a gyorsan elolvadó hó talajerózióhoz vezethet. Főként, ha az olyan antropogén eredetű tényezőket is hozzáteszünk, mint a nem megfelelő talajművelés vagy vízelvezetés hiánya, akkor nem kétséges, hogy mindezek jelentősen hozzájárulnak az értékes feltalaj lemosódásához (Kerényi, 1991). A szőlőművelés Magyarországon több ezer éves múltra tekint vissza és az ország kulturális örökségének részét képezi (Nyizsalovszki és Fórián, 2007, Frisnyák és Gál, 2012).

Tokaj-Hegyalja borvidék 2002-ben felkerült az UNESCO világörökségi listájára kultúrtáj kategóriában, az ember és a természet kölcsönös egymásra hatásának eredményeként (Frisnyák és Gál 2012). Ennek az örökségének az értelmében a táj természeti és antropogén elemeit együttesen tartják védendő értéknek. A kultúrtáj a történelmi idők során kialakult szerkezeti és működési kapcsolatok eredményeképp jött létre és a természeti táj ezáltal nyerte el egyedi, kultúra által is formált képét (Antrop, 2000). A természeti környezet és az arra ható emberi tevékenység alapvetően meghatározzák a kultúrtájak jellegzetességeit, melyek jól visszatükröződnek a vidéki régiók tradicionális értékeiben (Antrop, 2004, 2005). Ugyanakkor az utóbbi évszázadban olyan mértékű és sebességű antropogén hatásra bekövetkező változások mentek végbe, amelyek veszélybe sodorták a tradicionális tájak létét, fennmaradását (Kozak, 2008) és azok évszázadok óta tartó hagyományos művelési módját (Antrop, 1997; Austad, 2000; Sallay et al. 2012). Nincs képünk arról, hogy ez pontosan mekkora területet érint, és milyen folyamatokat von maga után.

Ennek tükrében fontosnak tartom, hogy az évezredes múltra visszatekintő, világörökségi rangú szőlőművelési hagyományokkal rendelkező Tokaj-Hegyalja borvidéken az ehhez a tevékenységhez kapcsolódó antropogén felszínformálás mértékét, jelentőségét, tájelemekre, tájértékekre gyakorolt hatását, és az általa létrehozott geomorfológiai értékek állapotát meghatározzam és számszerűsítsem.

2 Célkitűzések

Dolgozatom célja meghatározni Tokaj-Hegyalja hagyományos tájhasználatához kötődő geomorfológiai folyamatokat, valamint az antropogén hatásra kialakult formák térbeli sajátosságait és időbeli változásait. Munkámban a következő konkrét kérdésekre kerestem a választ:

- Hogyan változott a megművelt szőlőparcellák területe, illetve milyen volt a felhagyott és újonnan betelepített területek átlagos üteme az elmúlt közel 230 év során?
- Rekonstruálhatóak-e a vizsgált időszakok során felhagyott szőlőterületek pusztán topográfiai tényezők figyelembevételével?
- Mekkora a kiterjedése a kőtámfallal megtámasztott, épített szőlőteraszoknak? Mikor hagyták fel azokat, milyen tényezők lehettek döntőek a teraszozott területek felhagyásában?
- Melyek a teraszozott lejtők és szárazon rakott kőfalak legfontosabb geomorfológiai sajátosságai és milyen állapotban vannak az egykori szőlőteraszok, mint világörökség részét képező kultúrtörténeti értékek?
- Milyen hasonlóságokat és különbségeket találunk a teraszozott és teraszozástól mentes szőlőparlagok talajtani tulajdonságai között?
- Milyen mértékben határozzák meg a támfalak létesítését, illetve építésének módját a litológiai adottságok?
- Mekkora a területi kiterjedése az eróziós árkoknak és löszmélyutaknak? Milyen geomorfológiai tulajdonságokkal rendelkeznek és mekkorára becsülhető az ezekből kierodált anyag mennyisége?
- Melyek az eróziós árkokkal leginkább veszélyeztetett területek és települések?
- Mekkora területeket érint a külszíni bányászat, hogyan változott a kőfejtők területe 1940-es éveket követően és ehhez mekkora megmozgatott anyagmennyiség társult?
- A dolgozatom végén pedig arra keresem a választ, hogy az ember által felgyorsított illetve megmozgatott, valamint a természetes folyamatok során áthalmozódott anyagmennyiség aránya alapján kifejezhető-e az antropogén átalakítottság mértéke a mintaterületen.

3 Irodalmi áttekintés

3.1 Antropogén geomorfológia tárgya

Az antropogén geomorfológia elsődlegesen a társadalom működése során kialakított felszíni formákat tanulmányozza, ugyanakkor a vizsgálati körébe nemcsak a létrehozott formák, hanem az általuk előidézett változások és ezek következményeinek elemzése, valamint a kialakult káros hatások elhárítására szolgáló javaslatok kifejtése is beletartozik (Szabó, 2006).

Az emberi társadalom (amelynek történelmét az első települések létrejöttétől számítjuk) az elmúlt közel 10000 év során egyre hangsúlyosabban alakítja közvetlenül vagy közvetve a környezetét (Kerényi 2006a). Ezen folyamatok feltárására, megismerésére szolgáló elsődleges tudományos kutatások már az 19. század közepén megjelentek (Marsh, 1864; Reclus, 1871), amely során megvizsgálták, hogy az emberi behatások, hogyan módosítják, változtatják meg az egyes környezeti rendszereket. A 20. század elején Sherlock (1922, 1931) tovább nyomtatékosítja a téma aktualitását és a kutatás fontosságát. Ennek ellenére az antropogén geomorfológiai kutatások nem váltak népszerűvé egészen az 1960-as évekig, amikor Spencer és Halle (1961) elsőként végezte el az antropogén hatások rendszerezését. Watters (1960) átfogó munkát közölt a változó földművelés természetéről és jellemzőiről, amelyben számos háttértenyezőt megkülönböztet, mint például a terület természeti vagy kulturális jellegzetességeit. Eközben Karan és Jenkins (1961) a légifelvétel technikájával készítették területhasználati térképeket. Ahmed (1961) a vidéki népesség megoszlását vizsgálta a környezet eltartóképességének tükrében, míg Rasmussen (1960), valamint Reksohadiprodo és Hadisaputro (1960) a népességnövekedés hatását és ezáltal a mezőgazdasági területek kiterjesztésének lehetőségét elemezte. Az 1980-as évek elején megjelent Nir (1983) nagy hatású munkája, amely alapvető változásokat hozott a tudományág kutatásában.

Spencer és Halle (1961) munkáját később többen is továbbgondolták és módosították (Goudie 1995, 2005; Erdösi 1987; Haigh 1978; Szabó 1993), amelynek hatására kialakult az antropogén felszínformák rendszerezése.

Az ember felszínalakító tevékenységét csoportosíthatjuk aszerint, hogy az közvetlenül (tudatosan) vagy közvetve (nem szándékosan) hat-e a felszínre. A közvetlen és közvetett hatásokat Spencer és Halle (1961) tovább csoportosította a következők szerint:

- azokat a folyamatokat, amelyek a felszínen mindig negatív formákkal, anyagihiánnyal járnak a kimélyítő vagy exkaváció csoportjába sorolták,
- ahol az emberi tevékenység pozitív, akkumulációs formákat alakított ki, ott épített vagy konstruktív kategóriáról beszélünk,
- a harmadik formacsoport az elegyengetéses vagy planációs felszín, amely során főként a felszín egyenetlenségeit, vagy meredekségét csökkentik (Szabó 1993).

A közvetlen és közvetett hatásokat tovább csoportosíthatjuk. A közvetlen hatásokat aszerint lehet tovább tagolni, hogy a forma, ami kialakult az a tevékenység célja-e, vagy annak csak mellékterméke (Szabó 1993). Ezek alapján beszélhetünk:

- elsődleges (pl.: a szőlőteraszok, amelyek esetében a lejtő meredekségének csökkentése miatt módosítják a felszínt, ezáltal a létrejött forma a tevékenység fő célja), illetve

- másodlagos (pl.: meddőhányók, ami a fel nem használt anyagok deponálására szolgál) formákról (Szabó 1993).

A közvetett formákon belül az egyik nagy csoportot azok a folyamatok adják, amelyek az emberi beavatkozások nélkül nem alakultak volna ki (pl. a meddőhányók lejtőjén kialakuló eróziós formák). Ezeket az új folyamatokat, formákat Szabó (2006) szerint kvalitatív vagy Erdősi (1987) alapján szemiantropogén jellegűnek nevezzük. A közvetett hatások másik csoportja kvantitatív (mennyiségi) jellegű vagy Erdős (1987) alapján természeti-antropogén változások, amelyek során egy már meglévő folyamatot erősítenek tovább, így nem alakul ki új forma vagy folyamat.

A természeti környezetre gyakorolt emberi hatás mértékét kifejezhetjük az úgynevezett hemeróbiaszint megadásával (Csorba, 1997). A hemeróbia fogalmát Jalas (1955) használta először, a növényzet és a talajtulajdonságok változását alapul véve. Az általa kidolgozott hat kategóriát Bastian és Schreiber (1994) fejlesztette tovább, míg Haber (1985) egyszerűsítette azokat.

Az antropogén hatásokat vizsgálhatjuk az aktivitás jellege szerint is, amelyek alapján megkülönböztetünk mezőgazdasági (agrogén), bányászati (montanogén), vízgazdálkodási, ipari (indusztrógén), települési (urbanogén), közlekedési, hadviselési, turisztikai és sportolási tevékenységi területeket (Szabó, 2006; Howard, 2017).

A hazai szakirodalomban az 1920-as években jelent meg az ember környezetalakító hatásának vizsgálata (Cholnoky, 1922), azonban a világ többi részéhez hasonlóan, nálunk sem vált népszerűvé ez a kutatási terület, egészen az 1960-as évekig.

A mezőgazdaság felszínalakító tevékenysége a növénytermesztés, állattenyésztés és erdőgazdálkodás során kialakuló folyamatokat és felszínformákat foglalja magába. A szántóföldi művelés az ember egyik legrégebbi felszínformáló tevékenysége, amely főként az elegyengetésre irányul (Erdősi, 1987; Lóki, 2006; Lóki et al., 2013). Erről hazánkban az elsők között Pataki (1960, 1961) számolt be, aki kiemeli a szőlőtermesztés nagytáblás, gépesített rendszerének, talajerózióra gyakorolt kedvezőtlen hatásait. A szőlőterületeken fellépő talajerózió vizsgálatával számos más hazai kutató is foglalkoztatott (Boros, 1977; Kerényi, 1991, 1994; Pinczés, 1968; Pinczés és Boros, 1967; Zámbó, 1971). A szőlőtermesztéshez kapcsolódó teraszozásra és a művelés során kialakult eróziós árkokra, valamint löszmélyutakra később részletesebben kitérek. A nagyparcellás szántóföldi művelés nem csak a lefolyó víz hatását erősítheti fel, hanem a szél felszínalakító tevékenységét is (Lóki, 2006), ami főleg futóhomok területeken jelent nagy problémát (Négyesi, 2009; Négyesi et al. 2012).

A gyepek és legelőterületek fejlődésébe már évszázadok óta beavatkozik az ember, annak érdekében, hogy a lehető legtöbb fűhozamot elérhesse (Tóth, 2006). A területek túllegeltetése (Kiss et al. 2006), valamint az állatok taposó hatása lehetővé teszik az eróziós folyamatok fokozódását. Különleges formája a legeltetett

területek eróziójának a szikes talajon fellépő szikpadkák hátrálása (Novák és Tóth 2016; Tóth 2003).

Az erdőgazdálkodás esetében a lejtős területeken (Ilyés, 1998; Karancsi, 2006) és a futóhomok területeken (Kiss et al., 2008) a tarvágás okoz komoly problémát, mivel a hirtelen megszűnő növényborítás elősegíti az erózió felgyorsulását.

A vízgazdálkodási beavatkozások közül a folyószabályozások (Kiss et al. 2008; Salamin, 1966), valamint az árvízveszély (Lóczy et al. 2009; Szlávik, 2000) kérdésköre kiemelhető.

A mesterséges felszínek (települések, ipari területek, közlekedési pályák, bányák) és ezek domborzatmódosító hatásai összetett folyamatok eredményeképpen alakultak ki, ahol a pozitív, negatív formák és a planáció egyaránt megjelenik (Csimá, 2006; Dávid et al. 2006; Erdősi, 1969; Lóczy és Sütő, 2011; 1969; Molnár, 2006; Rózsa, 2004).

Az antropogén geomorfológiai vizsgálatok mostanra a földrajzi kutatások egyik fontos irányzatává váltak, ezért is lényegesek azok a kutatások, amelyek az antropogén hatások számszerűsítésével, módszerek és viszonyszámok megalkotásával foglalkoznak (Novák et al., 2013; Rózsa, 2006; 2007; Rózsa és Novák, 2011a, b; Sütő et al., 2014).

3.1.1 Az antropogén felszínformálás története Tokaj-Hegyalján

Tokaj-Hegyalja területe már a népvándorlás előtti időkben is lakott volt (Gábor, 1984; Balassa, 1991). A feltárások során előkerült kőeszközök és lakóépületek arra utaltak, hogy a kor emberének kedvező feltételek uralkodtak a letelepedéshez, úgy, mint a folyóvíz közelsége, vadászatra alkalmas erdők és az ehhez szükséges kövek (Balassa, 1991).

A szőlőtermesztés és bortermelés évezredek múlta tekint vissza Tokaj-Hegyalján, ahol már a kelták idejéből is maradtak ránk szőlőműveléssel kapcsolatos emlékek (Feyér, 1981, Mosoni, 1999). A magyarok tovább folytatták a szőlőművelést, ami a 11. századtól kezdve vált fontos gazdasági és kereskedelmi tényezővé (Nyizsalovszki és Fórián, 2007). A honfoglaló magyarok sírhelyei bizonyítják, hogy a Bodrogtóközben hosszabb időre is megtelepedtek őseink. Az itt maradt népesség túlnyomó többsége a kabarok és fekete magyarok táboraiból került ki (Györffy, 1984).

A 15-16. században hazánkba érkező külföldi telepések magukkal hozták a modern szőlészeti tudományát, mint például a teraszozás technikáját (Anonymus, 1714), amivel sikerült az ország szőlőtermesztését fellendíteni (Nyizsalovszki és Fórián, 2007). Az innovációnak köszönhetően a területhasználat vertikális zónákba rendeződött (Frisnyák, 2000a,b). A legfelső zónában maradtak fenn az erdők, amelyek alsó határa 300-350 m-nél kezdődött. Az erdők alatt foglaltak helyet a szőlőterületek, míg az akkumulációs, hegylábi térszínekre korlátozódtak a szántók. Az alluviális síkságokat legelők és rétek formájában hasznosították (Frisnyák, 2000b). A szőlőműveléshez kapcsolódó antropogén tájelemek, mint a teraszok, obalák, pincék vagy présházak egyedi és elválaszthatatlan részévé váltak a területnek. 1737-ben Tokaj-Hegyalját a világon elsőként zárt borvidékké

nyilvánították, hogy megőrizték a területre egyedülállóan jellemző bor karakterét (Nyizsalovszki és Fórián, 2007).

A borvidék hanyatlása a 18. század második felében kezdődött, de a legdrámaibb visszaesés a 1885 és 1901 között bekövetkező filoxéra (gyökértetű) vész eredményezte, ami Hegyalján közel 90%-át elpusztította a szőlőknek (Balassa, 1975, 1991, Boros, 1996). A második világháborút követően a bevételek növelése céljából átalakították a termelési szerkezetet, ami a gépi művelés számára könnyebben megközelíthető területek (alacsonyabb, kisebb lejtésű hegyláb térszínek) művelésének kezdetét jelentette (Boros, 2008; Szilassi, 2000, 2003). A változások eredményeként a tradicionális területhasználati övezetesség felbomlott (Frisnyák és Gál 2012). A felhagyások következtében másodlagos szukcesszió indult meg az egykori szőlőterületeken (Sendtko 1997, 1999) és a kezelés hiányában megindult a szőlőteraszok, támfalak összeomlása is (Novák és Incze 2012, 2014, Incze és Novák 2012, 2013, 2016).

A minőségi szőlőtermesztés egyik alapvető feltétele a kedvező kitettségű és meredekségű lejtők művelése. A meredek hegyoldalakon talajvédelmi beavatkozásokra volt szükség, hogy megóvják az értékes, humuszban gazdag feltalajt a lemosódástól. Ott azonban, ahol nem védekeztek megfelelően a talaj lepusztulása ellen, az areális és a lineáris erózió különféle formái jelentek meg (Pinczés és Boros, 1967, Kerényi és Hodosné, 1990, Kerényi 1991, Boros, 2003, Kerényi, 2006b). Kerényi (1991, 2006b) 13-15°-os lejtőmeredekségű parcellákon feljegyzett mérései alapján, a csepp és lepelerózió (együttesen iniciális erózió) értéke elérte a 10,42 t ha⁻¹-t, míg a barázdás erózió értéke meghaladta a 30 t ha⁻¹ értéket. Az eróziós árkok anyagvesztesége 8,13 t ha⁻¹év⁻¹-nek adódott, ahol az árkok kialakulásának időtartamát 100 évben határozták meg (Kerényi, 2006b).

A Tokaj-hegyaljai antropogén felszínformálás történetében szót kell ejteni a külszíni bányászatról, amely már a 14. századtól megfigyelhető a területen (Izsó, 2011). A Sátoraljaújhelyhez tartozó Rudabányácskán, valamint Tolcsva településén már a középkorban is bányásztak aranyat és ezüstöt. Mádon, Szerencsen vagy Sárospatakon a 15. századtól megfigyelhető a malomkő bányászat. Ez utóbbi esetében a Megyer-hegyi malomkőbánya országos hírnévre tett szert (Izsó, 2011). A tokaji Lebujszárd mellett perlites kőfejtőről 1797-ben külföldi írásokban is megemlékeztek (Townson, 1797). A 27 település mindegyikén volt kisebb nagyobb bányászat, amelynek célja elsősorban helyben felhasználásra kerülő építőanyag, főként riolit és andezit kitermelése volt. Ezekon kívül érdemes még megemlíteni a monoki és rátkai kaolin, az erdőbényei kovaföld, valamint a bekecsi agyag és káli tufa bányászatot (Izsó, 2011). Mára a bányák jelentős részét bezárták és csak csekély számban üzemelnek Tokaj-Hegyalja területén.

3.2 A mintaterület bemutatása

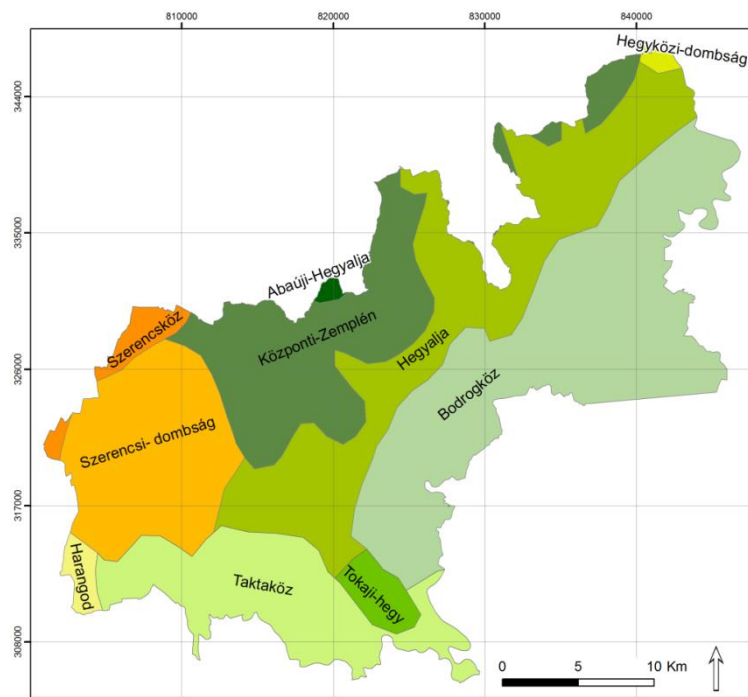
Tokaj-Hegyalján a szőlőtermesztés területe tradicionálisan a Zempléni-hegység déli, délkeleti felén húzódik, az abaújszántói Sátor-hegy és a sátoraljaújhelyi Sátor hegy között, déli határát a tokaji Nagy-hegy jelöli ki (Balassa, 1991).

A kutatásom tárgyát az antropogén geomorfológiai folyamatok vizsgálata jelenti, amelyben a társadalom felszinformáló és felszínmódosító hatását tanulmányozom. Emiatt vizsgálataimban nem természetes határok által közrefogott mintaterületet választottam, hanem Tokaj-Hegyalja borvidék jelenlegi közigazgatási egységét tekintem a kutatásom mintaterületének, amely több, szomszédos természetföldrajzi kistájra kiterjed, de a szőlőművelés hagyományok tekintetében egységes területként kezelhető.

3.2.1 Természetföldrajzi adottságok

3.2.1.1 Természetföldrajzi tájbeosztás

Tokaj-Hegyalja a kistáj kataszterben meghatározott Hegyalja kistajtól tágabban értelmezett terület. Frisnyák (1993) szerint már a 17-18. századtól kezdve sajátos természeti, társadalmi, gazdasági és területhasználati egységet alkot, amelynek határait a szőlő és bortermelésre legalkalmasabb településekből jelölték ki. Dövényi (2010) alapján a következő kistájak találhatók a mintaterületen: Abaúji-Hegyalja, Bodrogköz, Harangod, Hegyalja, Hegyközi-dombság, Központi-Zemplén, Szerencsi-dombság, Szerencsköz, Taktaköz és a Tokaji-hegy (1. ábra).



1. ábra: Természetföldrajzi kistájak a Tokaj-Hegyaljához tartozó települések közigazgatási határain belül (Dövényi, 2010, Luda és Váradi, 2016 alapján)

3.2.1.2 Földtan

A Tokaji-hegység földtani vizsgálataival számos kutató foglalkozott az elmúlt évszázadok során. Ezek közül az egyik első Townson (1797), aki részletes minerológiai felméréseket végzett a területen. A magyar kutatók közül kiemelkedik

Szabó (1867) munkája, amelyben felismeri a hegység vulkáni szerkezetét (Zelenka et al. 2012). A hegység modern geológiai térképezése Gyarmati (1977), a vulkanológiai térképezése Zelenka (2000), Zelenka et al. (2007), Szepesi (2009), míg a földtani térképezése Kozák et al. (1980), Kozák és Rózsa (1982), Rózsa és Kozák (1982) nevéhez fűződik.

Tokaj-Hegyalja felszíni geológiai képződményeinek fő tömegét harmadidőszaki (miocén) vulkanitok (andezit, dacit, riolit és ezek tufái) adják (Pantó, 1966a, b), amelyeket a völgyekben, illetve a hegységperemi részeken helyenként negyedidőszaki képződmények borítanak (Pinczés, 1969, Pinczés et al., 1993). A legnagyobb kiterjedésben riolit ártufa és savanyú piroxéndandezit fordul elő a mintaterületen.

A bádeni emelet kezdetére tehető a Tokaji-hegység rétegvulkáni komplexumának kialakulása egy ÉÉK-DDNy irányú tektonikus süllyedésben (Szepesi, 2009). A vulkanitok felszíni megjelenését aljzati törések, valamint az azokra csaknem merőleges, részben ismétlődő és részben átfedő kompressziók jelölték ki (Kozák et al., 2001). A vulkanizmus egyediségét az andezites és riolitos termékek arányaiban csaknem megegyező előfordulás adja (Szepesi, 2009). Gyarmati és Szepesi (2007) alapján, túlnyomóan andezites összetételű a Hernáddal párhuzamosan futó Tokaj-Abaújszántó, valamint a Tolcsva-Gönc vonal, míg döntően riolitos a Szamossal párhuzamos, a Sátoraljaújhely-Felsőregmec, a Telkibánya-Makkoshotyka és a Hernáddal párhuzamosan futó Gönc-Abaújszántó vonal.

Tokaj-Hegyalja felszíni geológiai képződményei között harmadidőszakinál idősebbek nem fordulnak elő. Gyalog (2005) munkája alapján a felszíni képződmények az alábbi formációkba és tagozatokba sorolhatók (2. ábra).

A középső miocén üledékes képződmények közül a Szilágyi Agyagmárga Formáció egy sekélytengeri, sötét foraminiferás agyagmárga emelhető ki, amely csak Sátoraljaújhely és Makkoshotyka környékén bukkan felszínre. A Sajóvölgyi Formációba tartozik a tarka, mészcsomás agyagból felépülő Hernádvölgyi Agyag Tagozat, amely Tokaj-Hegyalján csak Abaújszántó határában található a felszínen. Az Erdőbényei Formáció helyenként erősen agyagásványosodott része (bentonit, kaolin) fontos bányászati célpont. A formáción belül a kovaföldet, diatomás tufitot a Ligetmajori Kovaföld, a kvarcitélét a Rátkai Kvarcit Tagozatban különítik el. A Kozárdi Formáció változatos kifejlődésű, sekélytengeri vagy partközeli, csökkent sósvízi törmelékes–meszes sorozat, amely Tállya, Abaújszántó, Erdőbénye határában található a felszínen.

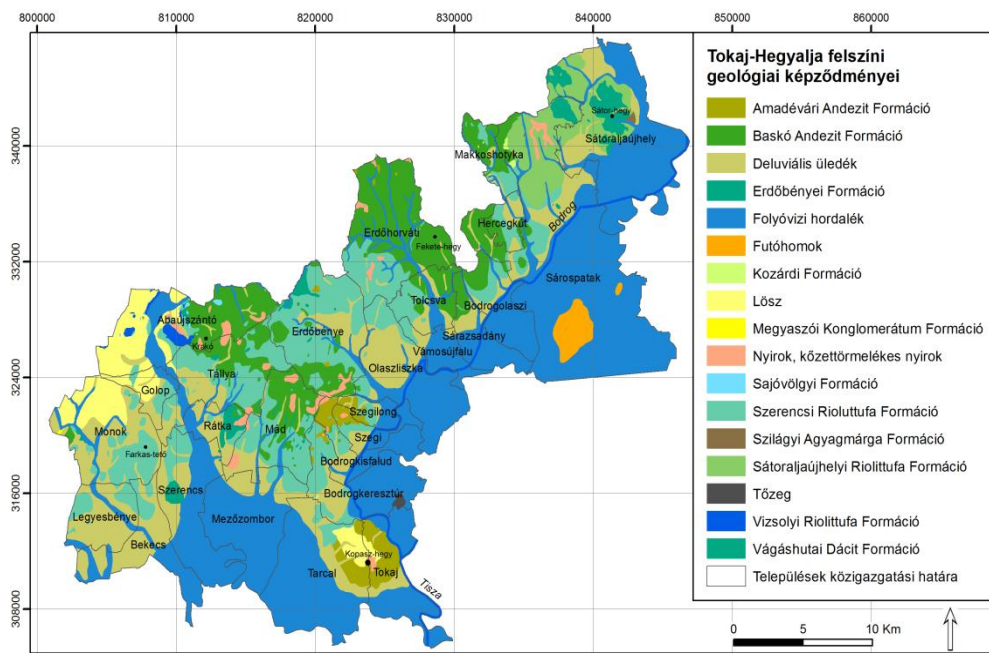
Tokaj-Hegyalja hegységi, dombsági területeinek fő tömegét a középső miocén vulkáni képződmények teszik ki, amelyek kifejlődésük alapján számos formációba sorolhatók. A savanyú piroklasztikumok különféle változataiból felépülő Sátoraljaújhelyi Riolit tufa Formáció zeolitost tartalmazó típusát a Mikóházi Riolit tufa Tagozatba, az áthalmazott tufa - tufit típusát a Makkoshotyкаи Riolit tufa Tagozatba, míg a perlites, riolit benyomulásokat tartalmazó típusát a Végárdói Riolit Tagozatba sorolják. A főként szubvulkáni kifejlődésű Vágáshutai Dácit Formáció piroxén-amfiboldácit, amfiboldácit építi fel, kálimeszomatizált változata a Szávahegyi Tagozat. A szarmata korszak kezdetét regresszió, a bádeni

tenger kiszélesedése és lagúnarendszerek kialakulása jellemezte, ugyanakkor a felszínformálást továbbra is a riolitos majd az andezites vulkánosság határozta meg, amelynek legnagyobb területén a Szerencsi Riolittufa Formáció terejedt el (Zelenka, 1964; Gyarmati, 1977; Gyarmati és Szepesi, 2007). A legnagyobb tömegben jelentkező piroklasztikum árákat a Füzérkomlói Tagozatba, összesült változatait az Erdőhorváti Tagozatba, a hullott változatokat az Abaujszántói Tagozatba, az áthalmazott változatokat a Kékedi Tagozatba, a riolitdómokat, lávaárákat a Kishutai Riolit Tagozatba, a perlites, obszidiános változatokat a Pálházi Tagozatba sorolják.

A Mogyoróska–Regéc–Baskó térségében nagyméretű vulkáni központ alakult ki, amelynek fő tömegét a Baskói Andezit Formáció savanyú piroxénandezitje adja, és ahol a vulkánosság már nagyobb részben a tengerszint felett zajlott (Gyarmati és Szepesi, 2007).

Tokaj-Hegyalján a felső miocén vulkanitok csak kis területen bukkannak a felszínre. A Vizsolyi Riolittufa Formációt többnyire riolit lavinatufa, hullott és áthalmazott riolittufa és tufit alkotja, melynek horzsaköves riolit és perlites típusa a Sulyomtetői Riolit Tagozatba tartozik. A savanyú piroxénandezitből álló Amadévári Andezit Formáció piroxéndácitból felépülő típusát a Tarcali Dácit Tagozatba sorolják. A tagozat legfontosabb képviselője a tokaji Nagy-hegy, amelynek földtani fejlődéstörténetét, közetfizikai elemzését, dácittípusainak közettani viszonyát számos tanulmányban vizsgálták (Kozák et al., 1980; Kozák és Rózsa, 1982; Rózsa és Kozák 1982).

A mintaterület legjelentősebb negyedidőszaki képződménye a lösz (tokaji Nagy-hegy, Abaujszántó). Az eolikus eredetű szemcsékhez gyakran keveredik tömegmozgásból származó törmelék, vagy fluviális eredetű hordalék. Boros (1977), Kerényi (1994) és Pinczés (1954) vizsgálatai alapján a tokaji lösz vastagsága maximálisan 20 m, átlagosan 3-5 m, keletkezése a legutolsó, würm jégkorszakhoz kötődik, benne összesen 4 talajosodott réteg (fosszilis talaj) is elkülöníthető (Sümegei, 1995; Sümegei és Hertelendi, 1998; Sümegei és Rudner, 2001). A vízfolyások árterén negyedidőszaki folyóvízi hordalék, a száraz völgyek talpán helyi eredetű proluviális-deluviális üledék található.



2. ábra: Tokaj-Hegyalja felszíni geológiai képződményei (Gyalog, 2005, Luda és Váradi, 2016 alapján)

3.2.1.3 Geomorfológia

A Zempléni-hegység Tokaj-Hegyaljára eső része jelentősen eltér hazánk más vulkáni területeitől. A vulkanizmus itt fiatalabb, mivel a bádeni emeletben kezdődött (15-16 millió év), és egészen a pliocénig (9-10 millió év) tartott, amely során rendkívül változatos vulkáni kőzetek alakultak ki, köszönhetően többek között annak, hogy a vulkáni anyag részben a tengerbe hullott (Pinczés, 1998). Ez utóbbinak nem csak a kőzetek differenciálódásában, hanem a lepusztulási folyamatok különbözőségében is fontos szerepe volt (Pinczés, 1960a, b). A terület morfológiai képében (3. ábra) további különbséget jelent a hegyvonulatok É-D-i irányú futása és kimondottan tagolt felszíne, amelyek kisebb-nagyobb rész tájakra bontják a vidéket (Pinczés, 2005).

A mintaterületen előforduló egykori vulkánokat eredetük és megjelenésük alapján az andezit-dácit vulkánok közé sorolhatjuk (Karátson, 2006). Ezen belül elkülönítünk extruzív termékeket, úgy, mint a kisebb sztratovulkánok, láva dómok, vagy egykor lávafolyások maradványai, valamint intruzív/szubvulkáni termékeket, mint például a szubvulkáni testek és exhumált telérek (Karátson, 2006). Emellett a hegység előterében riolit-dácit ignimbrít plató maradványokat találunk (Karátson, 2006). Az intergrált vulkanológiai interpretációhoz a Landsat adatok, valamint a korábbi légifelvételek (mágneses, radiometrikus felmérések) szolgáltatták az alapot (Kiss és Gulyás 1998; Gulyás et al. 2000). Ezek segítségével rekonstruálták az andezit kalderákat, valamint a hozzájuk csatlakozó parazita kúpokat, továbbá a kis riolit dómokat és szubvulkáni testeket (Zelenka et al. 2012). Az intermedier és

savanyú vulkáni központokat Karátson és Tímár, (2004), illetve Karátson (2007) SRTM domborzatmodellel azonosították.

A borvidék legmagasabb részét Erdőhorváti ÉNy-i határán találjuk. A legmagasabbra az erdőhorváti (611 m) és az erdőbényei Szokolya (608 m) emelkedik, míg legalacsonyabban a Taktaköz, Legyesbénye, Mezőzombor és Szerencs déli része kerül el. Tokaj-Hegyalja átlagos tengerszint feletti magassága 168 m.

Tokaj-Hegyalja nyugati peremén található a Szerencsköz, amit kelet felől a Szerencs-patak, nyugatról a Hernád, délről a Szerencs-Legyesbénye vonal határol. A területet riolit törmelékes változatai és andezit lávák építenek fel (Pécskay et al. 1987). Morfológiailag három részre oszthatjuk (Pinczés, 2005): Az első az Abaujszántói-sík (Golop-Megyaszó vonaltól északra), ami a Hernád felől, a Szerencs-patak felé alacsonyodik. Második a Szerencsi-dombság, amelyet a Szerencs-patak futásával egyirányú törés választ el a Mád-Tállya-Erdőbénye tömegetől (Pantó, 1968). A területen a riolit ártufa és andezit azonos magasságra pusztult le (Pinczés, 2005). Harmadik egység a Szerencs-völgy, amelynek futása ÉÉK-DDNy Abaujszántóig, majd alatta ÉÉNy-DDK irányú törés mentén halad. Abaujszántónál összeszűkül, majd Tállya alatt tölcérszerűen kiszélesedik. Aljzatát a peremeket felépítő riolittufák alkotják (Zelenka, 1964)

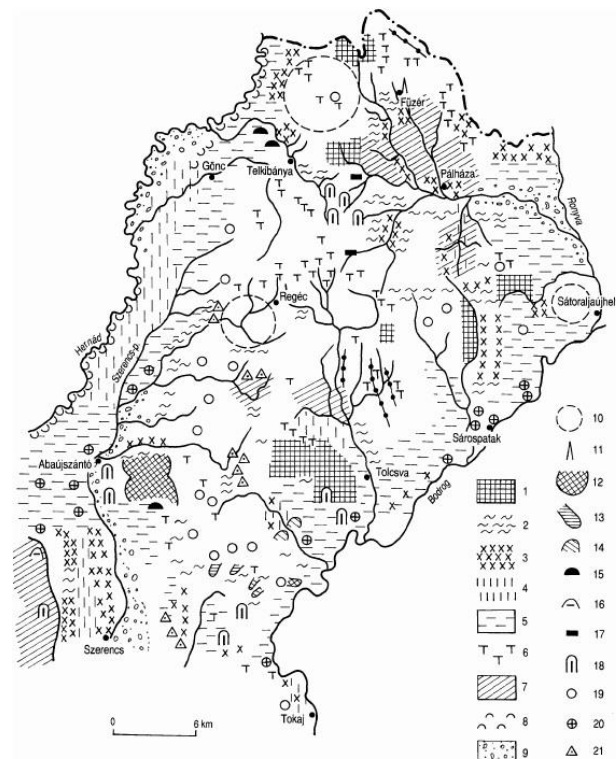
A már fentebb említett Mád-Tállya-Erdőbénye közötti hegyvidék egy háromszöget zár be és É-D-i irányban alacsonyodik 5-600 m-ről 200-380 m-re. A tájat lapos felszínnek és magányos vulkáni kiemelkedések jellemzik (Pinczés, 2005). A terület középső részén az egykori kitörések lávaárjai, lávanyelvei, míg a peremterületen a hegyláb felszínnek az uralkodóak. Tovább fokozta a terület felszabdaltságát a pleisztocén krioplanáció, amely eredményeként kismedencék (Tállyai-, Mádi-, Királykúti-medence, Bodrogkeresztúri-félmedence) alakultak ki az egykori pliocén hegyláb felszínnek helyén (Pinczés, 1995).

Tokaj-Hegyalja középső területei felé haladva, markánsan elkülönül a környező területektől a horváti Szokolya. Nyugat felől a Baksói-, Simai-, és Erdőbényei-medence határolja, keleten a Tolcsva-patak jelzi a határát. Itt találhatóak a legszebb szarmata eróziós felszínek (Pinczés, 1960a,b, 1969, 1989). A vulkáni működés itt több ciklusban zajlott le, kezdetben riolitos láva feltörés volt jellemző majd andezites kitöréssel végződött és gyakran keveredett egymással a riolitos és andezites tevékenység (Pécskay et al. 1987).

Az Erdőhorváti-medence egy eróziós medence, amely a Nagy és Kis-Tolcsva, illetve a Nagy-Egres patak találkozásánál jött létre, ugyanakkor kialakulásban közrejátszott a derázio, ami a gerincek alacsonyodásában játszott szerepet (Pinczés, 2005). A Szokolya lábánál bemélyülő Sima-Erdőbényei-medence alapját hullott riolittufa jelenti, amelyhez foltokban piroxéndezit és limnokvarcit társul (Pinczés, 2005). A limnokvarcit jelenléte arra utal, hogy ez a terület már a szarmatában is mélyedés volt. Az Erdőbényei-medence szélessége a mai patakok eróziójával nem magyarázható. Kialakulásában a Baskói-medence felől folyó patakoknak is fontos szerepe volt, amelyek a Sümegiúmban még az Erdőbényei-medence felé folytak és együttesen alakították ki a medence széles alapját (Pinczés, 2005).

Az Északkeleti-hegyvidék egy háromszög alakú terület, melynek az É-i részét (Makkohotyka-Sátoraljaújhely vonaltól É-ra) leszámítva, a döntő hányada Tokaj-Hegyalja területére esik. Jellegzetessége, hogy a bádeni vulkanikus anyag nagy területen megtalálható a felszínen (Pinczés, 2005). Változatos vulkáni maradványformákon kívül nagy területen fordulnak elő elegyengetett felszínek, míg a hegység leglátványosabb dóm alakú hegye, a sátoraljaújhelyi Sátor-hegy, amelyet egyes szerzők kalderának (Pinczés, 1989), mások szubvulkánnak tartanak (Gyarmati, 1977). A pleisztocén kriopedimentáció jelentős felszínformáló hatással bírt a hegységek peremén és a medencék felszínén (Pinczés, 2005). A Makkohotyka-medence Ny-i és É-i pereme erősen lepusztult a pleisztocén során. A K-i peremen megmaradt a pediment szintje, ennek köszönhető, hogy elválik a Károlyfalvi-medencétől, melynek felszíne főként kriopedimentációs során alacsonyodott (Pinczés, 2005).

A tokaji Nagy-hegy a Zempléni-hegység és ezáltal Tokaj-Hegyalja legdélebbi tagja. A piroxén dácit kúpot masszív lávafolyásokkal és többszintű erősen oxidált láva klasztokkal tarkított blokk és hamufolyás jellemzik (Zelenka et al. 2012). A pleisztocén során vágódtak be a hegy fő völgyei, melyek szinte meridionálisan futnak le a csúcstól. A glaciálisokban, a lejtőkre lösz települt, amely egészen 450-460 m-ig felhúzódott a hegyen (Pinczés, 1954). A lösz folyamatos pusztulása sajátos geomorfológiai formákat hozott létre, úgy, mint a löszterasz, löszmélyút, löszpiramis (Pinczés, 1960b). Heves esőzések átlagosan 0,4-1,6 mm felszín pusztulását is eredményezhetik kiterjedt területen (Pinczés és Boros 1967), sőt szuffóziós járatok is kialakulhatnak, amelyek a lösz különleges lepusztulási formái (Kerényi és Kocsisné Hódos, 1990). Az aszóvölgyek a holocén folyamán jöttek létre, és keletkezésükben az emberi tevékenység döntő tényezőnek bizonyult (Pinczés, 1998, Gábris et al., 2003).



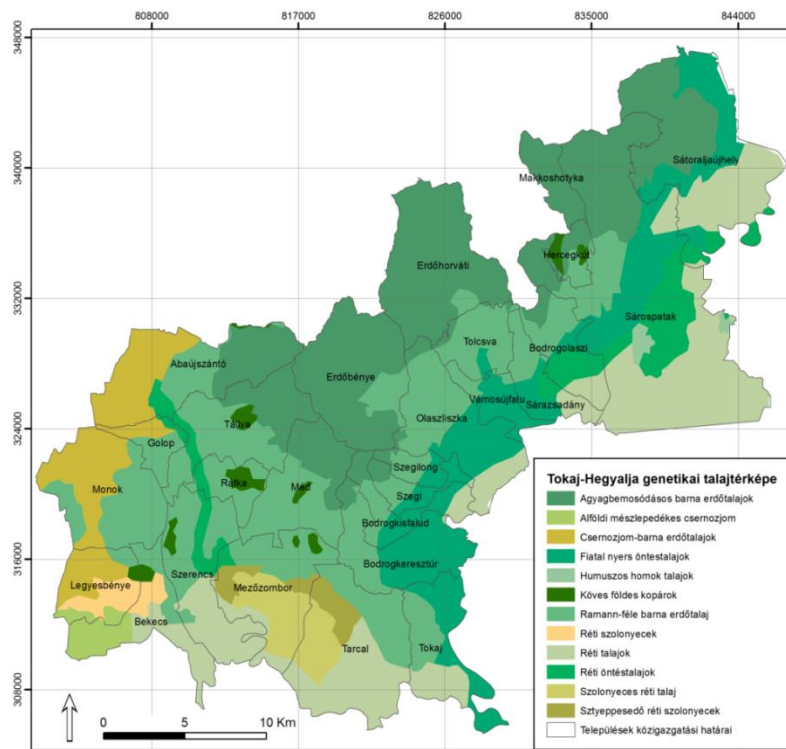
3. ábra: A Tokaji hegység nagyformái (Pinczés, 1998)

1 = szarmata idejű komplex eredetű felszín; 2 = Sümegiumidejű hegyláb felszín; 3 = Bértavarium idejű hegyláb felszín; 4 = terasz, eróziós sík; 5 = krioglacis, kriopediment; 6 = krioplanációs teraszlépcső, kötenger, kőtörmelék; 7 = deráziós felszín, dombság, völgyköz; 8 = csuszamlás; 9 = hordalékkúp; 10 = kaldera; 11 = vulkáni csatorna maradvány; 12 = lávatarakó, 13 = lávanyelv; 14 = lakkolit; 15 = exhumált vulkáni tömeg; 16 = dagadókúp; 17 = telér; 18 = extruzív dóm alakú hegy; 19 = roncsvulkán; 20 = tanúhegy; 21 = hévizes tevékenység (gejzirit, limnokvarcit) dombjai

3.2.1.4 Talajtani adottságok

A területen előforduló talajok nagy változékonyságot mutatnak (4. ábra), köszönhetően az eltérő talajképző kőzeteknek és mállási folyamatoknak (Marosi és Somogyi, 1990; Stefanovits et al., 1999). A hegységek magasabban fekvő részén agyagbemosódásos barna erdőtalaj és Ramann-féle barna erdőtalaj a legjellemzőbb. A talajok savanyúsága számottevő, ám ennek elsősorban a szántóterületeken van jelentősége (Stefanovits et al., 1999). A hegyek előterében réti talajok, a vízfolyások közelében pedig fiatal nyers öntéstalajok találhatóak (Stefanovits et al., 1999). A hegyoldalak művelése során fellépő erózió helyenként vázталajok és földes kopárok kialakulásához vezetett (Novák et al., 2014a, b) az egykori barnaföld helyén (Stefanovits et al., 1999). A terület nyugati peremén kialakult csernozjom-barna erdőtalaj és az alföldi mészlepedékes csernozjom talaj a szántóföldi termesztésre leginkább alkalmas területek.

Magyarország teljes területére még nem készült el a nemzetközi talajosztályozásnak (World Reference Base; WRB) megfelelő besorolás és részletes térkép, ezért a hazánkban jelenleg elfogadott genetikai talajosztályozás alapján mutattam be a mintaterületet. A kutatásom során ugyanakkor én már a WRB irányelvek alapján végeztem a talajtani vizsgálatokat (IUSS Working Group WRB. 2014).



4. ábra: Tokaj-Hegyalja területének genetikai talajtérképe (MTA TAKI Agrotopográfiai Adatbázis, Luda és Váradi, 2016 alapján)

3.2.1.5 Vízrajz

Tokaj-Hegyalja vízrajzi tengelyét nyugaton a Hernád, keleten a Bodrog és a Tisza jelenti. A terület felszabdaltságából adódóan a nagy folyókön kívül számos kisebb-nagyobb vízfolyással is találkozhatunk. Az északkeleti határnál a Ronyva, valamint két jobb oldali mellékvíze a Bózsva és a Fehér-patak a legjelentősebb. Sátoraljaújhely és Tokaj között a Herceghótyai-, a Hótyka-, a Bényei-, valamint a Tolcsva-patak, míg a mintaterület nyugati részén Abaújszántó és Tokaj között a Szerencs-, az Aranyos-, a Koldu-, a Mádi-, a Gilip- és a Harangod-patakok emelhetők ki. A vízfolyások vízjárása egyenetlen, gyakran szélsőséges, ezért a települések belterületén áthaladó patakok medrét rendszerint mesterségesen alakították ki.

Jellegzetes antropogén formák a bányatavak, amelyek a bányászati tevékenység megszűnése után alakultak ki (Erdőbényén a Mulató-hegyen, vagy

Tarcalon a Citrom bánya). Manapság a települések turisztikai látványosságként hasznosíthatják ezeket az egykori kőfejtőket (pl: a Megyer-hegyi tengerszem Sárospatakon).

3.2.1.6 Éghajlat

Tokaj-Hegyalja éghajlata mérsékelt meleg-száraz és mérsékelt hűvös-száraz (Péczy, 1998), ahol a meleg, száraz nyarak és a hideg telek jellemzőek (Kottek et al., 2006). A napsütéses órák száma átlagosan 1850-1900, míg az aktív hő összeg évi 1600-1800°C. Az évi középhőmérséklet kiegyenlített: 9,5-10°C, ami hozzájárul a minőségi szőlőtermesztéshez (Géczi, 2003; Makra et al., 2007). Az átlagos évi legmagasabb hőmérséklet 33°C, míg a legalacsonyabb -19°C. A borvidék közel helyezkedik el a szőlőklima északi határához (50. szélességi kör), így érzékenyen reagál a környezet változásaira. A domborzati viszonyoknak jelentős szerepük van a mikroklimatikus viszonyokban, ezáltal a felszínre érkező fény- és hőmennyiség alakulásában (Justyák, 1965, 1981; Bényei et al., 1999). A szőlőtermesztéshez legmegfelelőbb területek a déli, délnyugati, délkeleti kitettségű hegyoldalak (Justyák és Tar, 1974a, b), legfeljebb 25°-os lejtővel és 250-300 m tengerszint feletti magassággal (Becker, 1987; Frisnyák és Gál, 2012; Boros et al., 2012).

Az évi átlagos csapadék mennyisége 600-650 mm között változik (Dövényi, 2010). Az első őszi fagy október 15-20. körül várható, és átlagosan 25-40 közötti a hótakarós napok éves száma.

A leggyakoribb szélirány az északkeleti. A hegyvonulatok jól védik a délies lejtőket a hideg szelektől, mindazonáltal hozzájárulnak a folyók felől érkező vízpára, szőlőültetvényekhez való szállításában.

3.2.1.7 Növényzet

3.2.1.8 Növényzet

Tokaj-Hegyalja változatos domborzati, (mikro) klimatikus, talajtani viszonyainak köszönhetően számos növényfaj fordul elő, amelyek között megannyi ritka és védett fajt találunk (Király et al., 2008). A fás szárú növények esetén elmondható, hogy a lejtők déli, naposabb oldalán, általában melegkedvelő cseres és molyhos tölgyesek, míg az északias, árnyékosabb oldalán gyertyános-tölgyesek fordulnak elő. A magasabban fekvő hegyoldalakon (általában 600 m tengerszint felett) montán bükkösök alkotnak erdőtársulásokat (Király et al., 2008). Az egykoron szőlőként művelt, de az idők során felhagyott hegyoldalakon a szukcesszió különböző fázisaiban lévő féltermészetes eredetű, de természetvédelmileg értékes és fajgazdag gyepek és erdős-cserjések találhatóak (Sendtko, 1999). Az erdők állandó irtványain fajgazdag kaszálórétek alakultak ki (Király et al., 2008). A veszélyeztetett és sérülékeny élőhelyek közül kiemelhetők a pannon sziklagyepek, szubkontinentális -peripannon cserjések, cseres tölgyesek, molyhos tölgyesek, féltermészetes száraz gyepek.

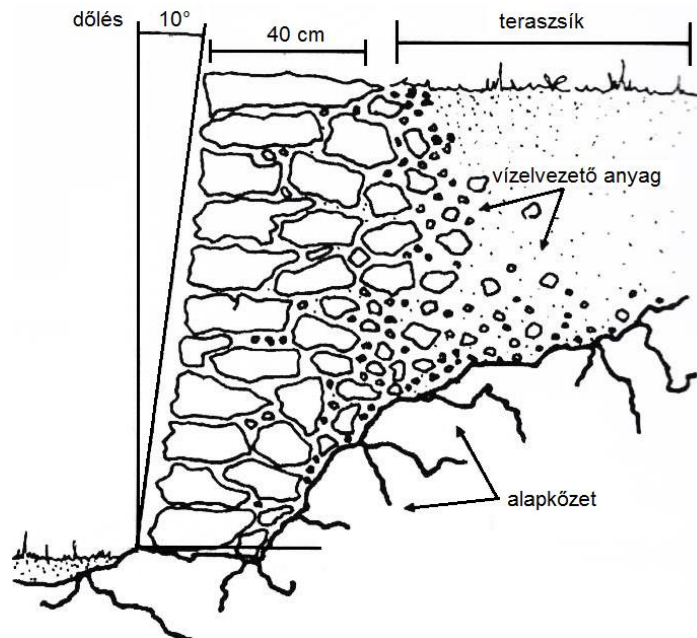
3.3 A hagyományos tájhasználatához kapcsolódó vizsgált antropogén felszínformák Tokaj-Hegyalján

3.3.1 Támfalas szőlőteraszok

Teraszozott tájakkal a világ számos részén találkozhatunk, az ázsiai rizsteraszoktól a perui szántóföldi teraszokig, amelyeknek több ezer éves hagyományai vannak (Csorba, 2006; Petit et al., 2012). A mérsékelt éghajlati öv domb és hegyvidékeinek egyik legjelentősebb agro-ökoszisztémái a szőlőterületek (Stanchi, 2012, Tarolli et al., 2014), amelyek évezredek óta együtt járnak a szőlőteraszok kialakításával (Gilles, 1995; Matheus, 1997). Magyarországon, teraszozott lejtőket szinte kizárólag csak a szőlőültetvények számára alakítottak ki (Benyhe, 2013; Csorba, 2006; Csorba és Novák 2003; Lóczy és Nyizsalovszki, 2005). A támfalas teraszok lehetővé teszik a lejtők művelését azáltal, hogy csökkentik a lejtő meredekségét, javítják a terület vízháztartását és a beeső napsugárzás hasznosítását, valamint csökkentik a talajerózió mértékét (Lasanta, 2001). A teraszok domborzatmódosító hatása csaknem valamennyi tájalkotó tényezőt érinti (pl. talaj, mikroklíma, vízrajz stb.), amivel a táj működésének, valamint látványának domináns részévé válnak, így akár új tájtípusként is értelmezhetők (Csorba, 2006; Csorba és Zsadányi, 2003).

Habár a teraszok kialakítása többnyire a 12-17%-osnál meredekebb lejtőkön történt (Csorba, 2006), előfordult, hogy ott, ahol a feltalaj nagy mennyiségű követ tartalmazott, a lankásabb lejtőkön is falat, valamint határmezsgyét építettek (Treacy és Denevan, 1997). Rendszerint minél meredekebb egy hegyoldal, annál sűrűbben helyezkednek el egymás felett a teraszok, és annál keskenyebbek a teraszsíkok. A teraszfelszín lejtése szerint kategorizálhatjuk vízszintes, lejtőirányban dőlt vagy ellenesésű teraszokként (Csorba, 2006)

A szárazon rakott kőtámfalak felépítése alapvetően hasonló a világ minden részén (Walker et al., 2000; Schönberger és Wysocki 2012). A köveket általában két függőleges oszlopban rakták, mögé kisebb köveket szórtak, majd talajjal töltötték fel (Constessa, 2014). Ugyanakkor regionális különbségek megfigyelhetők főként a falat felépítő kőzetek típusaiban (színében, szerkezetében), geometriai formájukban, vagy megmunkáltságukban, amelyek az adott terület geológiájáról is tanúskodnak, hiszen a falakat döntően a felszín elegyengetése során kiforgatott kövekből húzták fel (Petit et al., 2012). A falakat általában egy enyhe dőléssel építették (10°), amivel elősegítették, hogy még inkább meg tudja támasztani a mögötte lévő teraszsíkot (5. ábra).



5. ábra A támfal sematikus rajza (Cavena és Cancellieri, 2007 alapján módosítva)

A teraszok könnyebb megközelíthetősége érdekében a támfalakat gyakran lépcsővel szakították meg, illetve néhol vízelvezető vályúkat alakítottak ki a teraszok szélén (Petit et al., 2012).

Tokaj-Hegyalján az első írott emlék a teraszépítésekről a 17. századból való (Balassa, 1991), ugyanakkor ezek térképi megjelenítésével csak néhány részletes birtoktérképen találkozunk, ahol az adott terület, vagy parcella nevéből következtethetünk a teraszozásra pl. „kő gát”, „romlott kő gát” (Anonymus, 1714; Golenics, 1833; Sárospatak, 1789).

A teraszozás hátrányai között megemlíthető, hogy a hegyoldalon gátolja a levegő mozgását, így fagy és hőzugas területek kialakulásához vezethet (Pinczés és Martonné, 1983). Emellett a teraszok építése, majd folyamatos kezelése jelentős anyagi beruházást és élő munkaerőt igényel, mivel itt a gépesítés nem, vagy csak nagyon nehezen kivitelezhető. Ennek eredményeképp a teraszos művelés Európaszerte visszaesett az elmúlt évszázad során (Douglas et al., 1994; Dunjóné et al., 2003; Kiss et al., 2005; Koulouri és Giourga, 2007) és hatalmas teraszozott területek kerültek felhagyásra (Arnaez et al., 2011; Bevan és Conolli, 2011; Lasanta et al., 2001; Leeschen et al., 2008b; Stanchi et al., 2012).

A támfalakat évszázadokig kézi erővel javították, de a megfelelő kezelés hiányában, vagy felhagyás következtében a támfalak leomlanak, ami felgyorsítja az eróziós folyamatokat a lejtőn (Freppaz et al. 2008, Leeschen et al., 2008; Novák és Incze, 2014; Ruecker et al., 1998; FAO, 2006). A másodlagos szukcesszió hatására a teraszfelszín pusztulása lelassul (Lasanta et al., 2006), de a cserjés-bozótos vegetáció térnyerése jelentősen csökkenti a táj esztétikai élményét (Antrop, 2003). Angelstam et al. (2003) munkájában kifejti, hogy a területhasználat változás növeli

a kultúrtájak eltűnésének kockázatát, amelyek között az egyik legveszélyeztetettebbek a teraszozott szőlőterületek (Tarolli et al., 2014). A mediterrán térségben számos kutatás foglalkozik a teraszozott területekkel, ugyanakkor véleményem szerint a közép-európai régióban is legalább ennyire fontos lenne ezek mélyrehatóbb vizsgálata, hiszen a tervezési folyamatokban alapvető fontosságú a tájak történelmi léptékű megismerése és megértése, ahogy azt Cyffka és Bock (2008) is hangsúlyozza tanulmányában. A kőfalas teraszok nem csak hagyományaik miatt nevezhetők fontos kultúrtörténeti értéknek, hanem mert hasonlók építése manapság szinte elképzelhetetlen (Stanchi et al., 2012).

3.3.2 Eróziós árkok, löszmélyutak

A víz által kiváltott talajeróziós folyamatokat négy nagyobb csoportba soroljuk: padkásodás, felületi rétegerózió, oldásos erózió és vonalas erózió (Jakab, 2006). Az utóbbi esetében további tipizálás lehetséges, ami alapján barázdás erózióról, árkos erózióról és vízmosásos erózióról beszélünk (Butzer, 1986; Kerényi, 1991; Lóczy és Veress, 2005).

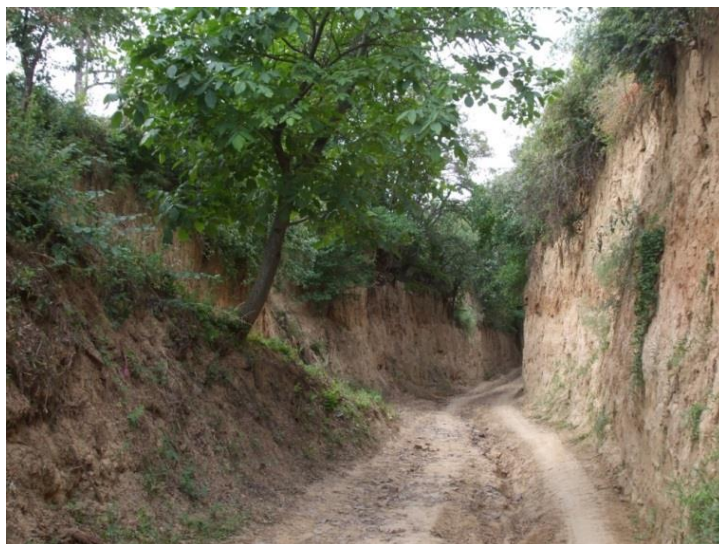
Az (víz)erózió által kiváltott talajpusztulás komoly problémát okoz világszerte. Az utóbbi évtizedekben számos tanulmány foglalkozott a különböző modellek felállításával, amelyek célja a felületi erózió és az ezzel járó kockázatok becslése volt (Renard et al. 1997; Wischmeier és Smith, 1978). Poeson et al. (2003) rámutattak, hogy a felületi erózió mellett komolyabb figyelmet kell szentelni az árkos erózióra, hiszen egy adott terület teljes eróziós tevékenységének akár 94%-át is eredményezhetik.

Az eróziós árkok definíció alapján olyan időszakos vízzállítással rendelkező vonalas eróziós formák, ahol a lefolyó víz és a lemosott talaj, illetve hordalék koncentráltan, egy meder mentén gyűlik össze, majd szállítódik el, és a hagyományos mezőgazdasági művelésben használt eszközökkel nem tűntethető el. (Gönczy és Szalai, 2004; Kerényi, 1991; Soil Science Society of America, 2001). Poesen (1993) munkája alapján különítjük el a barázdás eróziót az árkos eróziótól, aki bevezette a kritikus keresztmetszet (929 cm^2) fogalmát. Egyéb osztályozás szerint eróziós ároknak csak a minimum 0,3 m széles és 0,6 m mély (Brice, 1966), vagy a minimum 0,5 m mély mederrel rendelkező árkokat tekintjük (Imeson és Kwaad, 1980). Habár nincs egységesen definiált felső határa az eróziós árkok méretének, Poesen et al. (2003) kiemeli, hogy az átmenet a barázdás erózióból az állandó mederrel rendelkező eróziós árkok felé és onnan akár a vízmosásos eróziós formákig mutat egy folytonosságot, ami ugyanakkor gyakran szubjektív (Grissinger, 1996). A Soil Science Society of America (2001) 30 m-es mélységig tekinti eróziós árkoknak a vonalas eróziós formákat.

Az eróziós árkok kialakulásában számos környezeti tényező szerepet játszik, úgy, mint talaj típusa (Evans, 1993; Poesen, 1993; Poesen et al., 1998), a területhasználat (Auzet et al., 1995; Cerdan et al., 2003; Nyssen et al., 2002; Szilassi et al. 2006) a klimatikus és időjárásai tényezők (Poesen és Hooke, 1997; Vandaele és Poesen, 1995), vagy éppen a terület geológiai és domborzati tulajdonságai (Poesen et al., 2003).

Az állandó mederrel rendelkező eróziós árkok a hazai, jelenlegi klimatikus viszonyok között, bolygatatlan erdőben nem alakulhatnak ki, köszönhetően az erődtalajok nagy beszivárgási kapacitásának, ami csaknem lehetetlenné teszi a horton lefolyást (Vanwalleghem et al. 2003). Az erdők alatt található árkok tehát egykori táj hátramaradt képződményei, amelyek kialakulására többféle hipotézis is létezik. Gullentops (1992) úgy véli, hogy az erdők alatt található árkok fejlődése a nedvesebb Atlantikum időszakára tehető, amikor jelentősebb volt a csapadékintenzitás a mainál. A második hipotézis szerint az árkok kialakulása helyi sajátosságokhoz köthető, ami az ember által kiváltott bolygatásra (erdőirtás) vezethető vissza (Vanwalleghem et al. 2003). Bork (1998) szerint az emberi behatás és az extrém csapadék együttesen okozta ezen árkok kialakulását, míg az utolsó feltételezés szerint az árkok periglaciális eredetűek és akkor alakultak ki, amikor a védelmet jelentő vegetáció még nem fejlődött ki (Langohr és Sanders 1985).

Az árkok között külön kategóriaként említhetők a (löss)mélyutak, amelyek az ember, illetve a járművek taposó, talajtömörítő hatásának az eredményeként jönnek létre, mivel a talaj elveszti porózus szerkezetét és ezáltal könnyen erodálhatóvá válik (Gábris et al., 2000; Gönczy és Szalai, 2004; Kertész, 1984; Vanwalleghem et al., 2003). Kialakulásuk üteme jelentősen függ a lejtőszögötől, a vegetációtól, valamint a mélyutak használatának gyakoriságától (Ádám, 1964). Talpukat gyakran lebetonozzák, vagy felszórják kaviccsal (6. ábra), hogy meggátolják a további mélyülését, ugyanakkor ez nem oldja meg a folyamatos szélesedés kérdését. A mélyutak eróziójában, a bevágódás mellett ugyanis lényeges a mélyutak falának folyamatos omlása, ami területeket vesz el a művelhető parcelláktól (Benye, 2013).



6. ábra Kővel felszórta löszmélyút Tarcalon

Az árkok pusztulásának vizsgálatára számos eltérő megközelítésből láthatunk példákat:

Egy terület rövid időintervallumot átölelő vizsgálatára (<10 év) gyakran terepi méréseket (Auvet et al. 1995; Boros, 2003; Boros és Boros L-né, 1980; Martonné, 1981; Vandaele and Poesen, 1995), vagy fotogrammetriás eljárásokat alkalmaznak (Daba et al., 2003). Ezek előnye, hogy a gyorsan bekövetkező morfológiai változásokat jól lehet mérni, ugyanakkor a hosszabb idő alatt megfigyelhető felszínmódosulásokat csak jelentős hibákkal tudják leírni (Jakab, 2008).

A középtávú mérésekkel (10-70 év) többnyire olyan változásokat lehet bemutatni, ami a rövid időtartamú vizsgálatok során rejtve maradnak. Ezek során az árkok és környezetük jelenlegi állapotát hasonlítjuk a múltbéli viszonyokhoz, melyekhez főként korábbi légifotókat, illetve térképeket alkalmazunk (Gábris et al., 2003; Martinez-Casasnovas, 2003; Nachtergaele és Poesen, 1999).

A hosszú távú vizsgálatokat (> 70 év) rendszerint történeti térképek, dokumentumok segítségével (Bork et al., 2001; Gábris et al., 2003; Prosser és Winchester, 1996; Stankoviansky, 2003), valamint kormeghatározáson alapuló következtetésekkel végezhetünk (Jakab, 2008).

Számos tanulmány, különböző környezeti feltételek mellett vizsgálja az eróziós árkok változásait, ám ezek az eltérő vizsgálati módszerek miatt gyakran nem összehasonlíthatóak egymással (Poesen et al., 2003).

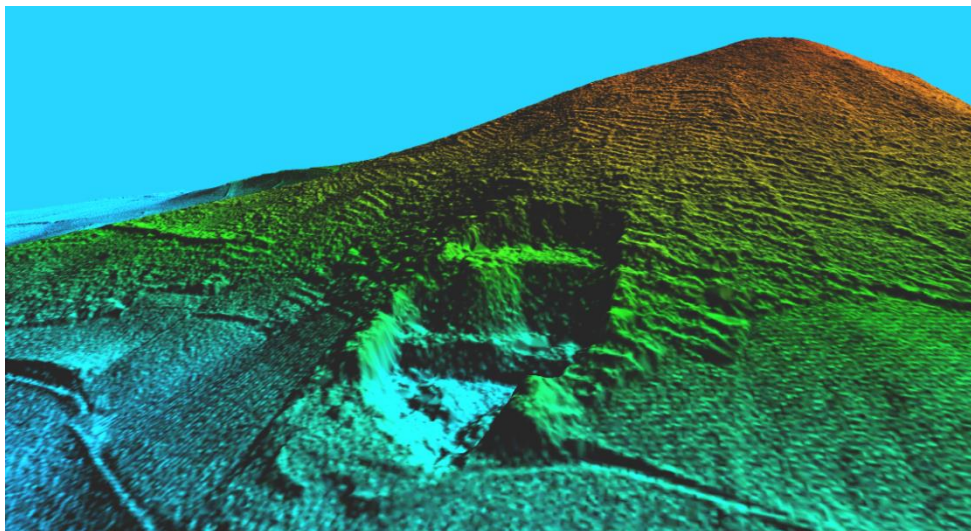
3.3.3 Bányauregek, meddőhányók

A külszíni bányászat az egyik legszembetűnőbb és legintenzívebb antropogén felszínalakító tevékenység, amely hatására nem csak a vegetáció, a talaj, de a geológiai szerkezet is megsemmisül (Karancsi, 2001). Ennek eredményeként tekintélyes tájsebek keletkeznek a felszínen, amelyek csökkentik a táj esztétikai élményét (Karancsi és Mucsi, 1997).

A bányászathoz kötődő tájsebekkel sokáig nem törődtek, hiszen a kiterjedésük elhanyagolható volt és a felhagyást követően idővel már nem is látszódtak a tájban (Sütő, 2006), azonban Sherlock (1922) a 20. század elején már bemutatta, hogy a teljes antropogén tevékenység által megmozgatott anyagmennyiség 88%-a a bányászatból származott Nagy-Britanniában. Ennek ellenére a bányászat okozta problémákkal meglehetősen későn kezdtek el foglalkozni a kutatók, hiszen csak az 1960-as évektől olvashatunk nagyobb számban tanulmányokat ebben a témában, a nemzetközi és hazai szakirodalomban egyaránt (Dávid, 2006). Louis és Fischer (1979) 110 km³-re becsülik csak a felszín alatti bányászat által megmozgatott anyagmennyiséget 1900 és 1975 között, ezzel is bizonyítva, hogy a bányászat az egyik legjelentősebb tájformáló tevékenység.

Hegyvidéki települések mentén gyakran találkozhatunk kisebb-nagyobb kőbányákkal (7. ábra), ám ezek közül kevés alkalmas nagyobb volumenű piaci termelésre. A bányászat során kialakult felszíni formákat Szabó (1993) két (exkaváció, akkumuláció), míg Dávid, (1997) valamint Dávid és Patrick (1998) három fő csoportba (exkaváció, akkumuláció és planáció) sorolta. A formák tovább

osztályozhatók azok morfológiája szerint, nagyságrendi alapon (makro, mezo, mikro formaelemek).



7.ábra A tarcali Ördög-bánya felhagyott kőfejtőjének digitális felszínmodellje, a Nagy-hegy déli oldalán; háttérben a teraszozott hegyoldal

Az exkaváció lehet egyszerű (felszínbe mélyülő üreg, udvar vagy katlan) vagy összetett (több szintes, teraszos bányakatlan). Az előbbi a bányászat történetének kezdeti időszakaiban, ezzel szemben az utóbbi a modern idők sajátossága (Dávid, 2006).

A meddőhányók állhatnak magukban (egyszerű) vagy összetorlódva (összetett), az alakjukat befolyásolhatja az eredeti felszín, a meddő fizikai tulajdonsága és a deponálás módja. Ezek közül a leggyakoribb a kúp, vagy csonkakúp formájú (Dávid, 2006).

A formaképző hatásokon kívül a bányászathoz felszínelegyengető (planáció) tevékenység is társul pl.: a meddőanyag szétterítése a mélyedésekben (Dávid, 2006).

A külfejtések megszűnése után tömegmozgásos folyamatok indulhatnak meg az addig karban tartott rézsűoldalakon, a felszín alatti vizek felveszik az eredeti vízszintet, amelyek gyakran bányatavak kialakulásához vezetnek, illetve a másodlagos szukcesszió is birtokába veszi a kezeletlen területeket (Karácsony, 2001; Kerényi, 1995; Sütő, 2006). A felhagyott kőbányákhoz sokáig a tájsebek negatív képe társult, azonban az utóbbi időben változik ez a megítélés, és egyre inkább lehetőségként tekintünk a felhagyott bányákra, amelyek többek között geológiai bemutatóhelyekként, vagy bányatavak esetén turisztikai látványosságként, rekreációs célként is hasznosíthatók (Dávid, 2001, 2006), hiszen olyan szerkezeteket, képződményeket tárhatnak fel, amelyek tanulmányozására, bemutatására másképp nincs lehetőség.

4 Anyag és módszer

4.1 Kutatási módszerek

4.1.1 Felszínborítási adatok elemzése

A térképek, valamint légi és műholdfelvételek hozzájárulnak az évszázadok során bekövetkezett változások pontosabb megismeréséhez, illetve esetenként azok rekonstrukciójához, vagy akár a változások mozgatórugóinak felderítéséhez (Rumsey and Meredith 2002, Mottet et al., 2006, Kanianska et al. 2014).

Kutatásom során történeti és jelenkori térképeket, valamint légifelvételeket alkalmaztam, hogy megvizsgáljam hogyan változott a területhasználat az elmúlt közel 230 év során. Ehhez felhasználtam az Első Katonai Felmérés (1784), a Második Katonai Felmérés (1858), a Harmadik Katonai Felmérés (1884) térképszelvényeit, a „Magyarország topográfiai térképe a második világháború időszakából” című térképsorozatot (1940), topográfiai térképeket (1969, 1989) és a Google Earth műholdfelvételt (2010), amit a QGIS beépülő moduljával (OpenLayer plugin) vettem igénybe (1. táblázat).

A térképek nagy része digitális formában állt a rendelkezésemre, kivéve az 1969-es topográfiai térképszelvényeket, melyek csak nyomtatott formában. Ez utóbbihoz tartozó térképlapokat 600 DPI felbontásban szkenneltem be.

Habár a térképek egy része már EOVS vetületben volt hozzáférhető, ezek geodéziai pontossága tíz és száz méter között változott (Kanianska et al., 2014; Molnár et al. 2014; Timár et al., 2010), így annak érdekében, hogy növeljem a vizsgált területek egymáshoz viszonyított pontosságát - az 1989-es, 1:10000 topográfiai térképet használva referencia térképként - az összes térképet újra EOVS vetületbe transzformáltam ArcGIS 10.2 segítségével.

A georeferálást követően az ArcGIS 10.2 térinformatikai szoftverrel valamennyi térképen lehatároltam a szőlők kiterjedését, felületi rétegek (poligonok) segítségével.

1. táblázat A felszínborítás változásához felhasznált térképek adatai (Incze és Novák, 2016 alapján)

Térképek	Térkép-készítés időpontja	Felhasznált térkép-szelvények (db)	Térkép méret-aránya	Eredeti vetületi rendszer	RMS hiba méterben
Első Katonai Felmérés	1784	18	1:28800	Vetületi rendszer nélkül	29,8±22,2
Második Katonai Felmérés	1858	14	1:28800	Cassini vetület	19,6±16,5
Harmadik Katonai Felmérés	1884	8	1:25000	Poliédres vetület	6,8±1,4
Magyarország topográfiai térképe a második világháború időszakából	1940	8	1:50000	Sztereografikus vetület	6,4±2,9
Topográfiai térkép	1969	13	1:25000	Sztereografikus vetület	5,5±3,2
Topográfiai térkép	1989		1:10000	Egységes országos vetület (EOV)	Referencia térkép
Google Earth műholdfelvétel (QGIS beépített OpenLayers plugin modulja)	2010			Egységes országos vetület (EOV)	

4.1.1.1 A szőlőműveléssel érintett területek topográfiai jellemzőinek vizsgálata

Azt követően, hogy a szőlőterületeket valamennyi térképen vizuálisan leválogattam majd poligonokkal lefedtem, megvizsgáltam a szőlőparcellák előfordulásainak főbb topográfiai tulajdonságait (lejtőkategória, lejtőkitettség, tengerszint feletti magasság). A térbeli változások vizsgálatához szintvonalakból generált digitális domborzatmodellt (DEM) alkalmaztam, 10 m-es felbontással (a felszínborítás vizsgálata során végig 10 m-re állítottam a felbontást). A lejtőkategóriákat a magyar mezőgazdasági gyakorlatnak megfelelően alkalmaztam (<5; 5,1-12; 12,1-17; 17,1-25; 25,1-35; 35,1-45;> 45,1%). A kitettség jellemzéséhez az égtájakat 4 fő és 4 mellékégtájra: észak (É), északkelet (ÉK), kelet (K), délkelet (DK), dél (D), délnyugat (DNy), nyugat (Ny), északnyugat (ÉNy), valamint kitettség nélküli sík területre osztottam. A tengerszint feletti magasság vizsgálatához 50 m-es szintközöket alkalmaztam (<100; 100,1-150; 150,1-200; 200,1-250; 250,1-300; 300,1-350; 350,1-400; 400,1-450; 450,1-500 és > 500,1 m).

A szőlőparcellák topográfiai tulajdonságainak területi megoszlásához, az egyes időszakokban szőlőként azonosított vektoros fedvényeket raszterizáltam, majd összevettem a lejtőkategória, kitettség és tengerszint feletti magasság

raszter fedvényeivel, amihez a “Zonal Statistics as Table” parancsot használtam ArcGIS 10.2 környezetben. Az eredmények kiértékelését Microsoft Excelben végeztem.

A topográfiai tulajdonságok mellett meghatároztam a szőlőparcellák felhagyásának időbeli változásait 1784 és 2010 között. A felhagyás térkép megszerkesztéséhez az ArcGIS 10.2 Update nevű parancsát használtam, amely segítségével két fedvény egymásra illeszthető. Ha az egymásra illesztést a legrégebbi térképtől a legújabb felé hajtom végre akkor az átfedések során kimaradó (fedetlenül maradó) részokról megállapítható, hogy a régebbi térképen még művelték, viszont az újabb térképen már nem szerepelt szőlőként, így ez alapján valamikor a két térkép készítése közötti időszakban kerültek felhagyásra. Ezen az elven hat egymást követő felhagyási időszakot (1784-1858; 1858-1884; 1884-1940; 1940-1969; 1969-1989 és 1989-2010) hoztam létre. Ezzel a térképpel csak azokat a szőlőket lehet bemutatni, amelyeket az adott időszakot követően később már nem vontak újra művelés alá. Miután elkészült a felhagyás térkép, megvizsgáltam az egyes időszakokhoz köthető felhagyások topográfiai tulajdonságait a fentebb már részletezett módon, hogy a szőlőműveléssel érintett területekhez a morfológiai és topográfiai jellemzőket hozzárendelhessem.

4.1.2 Támfalas teraszok térképezése

A támfalas teraszok területi lehatárolását a munkám kezdetén légifotók segítségével végeztem. A számomra legmegfelelőbb légifotók a vegetációs perióduson kívül készültek lehetővé téve a teraszozott területek észlelését. Erre az 1952 és 1957 között készített légifotókat találtam a legalkalmasabbnak. Az esetleges hiányzó vagy kevésbé éles felvételek kiegészítéseként az 1960 és 1965 között légifelvételeket használtam (www.fentről.hu).

A térképtári légifotókat 600 DPI felbontásban szkenneltem be, majd a digitális állományokat Erdas segítségével ortorektifikáltam. Az ortokorrekcióval nem csak EOV vetületbe transzformáltam a légifotókat, hanem a fellépő magassági torzításokat is kiegyenlítettem.

A légifotókon jól kivehetők a teraszokat megtámasztó támfalak, illetve a határmezsgyeként szolgáló lejtő irányba futó kőrakások, az obalák. A vetületben lévő légifotókon a valóságnak megfelelően tudtam mérni a támfalak hosszát, majd a teraszok térbeli kiterjedését.

A vizsgálataim utolsó fázisában egy 2014-ben készített LiDAR lerepülésből származó 0,5 illetve 1 m-es felbontású digitális felszín modellt (DTM) használtam fel, amelynek segítségével, tovább pontosítottam a támfalas teraszok lehatárolását. A Tokaj-hegylajjai borvidék lerepülése során készült légifelvételek legfontosabb adatai a 2. táblázatban olvashatók. A felvételezés eredményét, a Károly Róbert Főiskola kutatói több helyen mért kontrollfelszínek segítségével ellenőrizték.

2. táblázat A légifelvételek főbb adatai (Bekő et al., 2014; Bekő et al., 2015)

LiDAR adatok	
Szenzor	Leica ALS70HP
Sávok közötti átfedés	20%
Átlagos pontsűrűség	4 pont/m ²
Vertikális pontosság	0,06 m
Max. terep feletti repülési magasság	1200 m
Repülési sebesség	185 km/h
Látószög (FOV)	50°
Sávszélesség	1000 m

4.1.2.1 Támfalas teraszok terepi felmérése

A teraszozott területek térképezését terepi kiszállások során tovább pontosítottam, valamint a felmért teraszokon, előre meghatározott jegyzőkönyv szerint, részletes geomorfológiai vizsgálatot végeztem (Incze és Novák, 2013, 2016; Novák és Incze, 2014).

A terepen felmérésre kerülő teraszok kiválasztását egyszerű véletlenszerű mintavételezéssel határoztam meg. Ennek során a légifotókon lehatároltam a teraszozott területeket, majd ezen belül, véletlenszerűen választottam ki az egyes teraszokat, amit a terepen részletesen felmértem. A tokaji Nagy-hegyen végzett előzetes felmérések alapján (Incze és Novák, 2012), úgy találtam, hogy a térképen felmért teraszok számának kb. egy ötöde már jól jellemzi az alapsokaságot, így Tokaj-Hegyalja többi településének terepi felmérésénél is ezt az elvet alkalmaztam.

A felmérés során minden esetben feljegyeztem a támfalas teraszok EOVS koordinátáit, hogy később térinformatikai szoftverek segítségével térképen is meg tudjam jeleníteni azok helyét. Ahol a körülmények adottak voltak, megmértem a támfalak teljes hosszát, átlagos magasságát és szélességét, ezenkívül az alapig és részben leomlott szakaszainak hosszát, valamint megvizsgáltam az építőkövek 1m²-re eső darabszámát és a felépítő kőzetet. Meghatároztam a 100 m-re vetített leomlott szakaszok hosszát, ami azt mutatja meg, hogy 100 m felmért támfalhosszból, hány méter volt részben vagy egészben leomolva. Szögmérő segítségével felmértem a terasz sík lejtését, az eredeti lejtő meredekségét (két egymást követő támfal felső pereme által meghatározott lejtőszög), valamint a támfal dőlését. Elkülönítettem a támfalakat azok építési technikája szerint, azaz, hogy szárazon, habarcsba, vagy betonba öntött falakról van-e szó. A teraszokon talált növényzetet lágyszárú, cserje, fás szárú kategóriákba soroltam. Minden felmért támfalról fényképet is készítettem az esetleges későbbi pontosítás, valamint bemutatás céljából.

Néhány teraszról Spectra Precision Focus 8 Total station lézeres teodolit segítségével pontos és részletes 3 dimenziós modellt készítettem. Az első felmérést a tokaji Lencsés-völgy dűlőben végeztem el, a másodikat a tarcali Kopasz-hegy dűlőben színteztem be, míg a harmadik esetben a tarcali Szil-völgy dűlőben egy kisebb teraszrészletet mértem fel. A részletes felvételek segítségével behatóan

vizsgálhattam a teraszszíkon lefolyó víz útját, a támfalaktól kiomlott anyag mennyiségét, illetve a támfalak kialakításának különbözőségeit.

4.1.3 Talajszelvények feltárása, mintázása és WRB szerinti besorolása

Tokaj-Hegyalja négy településén – Mád, Tarcal, Tállya, Tokaj – 29 talajszelvényt (10 teraszozás nélküli és 19 kőfallal megtámasztott teraszon) ástam ki (8. ábra) különböző időpontban felhagyott szőlőkben, átlagosan 1-1,5 m mélységig. A szelvények feltárásával és a talajminták laboratóriumi elemzésével meghatároztam, a teraszok sajátos morfológiai, litológiai és talajtani viszonyait. A szelvényeket a támfalak tövében ástam ki, azzal a céllal, hogy a fal rakásának, építésének különbségeit is meg tudjam figyelni. A szelvények terepi leírása során minden esetben rögzítettem a szelvények GPS koordinátáit, elkülönítettem a diagnosztikai szinteket, illetve meghatároztam ezek határvonalát, megvizsgáltam a talaj textúráját, szerkezetességét. Feljegyeztem a nedves talajminták Munsell-színértékét (színárnyalat, színérték, színtelítettség), valamint egyéb tulajdonságokat, mint például a biológiai aktivitást vagy a gyökérsűrűséget. Minden egyes diagnosztikai szintből kb. 1000 g talajmintát gyűjtöttem (Novák és Incze, 2014, Novák et al, 2014a, b; Spohn et al., 2015). A talajszelvényeket 2013 márciusában, májusában, júniusában, valamint 2014 szeptemberében létesítettem.

A talajszelvények besorolását a nemzetközi talajosztályozási irányelvek (WRB) szerint végeztem el (IUSS Working Group WRB. 2014).



8. ábra A talajszelvények térbeli megoszlása Mád (A), Tállya (B), Tarcal és Tokaj (C) területén

4.1.3.1 Talajminták laboratóriumi feldolgozása, vizsgálati módszerei, valamint az alkalmazott statisztikai próbák

Feldolgozás előtt a talajmintákat 72 órán keresztül 40 °C-on szárítottam. A száraz talajmintákat porcelán mozsárban porítottam, majd száraz szitálással elkülönítettem a durva (> 2mm) és finom frakciót. Miután lemértem a durva frakció tömegét, meghatároztam az adott talajsztintben lévő vázrész arányát.

A talajok textúráját szemcseeloszlás alapján vizsgáltam. A 2 és 0,2 mm közötti frakciót száraz szitálással, míg a 0,2 mm alatti pipettás módszerrel különítettem el (Pansu and Gautheyrou, 2006). A finom frakciót homok (2-0,063 mm), iszap (0,063-0,002 mm) és agyag (<0,002 mm) frakciókba soroltam.

A talajok kémhatását (pH_{H₂O, KCl}) MSZ-08-0206/2-78 szabvány alapján 1:2,5 talaj–folyadék szuszpenzióban, pH mérő (üveg elektróda) segítségével állapítottam meg.

A szénsavas mésztartalom meghatározásához Scheibler-féle kalcimétert használtam (Chaney et al., 1982).

A szerves szén koncentráció méréséhez kálium-bikromátot (K₂Cr₂O₇) használtam. A kénsavas közegben oxigén szabadult fel, ami oxidálta a talaj humuszanyagában megkötött szenet, majd a reakcióban részt nem vett kálium-bikromát mennyiségét (ferroin jelenlétében) ferroammónium-szulfáttal (Fe(NH₄)₂(SO₄)₂) titrálta (Ponomareva and Plotnikova, 1980).

A foszfor- és a réztartalom vizsgálatába a tokaji Nagy-hegyen ásott 17 szelvényt (a szelvények száma 1-től 16-ig, valamint a Ta01-es szelvény) vontam be. A kivonatok elkészítésének módja mindkét esetben a következő volt (Bleck, 1965):

- A talajmintákat (egyenként 10 g) 550 °C-on izzító kemencében izzítottam (Kézdi, 1969). Lehűlést követően 10 ml HNO₃-t adagoltam a mintákhoz, amelyeket ezt követően homokfürdőn forrasig melegítettem. Hűlés után szűrőpapíron keresztül átszűrtem a mintákat, majd ezeket 100 ml-es palackba helyeztem és desztillált vízzel kiegészítettem. A P méréséhez láng fotométert, míg a Cu méréséhez atomabszorpciós spektrométert használtam. Minden mérésemet háromszoros ismétléssel pontosítottam.

A kapott eredményeket statisztikai próbáknak vettem alá. Az adatok statisztikai vizsgálatát a normál eloszlás meghatározásával kezdtem, amihez a Shapiro-Wilk próbát alkalmaztam.

A nem parametrikus tesztek közül gyakran alkalmazzák a Mann-Whitney U tesztet, mivel ez független az adatok normál eloszlásától. A teszt a két vizsgált csoportot a mediánjuk alapján hasonlítja össze. A nullhipotézis szerint a minták ugyanabból a populációból valók, így ha a p-érték nagyobb, mint 0,05 a null hipotézist nem vetjük el, ha kisebb, akkor elvetjük, és azt mondhatjuk, hogy a két adatsor szignifikánsan különbözik egymástól.

Spearman-féle rangkorrelációval vizsgáltam az adatok közötti kapcsolat szorosságát.

4.1.4 Exkavációs formák térképezése, valamint anyagvesztésének meghatározása

Az eróziós árkok, löszmélyutak és a bányák térképezéséhez 1:10000 topográfiai térképet (1989) használtam a kutatásom kezdetén, amivel lehetőségem nyílt a formák lehatárolására a mintaterületen. Miután rendelkezésemre bocsátották a LiDAR adatokból származó DTM-et, korrigáltam az árkok és bányák körvonalát, amivel igen pontos képet tudtam adni azok jelenlegi területi kiterjedéséről, előfordulási gyakoriságukról.

A külszíni bányák területének változását 1940-es évektől kezdődően 4 időpontban (1940, 1969, 1989, 2014) tudtam nyomon követni a topográfiai térképek és LiDAR DTM segítségével. A poligonokkal történő lehatárolását ArcGIS 10.2 program segítségével végeztem el.

Az eróziós árkok hosszát az árkok középvonalában berajzolt vonal segítségével határoztam meg, míg az esését a középvonal két végén mért tengerszint feletti magasság különbsége, valamint az árkok hosszának hányadosaként határoztam meg. Az esést a 100 m-t meghaladó hosszúságú eróziós árkok esetében vizsgáltam.

Az eróziós árkok szélességének meghatározásához az ArcGIS 10.2 Transect tool-ját használtam, amely segítségével 20 méterenként merőleges egyenest állítottam az eróziós árkok középvonalára, majd az eredmény fedvénnyel az Intersect tool segítségével összemetsztem az árkok területét lefedő poligon fedvényével, így a merőlegesek méretre vágott hossza megadta az eróziós árkok adott pontban mért szélességét.

Az árkok mélységének megállapításához a 3D Analysis, Functional Surface nevű modulján belül, az Add Surface Information tool-ját alkalmaztam. Ennek a segítségével az árkok középvonalára 20 m-enként lefektetett merőleges mentén meg tudtam határozni az árkok mélységét.

A fent említett formák kialakulásához jelentős anyagmozgás társult, amelynek meghatározásához a LiDAR, valamint az 1:10000 topográfiai térképen berajzolt szintvonalakból generált felszínmodell magasságadatait használtam fel (10 m-es felbontás mellett). Mindkét raszter fedvénnyel összemetsztem a vizsgált geomorfológiai formák kiterjedését határoló vektoros réteggel. Ennek eredményeként a szintvonalakból generált DEM egyfajta fedélcént funkcionált, és lefedte a jelenlegi formákat bemutató LiDAR DTM-et. Ahhoz, hogy meg tudjam határozni mennyi anyag mosódott ki az árkokból, valamint, hogy mennyi anyagot fejtettek ki a bányákból, a két méretre vágott raszteres fedvénnyel kivontam egymásból ArcGIS 10.2 Cut and Fill toolja segítségével. Ez alapján igen pontos képet tudtam adni a felszínváltozás mértékéről.

4.1.4.1 Eróziós árkok és löszmélyutak terepi felmérése

Az eróziós árkok és löszmélyutak terepi felmérése, a LiDAR adatok pontosságának ellenőrzésére irányultak.

Spectra Precision Focus 8 Total station lézeres teodolit segítségével felmértem a tokaji Lencsés-árok egy növényzettel sűrűbben benőtt részét, valamint

az ebből nyíló oldalárok egy kisebb szakaszát. Mérőszalag segítségével mértem fel egy a tarcali Mester-völgygel párhuzamosan futó löszmélyút adatait, illetve a tokaji Aranyos és a Garai dűlőben három árok kiválasztott szakaszán azok szélességét és mélységét. Minden esetben felvettem az GPS koordinátákat, majd ezeknek megfelelően a LiDAR DTM-en is felvettem az árkok keresztmetszetét, és összevettem a terepen felmért árkok szélesség és mélység adataival.

4.1.5 Logisztikus regresszió alkalmazása GIS környezetben

4.1.5.1 Tokaj-Hegyalja erózióérzékenységi térképezése az állandó mederrel rendelkező eróziós árkok vizsgálatával

Az erózió mennyiségi jellemzése mellett a megnőtt a szerepük a statisztikai modelleknek. Ezek nem a talajvesztés mennyiségi oldalával foglalkoznak, hanem a vizsgált felszinformák várható megjelenését jelzik előre (Conforti et al., 2010; Conoscenti et al. 2008, 2013, 2015; Meyer és Martines-Casnovas, 1999).

A Tokaj-hegyaljai területének vizsgálata során olyan erózióérzékenységi térképet szerkesztettem az árkos erózióra nézve, amivel meghatároztam azokat a veszélyeztetett területeket, ahol az árkok nagy valószínűséggel kialakulhatnak. Mindehhez többváltozós logisztikus regressziót használtam (Heaton és Merenlender, 2000), mivel ez alkalmas a különböző független változókkal való számolásra (pl. bináris, ordinális, folytonos), nem szükséges hozzá az adatok normál eloszlása (Bai et al., 2010) és megbízható eredményt hoz még akkor is, ha a környezeti tényezők autokorrelálnak egymással (Mathew et al. 2009).

A vizsgálatom az eróziós árkok lehatárolásával kezdődött a fentebb kifejtett módon. Az eróziós árkok átlagos szélessége alapján, a rendelkezésre álló DTM-et 25 m-es felbontásra állítottam be. Az árkok térbeli megoszlását binárisan kódoltam (1, ahol a négyzetrácsban megjelennek árokszakaszok és 0, ahol nem), amelyet a statisztikai analízis során függő változóként használtam.

A környezeti tényezőknek (litológia és topográfia) fontos szerepük van az árkok kialakulásának előrejelzésében, így ezek lesznek a független változók az statisztikai elemzésben. Az árkok kialakulásának pontos idejét nem tudjuk, így olyan tényezőket, amelyek az idővel változnak pl. területhasználat, nem vettem számításba (Conoscenti et al., 2015), míg a klimatikus tényezőket homogénnek tekintettem a mintaterületre, így azokat szintén nem vontam be az elemzésbe.

A vizsgálat során litológiai, valamint 11 topográfiai változót (lejtőkategória; lejtőkiettség; tengerszint feletti magasság; általános, vízszintes, lejtőirányú, érintőirányú lejtőhajlás; topográfiai nedvesség index; topográfiai helyzet index; konvergencia indexet; LS faktor) vettem figyelembe, amelyek a feltételezésem szerint közvetlen vagy közvetett módon hatással vannak az eróziós árkok kialakulására (Conoscenti et al., 2014). A magyarázó változókat raszter formában, az előzőek alapján 25 m-es felbontásban térképeztem SAGA-GIS nyílt forráskódú szoftver segítségével, amellyel mind a függő mind a független változók pixelei egyszerűen egymásra helyezhetők. Az ezek által alkotott adatmátrixot használtam a statisztikai elemzés során.

A litológiai térképet az MTA TAKI Agrotopográfiai Adatbázis alapján öt kategóriába (glaciális és alluviális üledék; löszös üledék; harmadkori és idősebb

üledék; nyirok; illetve andzit és riolit) soroltam. A topográfiai tényezőket a DTM alapján hoztam létre. Elkészítettem a tengerszint feletti magasság, a lejtőkítség (8 égtáj szerint felosztott) és a lejtőkategória (korábban bemutatott magyarországi agronómiai felosztás szerint kategorizált) térképet. A statisztikai vizsgálat során a litológia, lejtőkítség és lejtőkategória változóit diszkrét változókká alakítottam majd binárisan kódoltam, így minden egyes kategóriát önálló tényezőként használtam.

Amikor azt vizsgáljuk, hogy a lejtők melyik részén nő, illetve csökken a lejtőszög, akkor a felszíni görbültre vagyunk kíváncsiak (Telbisz et al., 2013). A lejtők domborúságának és homorúságának vizsgálatához létrehoztam az általános görbület, a vízszintes (sík) görbület, a lejtőirányú görbület és az érintőirányú görbület térképét, továbbá a táj homorúság/domborúság arányának megállapításához alkalmaztam a konvergencia indexet (Köthe et al., 1996). Ez utóbbinál 12-re állítottam a cellák vizsgálati sugarát, tehát 12 cellánként vizsgálta a homorúság és domborúság arányát, ami pl. negatív értéket vesz fel a völgyek és pozitív értéket a gerincek esetében. Ezt követően meghatároztam a topográfiai helyzet indexét (Guisan et al., 1999), ami a cellák relatív tengerszint feletti magasságát mutatja, az előbb említett 12 cellás vizsgálati körben, ahol a szomszédos cellák átlagos magasságértéke alapján számítja ki az indexet. Az eróziós árok kialakulásában alapvető fontossággal bír a felszín nedvességtartalma, így a vízjárta és száraz területeknek ismerete. Ennek a megállapításához a topográfiai nedvesség indexet használtam (Bevan és Kirkby, 1979). Az utolsó felhasznált index a javított általános talajvesztés becslési egyenletből (RUSLE) ismert, LS faktor, ami a vizsgált felszín területéből és lejtéséből számítható lejtőtényező (Moore et al., 1991; Moore és Wilson, 1992).

A logisztikus regresszió értékeli egy adott esemény előfordulásának valószínűségét, azáltal, hogy megbecsüli, hogy az adott esemény mekkora valószínűséggel fog az egymást kizáró függő változó kategóriák egyikébe esni (Ohlmacher és Davis, 2003; Conoscenti et al., 2014). Az elemzésben az esemény előfordulása, az árkok jelenléte vagy hiánya, amit binárisan kódoltam. A statisztikai elemzést, a Tanagra nyílt forráskódú szoftver segítségével végeztem el, ahol a független változók szűrésére backward stepwise módszert alkalmaztam, mivel Conoscenti et al. (2014) hatékonyabbnak ítélte meg hasonló vizsgálataiban, mint a forward stepwise módszert. Ennek értelmében a program minden független változóra kiszámol egy F-próba értéket, és ha az az előre meghatározott szignifikancia szint alatt van, akkor kihagyja a regresszióból és a következő változóra ugrik (Fidy és Makara, 2005).

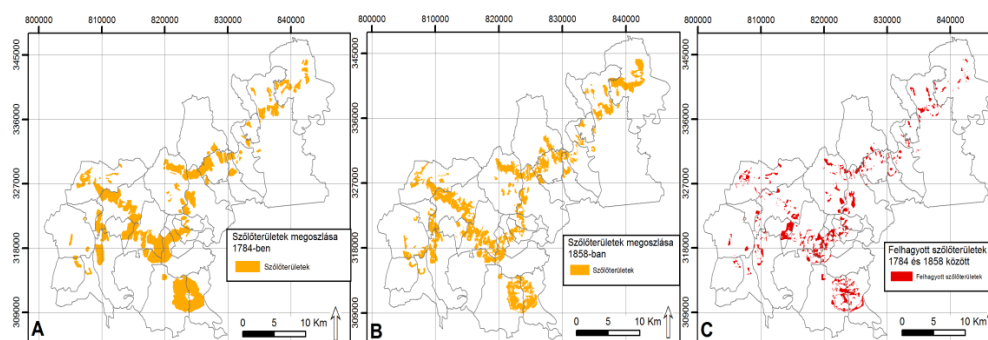
A modell elfogadásához tesztelésre van szükség, amelyet két lépésben tettem meg. Az először kiválasztottam három tanuló (training) területet, ahol az összes pozitív (árkok jelenléte) esethez (25x25 m pixelhez) random módon hozzátársítottam ugyanannyi negatív (árkok hiánya) esetet. A második lépésben három teszterületet hoztam létre, mégpedig úgy hogy ez alkalommal már csak a pozitív esetek mindössze 20%-át választottam ki, amihez ugyanannyi negatív esetet társítottam (Conoscenti et al., 2014).

ROC (Receiver Operating Characteristic) görbével vizsgáltam a valódi pozitív és a valódi negatív esetek arányát (Hanley és McNeil, 1982; Lasko et al., 2005). A logisztikus regresszió pontosságát az eróziós árkokra nézve a ROC görbe alatti terület (AUC, area under the ROC curve) arányával határoztam meg. Véletlenszerű eredményt ad a modell, ha a görbe alatti rész 0,5-tel egyenlő vagy az alatti. Minél közelebb fut a görbe diagram bal felső sarkához, annál pontosabb a modell. Hosmer és Lemeshow (2000) alapján átlagosnak nevezhető a modell, ahol a görbe alatti átlagérték 0,6-0,7 közötti, elfogadható, ahol 0,7-0,8 közötti, kiváló, ha 0,8-0,9 közötti és kiemelkedő, ha nagyobb, mint 0,9.

4.1.5.2 A vizsgált időszakok során felhagyott szőlőterületek topográfiai tényezőkön alapuló rekonstrukciója logisztikus regresszió segítségével

Ebben a szakaszban arra keresem a választ, hogy rekonstruálhatók – pusztán topográfiai tényezők figyelembevételével, az adott időszakok során bekövetkező szőlőterület felhagyások. Mutatnak-e törvényszerűségeket (hasonlóságokat vagy eltéréseket) az adott időszak során felhagyott és tovább művelt területek. Ennek céljából az 4.1.5.1 alfejezetben már részletesen taglalt módszer szerint meghatároztam, hogy milyen valószínűséggel reprodukálhatók egy adott időszakon (1784-1858, 1858-1884, 1884-1940, 1940-1969, 1969-1989, 1989-2010) belüli felhagyások.

Az eljárás menete mindenben megegyezik a fentebb leírtakkal, csak a vizsgálat tárgya az, ami változik. Ebben az elemzésben csak a szőlőterületek vesznek részt. A szőlőterületek és a felhagyások vektoros állományait itt is 25 m-es felbontású raszterre konvertáltam, majd a raszter hálót pont fedvényre alakítottam és a pontokat binarizáltam a következők szerint: 0 értéket kaptak azok a területek, amelyek az egymást követő időpontban végig szőlőként műveltek és 1-es értéket kaptak azok a területek, amelyeknél a korábbi időpontban még szőlőparcellák álltak, de a későbbi időpontban már nem művelték szőlőként (9. ábra). A modellezéssel szeretném megvizsgálni, hogy milyen hatékonysággal lehet rekonstruálni egy adott időszakban felhagyott szőlőparcellák területét pusztán topográfiai tényezők figyelembevételével.



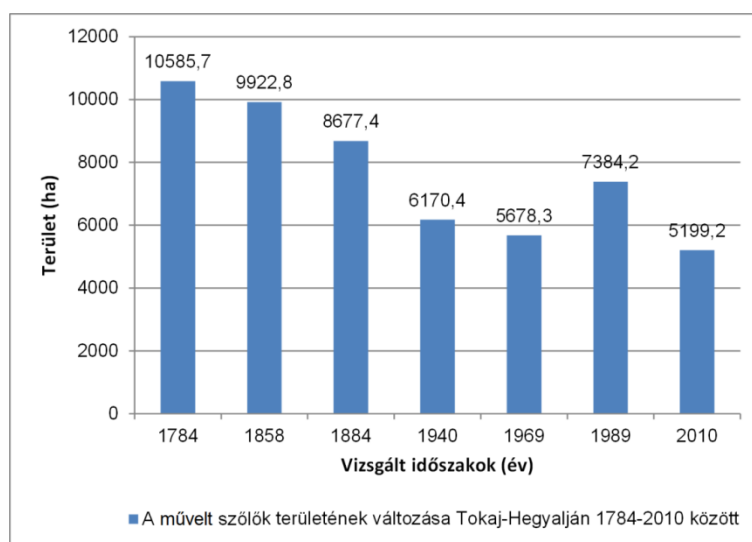
9. ábra Szőlőterületek megoszlása 1784-ban (A) és 1858-ban (B) illetve a két időszak során felhagyott szőlők (C)

5 Eredmények

5.1 Szőlőterületek térbeli és időbeli változásainak vizsgálata

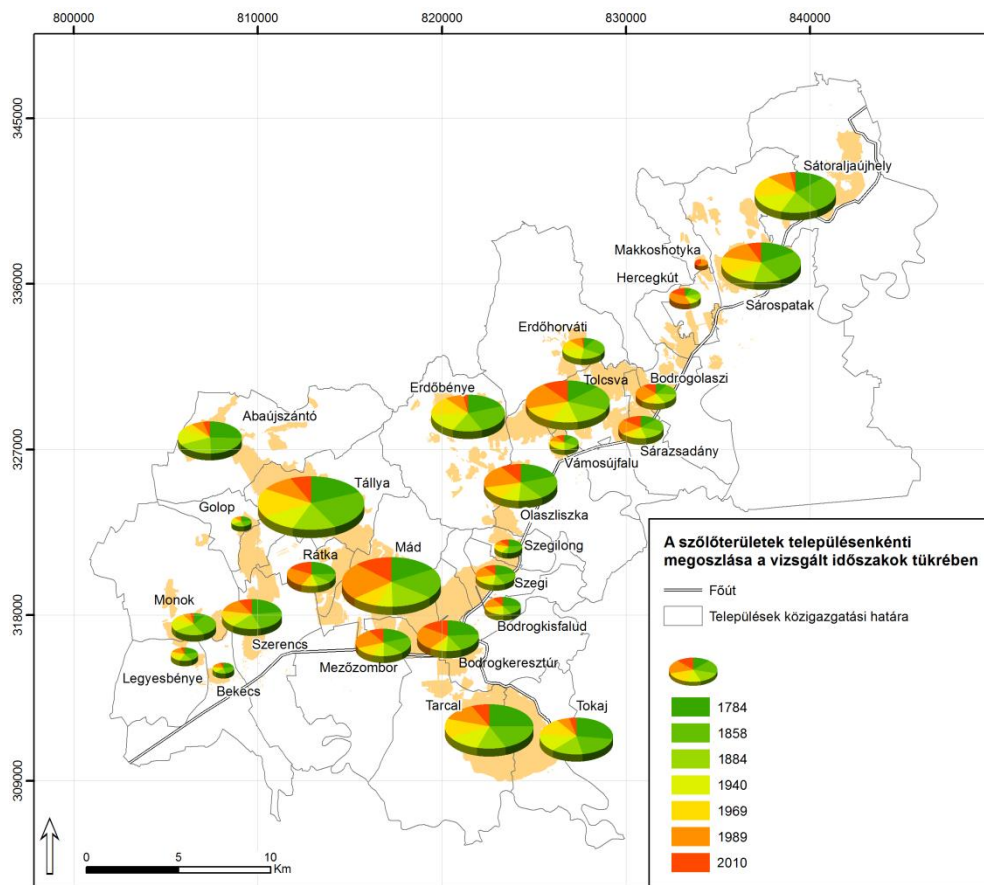
A Tokaj-hegyaljai szőlőparcellák terület változásait 1784 és 2010 között hét időpontban vizsgáltam, a rendelkezésemre álló térképi és távérzékelt állományok segítségével, ezek eredményeit a 10. ábrán tüntettem fel.

Az ábráról is egyértelműen kitűnik a szőlőterületek folyamatos csökkenése 1784 és 1969 között. A kezdeti fokozatos csökkenés 1884 után jelentősen felgyorsul, amelynek eredményeként 1969-re a megművelt szőlőterületek kiterjedése a 18. század végéhez képest majdnem felére csökkent. 1989-re 1700 ha-os növekedés figyelhető meg a régióban, majd 2010-re történelmi mélypontra zuhant a megművelt szőlőterületek kiterjedése.



10. ábra A művelt szőlők területének változása Tokaj-Hegyalján 1784-2010 között

A teljes területet figyelembe véve egyértelműek az adott időszakok közötti változások, azonban települési szinten jelentős eltéréseket is megfigyelhetünk (11. ábra).



11. ábra Az adott időszakokban művelt szőlőterületek, teljes vizsgált időintervallum során művelt szőlőparcellák területéhez viszonyított megoszlása településenként

1784 és 1858 között 663 ha-ral csökkent a szőlőterületek kiterjedése. Ennek ellenére a 27 településből 11 esetében területgyarapodást figyeltem meg a szőlőparcellák tekintetében (12. ábra). A legjelentősebb növekedést Sátorajújhely (366,1 ha) és Monok (193,1 ha) esetében találtam, míg a legnagyobb területcsökkenést Tardal (329,2 ha), Tokaj (227,6 ha) és Rátka (203,8 ha) településein figyeltem meg.

A 19. század második felében (1858-1884) 1246 ha-ral csökkent tovább a szőlők területe. Települések szerinti oszlásban a legnagyobb csökkenést Sárospatak (202,3 ha) és Sátorajújhely (198,9 ha) területén tapasztaltam. Nyolc településen emelkedett a szőlőparcellák területe, melyek közül Mád (66,3 ha) említésre méltó.

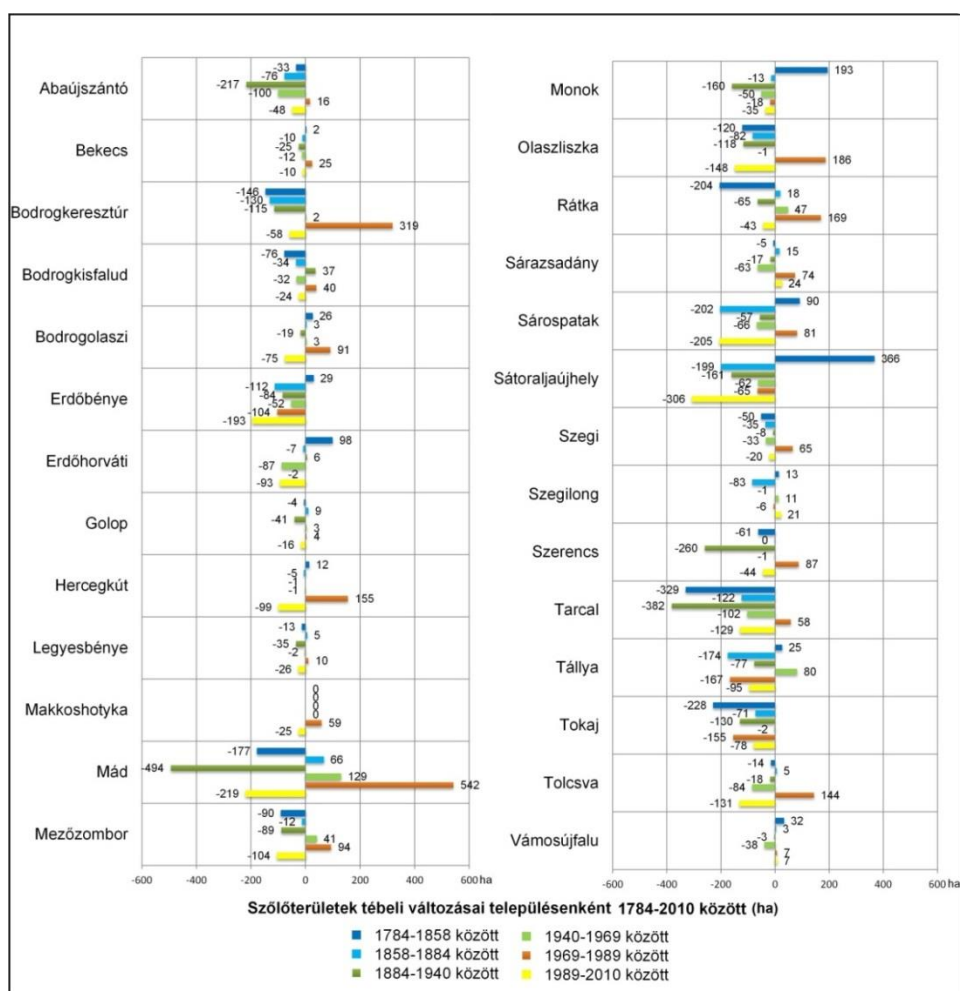
1884 és 1940 közötti területvesztés, két kivételtől eltekintve az összes települést érintette, csak Bodrogkisfalud és Erdőhorváti zárt pozitív mérleggel az időszak végén. Ugyanakkor hatalmas területek kerültek felhagyásra Mád (494,1 ha), Tállya (382,3 ha), Szerencs (260,1 ha) és Abaujszántó (217,4 ha) településein.

1940 és 1969 közötti 29 év során 492 ha-ral zsugorodott a szőlőparcellák területe. 27 településből 18 esetén figyeltem meg csökkenést, melyek közül

Tarcal (102,1 ha), Abaujszántó (99,6 ha), Erdőhorváti (86,8 ha), valamint Tolcsva (83,9 ha) települései emelhetők ki. Ugyanakkor Mád (129,1 ha) vagy Tállya (79,7 ha) esetében nőtt a megművelt szőlőparcellák területe.

1969 utáni 20 évben 1700 ha-ral nőtt a szőlők kiterjedése, amellyel egy 1784 óta tartó folyamatos csökkenő tendencia szakadt meg. Mád (542,4 ha), Bodrogkeresztúr (319,1 ha), vagy Olaszliszka (186,4 ha) településein adódott a legnagyobb területgyarapodás és mindössze 7 esetben találok visszaeséssel, köztük Tállyán (166,9 ha), Tokajban (155,2 ha) és Erdőbényén (103,6 ha).

Az elmúlt 230 év során, 2010-ben műveltek a legkisebb területen szőlőt. 24 településen csökkent a szőlőparcellák kiterjedése 1989-es állapotokhoz képest. Ezek közül Sátoraljaújhely (306,5 ha), Mád (218,9 ha), Sárospatak (204,9 ha), és Erdőbénye (193,5 ha) emelhető ki.



12. ábra A szőlőterületek térbeli változásai települési bontásban 1784-2010 között

5.1.1 A vizsgált időszakok során felhagyott és újonnan betelepített szőlőparcellák területváltozásai

A vizsgált periódusok során meghatározott szőlőterület felhagyások, új szőlőtelepítések és változatlanul maradt szőlőterületek dinamikája eltér egymástól. Amíg 1784-1884 között közel 7000 ha-on maradtak változatlanok a szőlőterületek (3. táblázat), addig 1969 és 1989 között mindössze 2911,6 ha-on.

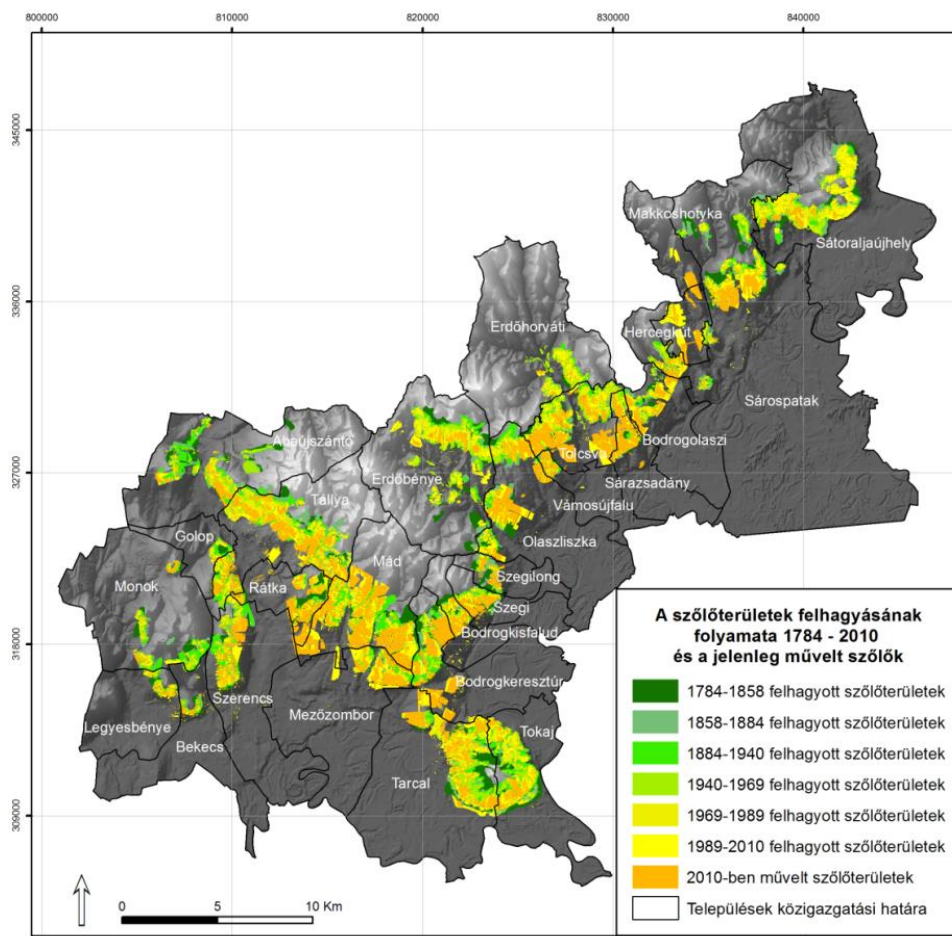
A legnagyobb területek 1884 és 1940 között maradtak parlagon (4045,4 ha), amelynek átlagos éves üteme 72,2 ha-nak adódott. Habár az 1784-1858-as periódusban tapasztaltam a második legjelentősebb szőlőterület felhagyást (3609,7 ha), ezek átlagos éves üteme volt a legalacsonyabb (48,8 ha/év) a vizsgált időszakok közül. A felhagyás üteme 1989 és 2010 közötti időszakban volt a legmagasabb (159,4 ha/év), amikor 21 év alatt 3348,3 ha-t vontak ki művelés alól.

Az új betelepítések közül kitűnik az 1969-1989-es periódus, amikor 4472,6 ha-on telepítettek újonnan szőlőket, aminek éves átlagos üteme 223,6 ha-nak adódott.

3. táblázat A szőlőterületek változásai és azok üteme 1784 és 2010 között

A szőlőterületek változásainak vizsgált idő-intervallumai (év)	Az időszak során változatlan kiterjedésű szőlőterületek (ha)	Az időszak során felhagyott szőlőterületek (ha)	Felhagyás átlagos éves üteme (ha·év ⁻¹)	Az időszak során újonnan betelepített szőlőterületek (ha)	Betelepítés átlagos éves üteme (ha·év ⁻¹)
1784-1858	6976,0	3609,7	48,8	2946,8	39,8
1858-1884	6946,2	2976,6	114,5	1731,3	66,6
1884-1940	4632,0	4045,4	72,2	1538,4	27,5
1940-1969	3283,3	2887,1	99,6	2395,0	82,6
1969-1989	2911,6	2766,7	138,3	4472,6	223,6
1989-2010	4035,9	3348,3	159,4	1163,3	55,4

A 13. ábra láthatjuk, hogy az egyes szőlőterületek melyik vizsgált időszakban kerültek véglegesen felhagyásra úgy, hogy azt követő időszakok egyikében sem művelték meg újra szőlőként.



13. ábra A szőlőterületek felhagyásának folyamata 1784-2010 és a jelenleg művelt szőlők (Incze és Novák, 2016 alapján szerkesztve)

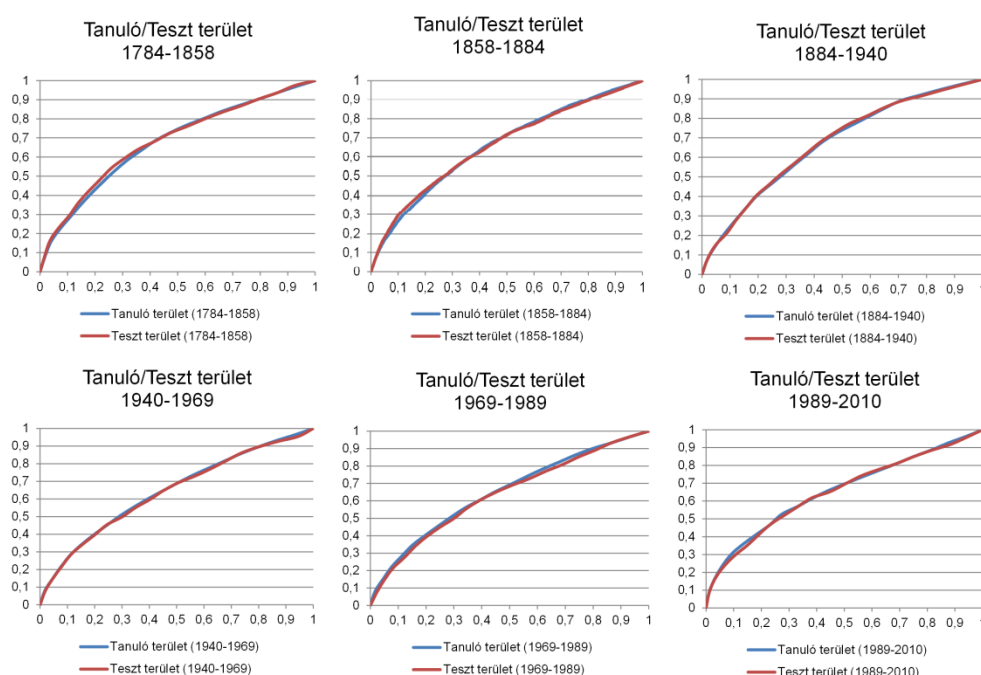
5.1.2 A vizsgált időszakok során felhagyott szőlőterületek topográfiai tényezőkön alapuló rekonstrukciója logisztikus regresszió segítségével

A modellezéssel hat egymást követő időszakban (1784-1858, 1858-1884, 1884-1940, 1940-1969, 1969-1989, 1989-2010) vizsgáltam a felhagyások rekonstrukcióját.

A Wald teszt alapján 1784 és 1940 között a tengerszint feletti magasság volt a legfontosabb független változó. 1784-1858 között kiemelkedik a 25-35%-os lejtők pozitív és a DK-i kitétség negatív kapcsolata a felhagyott területekkel. Ez utóbbi 1858 és 1884 között is domináns volt. 1884 és 1940 között az ÉK-i és K-i kitétségű területek pozitív, míg a DK-i negatív kapcsolatot mutatnak a felhagyásokkal, ugyanúgy, mint ahogy az 5-12% és 12-17%-os lejtők. 1940 után már főként a kitétség és a lejtőmeredekség mutatott szorosabb kapcsolatot a

felhagyással. Negatív kapcsolat látható a DK-i és D-i és az 5-12% valamint a 12-17% lejtőkkel.

A modell előrejelzés pontosságának vizsgálatához ROC görbét használtam (14. ábra). A ROC görbe átlagos eredményeket mutatott az összes időszak mindhárom tanuló és tesztterület estében. 1784-1858 között 67,6%-os, 1858-1884 között 66,2%-os, 1884-1940 között 67,5%-os, 1940-1969 között 64,6%-os, 1969-1989 között 65,6%-os míg 1989-2010 között 65,2%-os pontosságot mutatott.



14. ábra Az egyes időintervallumok között kijelölt tanuló és teszt területekre meghatározott ROC görbék

Mindezek tükrében elmondható, hogy habár a topográfiai tényezők láthatóan szerepet játszottak a szőlőtermesztés területi átrendeződéseiben, további tényezők is hozzájárultak a felhagyásokban.

A felhagyások során a legfontosabb szerepet betöltő topográfiai tényezőket, úgy, mint lejtőkategória, lejtőkitettség és tengerszint feletti magasság lentebb részletesebben is megvizsgálom.

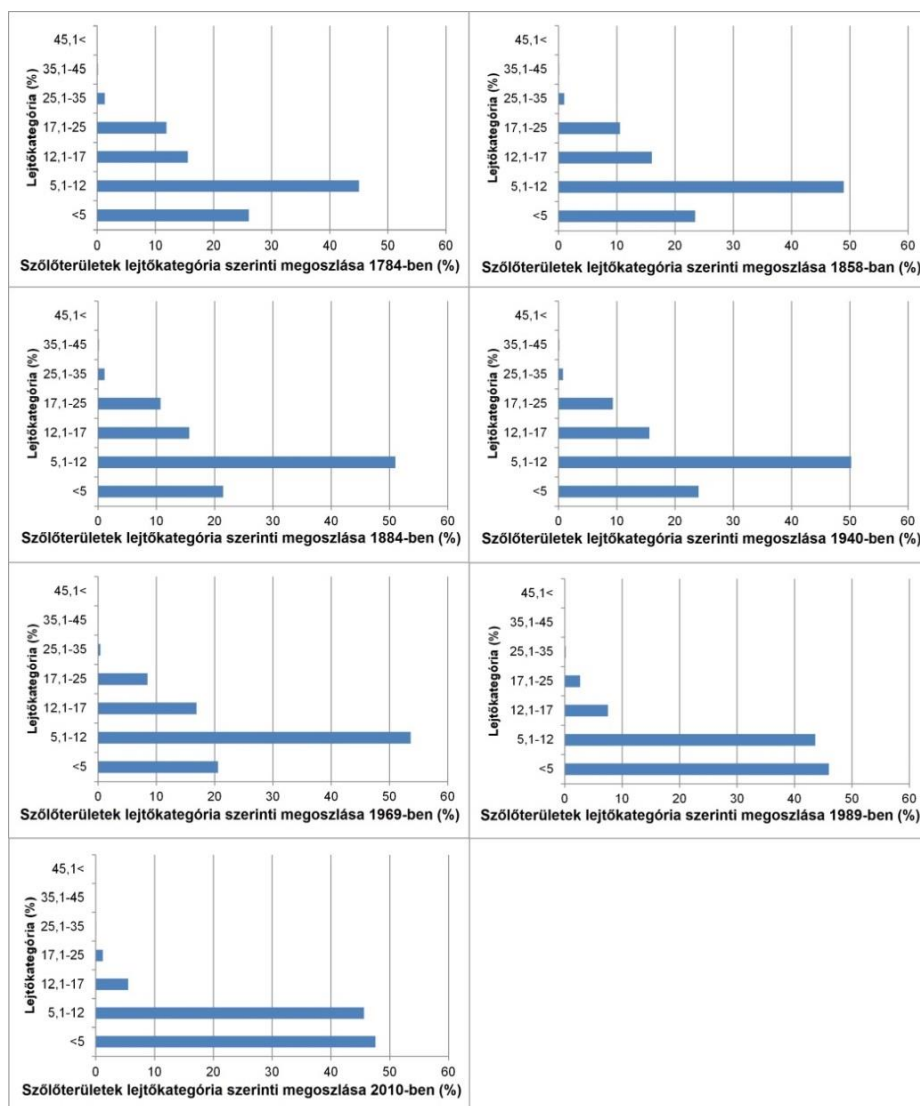
5.1.3 Szőlőterületek változásai lejtőkategória szerint

A szőlőterületek változásainak vizsgálatánál szembevető a 12%-nál meredekebb lejtőkön termesztett szőlők kiterjedésének folyamatos csökkenése (15. ábra) a vizsgált időszakokban.

Legjelentősebb átalakulást az 5%-nál enyhébb lejtésű tájakon figyeltem meg. 1784 és 1884 között fokozatos csökkentést tapasztaltam (26,1%-ról 21,4%-ra)

majd 1969 és 1989 között 20 év alatt 20,6%-ról 46%-ra nőtt az 5%-nál kisebb esésű lejtőkön termesztett szőlők részesedése, ami 2010-re elérte a 47,6%-ot.

Az 5,1-12 illetve a 12,1-17%-os lejtőn álló ültetvények kiterjedése hasonló változásokon ment keresztül a közel 230 év során. A 19. század közepéig mindkét lejtőkategória területe (még ha csak a teljes szőlőterülethez viszonyított arányában is, de) nőtt. 1940-ig kissé csökkent az arányuk, ám 1969-re ismét emelkedett néhány százalékkal (4. táblázat). A legnagyobb változást az 1969-1989 közötti időszak jelentette, ugyanis az 5,1-12%-os lejtőkön művelt szőlők részesedése 10, a 12,1-17%-os lejtőkön lévő ültetvények aránya 9,4%-os csökkenést mutattak ez alatt az időszak alatt. 1989 után az 5,1-12%-os lejtőkön való szőlőtermesztés ismételen növekedésnek indult, azonban a 12,1-17%-os lejtők részesedése még tovább csökkent. A 17%-nál meredekebb lejtőkön termesztett szőlők területe (az 1858-1884 közötti időszaktól eltekintve) folyamatos csökkenést mutatott. 2010-re mindösszesen 1,5%-ot jelent a teljes szőlőtermő területből a kezdeti 13,3%-hoz képest.

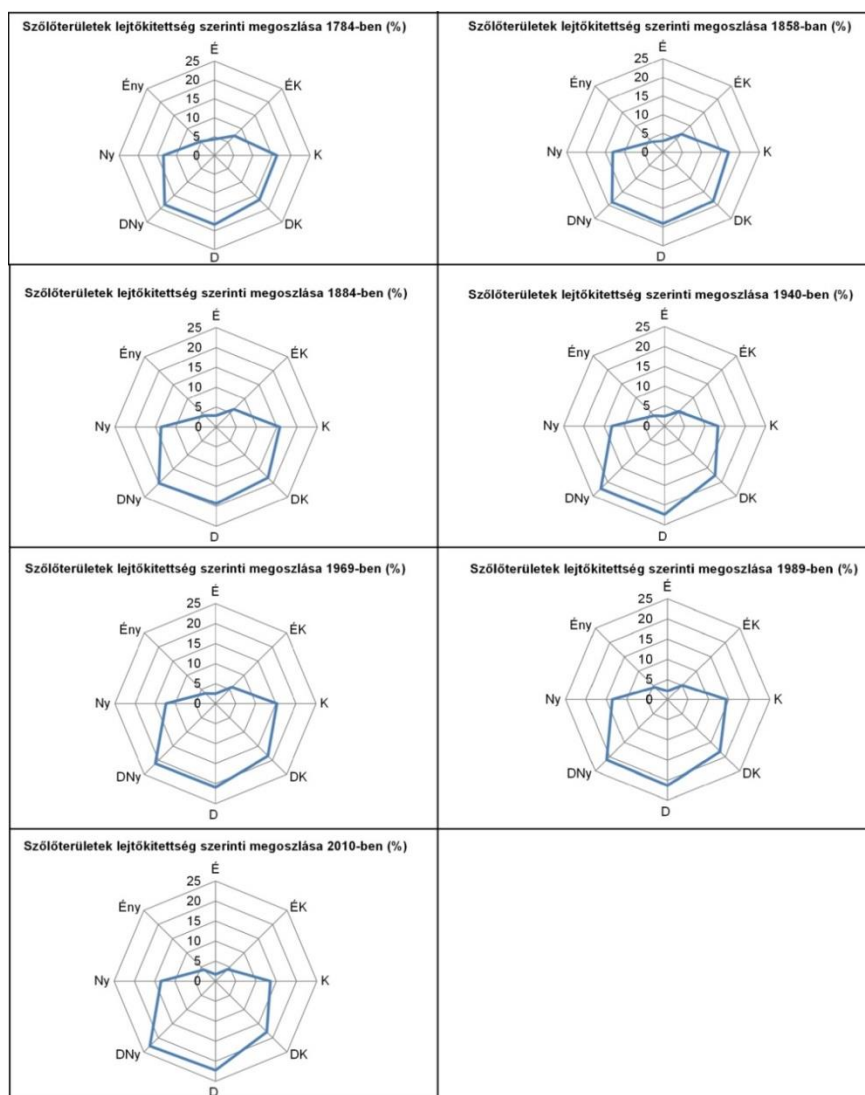


15. ábra A megművelt szőlőterületek lejtőkategória szerinti megoszlása (%) 1784-2010 között

5.1.4 Szőlőterületek változásai lejtőkitevtség szerint

A szőlőterületek lejtőkitevtség szerinti megoszlása alapján a délies lejtők emelkednek ki (16. ábra), amelyek közül a D-i és DNy-i lejtők (1940-1969 időszak kivételével) aránya folyamatosan növekszik a többi kategóriához képest, míg a DK-i lejtők változatosabb képet mutatnak a vizsgált időszak során. Habár a délies lejtők dominanciája elvitathatatlan, a K-i és Ny-i hegyoldalakon termesztett szőlők területe is figyelemre méltó. A K-i lejtők részesedése 13,2-17% között, a Ny-i lejtők részesedése 12,3-13,6% között változott az elmúlt 230 évben.

Az északi lejtők szőlőtermesztésben betöltött szerepe jelentéktelennek mondható. Az É-i és ÉK-i lejtők részesedése 1784-től folyamatosan csökkent, míg az ÉNy-i területek részaránya 3,6 valamint 5,2% között változott.



16. ábra A megművelt szőlőterületek lejtőkíttség szerinti megoszlása (%) 1784-2010 között

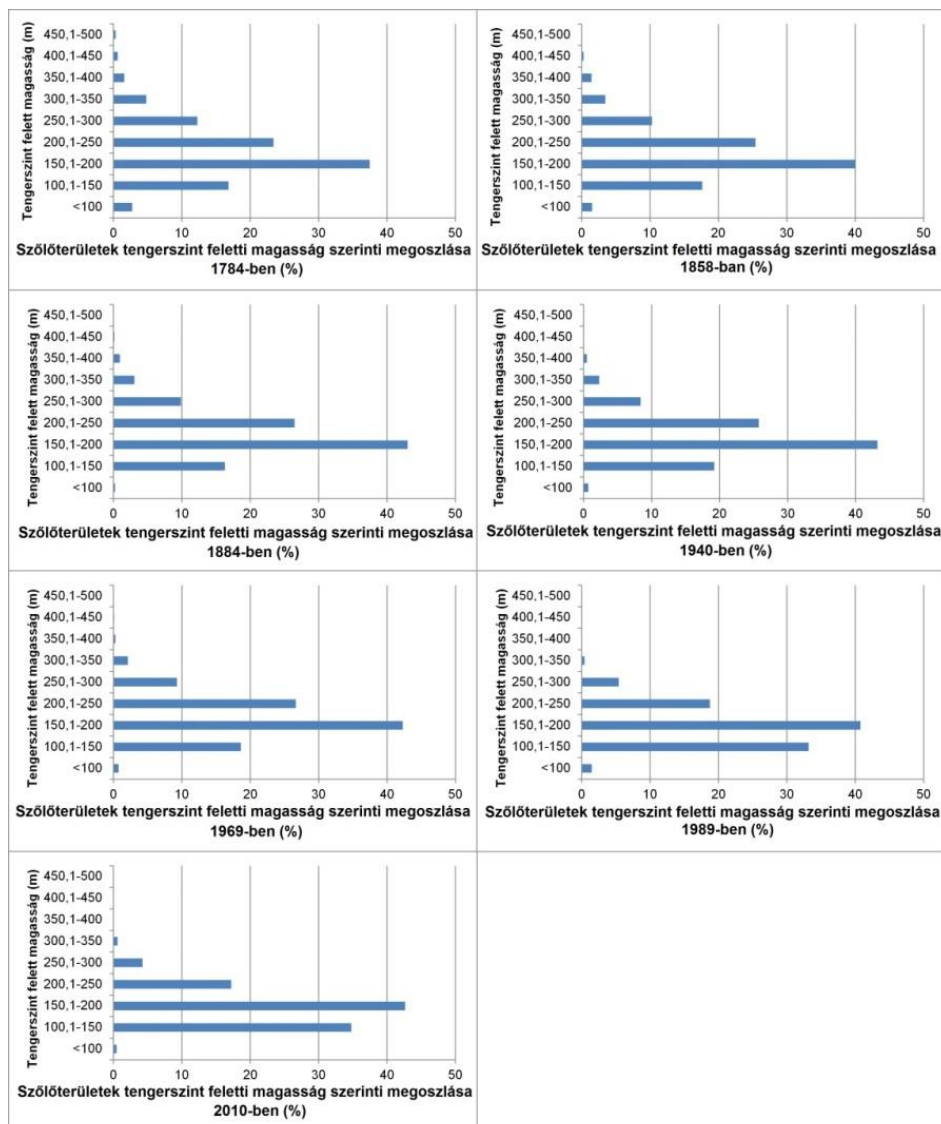
5.1.5 Szőlőterületek változásai tengerszint feletti magasság szerint

A megművelt szőlőterületek tengerszint feletti magasság szerinti megoszlása alapján elmondható, hogy a parcellák döntő hányada mindvégig 100 és 300 m közötti magasságon volt megtalálható (17. ábra).

Ebből kiemelkedik a 150,1-200 m-es magasság, amely az elmúlt 230 évben domináns volt, hiszen területi aránya 37,5-43,2% között változott.

Érdekes megfigyelni a 100,1-150 m-es, valamint a 200,1-250 m-es magasságban talált szőlőterületek változásait. Mindkettő esetében egyfajta stagnálás látható 1784-1969 között, hiszen a 100,1-150 m esetében 16,3-19,2% között, míg a 200,1-250 m esetében 23,4-26,6% között változott a szőlőterületek megoszlása. 1989-ben azonban lényeges változás történt, ugyanis a 100,1-150 m-es magasságú térszín részesedése 33,2%-ra nőtt, míg a 200,1-250 m közötti térszín aránya 18,7%-ra csökkent a megművelt szőlőterületek között.

A szőlőterületek megoszlásának vizsgálata során időben folyamatos csökkenést találtam a 250 m feletti és a 100 m alatti régiókban.



17. ábra A megművelt szőlőterületek tengerszint feletti magasság szerinti megoszlása (%) 1784-2010 között

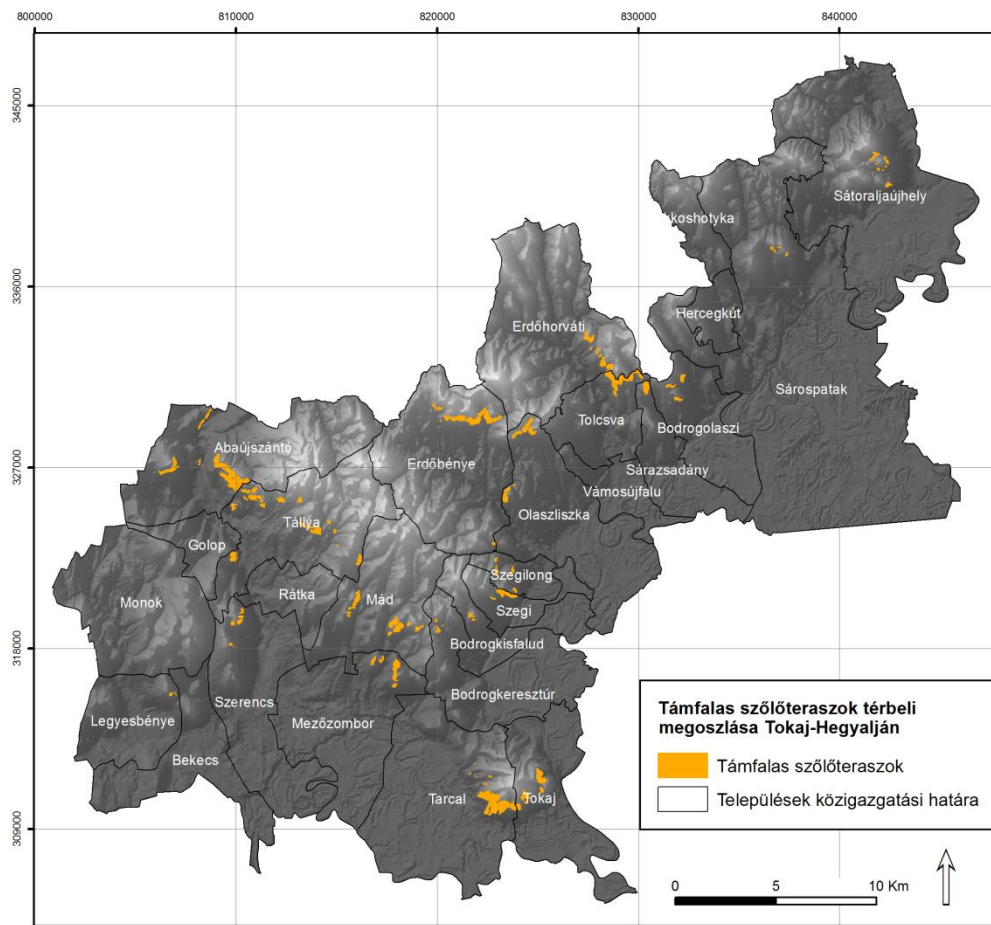
4. táblázat A szőlőterületek változásainak időbeli vizsgálata lejtőkategória, lejtőkitettség és tengerszint feletti magasság szerinti megoszlás alapján

Szőlőterületek megoszlása a vizsgált topográfiai tényezők szerint	1784-1858		1858-1884		1884-1940		1940-1969		1969-1989		1989-2010		
	Szőlőterületek térbeli kiterjedése az időszak végén (ha)	A szőlőterületek százalékos megoszlásának változása az időszak során	Szőlőterületek térbeli kiterjedése az időszak végén (ha)	A szőlőterületek százalékos megoszlásának változása az időszak során	Szőlőterületek térbeli kiterjedése az időszak végén (ha)	A szőlőterületek százalékos megoszlásának változása az időszak során	Szőlőterületek térbeli kiterjedése az időszak végén (ha)	A szőlőterületek százalékos megoszlásának változása az időszak során	Szőlőterületek térbeli kiterjedése az időszak végén (ha)	A szőlőterületek százalékos megoszlásának változása az időszak során	Szőlőterületek térbeli kiterjedése az időszak végén (ha)	A szőlőterületek százalékos megoszlásának változása az időszak során	
Lejtőkategória (%)	<5	2326,6	-2,6	1860,5	-2,0	1482,4	2,6	1168,2	-3,5	3395,4	25,4	2473,7	1,6
	5,1-12	4856,7	3,9	4426,5	2,1	3098,5	-0,8	3045,1	3,4	3220,0	-10,0	2372,9	2,0
	12,1-17	1587,9	0,4	1356,4	-0,4	961,0	-0,1	959,2	1,3	556,0	-9,4	286,9	-2,0
	17,1-25	1045,4	-1,4	929,2	0,2	574,4	-1,4	482,1	-0,8	197,6	-5,8	62,0	-1,5
	25,1-35	96,8	-0,3	95,4	0,1	46,9	-0,3	22,3	-0,4	13,4	-0,2	3,4	-0,1
	35,1-45	8,6	0,0	10,1	0,0	7,2	0,0	2,2	-0,1	1,5	0,0	1,0	0,0
	45,1<	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0						
Lejtőkitettség	É	296,3	-1,3	249,5	-0,1	153,9	-0,4	141,2	0,0	157,2	-0,4	88,5	-0,4
	ÉK	674,3	-0,5	541,7	-0,6	312,8	-1,2	329,0	0,7	373,4	-0,7	220,8	-0,8
	K	1685,8	0,7	1367,6	-1,2	813,5	-2,6	867,1	2,1	1062,2	-0,9	703,8	-0,9
	DK	1824,2	1,8	1571,3	-0,3	1090,4	-0,4	1047,1	0,8	1341,7	-0,3	931,4	-0,3
	D	1893,2	0,7	1678,3	0,3	1382,2	3,1	1187,0	-1,5	1573,1	0,4	1156,6	0,9
	DNy	1863,1	0,3	1737,3	1,2	1379,5	2,3	1200,8	-1,2	1556,5	-0,1	1189,0	1,8
	Ny	1295,4	-0,3	1182,7	0,6	809,5	-0,5	700,9	-0,8	996,9	1,2	698,1	-0,1
ÉNy	389,9	-1,3	350,0	0,1	228,7	-0,3	206,0	-0,1	322,9	0,7	211,7	-0,3	
Tengerszint feletti magasság (m)	<100	148,9	-1,2	20,0	-1,3	42,5	0,5	42,2	0,1	108,3	0,7	24,3	-1,0
	100,1-150	1749,5	0,8	1413,6	-1,3	1184,6	2,9	1056,6	-0,6	2450,0	14,6	1807,7	1,6
	150,1-200	3967,8	2,5	3732,6	3,0	2665,5	0,2	2401,2	-0,9	3009,3	-1,5	2217,8	1,9
	200,1-250	2522,4	2,0	2298,1	1,1	1589,4	-0,7	1512,8	0,9	1383,4	-7,9	895,4	-1,5
	250,1-300	1018,5	-2,0	855,4	-0,4	516,8	-1,5	526,5	0,9	399,3	-3,9	220,6	-1,2
	300,1-350	342,4	-1,3	264,6	-0,4	140,7	-0,8	119,3	-0,2	30,2	-1,7	31,2	0,2
	350,1-400	142,6	-0,1	82,3	-0,5	29,6	-0,5	15,6	-0,2	3,3	-0,2	2,9	0,0
	400,1-450	28,1	-0,3	11,7	-0,1	1,3	-0,1	4,9	0,1	0,0	-0,1		
	450,1-500	1,7	-0,3	0,0	0,0								

5.2 Támfalas szőlőteraszok vizsgálata

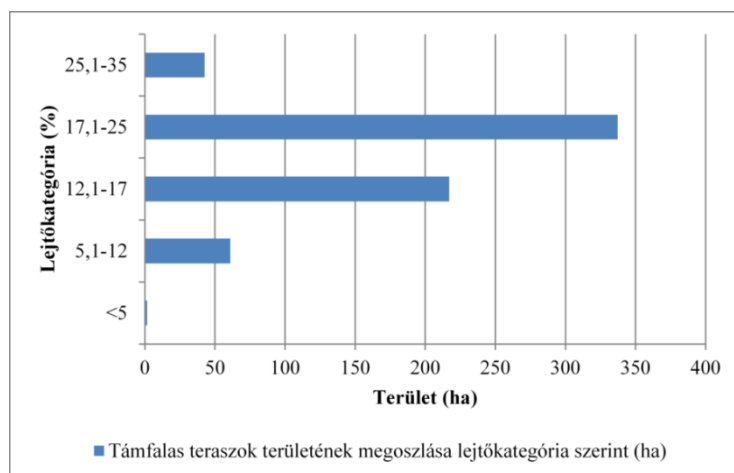
5.2.1 Szőlőteraszok területi megoszlása

A kőtámfallal megtámasztott szőlőteraszok közel 660 ha-os területet foglalnak el Tokaj-Hegyalján (18. ábra), és a borvidék 27 településéből 20 estében megtalálhatóak. Legjelentősebb kiterjedéssel Abaujszántón (102,7 ha), Tarcalon (91,5 ha), Tállyán (75,8 ha) és Erdőbényén (66 ha) térképeztem támfalas teraszokat. Ezen a négy településen található a teraszozott területek 51%-a.



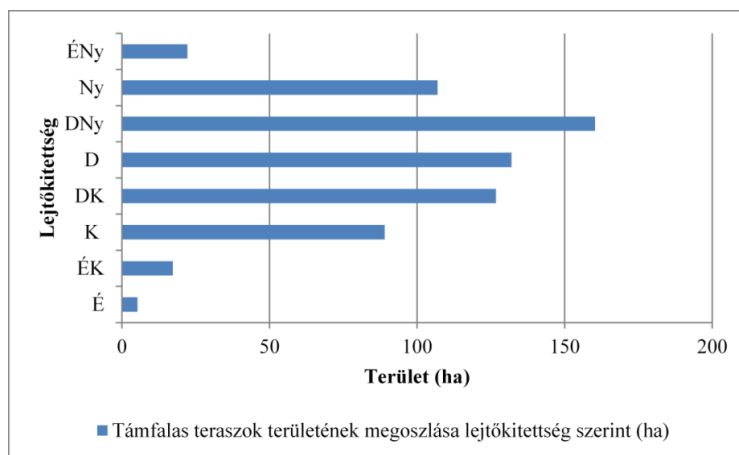
18. ábra A szőlőteraszok térbeli elterjedése Tokaj-Hegyalján

A lejtőkategória szerinti megoszlásukat figyelembe véve (19. ábra) elmondható, hogy a szőlőteraszok 51,1%-a (337,2 ha) a 17,1-25%-os lejtőkön, míg a 32,9%-a a 12,1-17%-os lejtésű domboldalakon fordulnak elő. A maradék területeken a teraszok mindössze 16%-a oszlik meg.



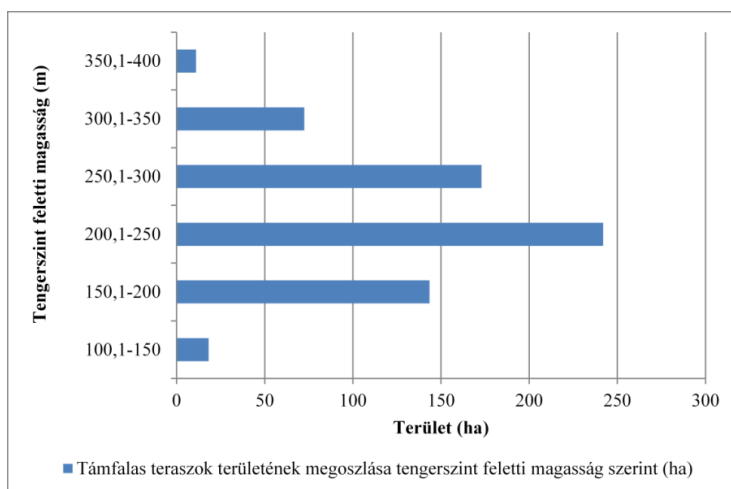
19. ábra A támfalas teraszok területének megoszlása lejtőkategória szerint

A teraszok kitettség szerinti megoszlása (20. ábra) követi a szőlők esetében fentebb bemutatott mintát. A DNy-i (24,3%), a D-i (20%) és a DK-i (19,2%) lejtők emelkednek ki, amelyet a Ny-i (16,2%) és K-i (13,5%) hegyoldalak követnek. Az északias lejtők szerepe a teraszozott szőlők esetében is elhanyagolható.



20. ábra A támfalas teraszok területének megoszlása lejtőkitettség szerint

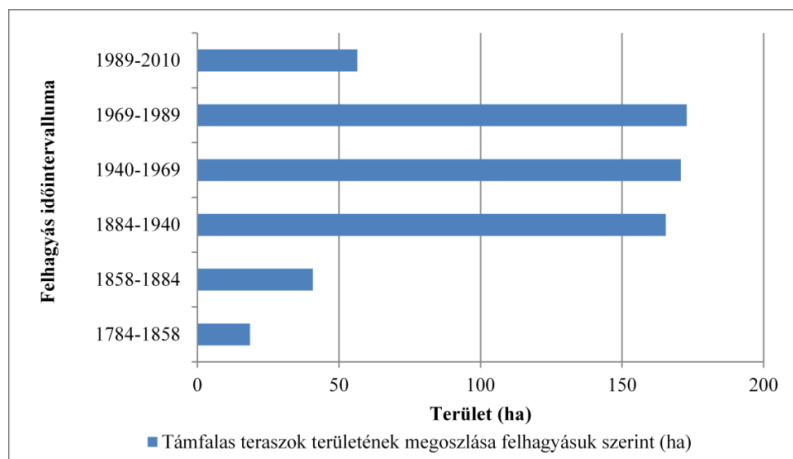
A teraszozott lejtők több mint egy harmada (36,7%) a 200,1-250 m-es tengerszint feletti magasságban található. Ezen kívül kiemelhető még a 250,1-300 m-es (26,2%), valamint 150,1-200 m-es (21,7%) magasság. Ezek alapján megállapítható, hogy a teraszozás döntően a 150-300 m-es magasságban volt a jellemző, hiszen a teraszos térszínnek 84,6%-a ebben a sávban található meg (21. ábra).



21. ábra A támfalas teraszok területének megoszlása tengerszint feletti magasság szerint

5.2.2 Támfalas szőlőteraszok felhagyásának vizsgálata

A szőlőteraszok felhagyásának ütemét hat egymás követő időintervallumban vizsgáltam (22. ábra), ami alapján megállapítottam, hogy ezek 78,5%-át (508,9 ha) 1884 és 1989 között hagyták fel. Az ebbe az időszakba tartozó három vizsgálati intervallumban (1884-1940, 1940-1969, 1969-1989) közel azonos arányban váltak parlaggá a teraszok, viszont amíg 1884-1940 között 56 év, 1940-1969 között 29 év, addig 1969-1989 között mindössze 20 év alatt következtek be a változások. Az egykori kőfalas teraszok mindössze 3,7%-át művelik meg még ma is.

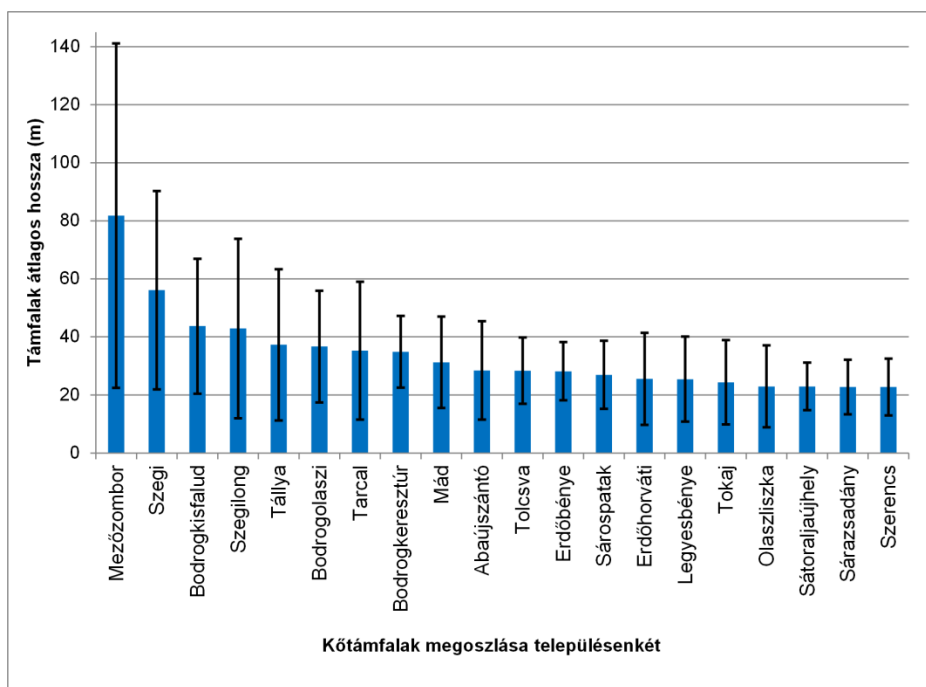


22. ábra A támfalas teraszok területének megoszlása felhagyásuk szerint

5.2.3 Teraszozott lejtők és a támfalak geomorfológiai sajátosságai

A térképi és terepi vizsgálatok során meghatároztam a teraszok, illetve a kőtámfalak legfontosabb tulajdonságait, jellemzőit (5. táblázat).

A támfalak átlagos hossza 20 település közül 11 esetében 20 és 30 m között, 5 esetében 30 és 40 m között változik és mindössze 4 esetében haladja meg a 40 m (23. ábra). A legkisebb átlagos értékekkel Sárzasadány ($22,8\pm 9,4$ m), illetve Szerencs ($22,8\pm 9,8$) rendelkezik, míg a leghosszabb támfalakat Mezőzombor esetében találtam ($81,8\pm 59,3$ m).

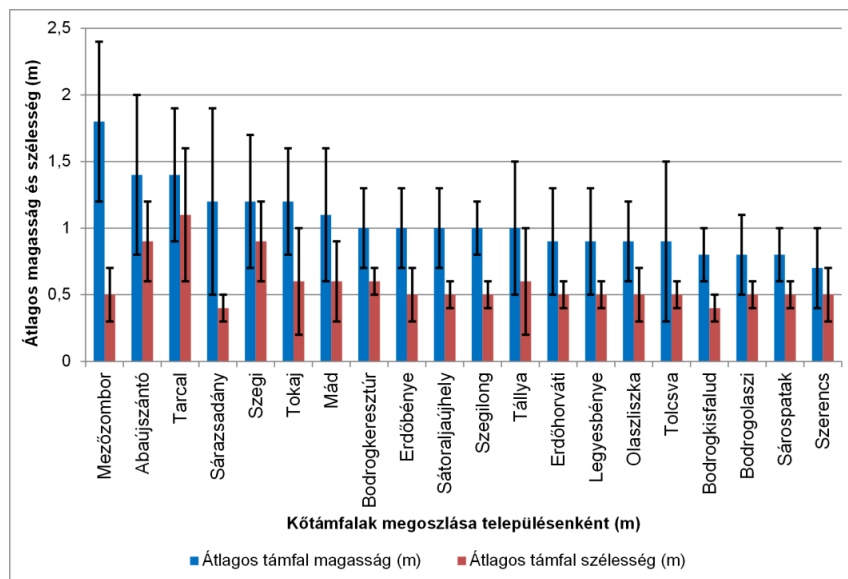


23. ábra A kőtámfalás szőlőteraszok átlagos hossza Tokaj-Hegyalja településein

A támfalak teljes hossza 253329,9 m-nek adódott, amelynek 41%-a Tarcal (64548,9 m) és Abaújszántó (40184,5 m) településén található meg. Ezek mellett további 7 településen (Erdőbénye, Tolcsva, Mád, Tokaj, Tállya, Erdőhorváti és Mezőzombor) volt hosszabb a támfalak teljes hossza 10000 m-nél, míg a legrövidebb szakaszt Legyesbényén találtam (428,7 m).

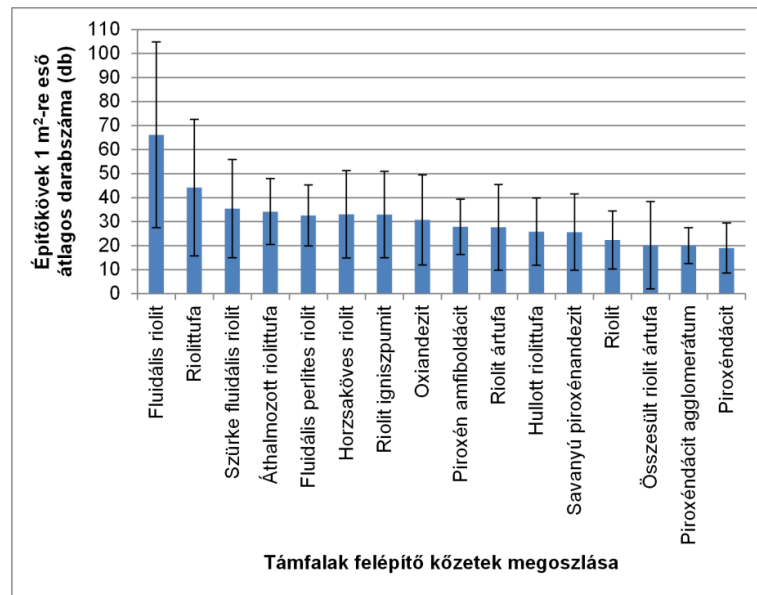
A teraszozott lejtők átlagos támfalsűrűsége (az egy hektárra eső támfalak hossza) Tarcal esetében volt a legnagyobb ($705,5 \text{ m}\cdot\text{ha}^{-1}$), de a teraszok területi elterjedéséhez képes figyelemre méltó még Sárospatak ($484,5 \text{ m}\cdot\text{ha}^{-1}$), Bodrogkeresztúr ($456,6 \text{ m}\cdot\text{ha}^{-1}$) és Tokaj ($453,2 \text{ m}\cdot\text{ha}^{-1}$) is.

A támfalak átlagos magassága 0,7 és 1,8 m között változott (24. ábra). Mezőzombor esetében volt a legnagyobb ($1,8\pm 0,6$ m), de további hat településen (Abaújszántó, Tarcal, Sárzasadány, Szegi, Tokaj, Mád) is 1 m felett volt az átlagos értékük, míg a legalacsonyabb támfalakat Szerencs területén mértem ($0,7\pm 0,3$ m). A támfalak szélessége már kisebb szórást mutatott a vizsgált területen, mivel 20 településből 17 esetében is 0,4 és 0,6 m között változott az átlagos értékük. Csak 3 településen, Tarcal ($1,1\pm 0,5$ m), Abaújszántó ($0,9\pm 0,3$ m) és Szegi ($0,9\pm 0,3$ m) területén találkozunk nagyobb átlagos szélességgel.



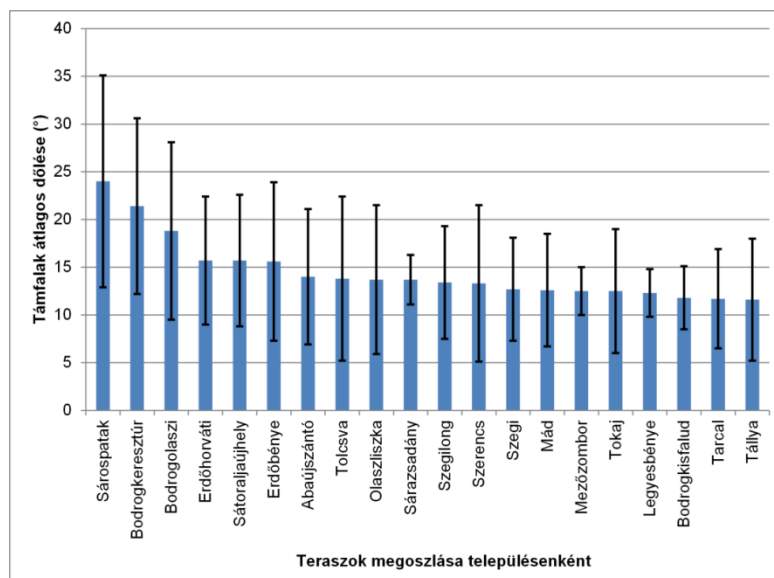
24. ábra Kőtámfalak átlagos magassága és szélessége Tokaj-Hegyalja településein

A támfalakat felépítő kövek 1m^2 -re eső átlagos darabszáma Tokaj-Hegyalja településein 27-nek adódott. A támfalakat felépítő kőzeteket vizsgálva a következők emelhetők ki: 1m^2 támfal rakásához fluidális riolitból (66 ± 39 db), riolittufából (44 ± 28 db) és a szürke fluidális riolitból (35 ± 20 db) volt szükség a legtöbb darabra, tehát itt találtam a legelaprózottabb kőzetekből felépült kőgátakat. Legkevesebb kőzetet piroxéndácitból (19 ± 10 db), piroxéndácit agglomerátumból (20 ± 7 db) és összesült riolit ártufából (20 ± 18 db) használtak fel 1m^2 fal megépítéséhez (25. ábra). Az építőkövek minősége, az 1m^2 -re eső darabszáma, valamint a leomlott szakaszok hossza között nem találtam kapcsolatot.



25. ábra A támfalakat felépítő kövek 1 m²-re eső átlagos darabszáma, a kőzettípusok szerinti megoszlásban

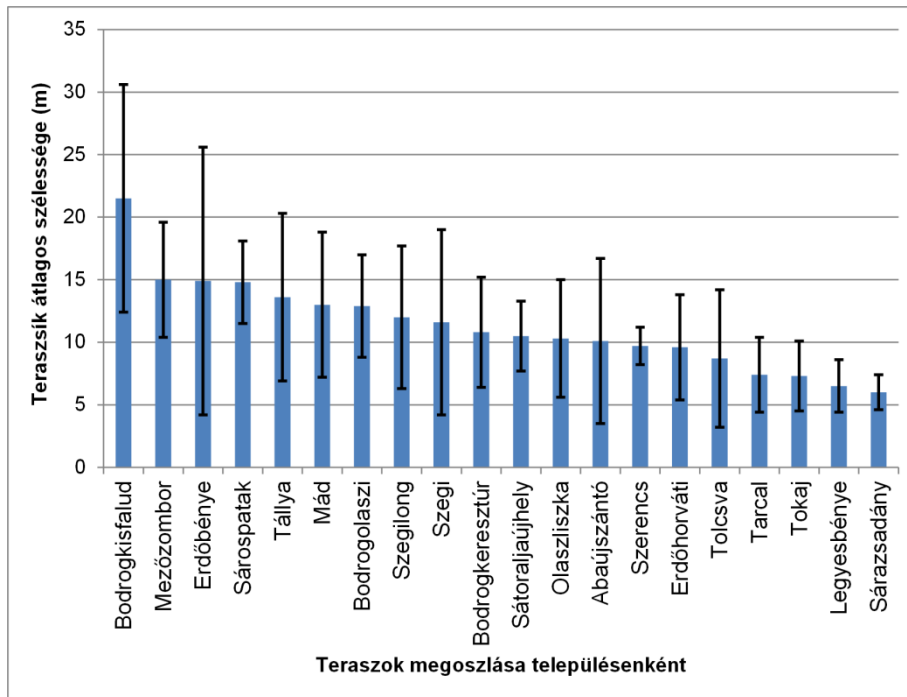
A támfalak átlagos dőlése során a 90°-tól való eltérést vizsgáltam (26. ábra). Az átlagos értékek 11,6±6,4 (Tállya) és 24±11,1 ° (Sárospatak) között változtak, de 20 településből 17 esetén 15,7±6,9° alatt maradtak az értékek.



26. ábra A támfalak 90°-tól való átlagos eltérése/dőlése Tokaj-Hegyalja településein

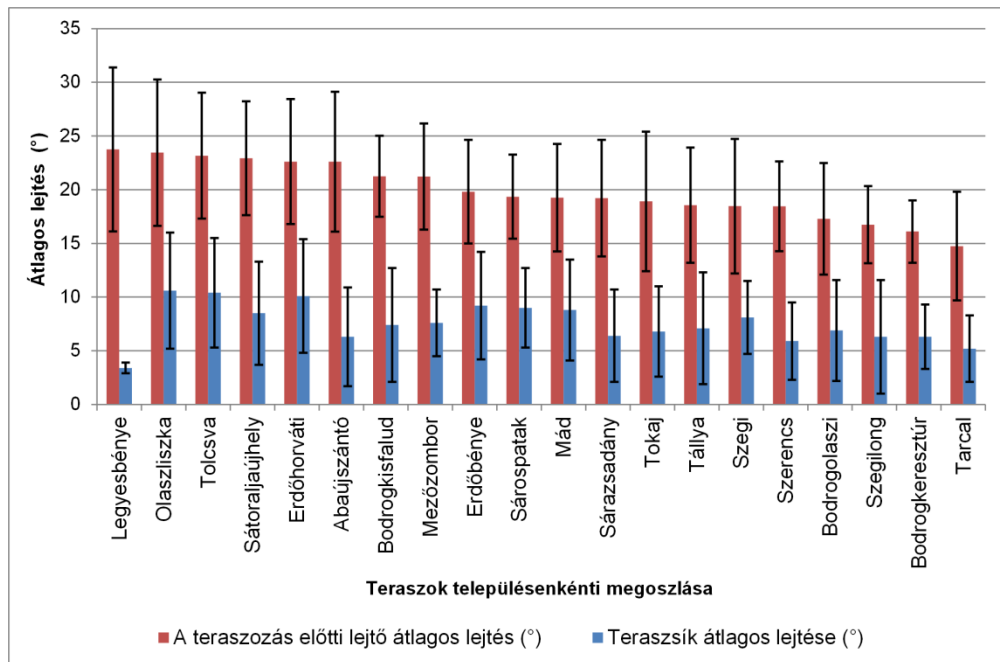
A támfalak közötti teraszszikok szélessége 6±1,4 m, valamint 21,5±9,1 m között változott (27. ábra). Bodrogkisfalud kivételével a teraszok átlagos

szélessége 15 m alatti értékeket mutatott, sőt Tokaj, Tarcal vagy Tolcsva esetében mindössze 7-8 m átlagos szélességet találtam. Ez is mutatja, hogy a Tokaj-hegyaljai teraszokat kimondottan kisparcellás műveléssel hasznosították. Csak néhány szőlőtöke fért el egymást szorosan követve egy-egy teraszsíkon, amit kézi műveléssel műveltek.



27. ábra A teraszok átlagos szélesség Tokaj-Hegyalja településein

A teraszok kialakításának egyik oka, a hegyoldalak lejtésének csökkentése volt, amellyel mezőgazdasági művelésre alkalmassá váltak. Ezt bizonyítja az is, hogy a teraszok átlagos lejtése $3,4 \pm 0,5$ és $10,6 \pm 5,4$ között változott, a teraszozás előtti hegyoldal lejtőszögét pedig átlagosan minimum $9,2 \pm 6^\circ$ -kal (Tarcal), maximum $20,5 \pm 7,2^\circ$ -kal (Legyesbénye) csökkentették (28. ábra). Legjelentősebb különbségeket Legyesbénye, Abaújszántó, Erdőhorváti és Sátoraljaújhely településein tapasztaltam.



28. ábra A teraszozás előtti és a teraszozott lejtők átlagos lejtése Tokaj-Hegyalja településein

5. táblázat A kőtámfalas szőlőteraszok legfontosabb jellemzői

Tokaj-hegyaljai települések támfalas teraszokkal	Teraszozott területek térbeli kiterjedése (ha)	Átlagos támfalhossz (m)	Teljes támfalhossz (m)	Egységnyi területre eső támfal-sűrűség (m ha ⁻¹)	Átlagos támfal magasság (m)	Átlagos támfal szélesség (m)	Építőkövek darabszáma 1 m ² -en átlagosan	A támfalak átlagos dőlése (°)	Teraszsík átlagos szélessége (m)	Teraszsík átlagos lejtése (°)	Az eredeti és a teraszsík lejtése közötti átlagos különbség (°)
Abaújszántó	102,7	28,5±16,9	40184,5	391,3	1,4±0,6	0,9±0,3	30±17	14±7,1	10,1±6,6	6,3±4,6	16,9±6,8
Bodrogkeresztúr	5,4	34,9±12,3	2465,8	456,6	1±0,3	0,6±0,1	23±12	21,4±9,2	10,8±4,4	6,3±3	9,5±1,9
Bodrogkiszfalud	4,2	43,7±23,2	705,9	168,1	0,8±0,2	0,4±0,1	21±8	11,8±3,3	21,5±9,1	7,4±5,3	12,5±5,7
Bodrogolaszi	12,8	36,7±19,2	2965,1	231,6	0,8±0,3	0,5±0,1	10±8	18,8±9,3	12,9±4,1	6,9±4,7	11,3±3,8
Erdőbénye	66	28,2±10	19330,1	292,9	1±0,3	0,5±0,2	34±16	15,6±8,3	14,9±10,7	9,2±5	10,6±4,4
Erdőhorvati	27,9	25,6±15,8	11845,1	424,6	0,9±0,4	0,5±0,1	30±19	15,7±6,7	9,6±4,2	10,1±5,3	16,7±5,6
Legyesbénye	1,7	25,5±14,6	428,7	252,2	0,9±0,4	0,5±0,1	42±29	12,3±2,5	6,5±2,1	3,4±0,5	20,5±7,2
Mád	47,5	31,3±15,7	17138,5	360,8	1,1±0,5	0,6±0,3	27±13	12,6±5,9	13±5,8	8,8±4,7	10,8±5,7
Mezőzombor	28,5	81,8±59,3	11781,6	413,4	1,8±0,6	0,5±0,2	31±11	12,5±2,5	15±4,6	7,6±3,1	13,6±5,3
Olaszliszka	37,9	23±14,1	7772,5	205,1	0,9±0,3	0,5±0,2	51±32	13,7±7,8	10,3±4,7	10,6±5,4	13,1±5,5
Sárazsadány	12,6	22,8±9,4	3820,5	303,2	1,2±0,7	0,4±0,1	25±9	13,7±2,6	6±1,4	6,4±4,3	12,8±7,5
Sárospatak	3,5	27±11,7	1695,9	484,5	0,8±0,2	0,5±0,1	26±25	24±11,1	14,8±3,3	9±3,7	10,4±3,4
Sátorajújhely	13,6	23±8,2	3668,0	269,7	1±0,3	0,5±0,1	30±12	15,7±6,9	10,5±2,8	8,5±4,8	14,5±5,6
Szegi	19,8	56,1±34,1	6317,2	319,1	1,2±0,5	0,9±0,3	26±11	12,7±5,4	11,6±7,4	8,1±3,4	9,2±6
Szegilong	8,8	42,9±30,9	3090,6	351,2	1±0,2	0,5±0,1	26±11	13,4±5,9	12±5,7	6,3±5,3	10,4±5,2
Szerencs	11,9	22,8±9,8	2514,3	211,3	0,7±0,3	0,5±0,2	22±17	13,3±8,2	9,7±1,5	5,9±3,6	12±4,4
Tarcal	91,5	35,3±23,7	64548,9	705,5	1,4±0,5	1,1±0,5	18±9	11,7±5,2	7,4±3	5,2±3,1	9,7±4
Tállya	75,8	37,3±26	17039,3	224,8	1±0,5	0,6±0,4	29±25	11,6±6,4	13,6±6,7	7,1±5,2	11,3±6
Tokaj	37,6	24,4±14,5	17040,0	453,2	1,2±0,4	0,6±0,4	21±10	12,5±6,5	7,3±2,8	6,8±4,2	10±4,8
Tolcsva	50,2	28,4±11,4	18977,4	378,0	0,9±0,6	0,5±0,1	28±15	13,8±8,6	8,7±5,5	10,4±5,1	12,6±4,7

5.2.4 Felhagyott szőlőteraszok támfalainak állapota

A terepi felmérések során megvizsgáltam a támfalak jelenlegi állapotát. Feljegyeztem a részben leomlott (29. ábra) és az alapig leomlott (30. ábra) szakaszok hosszát, majd meghatároztam ezek 100m-es támfalhosszra vetített értékeit településenként (6. táblázat).



29. ábra Részben leomlott támfalszakasz a tokaji Nagy-hegyen (Novák és Incze, 2014)



30. ábra Alapig leomlott támfalszakasz a tokaji Nagy-hegyen

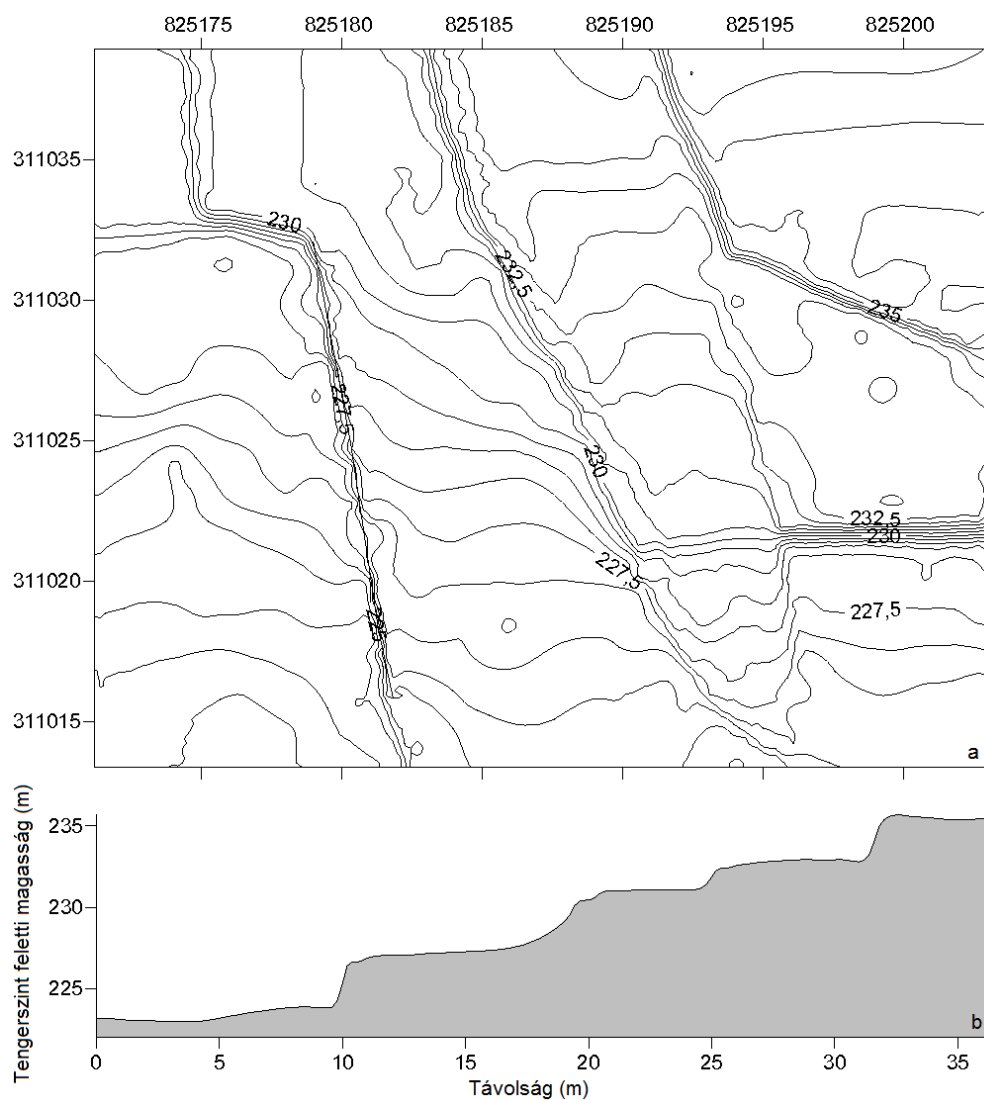
A hegyaljai településeken $39,8 \pm 12,7 \text{ m}/100 \text{ m}$ volt az alapig leomlott, míg $9,4 \pm 4,7 \text{ m}/100 \text{ m}$ a részben leomlott szakaszok az átlagos hossza. Az alapig leomlott szakaszok hossza alapján kijelenthető, hogy Szerencs (68,1 m/100m), Legyesbénye (58,8m/100m), Bodrogolaszi (51,9m/100m), Sárospatak (51,0m/100m) és Bodrogkisfalud (48,4m/100m) településeken vannak a legrosszabb, míg Mezőzombor (7,4m/100m), Mád (28,6m/100m), Tállya (29,0m/100m), Abaújszántó (31,1m/100m) és Tarcal (31,4m/100m) településeken a legjobb állapotban a kőtámfalak. Ugyanakkor érdemes megfigyelni, hogy Mezőzombor kivételével még a jobb állapotban lévő támfalak esetében is a teljes támfalhossz 1/3-a alapig leomlott. Mindehhez ha még hozzávesszük a részben leomlott szakaszok hosszát is, megállapíthatjuk, hogy a támfalak átlagosan közel fele sérült, leomlott.

6. táblázat Támfalak részben és alapig leomlott szakaszainak 100m-re vetített hossza településenként

Tokaj-hegyaljai települések támfalas teraszokkal	Részben leomlott támfalszakaszok 100m-re vetített hossza (m)	Alapig leomlott támfalszakaszok 100m-re vetített hossza (m)
Abaújszántó	6,6	31,1
Bodrogkeresztúr	10,9	41,2
Bodrogkisfalud	18,7	48,4
Bodrogolaszi	13,1	51,9
Erdőbénye	10,4	39,9
Erdőhorváti	12,9	39,7
Legyesbénye	2,9	58,8
Mád	7,4	28,6
Mezőzombor	2,4	7,4
Olaszliszka	7,2	43,0
Sárazsadány	12,7	38,5
Sárospatak	10,8	51,0
Sátoraljaújhely	10,1	44,8
Szegi	3,9	40,5
Szegilong	6,5	34,0
Szerencs	7,4	68,1
Tállya	3,2	29,0
Tarcal	19,2	31,4
Tokaj	13,0	33,3
Tolcsva	9,1	36,1

5.2.5 Támfalak hatása a felszíni lefolyásra

A 31. ábrán egy lézeres teodolit segítségével felmért teraszrészlet szintvonalas és keresztmetszeti képe látható a tokaji Lencsés-árok dűlőben, amelyet közel 1000 terepen felvett pontból szerkesztettem meg. Az ábra felső részén a teraszrészlet szintvonalas képe (sűrűbb szintvonalak jelzik a támfalak helyét), míg az ábra alsó felén a teraszok lépcsőzetes keresztmetszeti képe látható.

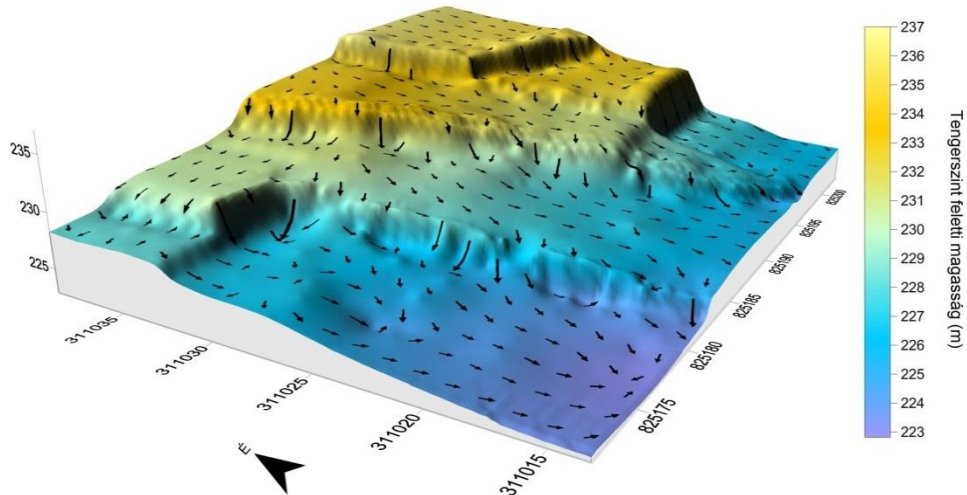


31. ábra A tokaji Lencsés-árok dűlőben felmért teraszok szintvonalas (a) és keresztmetszeti képe (b)

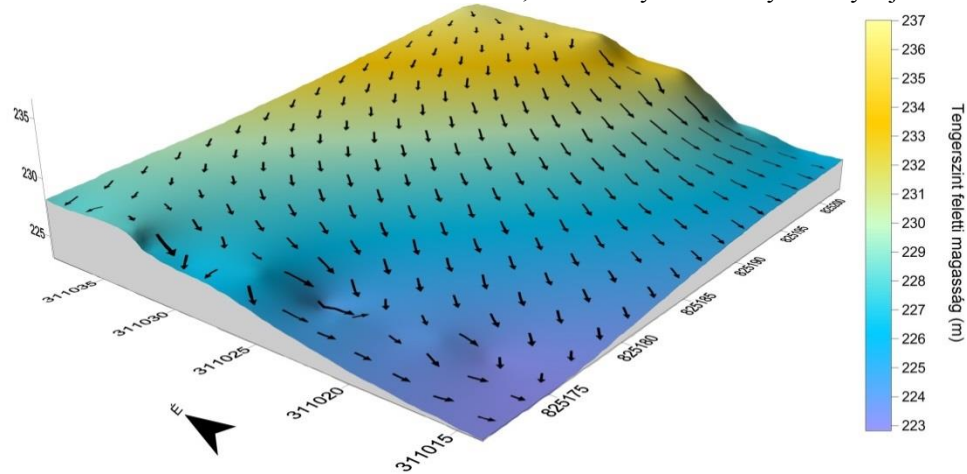
A teraszozott területek lefolyásmódosító hatását a 32. és 33. ábrán szemléltetem. Ezen a háromdimenziós modellen jól látható a fekete nyilakkal jelölt lefolyási irány (32. ábra), amely a teraszok nagy részén délies irányba mutat. Ezzel

szemben a 33. ábra tanulsága szerint, ahol a teraszozás előtti rekonstruált állapot látható, a lefolyás iránya döntően délnyugati.

A teraszfelszíneken felgyülemllett többletvíz a teraszsíkok lejtőirányú és oldalirányú lejtésével vezették el. Az ábrán látható teraszokon megálló felesleges vizet a teraszok peremén bevágódott eróziós árkokba terelték.



32. ábra Lézeres teodolit segítségével készített háromdimenziós felvétel egy, a tokaji Lencsés-árok dűlőben található teraszrészletről; a fekete nyilak a lefolyás irányát jelzik



33. ábra A tokaji Lencsés-árok dűlőben található teraszrészlet rekonstruált lefolyásviszonyai a teraszozás előtt

5.2.6 Szőlőparlagok talajtani viszonyai

A talajszelvények helyszíneinek változatos geomorfológiai tulajdonságait és felhagyási idejüket a 7. táblázat foglalja össze

7. táblázat A talajszelvények helyszíneinek alapvető geomorfológiai tulajdonságai és a talajművelés felhagyási ideje

Szelvény-szám	Teraszozott/nem teraszozott felszín	Jelenlegi növényborítás	Tengerszint feletti magasság (m)	Lejtő-kategória (%)	Lejtő-kiettség	Felhagyás ideje (év)
1	Nem teraszozott	erdő	362	25-35	D	195±37
2	Nem teraszozott	gyep	305	25-35	D	145±13
3	Teraszozott	sűrű bozótos	203	25-35	D	62±15
4	Teraszozott	sűrű bozótos	233	25-35	D	62±15
5	Teraszozott	gyepes, bozótos	155	25-35	D	37±10
6	Nem teraszozott	gyep	114	25-35	D	17±11
7	Nem teraszozott	erdő	426	17-25	DNY	195±38
8	Nem teraszozott	erdő	377	17-25	DNY	104±28
9	Nem teraszozott	erdő	335	17-25	DNY	62±15
10	Nem teraszozott	gyep	275	17-25	DNY	62±15
11	Teraszozott	sűrű bozótos	236	25-35	DNY	37±10
12	Nem teraszozott	gyep	257	17-25	DNY	17±11
13	Teraszozott	erdő	219	45<	ENY	62±15
14	Teraszozott	erdő	265	25-35	NY	62±15
15	Teraszozott	erdő	225	45<	DNY	62±15
16	Teraszozott	erdő	206	35-45	EK	62±15
17	Nem teraszozott	erdő	423	5-12	K	195±39
18	Teraszozott	gyepes, bozótos	245	35-45	DK	62±15
Tarcal 3	Teraszozott	erdő	237	45<	ENY	62±15
Tokaj 2	Teraszozott	erdő	312	25-35	DK	62±15
Tokaj 4	Nem teraszozott	gyep	231	5-12	K	17±11
Ta01	Teraszozott	sűrű bozótos	182	45<	DNY	62±15
Mád 5	Teraszozott	erdő	219	35-45	DK	62±15
Mád 6	Teraszozott	gyep	257	5-12	ENY	104±28
Mád Kelet 1	Teraszozott	erdő	258	25-35	ENY	104±28
Mád Kelet 2	Teraszozott	erdő	183	35-45	NY	37±10
Tállya 1	Teraszozott	gyep	262	17-25	DK	37±10
Tállya 2	Teraszozott	gyep	265	17-25	DK	62±15
Tállya 3	Teraszozott	gyep	159	25-35	K	17±11

A számszerű adatok vizsgálatához legelőször a Shapiro-Wilk próbát alkalmaztam, hogy meghatározzam a normalitásukat. A próba megmutatta, hogy (a nem teraszozott szelvények agyag tartalmát kivéve) egyik változó esetében sem követnek normál eloszlást az adatok. Ezek alapján célszerűnek láttam a medián, a minimum, valamint a maximum értékek kiszámítását, amihez boxplot ábrákat használtam.

8. táblázat A teraszozott talajszelvények legfontosabb talajtulajdonságai

Minta azonosító	Minta mélység (cm)	Település	Vázzész aránya (> 2mm) %	Homok aránya a földes részben %	Iszap aránya a földes részben %	Agyag aránya a földes részben %	Textúra	Munsell szín (száraz)	Munsell szín (nedves)	SOC (g·kg ⁻¹)	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	CaCO ₃ (%)
P3 Ah	0-10	Tarcal	5,0	24,5	66,6	8,9	iszapos vályog	10 YR 5/2	10 YR 3/2	40,9	7,5	7,5	14,8
P3 Ck1	10-40	Tarcal	0,0	27,2	62,6	10,2	iszapos vályog	10 YR 7/2	10 YR 5/3	15,3	7,9	7,6	19,0
P3 Ck2	40-65	Tarcal	35,0	21,8	68,0	10,2	iszapos vályog	10 YR 7/2	10 YR 5/3	10,4	8,1	7,7	15,9
P3 Ck3	65-70	Tarcal	0,0	22,7	63,4	13,9	iszapos vályog	10 YR 7/2	10 YR 6/3	9,7	8,4	7,9	38,3
P4 Ahk	0-15	Tarcal	5,0	32,5	59,6	7,9	iszapos vályog	10 YR 6/2	10 YR 3/2	35,0	7,8	7,7	14,3
P4 1Ck	15-37	Tarcal	0,0	28,7	61,4	9,9	iszapos vályog	10 YR 6/2	10 YR 4/2	24,8	7,7	7,7	14,6
P4 2Ck	37-55	Tarcal	15,0	19,3	60,3	20,4	iszapos vályog	10 YR 7/2	10 YR 6/4	6,9	8,1	7,8	39,6
P5 Ahk	0-6	Tarcal	0,0	33,9	58,0	8,1	iszapos vályog	10 YR 6/1	10 YR 3/1	26,0	7,9	7,7	17,2
P5 Ck	6-20	Tarcal	20,0	35,2	56,0	8,8	iszapos vályog	10 YR 6/2	10 YR 4/3	17,8	8,1	7,8	23,1
P11 A	0-25	Tarcal	0,0	22,4	72,4	5,2	iszapos vályog	10YR 6/2	10 YR 4/2	15,0	7,7	7,6	5,9
P11 C	25-75	Tarcal	0,0	13,6	75,2	11,2	iszapos vályog	2,5Y 6/2	10 YR 4/3	4,7	8,4	7,9	8,8
P13 A	0-25	Tarcal	6,9	18,4	69,8	11,8	iszapos vályog	10 YR 4/2	10 YR 3/2	54,7	7,0	6,5	3,6
P13 B1	25-50	Tarcal	61,5	29,6	57,1	13,3	iszapos vályog	7,5 YR 5/4	7,5 YR 4/4	29,0	6,9	6,2	3,7
P13 B2	50-90	Tarcal	71,8	43,0	44,3	12,7	vályog	7,5 YR 7/4	7,5 YR 4/4	18,8	6,6	5,5	3,2
P14 A	0-10	Tarcal	50,6	30,9	57,6	11,5	iszapos vályog	10 YR 3/2	10 YR 2/2	84,1	7,5	7,3	13,3
P14 C	10-50	Tarcal	64,6	27,1	56,9	16	iszapos vályog	10 YR 7/2	10 YR 4/2	21,1	7,7	7,2	31,6
P15/1	0-10	Tokaj	3,5	17,9	68,2	13,9	iszapos vályog	10 YR 6/3	10 YR 4/3	28,0	7,4	7,1	7,5
P15/2	10-44	Tokaj	0,5	19,5	65,8	14,7	iszapos vályog	10 YR 6/3	10 YR 4/4	9,0	7,7	7,1	9,2
P15/3	44-84	Tokaj	0,7	17,4	69,1	13,5	iszapos vályog	10 YR 6/4	10 YR 4/4	6,4	7,9	7,1	7,7
P15/4	84-110	Tokaj	0,2	9,7	59,1	31,2	iszapos agyagos vályog	10 YR 7/3	10 YR 5/3	5,4	8,0	7,0	8,4
P16/1	0-10	Tokaj	16,8	17,6	65,7	16,7	iszapos vályog	10YR 5/2	10 YR 3/3	29,9	5,4	4,2	3,9
P16/2	10-30	Tokaj	22,5	21,4	64,0	14,6	iszapos vályog	10YR 5/3	10 YR 4/3	10,8	6,6	5,8	4,1
P16/3	30-67	Tokaj	0,7	15,0	69,0	16,0	iszapos vályog	10YR 6/3	10 YR 4/4	9,7	7,5	6,8	6,6
P16/4	67-90	Tokaj	1,0	14,5	70,3	15,2	iszapos vályog	10YR 6/3	10 YR 4/4	7,5	7,7	6,9	5,1
T18	0-15	Tarcal	0,7	15,1	73,2	11,7	iszapos vályog	10 Yr 5/4	10 YR 4/4	11,1	7,8	7,2	9,2

T18	15-90	Tarcal	0,3	16,3	70,1	13,6	iszapos vályog	10 YR 6/4	10 YR 5/4	5,7	8,1	7,5	10,2
T18	90-150	Tarcal	9,7	18,5	65,8	15,7	iszapos vályog	10 YR 6/4	10 YR 4/4	9,4	7,9	7,3	11,4
T18	150-180	Tarcal	51,7	44,0	43,3	12,7	vályog	7,5 YR 7/4	7,5 YR 6/4	6,6	7,9	7,7	46,0
Tokaj 2 A	0-6	Tokaj	8,3	21,4	72,7	5,9	iszapos vályog	10 YR 5/2	10 YR 2/2	44,4	7,5	7,2	6,9
Tokaj 2	6-22	Tokaj	7,1	19,0	73,2	7,8	iszapos vályog	10 YR 6/3	10 YR 4/2	9,8	7,6	7,2	7,2
Tokaj 2	22-68	Tokaj	9,7	22,0	70,1	7,9	iszapos vályog	10 YR 6/3	10 YR 4/4	7,6	7,8	7,2	9,0
Tokaj 2	68-84	Tokaj	31,7	35,3	58,1	6,6	iszapos vályog	10 YR 7/4	10 YR 5/4	6,8	7,8	7,00	14,4
Tarcal 3 A2	0-15	Tarcal	6,3	16,8	63,5	19,7	iszapos vályog	10 YR 5/2	10 YR 3/2	53,0	6,1	5,6	2,5
Tarcal 3 Bt	15-35	Tarcal	12,9	17,0	62,3	20,7	iszapos vályog	10 YR 5/2	10 Yr 3/2	17,6	6,5	5,7	2,1
Tarcal 3 A3	35-72	Tarcal	22,9	20,2	64,7	15,1	iszapos vályog	7,5 YR 6/6	7,5 YR 5/6	3,3	6,0	5,0	1,8
Ta01 A	0-10	Tarcal	0	15,1	73,2	11,7	iszapos vályog	10YR 5/2	10 YR 3/1	24,1	7,6	7,1	4,6
Ta01 C	10-70	Tarcal	0	14,1	71,0	14,9	iszapos vályog	10YR 6/3	10 YR 4/3	9,9	8,0	7,5	8,3
Mád 5 "A"	0-9	Mád	8,8	25,6	49,5	24,9	iszapos vályog	10 YR 5/3	10 YR 4/3	24,0	4,6	3,7	1,9
Mád 5 "B/R"	9-55	Mád	18,0	14,4	29,9	55,7	agyag	7,5 YR 6/6	7,5 YR 4/6	1,7	4,5	3,4	1,7
Mád5 "R"	55-95	Mád	71,7	15,3	20,4	64,3	nehéz agyag	5 YR 5/6	5 YR 4/6	3,0	4,6	3,5	3,7
Mád 6 "A"	0-15	Mád	50,4	32,5	64,9	2,6	iszapos vályog	10 YR 5/2	10 YR 3/2	49,1	5,2	4,6	1,3
Mád 6 "AC"	15-40	Mád	59,0	25,9	70,2	3,9	iszapos vályog	10 YR 6/3	10 YR 4/3	17,5	4,9	4,0	1,0
Mád6 "C"	45-60	Mád	81,3	31,0	64,2	4,8	iszapos vályog	10 YR 6/3	10 YR 4/3	14,1	4,3	3,8	1,8
Mád kelet	0-10	Mád	27,8	36,0	55,8	8,2	iszapos vályog	10 YR 6/4	10 YR 3/4	20,2	4,4	3,5	2,0
Mád kelet	10-40	Mád	42,6	24,5	59,8	15,7	iszapos vályog	10 YR 7/6	10 YR 4/6	7,7	4,2	3,5	2,2
Mádkelet/2	0-10	Mád	53,5	40,0	49,8	10,2	iszapos vályog	10 YR 5/2	10 YR 4/2	33,7	5,3	4,3	1,8
Mád kelet/2	10-30	Mád	60,1	27,1	52,0	20,9	iszapos vályog	10 YR 7/6	10 YR 4/6	13,5	4,5	3,6	2,7
Mád kelet/2	30-55	Mád	27,0	16,2	38,2	45,6	agyag	10 YR 7/6	10 YR 4/6	4,2	5,4	4,6	1,7
Mád kelet/2	55-80	Mád	9,8	16,4	44,0	39,6	iszapos agyag	10 YR 7/3	10 YR 6/3	2,1	7,4	6,8	16,7
Mád kelet/2	80-	Mád	30,8	10,5	61,5	28,0	iszapos agyagos vályog	10 YR 7/3	10 YR 6/3	5,0	7,6	6,9	20,2
Tállya 1 "A"	0-12	Tállya	30,2	31,3	49,4	19,3	iszapos vályog	10 YR 5/3	10 YR 4/2	6,3	4,7	4,5	1,2
Tállya2 "A"	0-45	Tállya	14,9	23,0	59,9	17,1	iszapos vályog	10 YR 4/2	10 YR 2/1	22,9	6,2	5,4	2,3
Tállya 3 A	0-10	Tállya	24,8	44,6	49,5	5,9	homokos vályog	10 YR 5/2	10 YR 4/2	31,9	7,2	6,9	7,5
Tállya 3 C	10-67	Tállya	36,8	40,0	51,8	8,2	iszapos vályog	10 YR 6/3	10 YR 4/3	20,4	7,81	7,1	10,2

9. táblázat A nem teraszozott talajszelvények legfontosabb talajtulajdonságai

Minta-azonosító	Minta mélysége (cm)	Település	Vázzsész aránya (>2mm) %	Homok aránya a földes részben %	Iszap aránya a földes részben %	Agyag aránya a földes részben %	Textúra	Munsell szín (száraz)	Munsell szín (nedves)	Szerves szén (g·kg ⁻¹)	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	CaCO ₃ (%)
1 Ahk	0-12	Tarcal	0,0	22,4	63,7	13,9	iszapos vályog	10YR 4/2	10YR 3/2	48,5	7,6	7,5	8,3
1 Ck	12-25	Tarcal	0,0	21,3	65,0	13,7	iszapos vályog	10 YR 6/2	10 YR 4/2	22,3	8,0	7,6	15,7
1 Ck/R	25-35	Tarcal	0,0	35,1	57,0	7,9	iszapos vályog	10 YR 7/2	10 YR 5/3	6,4	8,2	7,6	11,0
2 Ah	0-25	Tarcal	0,0	24,0	69,3	6,7	iszapos vályog	10 YR 4/1	10 YR 2/1	54,5	6,5	5,9	3,4
6 C1k	0-27	Tarcal	0,0	18,7	73,0	8,3	iszapos vályog	2,5 Y 6/2	2,5 Y 4/4	6,6	8,3	7,8	8,7
6 C2k	27-72	Tarcal	0,0	18,8	76,2	5,0	iszapos vályog	2,5 Y 6/2	2,5 Y 4/4	4,1	8,4	7,9	7,5
7 Ah2	13-55	Tarcal	0,0	15,9	76,6	7,5	iszapos vályog	10 YR 5/3	10 YR 3/2	17,5	7,5	6,8	3,0
7 BCk	55-83	Tarcal	0,0	12,9	76,5	10,6	iszapos vályog	10 YR 6/3	10 YR 4/2	12,2	8,0	7,6	5,0
7 Ck	83-	Tarcal	0,0	14,3	77,9	7,8	iszapos vályog	2,5 Y 6/2	2,5 Y 4/4	5,4	8,3	7,8	15,5
8 Ahk	0-7	Tarcal	0,0	17,0	79,4	3,6	iszapos vályog	2,5 Y 6/2	2,5 Y 4/2	19,0	8,0	7,7	7,3
8 Ack	7-21	Tarcal	0,0	13,0	77,1	9,9	iszapos vályog	2,5 Y 6/2	2,5 Y4/4	4,6	8,3	7,8	8,6
8 Ck	21-	Tarcal	0,0	17,9	75,4	6,7	iszapos vályog	2,5 Y 6/4	2,5 Y 5/4	3,9	8,4	7,9	6,4
9 A/C	0-36	Tarcal	0,0	11,5	76,0	12,5	iszapos vályog	2,5 Y 6/4	2,5 Y4/4	6,8	8,2	7,7	3,8
9 Ck	36-70	Tarcal	0,0	13,7	76,2	10,1	iszapos vályog	2,5 Y 6/4	2,5 Y4/4	6,7	8,2	7,7	3,9
10 Ah	0-15	Tarcal	0,0	16,6	78,4	5,0	iszapos vályog	10YR 5/2	10YR 3/2	11,6	8,2	7,8	5,8
10 C	15-35	Tarcal	0,0	13,3	78,1	8,6	iszapos vályog	2,5Y 6/3	2,5Y4/3	10,8	8,3	7,9	7,4
10 C	35-100	Tarcal	0,0	14,0	73,9	12,1	iszapos vályog	2,5Y 6/2	2,5Y 5/4	7,1	8,5	8,1	7,2
12 A	0-30	Tarcal	0,0	15,5	75,3	9,2	iszapos vályog	2,5Y 6/2	2,5Y 4/3	5,5	8,3	7,8	6,9
12 C	30-95	Tarcal	0,0	13,4	76,5	10,1	iszapos vályog	2,5Y 6/2	2,5Y 4/3	3,5	8,5	7,8	5,2
17/1	0-10	Tokaj	0,0	15,7	75,3	9,1	iszapos vályog	10 YR 4/3	10 YR 3/3	32,1	4,9	3,9	4,7
17/2	10-20	Tokaj	0,0	15,8	75,8	8,4	iszapos vályog	10 YR 4/3	10 YR 3/3	14,4	5,2	3,9	3,9
17/3	20-30	Tokaj	0,0	14,6	76,6	8,8	iszapos vályog	10 YR 5/4	10 YR 4/3	10,8	5,5	4,0	4,1
17/4	30-40	Tokaj	0,0	12,9	76,4	10,6	iszapos vályog	10 YR 5/4	10 YR 4/3	6,2	5,7	4,1	3,8
17/5	40-50	Tokaj	0,0	13,3	74,9	11,8	iszapos vályog	2,5YR7/4	2,5YR 5/4	5,1	5,9	4,2	3,7
17/6	50-80	Tokaj	0,0	13,9	73,4	12,7	iszapos vályog	2,5YR 7/4	2,5YR 5/4	2,1	6,2	4,3	3,5
21	0-10	Tokaj	0,0	15,9	73,6	10,5	iszapos vályog	10YR 6/2	10 YR 3/2	20,9	7,5	7,0	5,3
21	10-22	Tokaj	0,0	12,2	75,9	11,9	iszapos vályog	2,5YR 6/4	2,5YR 4/4	7,2	7,8	7,2	10,6
21	22-107	Tokaj	1,2	12,7	75,7	11,6	iszapos vályog	2,5YR 6/4	2,5YR 5/4	0,8	8,0	7,2	8,1

A talajszelvényekben előforduló vázrész (>2mm) vizsgálatánál szembeötlő, hogy a teraszozás nélküli talajokban elhanyagolható mennyiségben találtam durva vázrészt a feltárt mélységben, ezzel szemben a teraszozott szelvényekben helyenként igen magas értékekkel találkoztam (34. A ábra). A teraszozott szelvények esetében 13,9% a felmért értékek mediánja. A minimum érték 0%, ami több szelvénynél is a feltalajhoz kötődik, míg a maximum érték 81,3%, ami a mádi Kukja-tetőn ásott szelvényben látható.

A homok frakció (34. B ábra) vizsgálatánál 15,0% a nem teraszozott és 22,6% a teraszozott szelvények esetén a medián értéke. A minimum és maximum értékek megállapításánál 11,5% és 35,1% volt a nem teraszozott, illetve 9,7% és 44,6% a teraszozott szelvények esetén.

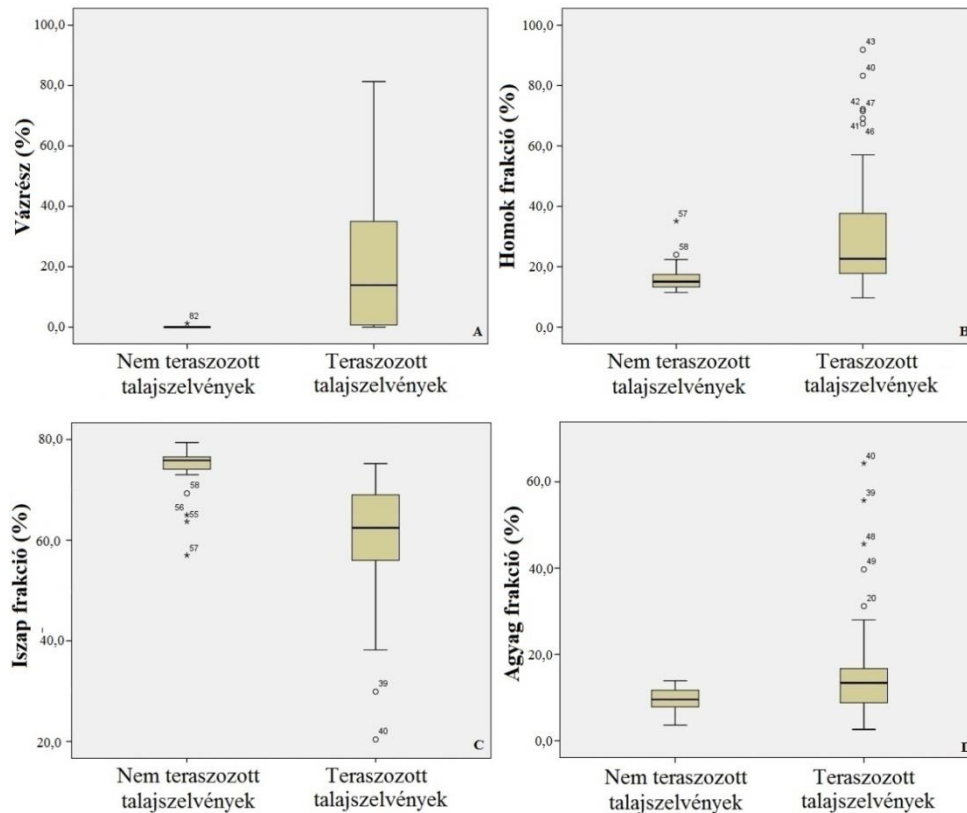
Az iszap frakció (34. C ábra) vizsgálatánál szembeötlő, hogy mennyivel magasabb értékek társulnak a nem teraszozott talajokhoz. A mediánt tekintve 75,8% a nem teraszozott és 62,5% a teraszozott talajok esetében. A minimum és a maximum 57% és 79,4% a nem teraszozott, míg 20,4% és 75,2% a teraszozott talajoknál.

Az agyag frakció (34. D ábra) esetén közelebb vannak a mediánok, hiszen 9,55% a nem teraszozott és 13,4% a teraszozott talajoknál, ám a szélső értékek és azok közül is főleg a maximum értékek jelentős eltérést mutatnak, hiszen, amíg a nem teraszozott szelvények talajainál 13,9% addig a teraszozott szelvényeknél 64,3% a legmagasabb érték.

A Mann-Whitney U statisztikai próbával is megvizsgáltam az eredményeket, ami minden esetben szignifikáns eltérést adott. A vázrész ($p < 0,01$), a homok ($p < 0,01$) és az agyag ($p = 0,01$) frakciók aránya nagyobb a teraszozott szelvényekben, ugyanakkor az iszap frakció értékei nagyobbak ($p < 0,01$) a nem teraszozott szelvényeknél.

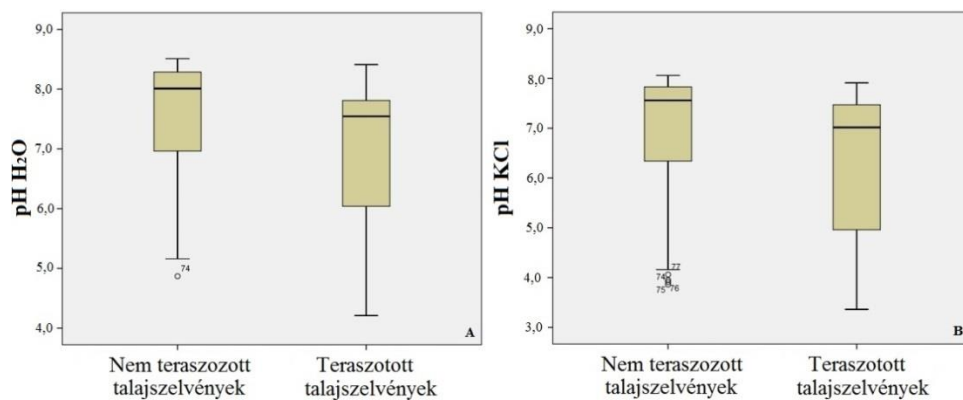
A talajszintek döntő többsége iszapos vályog textúrájú volt, de előfordult vályog, iszapos-agyagos vályog, iszapos agyag, agyag és nehéz agyag textúra is.

A talajok színárnyalata jellemzően a 10 YR árnyalatba tartozott a Munsell szín alapján. Ott, ahol az alapkőzet lösz volt, döntően 2,5 YR, ahol mállott vulkáni kőzet ott pedig 7,5 YR, illetve egy esetben 5YR árnyalat volt jellemző (8-9. táblázat).



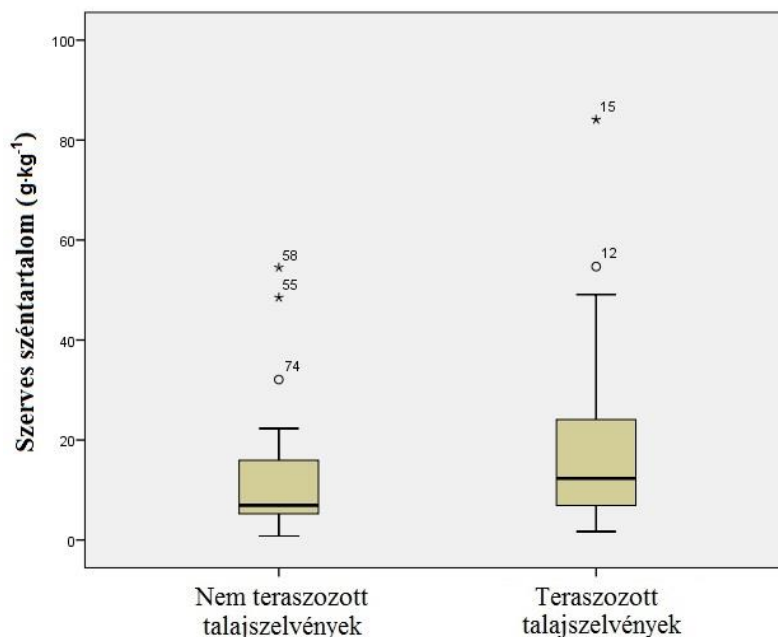
34. ábra A vázrész (A) és a földes frakciók: homok (B), iszap (C), agyag (D) megoszlása a teraszozott és nem teraszozott talajszelvényekben

A talajok kémhatásának vizsgálatánál a desztillált vizes és kálium-kloridos pH mérést végeztem el (35. ábra), amelyek eredményei azt mutatják, hogy a nem teraszozott talajok enyhén lúgosak, míg a teraszozott talajok semlegesek vagy enyhén savanyúak. A medián $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 8,0$ és $\text{pH}_{\text{KCl}} = 7,6$ a nem teraszozott, illetve 7,5 és 7,0 a teraszozott talajok esetében. A Mann-Whitney U teszt alapján a $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ p értéke 0,02, míg a pH_{KCl} esetén $p=0,01$, tehát a pH értéke a teraszozott és nem teraszozott talajszelvények teljes mélységében vizsgálva szignifikáns különbséget mutat. A feltalaj esetében csak a desztillált vizes pH mutatott szignifikáns ($p=0,027$) eltérést a két típus között, mivel a KCl-os vizsgálat esetében a $p=0,072$ -nek adódott.



35. ábra pH_{H₂O, KCl} megoszlása a teraszozott és nem teraszozott talajszelvényekben

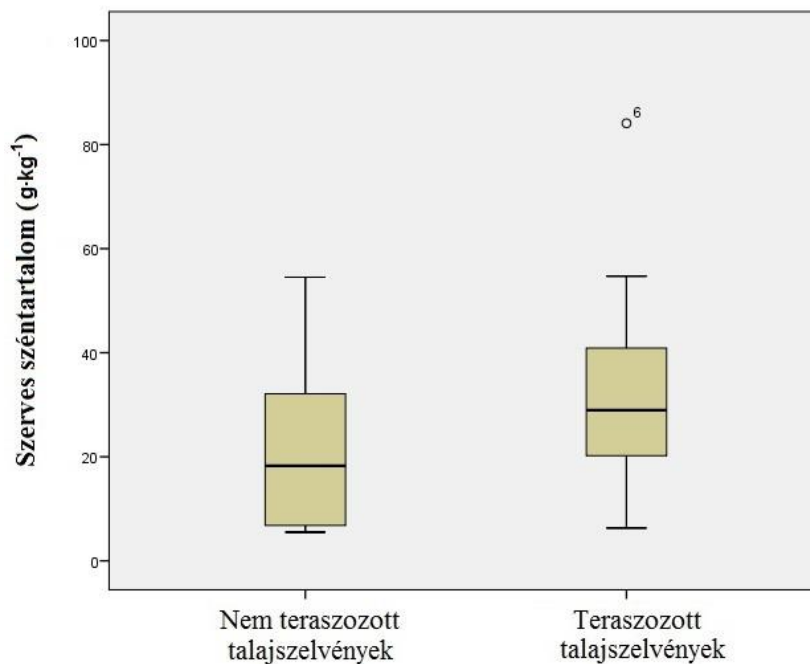
A talajok teljes szelvénymélységében vizsgált szerves széntartalma a teraszozott (medián: 12,2 g·kg⁻¹) és a nem teraszozott talajok (medián 6,9 g·kg⁻¹) esetében is jellemzően alacsony középső értékkel bírtak (36. ábra). A boxplot diagramról leolvasható, hogy a teraszozott szelvényekben nagyobb a szerves széntartalom, mint a teraszozástól mentes egykori szőlőparcellákon. A Mann-Whitney U teszt alapján ez az eltérés szignifikánsnak bizonyult (p=0,043).



36. ábra A szervesszéntartalom (g·kg⁻¹) megoszlása a teraszozott és nem teraszozott talajszelvényekben

Ha csak a feltalajok humuszos rétegének szerves széntartalmát vesszük figyelembe (átlagosan 15 cm mélységig), a teraszozástól mentes talajoknál a medián 18,3 g·kg⁻¹, míg a teraszozott talajok esetében 28,9 g·kg⁻¹ (37. ábra). Habár

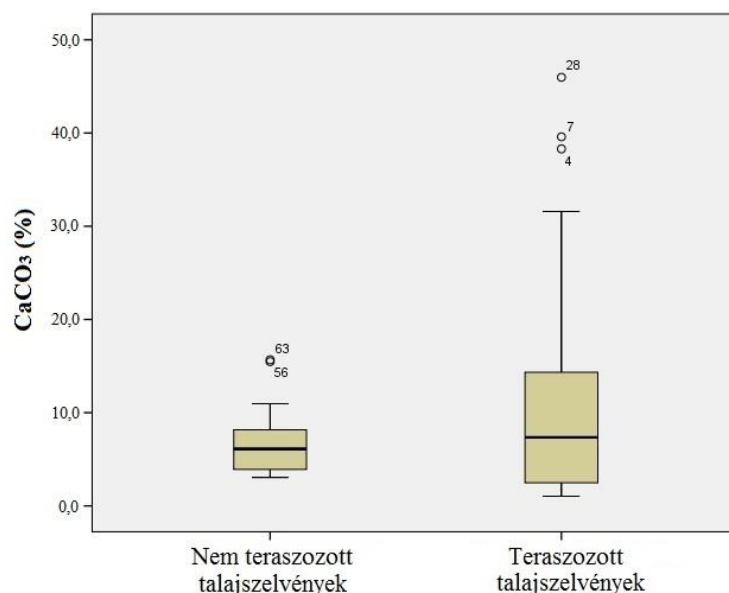
ebben az esetben is magasabb volt a teraszozott talajok széntartalma, a Mann-Whitney U teszt nem mutatott szignifikáns eltérést ($p=0,160$). A teraszozástól mentes talajok esetében a 145 ± 13 éve felhagyott, jelenleg gyeppel borított 2-es szelvény feltalajában mértem a legmagasabb szerves széntartalmat (9. táblázat), ami $54,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ -nak adódott, míg a teraszozott szőlőparlagok között a 62 ± 15 éve felhagyott 14-es szelvényénél (8. táblázat) találtam a legnagyobb értéket ($84,1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). A teraszozott talajok esetében nem találtam szignifikáns kapcsolatot a szerves széntartalom és a felhagyás ideje között Spearman korrelációval ($r=0,155$, $p=0,526$), ugyanakkor a teraszozástól mentes szelvények feltalaja esetében $p=0,048$ szinten szignifikáns pozitív kapcsolatot találtam ($r=0,636$).



37. ábra A szerves szén megoszlása a teraszozott és nem teraszozott talajszelvények feltalajában

A talajszelvények egyes talajszintjeinek szénsavas mésztartalma rendkívül változatosnak bizonyult. Habár az eredmények vizsgálata során a teraszozott és nem teraszozott szelvények esetében a medián 7,3% és 6,1% volt (38. ábra), valamint a Mann-Whitney U próba alapján sincs szignifikáns különbség sem a talajszelvény teljes mélységében ($p=0,725$), sem a feltalajban ($p=0,845$) a két típus között, mégis nagy szélsőségek mutatkoztak, főként a teraszozott szelvények mélyebb talajszintjeinél. A talajok szénsavas mésztartalmát alapvetően meghatározza az alapkőzet, mégis egy adott területen belül is találkozhatunk jelentős eltérésekkel. Például a Mád Kelet/2 minta esetében 55 cm mélységben már 16% feletti a kalcium-karbonát tartalom, míg a tőle nem messze lévő Mád Kelet szelvény esetében 40 cm mélységben is alig haladja meg a 2%-ot. A teraszozott szelvények közül is kiemelkedik a 3-as (38,3%), a 4-es (39,6%), a 14-es (31,6%), a

18-as (46%) talajszelvény, ahol már 40-50 cm mélyen is 30% feletti értékeket találunk.



38. ábra A kalcium-karbonát megoszlása a teraszozott és nem teraszozott talajszelvényekben

A 10. táblázat alapján szignifikáns ($p < 0,01$) pozitív kapcsolatot találtam a CaCO_3 és a $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ $r=0,665$, pH_{KCl} $r=0,684$, valamint az iszap frakció és a $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ $r=0,422$, pH_{KCl} $r=0,370$ között. A $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ negatívan korrelál ($p < 0,01$) a vázrész arányával ($r=-0,522$), a homok frakció arányával ($r=-0,393$), valamint a szerves széntartalommal ($r=-0,310$), míg az agyag frakció arányával $p=0,038$ szignifikancia szinten mutat negatív kapcsolatot ($-0,230$).

A vázrész pozitívan korrelál ($p < 0,01$) a homok frakcióval ($r=0,649$), míg az iszap frakcióval negatív kapcsolatot mutat ($r=-0,724$).

A homok frakció erős negatív kapcsolatot mutat ($p < 0,01$) az iszap frakcióval ($r=-0,739$), és pozitívan korrelál ($p=0,01$) a szerves széntartalommal ($r=0,353$).

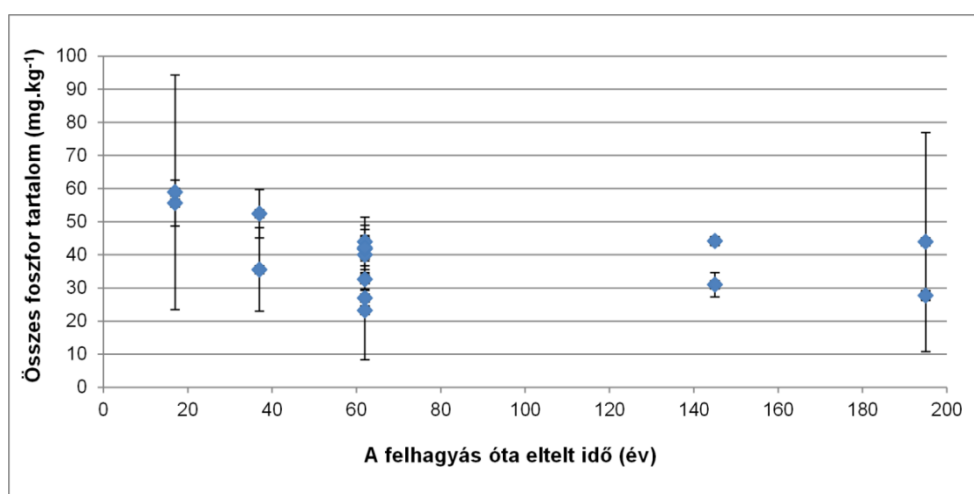
10. táblázat A szelvények teljes mélységében mért eredmények közötti Spearman rangkorreláció

Spearman rangkorreláció r értékei									
		pH (H ₂ O)	pH (KCl)	CaCO ₃	VáZRész	Homok frakció	Iszap frakció	Agyag frakció	Szerves széntartalom
pH (H ₂ O)	Korr. koef. (r)	1,000	,950**	,665**	-,522**	-,393**	,422**	-,230*	-,310**
	Szig.		,000	,000	,000	,000	,000	,038	,005
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
pH (KCl)	Korr. koef. (r)	,950**	1,000	,684**	-,493**	-,267*	,370**	-,302**	-,140
	Szig.	,000		,000	,000	,015	,001	,006	,209
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
CaCO ₃	Korr. koef. (r)	,665**	,684**	1,000	-,197	-,033	-,010	-,070	-,060
	Szig.	,000	,000		,076	,768	,930	,532	,591
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
VáZRész	Korr. koef. (r)	-,522**	-,493**	-,197	1,000	,649**	-,724**	,287**	,153
	Szig.	,000	,000	,076		,000	,000	,009	,171
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
Homok frakció	Korr. koef. (r)	-,393**	-,267*	-,033	,649**	1,000	-,739**	-,056	,353**
	Szig.	,000	,015	,768	,000		,000	,617	,001
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
Iszap frakció	Korr. koef. (r)	,422**	,370**	-,010	-,724**	-,739**	1,000	-,446**	-,179
	Szig.	,000	,001	,930	,000	,000		,000	,107
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
Agyag frakció	Korr. koef. (r)	-,230*	-,302**	-,070	,287**	-,056	-,446**	1,000	-,256*
	Szig.	,038	,006	,532	,009	,617	,000		,020
	N	82	82	82	82	82	82	82	82
Szerves széntartalom	Korr. koef. (r)	-,310**	-,140	-,060	,153	,353**	-,179	-,256*	1,000
	Szig.	,005	,209	,591	,171	,001	,107	,020	
	N	82	82	82	82	82	82	82	82

** a korreláció szignifikáns p=0,01 szinten

* a korreláció szignifikáns p=0,05 szinten

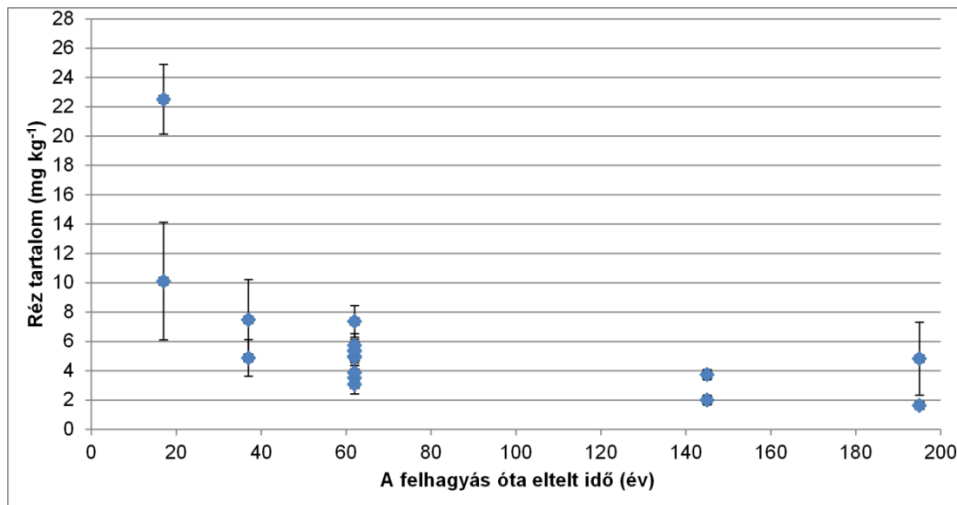
A feltalajból mért összes foszfor eredményei alapján (39. ábra) lassú csökkenésre lehet következtetni a felhagyás óta eltelt idő múlásával, hiszen amíg a legfiatalabb (17 ± 11 éve felhagyott) parlagok esetében $55,6\pm 7,0$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ és $58,9\pm 35,4$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ között változott az érték, addig a 62 ± 15 éve felhagyott szőlőterületek esetében már csak $26,9\pm 2,3$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valamint $42,1\pm 5,4$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ között mozgott mindez. A régebbi felhagyásoknál már nem tapasztaltam csökkenést az összes foszfor tartalom alapján, így elmondható hogy 62 ± 15 évvel a felhagyás után stabilizálódott ez a foszforszint. Érdeemes ugyanakkor felhívni a figyelmet a jelentős szórás értékekre, amelynek háttérében számos tényező állhat, úgy mint az eltérő alapkőzet vagy trágyázási szokások.



39. ábra Az összes foszfor tartalom változása a felhagyás óta eltelt idő szerint

A réztartalom elemzése során (40. ábra) egyértelműen kitűntek a legfiatalabb (17 ± 11 éve felhagyott) parlagok (6-os, 12-es szelvény), hiszen itt találtam a legnagyobb értékeket. A 6-os szelvénynél $22,5\pm 2,5$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, míg a 12-es szelvény esetében $10,1\pm 4,1$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ volt a feltalaj réztartalma. Az ábra alapján megállapítható, hogy réztartalom az idő múlásával folyamatosan csökken. A legjelentősebb csökkenést a 17 ± 11 éve és a 37 ± 10 éve felhagyott parlagok között tapasztaltam. Az ezt követő időszakokban már csak egy lassabb ütemű csökkenést olvashatunk le a diagramról, végül az értékek az utolsó két vizsgált felhagyási időszakban már közel azonos értékeket vesznek fel.

Kiemelhetjük ugyanakkor, hogy ezek az értékek a talajok átlagos réztartalmához képest nem magasabbak és bőven elmaradnak az egészségügyi határértéktől, ami a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet alapján 75 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.



40. ábra A réztartalom változása a felhagyás óta eltelt idő szerint

A nemzetközi talajosztályozás (WRB) alapján a talajszelvényeket a Leptosol (6db), Chernozem (1 db), Phaeozem (4 db), Calcisol (4 db), Luvisol (3 db), Cambisol (8 db) és Regosol (3 db) referencia csoportokba soroltam (11. táblázat).

A legtöbb szelvény a Cambisol referencia csoportba tartozik, ahol a leggyakoribb elő/főminősítő a leptic, valamint a calcaric volt, amelyek az alapkőzet felszínközelségére, illetve a talaj 2%-ot meghaladó karbonát tartalmára utalnak.

11. táblázat A talajszelvények WRB szerinti talajosztályozása

Szelvényazonosító	WRB szerinti besorolás
1	Hypocalcic-Endoleptic Calcisol
2	Mollic Leptosol
3	Endoleptic Calcisol
4	Endoleptic Calcisol
5	Hypocalcic-Endoleptic Calcisol
6	Haplic Regosol
7	Calcic Chernozem
8	Haplic Cambisol
9	Haplic Cambisol
10	Haplic Phaeozem
11	Haplic Cambisol
12	Haplic Regosol
13	Skeletal-Calcaric Phaeozem
14	Hyperskeletal-Cambic-Calcaric Leptosol
15	Endocalcaric Luvisol
16	Colluvic Cambisol
17	Cambic-Calcaric Phaeozem
18	Calcaric Regosol
Ta01	Leptic-Calcaric Cambisol
T2	Leptic-Skeletal-Calcaric Cambisol
Tarcal 3	Cambic Phaeozem
Tokaj 4	Calcaric Cambisol
Mád 5	Leptic-Nudic-Chromic-Skeletal-Endocalcaric Luvisol
Mád 6	Leptic-Skeletal Leptosol
Mád kelet	Cambic Leptosol
Mád kelet/2	Endocalcaric Luvisol
Tállya 1	Skeletal Leptosol
Tállya 2	Haplic Leptosol
Tállya 3	Leptic-Skeletal-Calcaric Cambisol

5.2.7 Támfalak építésének tipizálása litológiai bázisuk alapján

A 41. ábrán látható módon négy típusba soroltam a támfalakat építésük litológiai bázisát figyelembe véve.

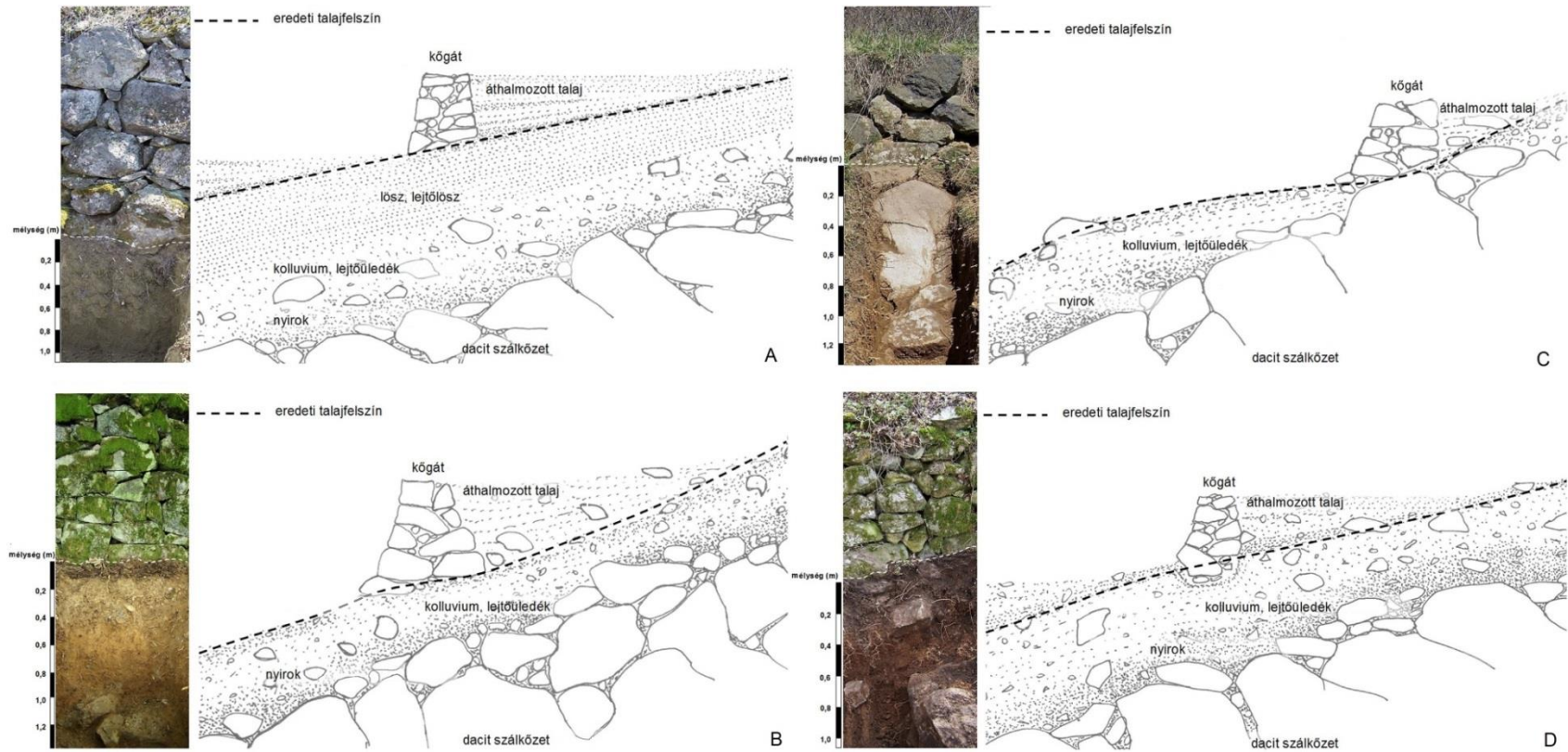
A 41. A ábrán megfigyelhető típusnál a támfalat közvetlenül lösz, valamint lejtőlösz alpra rakták, amely feltehetően nem volt túl gyakori eljárás, tekintve, hogy ennél a típusnál a talaj csak csekély mennyiségű durva vázrészt tartalmaz, ami azt jelenti, hogy a támfalat felépítő köveket máshonnan kellett odahordani. Döntően ott fordulnak elő, ahol az egykori szőlőparcellán belül a durvább vázrészt és a vastagabb löszréteget tartalmazó lejtőüledék közel helyezkedett el egymáshoz, így például a lejtő felső szakaszán kiforgatott köveket az alsó lejtőszakaszon lévő vastagabb löszrétegre rakták.

A 41. B ábrán látható típus esetében a kőfal alapjául olyan lejtőüledék szolgál, amelyben keveredik a kolluviális, áthalmazott lösz és a mállott vulkáni

kőzet. Az ilyen szelvényekben nem ritkák a tömb (60- 200 mm), és blokk (200-600 mm) méretű kövek. Ezeket a művelés során kiforgatták, és nem csak a támfal építéséhez használták fel, hanem a parcellákat elválasztó határmezsgyékre hordva ezek képezték az obalákat.

A harmadik képen (41. C ábra) látható típusnál a felszínre kibukkanó, vagy ahhoz nagyon közel elhelyezkedő szálaban álló kőzet adta a támfalak alapját. Ezeken a területeken javarészt nagyon sok kőzet és durva törmelék található már a feltalajban is, ami jelentősen megnehezítette a terület művelését. Ezek kiforgatásával és a támfalba, valamint az obalákba való építésével értékes területeket szereztek a szőlőműveléshez. Jellemzően oda építették a támfalakat, ahol több méter hosszan összefüggő alapkőzet bukkant a felszínre.

A negyedik ábrán bemutatott típus esetében (41. D ábra), a lejtésre merőleges, sekély (általában fél méteres) árkot ástak, amelyben a művelés során kiforgatott kövek fennakadtak, illetve esetenként tudatosan görgették oda azokat. Az árkok feladata eredetileg a lefolyó víz feltartóztatása és az értékes humuszos feltalaj visszatartása volt, ám a kövek hamar megtöltötték az árkokat, ami stabil alapot jelentett ezt követően támfalak építéséhez.

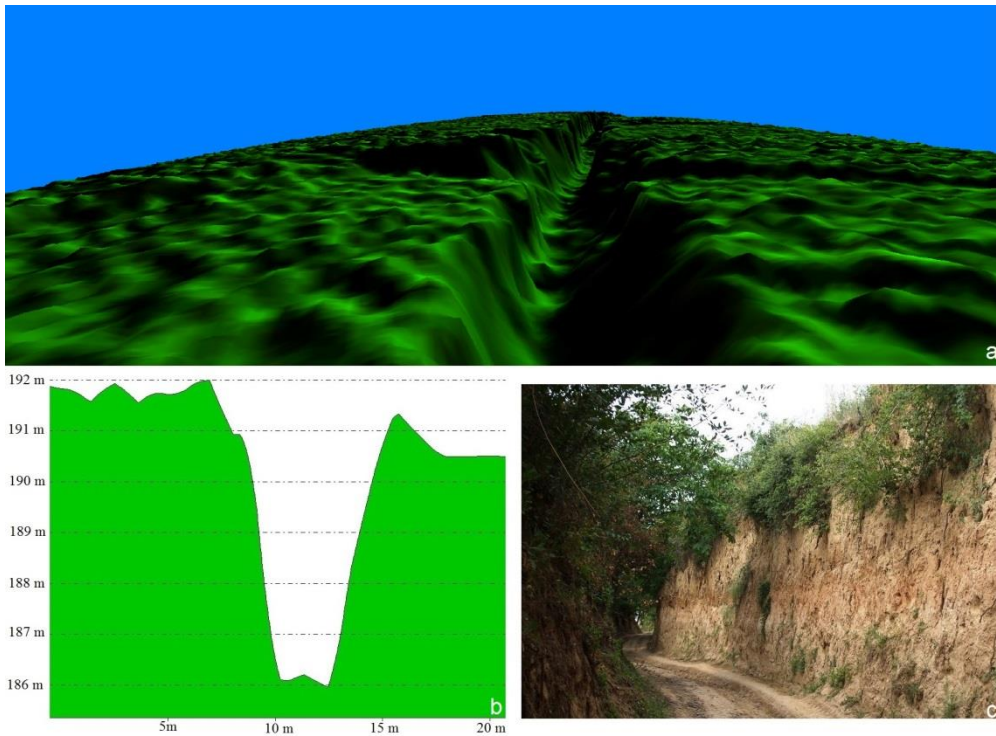


41. ábra A támfalak litológiai bázis alapján megkülönböztetett négy típusa. A lejtéssel párhuzamosan az elvi hosszkeresztmetszetet (jobbra), míg a kőgátak tövében, a lejtésre merőlegesen létesített talajszelvényt (balra) láthatjuk (Novák és Incze, 2014)

5.3 Eróziós árkok és löszmélyutak Tokaj-Hegyalján

5.3.1 LiDAR adatokból származtatott felszínmodell pontosságának terepi ellenőrzése az eróziós árkok és löszmélyutak vizsgálatában

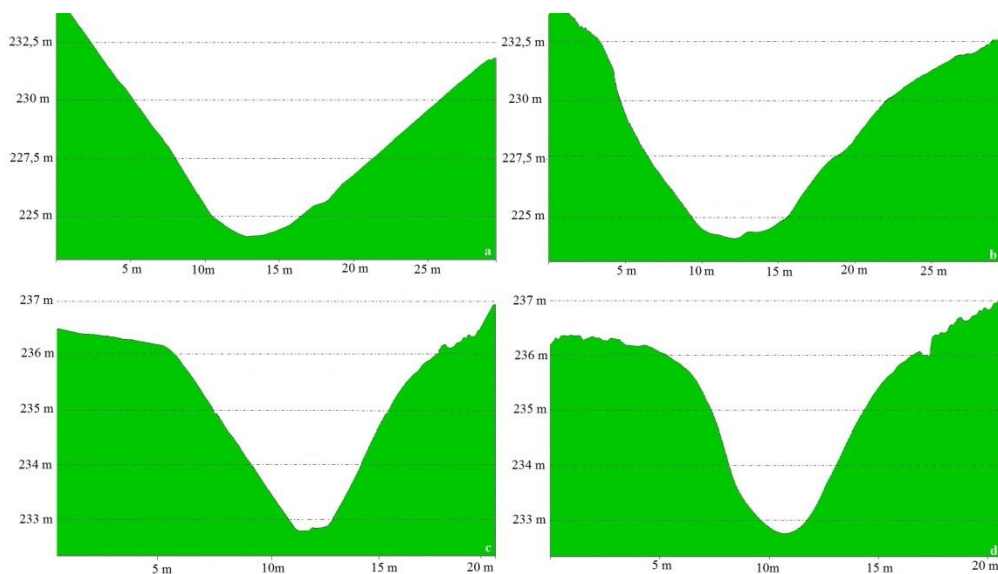
Egy jelenleg is rendszeresen használt tarcali löszmélyút LiDAR és terepen mért adatait hasonlítottam össze (42. ábra) elsőként. A LiDAR adatok nagy pontosságot mutattak, hiszen terepen (mérőszalag segítségével) 5,7 m-nek, míg a LiDAR adatokkal 5,4-5,9 m-nek (átlagosan 5,65 m-nek) állapítottam meg az adott szakasz mélységét. Mindebben fontos szerepe volt a növényzettől mentes aljzatnak, ahol - a keresztmetszeti képen is jól látható módon - még az autók kerekei által kimélyített vályúk is azonosíthatók.



42. ábra Tarcali löszmélyút egy szakaszának felszínmodellje (a), 2 dimenziós keresztmetszeti képe (b) és a terepi felmérés során készített fényképe (c)

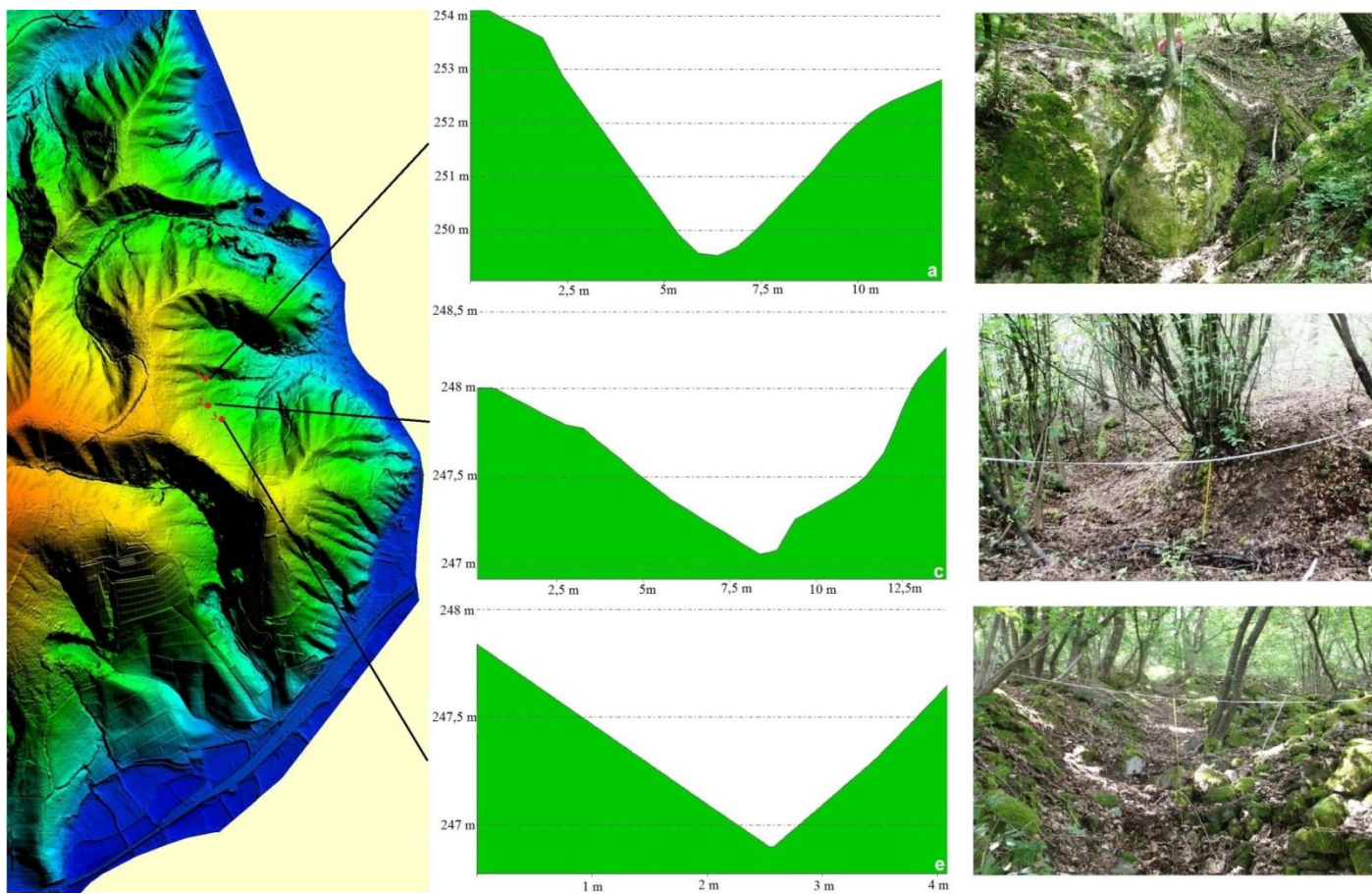
A következő terület a tokaji Lencsés-árok (43 a, b ábra) és az abból nyíló oldalárok egy szakasza volt (43 c, d ábra), amelyet lézeres teodolit segítségével mértünk fel. A Lencsés árok szélessége és mélysége lehetővé tette a pontos felvételezést. Itt főként az árok peremének kijelölésénél találunk eltérést a két mérési mód között. Az oldalárok egy sűrű növényzettel benőtt terület, amelynek bejáratát kőfallyal rakták ki, hogy megakadályozzák a további szélesedését. A teodolitos felvételen (43. d ábra) jól kivehető az árok keresztmetszetének körvonala, amelytől a LiDAR felvétel keresztmetszeti képe (43. c ábra) kissé eltér.

Mindez vélhetően a növényzetről visszaverődő lézersugarak, pontfelhőből való eltávolítása során keletkezett hiba eredménye.



43. ábra Az árkok keresztmetszete, balra a LiDAR felszínmodell (a, c), jobbra a lézeres teodolit (b, d) felmérés alapján

Az utolsó három árkot a tokaji Aranyos és Garai dűlőben mértem fel (44. ábra), ahol egymás mellett pár 100 m-es különbséggel eltérő formákkal találkoztam. A terület sűrű növényzettel benőtt és felhagyott támfalas teraszokkal tarkított térszín. Az első esetben (44 a ábra) egy olyan szakaszt mértem fel, ahol az árok kiszélesedik és mélyen bevág az alapkőzetbe. A mélység adatok meglehetősen pontosak voltak, hiszen terepen 3,94 m-t mértem, míg a LiDAR adatok 4,1 m körüli eredményt mutatnak. A szélességét 11,1 m-nek állapítottam meg, míg a LiDAR adatok keresztmetszeti ábrájáról 11-12 m körüli értékeket olvashatunk le. A második árok (44 c ábra) közel 5 m széles és 1,2 m mély volt, ahol a LiDAR adatok kissé alulbecsülték az árok mélységét (0,9 m). Az utolsó árok (44 e ábra) esetében is hasonló eredményre jutottam. Ez az árok 3,3 m széles és 1 m mély volt, azonban a keresztmetszeti ábra alapján a felszínmodellel egy ennél sekélyebb forma azonosítható.



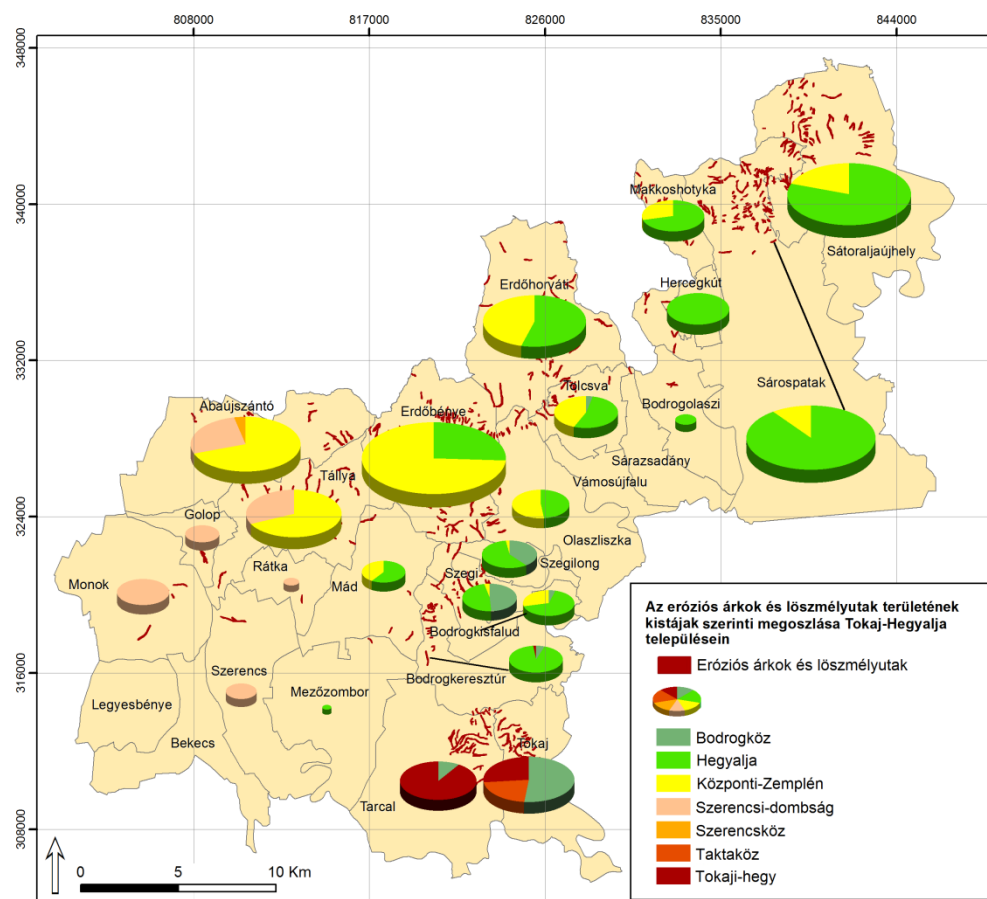
44. ábra Eróziós árkok LiDAR felszínmodellen felvett keresztmetsvényei (a, c, e) és ezek terepi ellenőrzése (b, d, f) a tokaji Aranyos és Garai dűlőben

5.3.2 Eróziós árkok és löszmélyutak főbb geomorfológiai jellemzői

5.3.2.1 Az eróziós árkok és löszmélyutak kistájak szerinti megoszlása

Tokaj-Hegyaljához tartozó 27 településből 23 esetében találtam eróziós árkokat és löszmélyutakat. A feltérképezett 614 db eróziós árok csaknem 625 ha-t foglal el. Ezek területi megoszlása ugyanakkor meglehetősen egyenlőtlen.

Az árkok területének több mint 78% a Hegyalja (43%) és a Központi-Zemplén kistájra (35%) esik (45. ábra). Ezek mellett említést érdemel még a Tokaji-hegy kistáj, ahol az árkok kiterjedése (349 ha) a kistáj területéhez (1639 ha) viszonyítva a legnagyobb Tokaj-Hegyalján. Megjegyezhetjük, hogy pontosabb kistáj határok esetén a Bodrogek és Taktaköz területére nem esnének eróziós árkok, mivel ezek alluviális síkságok.



45. ábra Az eróziós árkok és löszmélyutak területének kistájak szerinti megoszlása Tokaj-Hegyalja településein

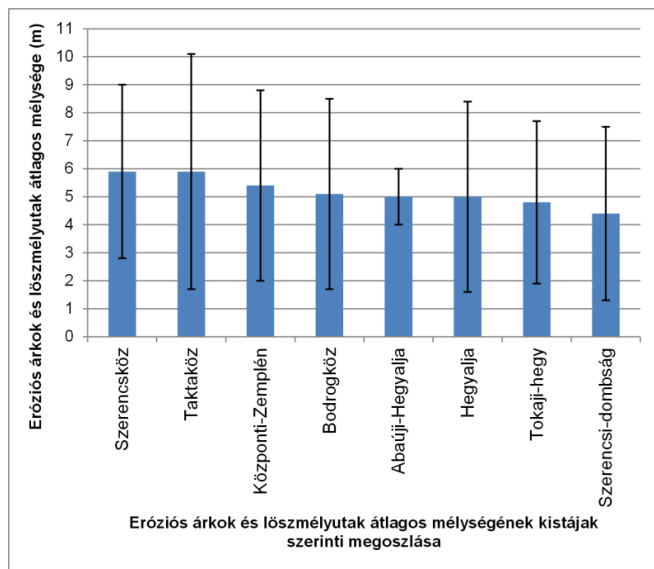
Az eróziós árkok és löszmélyutak sűrűségének kistájak szerinti megoszlása alapján kiemelkedik a Tokaji-hegy kistáj a maga 1088,7 m²-es értékével (12. táblázat). Ez csaknem duplája a sorban következő Központi-Zemplén kistájnak

(563,4 m³km⁻²). Harmadik helyen a Hegyalja kistáj található 468,4 m³km⁻² sűrűségével. A legkisebb értékekkel a Taktaköz, Bodrogeköz és Szerencsköz területein találkozunk.

12. táblázat Az eróziós árkok és löszmélyutak sűrűsége kistájak szerinti megoszlásban

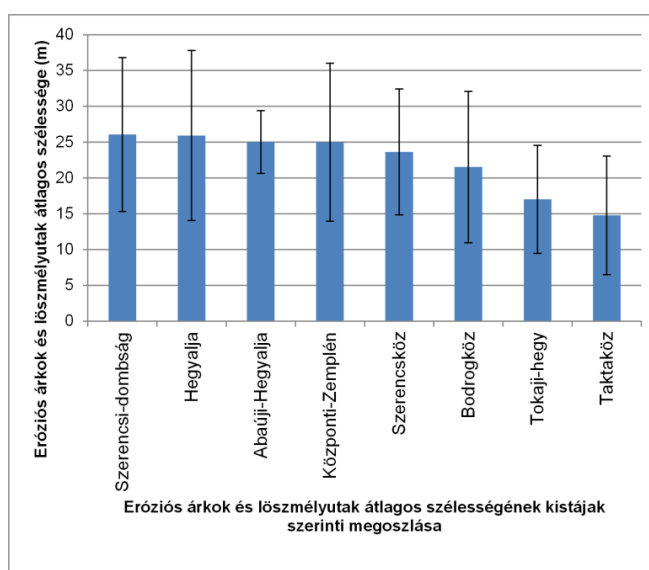
Kistáj neve	Eróziós árkok és löszmélyutak hossza (m)	Kistáj területe Tokaj-Hegyalján (km ²)	Az eróziós árkok és löszmélyutak egységnyi területre eső sűrűsége (m ³ km ⁻²)
Abaúji-Hegyalja	225,5	2,1	106,6
Bodrogeköz	16690,5	250,9	66,5
Hegyalja	93801,4	200,2	468,4
Központi-Zemplén	81181,7	144,1	563,4
Szerencsi-dombság	18953,1	121,5	156,0
Szerencsköz	1065,9	14,6	73,1
Taktaköz	5954,0	110,8	53,8
Tokaji-hegy	17846,4	16,4	1088,7

Az eróziós árkok és löszmélyutak mélységét tekintve nem találunk éles különbséget az egyes kistájak között. Legmélyebben átlagosan a Szerencsköz (5,9±3,1 m) területén vágtak be az árkok (46. ábra), míg a Szerencsi-dombság területén találkozhatunk a legkisebb (4,4±3,1 m) átlagos mélységű vonalas eróziós formákkal.



46. ábra Az eróziós árkok és löszmélyutak átlagos mélységeinek kistájak szerinti megoszlása

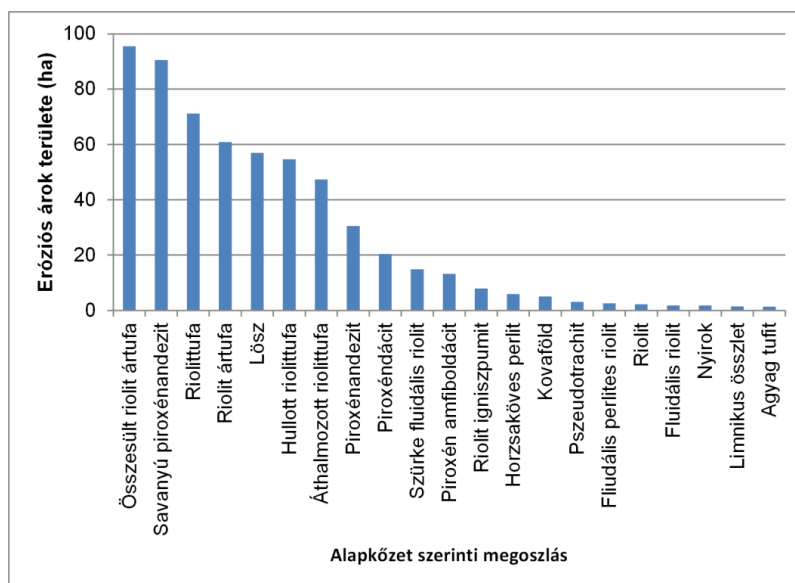
Az árkok szélességét figyelembe véve látható egyfajta csoportosulás. A Bodrogköz ($21,5 \pm 10,6$ m), a Szerencsköz ($23,6 \pm 8,8$ m) az Abaúji-Hegyalja ($25 \pm 4,4$ m), a Hegyalja ($25,9 \pm 11,9$ m), a Központi-Zemplén (25 ± 11 m), valamint a Szerencsi-dombság ($26,1 \pm 10,7$ m) kistájon átlagosan 20 m feletti szélességű vonalas eróziós formák jellemzőek (47. ábra). A másik csoportban a Taktaköz ($14,8 \pm 8,3$ m) és a Tokaj-hegy ($17 \pm 7,5$) kistájakon átlagosan 20 m alatti szélességgel találkozunk.



47. ábra Az eróziós árkok és löszmélyutak átlagos szélességének kistájak szerinti megoszlása

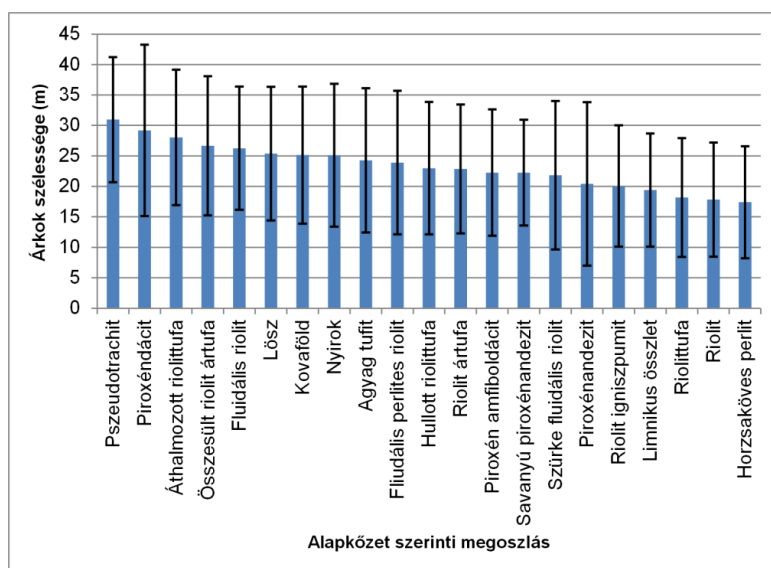
5.3.2.2 Az eróziós árkok és löszmélyutak földtani képződmények szerinti megoszlása

Az eróziós árkok területének közel 70%-a porózus és laza alapkőzethez – összesült riolit ártufa (95,6 ha), riolittufa (90,5 ha), riolit ártufa (60,8 ha), lösz (57 ha), hullott riolittufa (54,6 ha), áthalmazott riolittufa (47,3 ha), riolit igniszpunit (7,9 ha) kötődik (48. ábra).



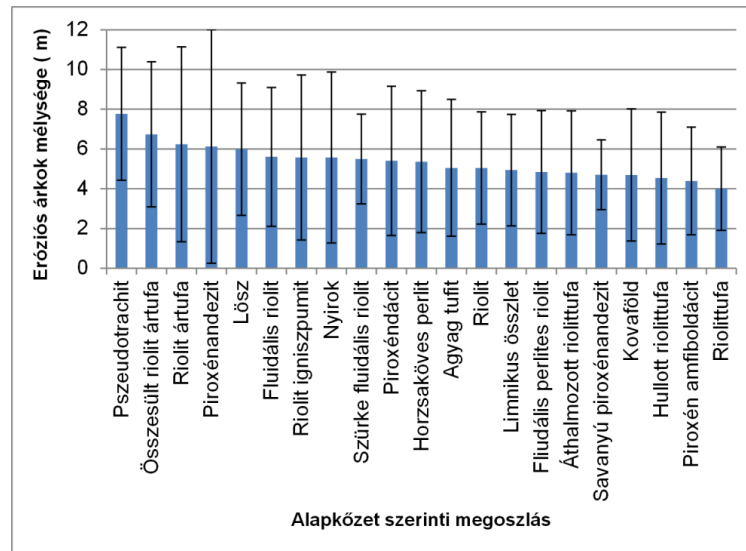
48. ábra Az eróziós árok területi megoszlása a földtani képződmények szerint

Az árok átlagos szélessége $17,4 \pm 9,2$ m (horzszaköves perlit) és $31 \pm 10,3$ m (pseudotrachit) között változott. A legszélesebb szakaszokat a piroxéndácit ($29,2 \pm 14,1$ m), áthalmazott riolittufa ($28,1 \pm 11,1$ m), illetve összesült riolit ártufa ($26,7 \pm 11,4$ m) alapkőzeten találtam (49. ábra)



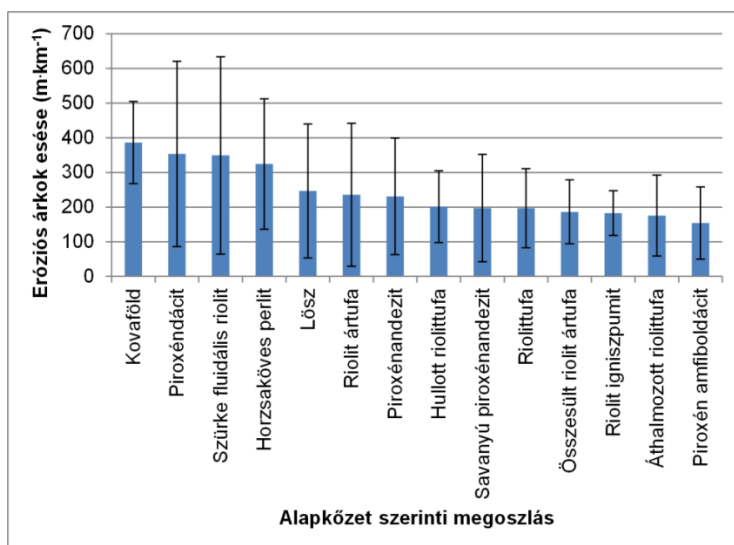
49. ábra Az eróziós árok szélessége földtani képződmények szerinti megoszlásban

Az eróziós árkok a pszeudotrachit ($7,8\pm 3,3\text{m}$) és az összesült riolit ártufa ($6,7\pm 3,7\text{m}$) alapkőzetek voltak átlagosan a legmélyebbek, míg jellemzően a riolittufán ($4\pm 2,1\text{m}$) kialakult árkok voltak a legsekélyebbek (50. ábra).



50. ábra Az eróziós árkok mélysége földtani képződmények szerinti megoszlásban

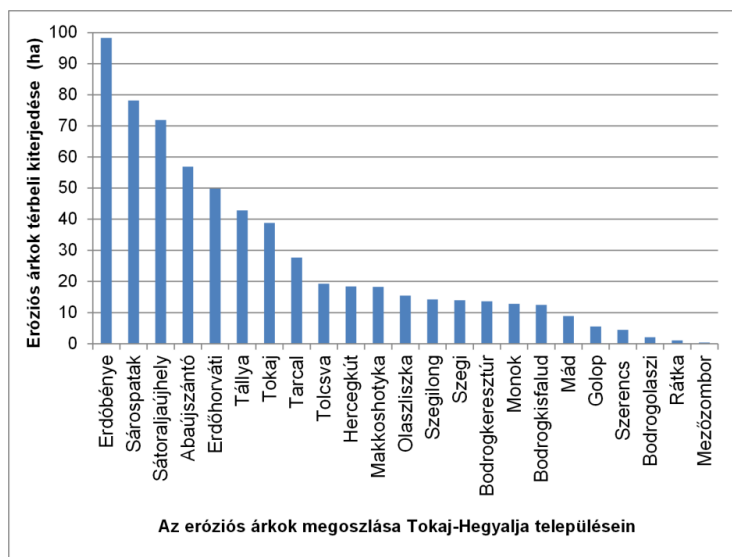
Az eróziós árkok esését figyelembe véve elmondható, hogy a kovaföld ($385,8\pm 118,6\text{m}^3\text{km}^{-1}$), a piroxéndácit ($353,0\pm 267,0\text{m}^3\text{km}^{-1}$), a szürke fluidális riolit ($348,9\pm 284,6\text{m}^3\text{km}^{-1}$), és a horzsaköves perlit ($324,2\pm 188,0\text{m}^3\text{km}^{-1}$) alapkőzeteken találkozunk a legnagyobb átlagos eséssel (51. ábra). Ezek esetében meghaladta a $300\text{m}^3\text{km}^{-1}$ -t az árkok átlagos esése. A piroxén amfiboldácit alapkőzeteken találtam a legkisebb esésű árkokat ($153,7\pm 104,0\text{m}^3\text{km}^{-1}$), amely kevesebb, mint a fele a fent említett árkok esésének.



51. ábra Az eróziós árkok átlagos esése földtani képződmények szerinti megoszlásban

5.3.2.3 Az eróziós árkok és löszmélyutak települések szerinti megoszlása

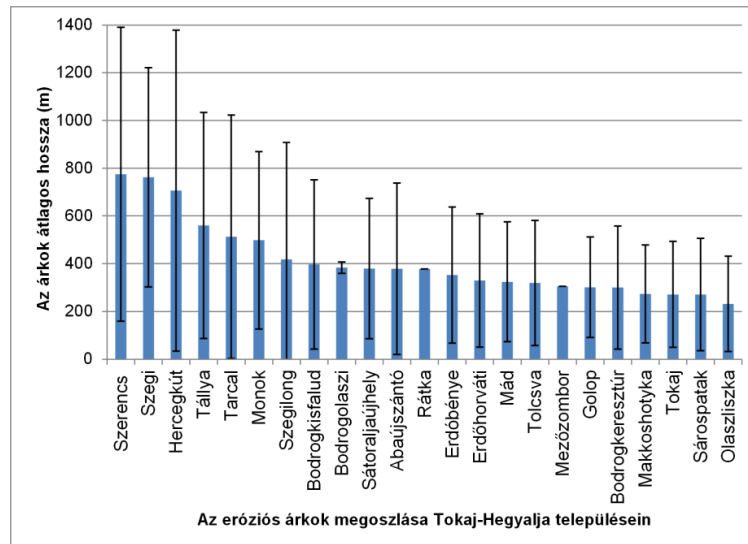
Az árkok teljes területének 48,8%-a négy település közigazgatási határán belül található meg. Erdőbénye (98,3 ha), Sárospatak (78,1 ha) Sátoraljaújhely (71,9 ha) és Abaujszántó (56,9 ha) kiemelkedik a többi település közül (52. ábra).



52. ábra Az eróziós árkok területe Tokaj-Hegyalja településein

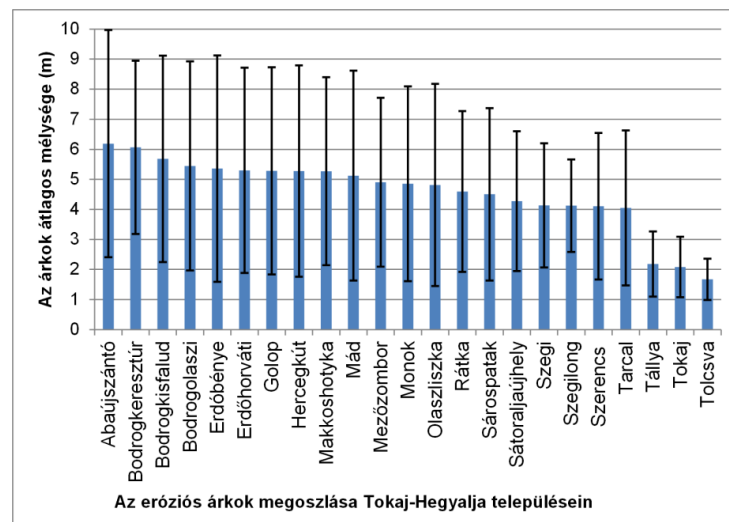
A teljes hosszt figyelembe véve a fent említett helységeken kívül Tokaj (19818,8 m), Erdőhorvati (18467,2 m), Tállya (16797,7 m) és Tarcal (15373,9 m) emelhető ki, ahol szintén jelentős árokhosszal találkozhatunk. Az árkok átlagos hossza Szerencs (774,9±615,5 m), Szegi (761,9±459,4 m), Hercegkút (706,2±672,3

m) településein volt a legnagyobb, míg Olaszliszkán ($231,9 \pm 199,5$ m) a legkisebb. A leghosszabb árkok Bodrogkisfalud (2466,9 m), Hercegkút (2282 m) és Tarcal (2151,1 m) településein fordulnak elő (53. ábra).



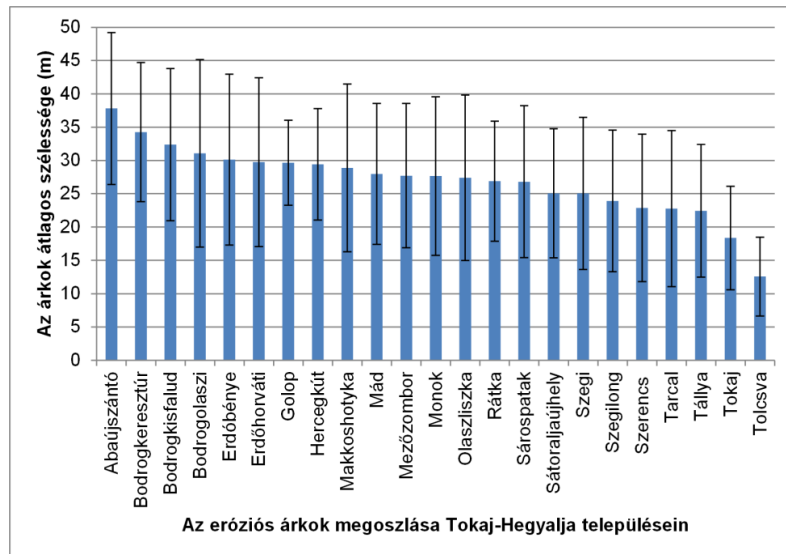
53. ábra Az eróziós árkok átlagos hossza Tokaj-Hegyalja településein

A LiDAR modellen azonosítható árkok átlagos mélysége $5,2 \pm 3,4$ m-nek adódott Tokaj-Hegyalján. Települési bontásban a legnagyobb átlagos mélység értékekkel Tokaj ($6,4 \pm 3,8$ m) és Monok ($6,1 \pm 2,9$ m), míg a legkisebbekkel Bodrogolaszi ($1,7 \pm 0,7$ m), Szerencs ($2,1 \pm 1$ m), és Mezőzombor ($2,1 \pm 1,1$) rendelkezik (54. ábra).



54. ábra Az eróziós árkok mélység adatai Tokaj-Hegyalja településein

Az eróziós árkok átlagos szélessége $26,9 \pm 12,1$ m-nek adódott Tokaj-Hegyalja teljes területén. Településeket figyelembe véve Hercegekút ($37,8 \pm 11,4$ m), Monok ($34,3 \pm 10,5$ m), Golop ($32,4 \pm 11,4$ m) és Mád ($31,1 \pm 14,1$ m) területén találkozhatunk a legnagyobb, Mezőzombor ($12,6 \pm 5,9$ m) és Tarcal ($18,4 \pm 7,8$ m) esetében pedig a legkisebb átlagos értékekkel (55. ábra).



55. ábra Az eróziós árkok átlagos szélesség adatai Tokaj-Hegyalja településein

Az árkokból kierodált anyag becsült mennyisége a teljes vizsgált területen több mint 18 millió m^3 . Legjelentősebb értékekkel Erdőbénye, Sátoraljaújhely Sárospatak és Erdőhorvát rendelkezik 1,7 és 3,2 millió m^3 közötti kipuštult anyagmennyiséggel (13. táblázat).

13. táblázat Tokaj-Hegyalja területén megjelenő eróziós árkok és löszmélyutak jellemzői

Eróziós árkok és löszmélyutak megjelenései Tokaj-Hegyalja településein	Eróziós árkok és löszmélyutak															
	darab-száma (db)	területe (ha)	Hossza					Mélysége				Szélessége				medréből kierodált anyag mennyisége (m ³)
			teljes (m)	átl (m)	med (m)	min (m)	max (m)	átl (m)	med (m)	min (m)	max (m)	átl (m)	med (m)	min (m)	max (m)	
Abaújszántó	46	56,9	19695,0	378,8	254,5	84,1	1797,5	5,3	4,5	0,5	24,2	29,7	27,9	3,6	69,2	1102621,8
Bodrogkeresztúr	24	13,7	6301,0	300,0	189,7	117,7	1102,3	4,1	3,8	0,5	11,5	22,4	21,3	3,5	62,5	273926,0
Bodrogkisfalud	11	12,5	3966,8	396,7	255,8	107,0	1102,3	5,1	4,2	0,5	14,8	22,9	21,0	1,1	50,3	649541,7
Bodrogolaszi	2	2,1	766,1	383,1	383,1	366,3	399,8	1,7	1,6	0,7	3,2	26,9	28,4	4,3	42,0	13554,6
Erdőbénye	84	98,3	38777,7	352,5	250,1	70,2	1657,5	5,3	4,6	0,5	22,2	27,4	25,9	2,6	66,7	3271776,3
Erdőhorváti	55	49,8	18467,2	329,8	247,3	59,4	1344,7	5,4	4,6	0,5	23,9	26,8	25,9	1,1	64,3	1723982,5
Golop	4	5,5	1806,6	301,1	263,1	98,3	679,5	4,0	3,5	0,6	10,8	32,4	31,8	8,3	53,8	70079,2
Hercegkút	5	18,4	5649,4	706,2	482,7	221,4	2282,0	4,3	3,8	0,5	13,7	37,8	37,3	4,0	62,8	317827,0
Makkoshotyka	22	18,3	8203,3	273,4	267,5	84,3	1101,6	4,9	4,6	0,6	15,9	25,1	22,8	4,9	66,3	454743,9
Mád	5	8,9	2918,0	324,2	298,2	93,2	862,2	4,9	3,9	0,6	15,0	31,1	30,6	4,8	65,8	343701,2
Mezőzombor	1	0,4	305,4	305,4	305,4	305,4	305,4	2,2	2,3	0,7	3,9	12,6	13,0	1,7	19,9	8577,2
Monok	7	12,8	3486,5	498,1	232,6	174,1	1003,3	6,1	6,4	0,5	12,0	34,3	35,1	9,4	53,4	224809,8
Olaszliszka	23	15,5	5797,0	231,9	182,1	44,0	1001,1	4,5	4,0	0,6	17,0	28,9	27,2	3,8	67,5	384802,9
Rátka	1	1,1	377,5	377,5	377,5	377,5	377,5	4,1	3,9	1,7	6,8	29,6	30,3	17,9	38,0	9438,6
Sárospatak	104	78,1	33043,5	270,8	183,1	45,8	1409,0	5,3	4,5	0,5	20,4	27,7	26,9	2,5	66,4	2287217,3
Sátoraljaújhely	60	71,9	26191,3	379,6	309,1	86,9	1409,0	5,7	5,0	0,6	23,0	30,1	28,3	1,6	68,7	2330169,8
Szegi	7	14,0	5333,6	761,9	939,4	141,5	1298,7	4,8	4,0	0,5	15,7	23,9	23,4	1,7	63,6	853980,6
Szegilong	10	14,3	6681,1	417,6	246,1	105,4	2024,0	4,1	4,1	0,6	11,1	25,1	23,2	2,5	55,9	468419,7
Szerencs	2	4,4	1549,7	774,9	774,9	339,7	1210,1	2,1	1,9	0,6	5,0	29,4	31,1	10,4	48,1	44238,1
Tarcal	30	27,6	15373,9	512,5	348,0	100,0	2151,1	4,6	4,1	0,5	15,7	18,4	17,4	2,4	53,1	653216,3
Tállya	22	42,8	16797,7	559,9	406,5	53,3	1699,6	5,3	4,9	0,6	20,4	27,7	27,4	3,8	62,4	916974,5
Tokaj	65	38,8	19818,8	271,5	173,7	39,1	2043,2	6,2	5,6	0,5	27,9	22,8	20,8	2,6	69,8	1366076,4
Tolcsva	24	19,3	7025,1	319,3	217,7	71,8	1192,5	5,4	4,4	0,5	14,4	28,0	27,5	3,6	59,9	624827,3
Tokaj-Hegyalja teljes területén	614	625,3	250799,3	350,3	239,1	39,1	2282,9	5,2	4,5	0,5	27,9	26,9	25,6	1,1	69,8	18394502,7

5.3.2.4 Az eróziós árkok és löszmélyutak előfordulásának területhasználat szerinti megoszlása

Az eróziós árkok előfordulása két területhasználati kategóriára szorítkozik. Az egyik az elmúlt közel 230 év során bármely időpontban szőlőként művelt, a másik pedig az ettől magasabban fekvő területekhez, tehát az erdők és hegyi legelők területeihez.

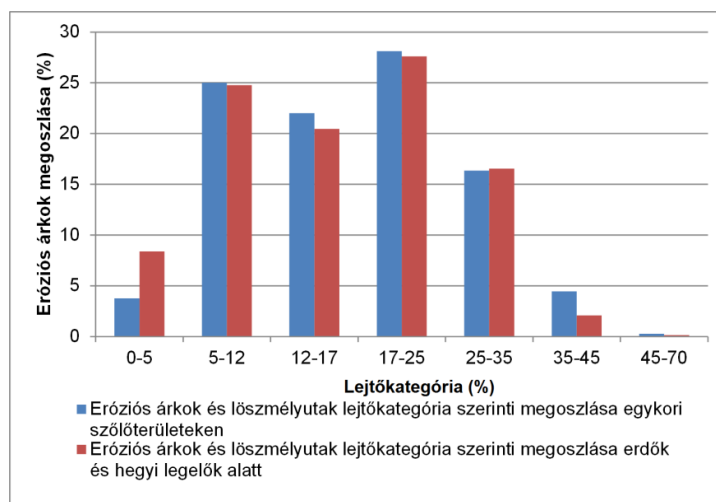
Ha ezek területi megoszlását vesszük figyelembe az erdők és legelők esetében 354,9 ha (58,8%) míg az egykori szőlőknél 270,4 ha (43,2%) esett az adott területhasználati osztályba (14. táblázat).

14. táblázat Az eróziós árkok területhasználat szerinti megoszlása terület alapján

Az eróziós árkok területhasználat szerinti megoszlása	Eróziós árkok terület szerinti megoszlása	
	ha	%
Egykori szőlőterületek	270,4	43,2
Erdők, hegyi legelők	354,9	56,8
Összesen	625,3	100

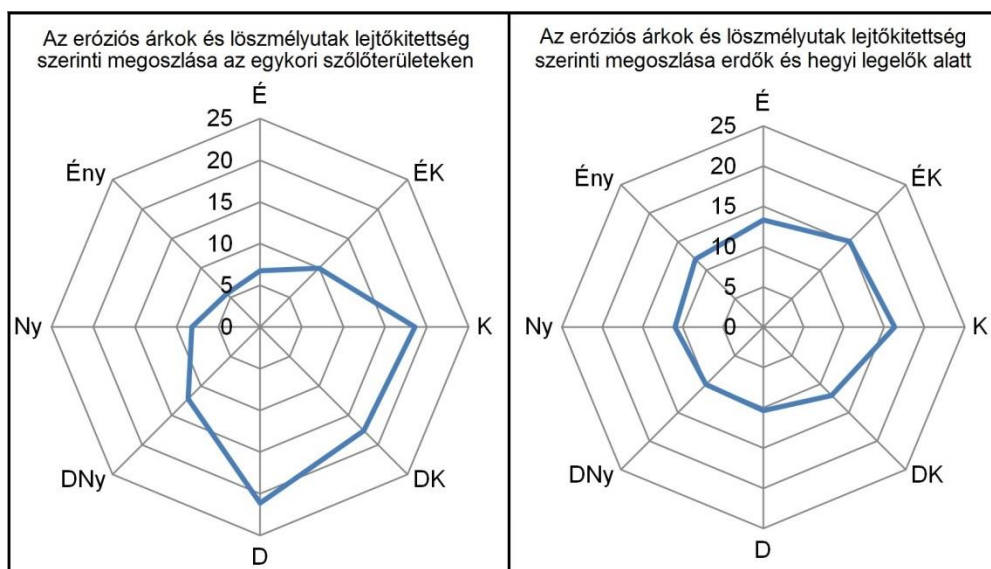
A szőlőkhöz, valamint az erdőkhöz kötődő árkok jól elkülöníthetőek egymástól tengerszint feletti magasság szerint, hiszen a szőlőknél magasabban nem művelték a hegyoldalakat.

Az árkok lejtőkategória szerinti megoszlását figyelembe véve, nem találunk jelentős különbségeket a két területhasználati csoport között (56. ábra). Az árkok jellemzően nem a legmeredekebb hegyoldalakhoz kötődnek, hiszen döntően az 5 és 25% közötti lejtőkön alakultak ki. A szőlőterületek esetén az árkok 75,2%-a, az erdők és legelők alatt az árkok 72,8% tartozik ide.



56. ábra Eróziós árkok és löszmélyutak lejtőkategória szerinti megoszlása az egykori szőlőterületeken, illetve erdők és hegyi legelők alatt.

A lejtőkiettség szerint ugyanakkor jelentős különbségeket figyelhetünk meg. Az 57. ábráról is jól leolvasható, hogy az egykori szőlőterületeken a legtöbb árok a déli (21,1%), a keleti (18,6%) és a délkeleti (17,6%) hegyoldalon alakult ki. Legkisebb arányban az északnyugati (5,6%), az északi (6,7%) lejtőkön találunk eróziós árkokat és löszmélyutakat. Ezzel szemben az erdők alatt arányosabban oszlanak meg az árkok, itt inkább egy kelet-északkelet irányú eltolódást érzékelhetünk.



57. ábra Eróziós árkok és löszmélyutak lejtőkiettség szerinti megoszlása egykori szőlőterületeken (balra), valamint erdők és hegyi legelők alatt (jobbra)

A szőlőterületekhez kötődő árkok átlagos hossza $305,1 \pm 299,3$ m, ami több mint 8m-rel hosszabb, mint az erdők és legelők alatt kialakult árkoké ($296,8 \pm 273,3$ m). Szélességük alapján viszont az erdők alatt átlagosan 3,5m-rel szélesebbek az árkok ($25,6 \pm 11,9$ m), mint az egykori szőlőparcellákon ($22 \pm 10,6$ m), eközben átlagos mélységük csaknem teljesen megegyezik: egykori szőlőterületeken $5,1 \pm 3,4$ m és az erdők, legelők alatt $5,2 \pm 3,4$ m (15. táblázat).

15. táblázat Az eróziós árkok területhasználat szerinti megoszlása átlagos hossz, szélesség és mélység alapján

Az eróziós árkok területhasználat szerinti megoszlása	Eróziós árkok átlagos hossz szerinti megoszlása (m)	Eróziós árkok átlagos szélesség szerinti megoszlása (m)	Eróziós árkok átlagos mélység szerinti megoszlása (m)
Egykori szőlőterületek	$305,1 \pm 299,3$	$22 \pm 10,1$	$5,1 \pm 3,3$
Erdők, hegyi legelők	$296,8 \pm 273,3$	$25,6 \pm 11,9$	$5,2 \pm 3,4$

A szőlőterület felhagyások eredményeképp az eróziós árkok erdők, gyepes és bozótok alatti területe 2010-re elérte a 447,5 ha-t. Ez azt jelenti, hogy a Tokaj-Hegyalján előforduló árkok 71,6%-a erdővel, bozóttal borított, jelenleg inaktív állapotban van.

5.3.3 Tokaj-Hegyalja erózióveszélyeztetettségi térképezése eróziós árkok és löszmélyutak vizsgálatával

A 16. táblázatban láthatóak a regressziós elemzésben bevont független változók, illetve azok szignifikanciája. A backward logit segítségével a szignifikancia értéket 0,01-re állítottam, amely két alkalommal 25, míg egy alkalommal 24 változót emelt ki a 33 független változó közül. 29 változó legalább egyszer kiválasztásra került a három tanuló terület valamelyikén, ugyanakkor csak 20 olyan volt, ami mindhárom modell esetén szerepel. Ennek a 20 változónak a fele folytonos a másik fele diszkrét változó.

16. táblázat A független változók β koefficiens és Wald teszt eredményei, valamint ezek szignifikanciája a három tanuló területen

Független változók	1. tanuló terület			2. tanuló terület			3. tanuló terület		
	β koef	Wald-teszt	Szig.	β koef	Wald-teszt	Szig.	β koef	Wald-teszt	Szig.
Tengerszint feletti magasság	-0,01	408,50	<0,01	-0,01	396,22	<0,01	-0,01	414,92	<0,01
Lejtőkategória (rad)	7,81	83,01	<0,01	8,30	67,44	<0,01	10,89	119,23	<0,01
Lejtőkitettség (rad)	-0,05	7,47	0,01	-	-	-	-	-	-
Konvergencia index	-0,03	76,00	<0,01	-0,03	98,68	<0,01	-0,04	105,92	<0,01
Keresztmetszeti görbület	-252,47	216,64	<0,01	-237,67	197,51	<0,01	-223,42	168,66	<0,01
Hosszirányú görbület	-32,03	7,73	0,01	-46,61	16,45	<0,01	-53,72	21,16	<0,01
LS faktor	0,17	22,38	<0,01	0,21	31,03	<0,01	0,13	13,09	<0,01
Topográfiai nedvesség index	0,21	186,64	<0,01	0,18	124,46	<0,01	0,24	214,60	<0,01
Relatív lejtő helyzet	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Áltagos görbület	210,76	66,51	<0,01	147,04	34,75	<0,01	165,83	49,59	<0,01
Lejtőirányú görbület	-497,97	77,41	<0,01	-353,22	41,94	<0,01	-385,89	55,83	<0,01
Vízszintes görbület	-	-	-	-1,38	12,49	<0,01	-	-	-
Érintőleges görbület	-516,77	91,94	<0,01	-380,21	52,12	<0,01	-432,01	76,61	<0,01
5% alatti lejtő	-	-	-	-	-	-	0,45	11,96	<0,01
5,1-12%-os lejtő	0,86	371,85	<0,01	0,72	97,73	<0,01	1,13	176,01	<0,01
12,1-17%-os lejtő	-	-	-	-0,39	9,17	<0,01	-	-	-
17,1-25%-os lejtő	-1,45	253,04	<0,01	-2,02	116,08	<0,01	-1,75	310,12	<0,01
25,1-35%-os lejtő	-3,03	220,28	<0,01	-4,02	176,81	<0,01	-3,90	301,96	<0,01
35,1-45%-os lejtő	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45,1% feletti lejtő	-	-	-	-	-	-	-	-	-
É-i kitettség	-	-	-	-0,45	25,77	<0,01	-	-	-
ÉK-i kitettség	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K-i kitettség	0,24	14,84	<0,01	-	-	-	0,24	13,87	<0,01
DK-i kitettség	0,33	27,19	<0,01	0,18	10,43	<0,01	0,41	35,55	<0,01
D-i kitettség	0,39	35,44	<0,01	-	-	-	0,30	17,86	<0,01
DNy-i kitettség	-0,37	27,12	<0,01	-0,64	108,73	<0,01	-0,43	34,67	<0,01
Ny-i kitettség	-0,29	13,33	<0,01	-0,69	110,03	<0,01	-0,42	29,60	<0,01
ÉNy-i kitettség	-	-	-	-0,39	24,12	<0,01	-0,24	6,98	0,01
Glaciális és alluviális üledék	7,05	42,30	<0,01	6,85	41,48	<0,01	6,51	38,11	<0,01
Löszös üledék	6,94	40,42	<0,01	6,72	39,29	<0,01	6,51	37,53	<0,01
Harmadkori és idősebb üledék	9,10	71,21	<0,01	8,85	69,84	<0,01	8,68	68,45	<0,01
Nyirok	9,01	69,84	<0,01	8,75	68,32	<0,01	8,55	66,35	<0,01
Andezit, riolit	8,87	67,76	<0,01	8,62	66,41	<0,01	8,44	64,77	<0,01

A Wald teszt alapján a tengerszint feletti magasság a legfontosabb független változó, amit többnyire a 17,1-25%, 25,1-35% lejtőkategória és a keresztmetszeti görbület követ. A β koefficiensek negatív értékei a görbület esetében azt jelzik, hogy jellemzőbbek a homorú lejtők. Az északi lejtők rendszerint kimaradtak

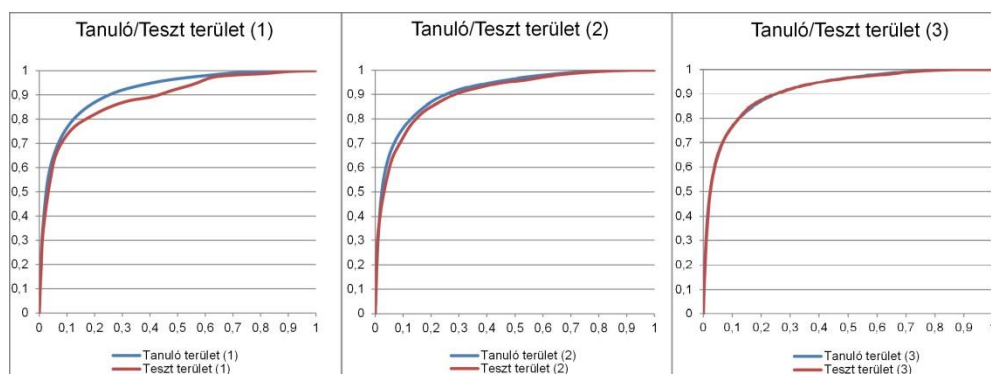
vizsgálatból, ugyanakkor a többi kitétség között sem találunk lényegi eltérést. Ez utóbbi az alapkőzet típusai esetében is igaz.

A logisztikus regressziós modell diszkriminációjának meghatározásához adatmátrixot használtam (17. táblázat). Ez alapján a kalibrációs (tanuló) és a validációs (teszt) területek nagyon hasonló eredményeket mutatnak mindhárom esetben, ugyanakkor észrevehető, hogy azoknál a celláknál ahol nem voltak eróziós árkok, nagyobb pontosságot mutatnak, mint azok ahol előfordulnak.

17. táblázat A kalibrációs és validációs területeken vizsgált pozitív és negatív esetek, az előrejelzett pozitív és negatív esetek, valamint százalékos megoszlásuk

Minta	Esetek	Vizsgált esetek (db)		Előrejelzett esetek (%)		Pozitív (db)		Negatív (db)	
		Kalibr.	Valid.	Kalibr.	Valid.	Kalibr.	Valid.	Kalibr.	Valid.
1	Pozitív	10842	2168	81,9	80,7	8877	1749	1659	318
	Negatív	10842	2168	84,7	85,3	1965	419	9183	1850
	Összes	21684	4336	83,3	83,0	10842	2168	10842	2168
2	Pozitív	10842	2168	82,1	81,7	8897	1772	1609	346
	Negatív	10842	2168	85,2	84,0	1945	396	9233	1822
	Összes	21684	4336	83,6	82,9	10842	2168	10842	2168
3	Pozitív	10842	2168	82,5	81,9	8942	1775	1622	346
	Negatív	10842	2168	85,0	84,8	1900	939	9220	1822
	Összes	21684	4336	83,8	83,4	10842	2168	10842	2168

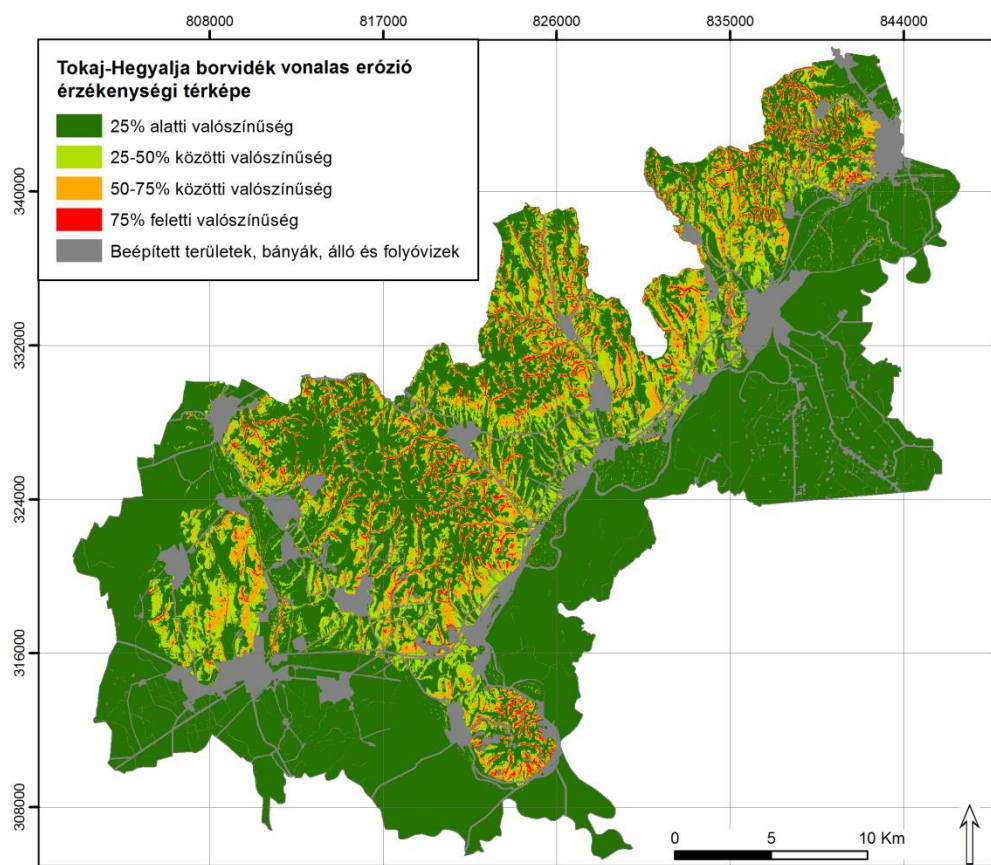
A modell pontosságának vizsgálatához ROC görbét használtam (58. ábra), amely kiváló eredményeket mutatott mindhárom tanuló és teszterület esetében. A modell megbízhatónak bizonyult még akkor is, amikor változott a tanuló terület.



58. ábra A tanuló és teszt területekre lefutott ROC görbék

A 3. tanuló terület mutatta a legpontosabb illeszkedést, így ezt használtam az erózióérzékenységi térkép megalkotásához (59. ábra). A térkép létrehozása során négy kategóriát különítettem el az eróziós árkok előfordulásának valószínűsége szerint: 25% alatti, 25-50% közötti, 50-75% közötti, és 75% feletti valószínűségi értékekkel.

3035 ha-nyi terület esik a 75% feletti, 5803 ha-nyi az 50 és 75% közötti, 12302 ha-nyi a 25 és 50% közötti, míg a maradék területen 25% alatti vonalas erózióérzékenységi kategóriába. Települések közül leginkább Sárospatak (498,2 ha), Erdőbénye (463,7 ha), Erdőhorváti (461,4 ha) és Sátoraljaújhely (421,6 ha) érintett. Ezeken túl ki lehet emelni azokat a településeket, ahol az erózióérzékeny területek aránya relatív magasabb a települések teljes területéhez viszonyítva. Ilyen például Makkoshotyka (9,4%), Tokaj (7,9%) vagy Szegilong (7,6%).

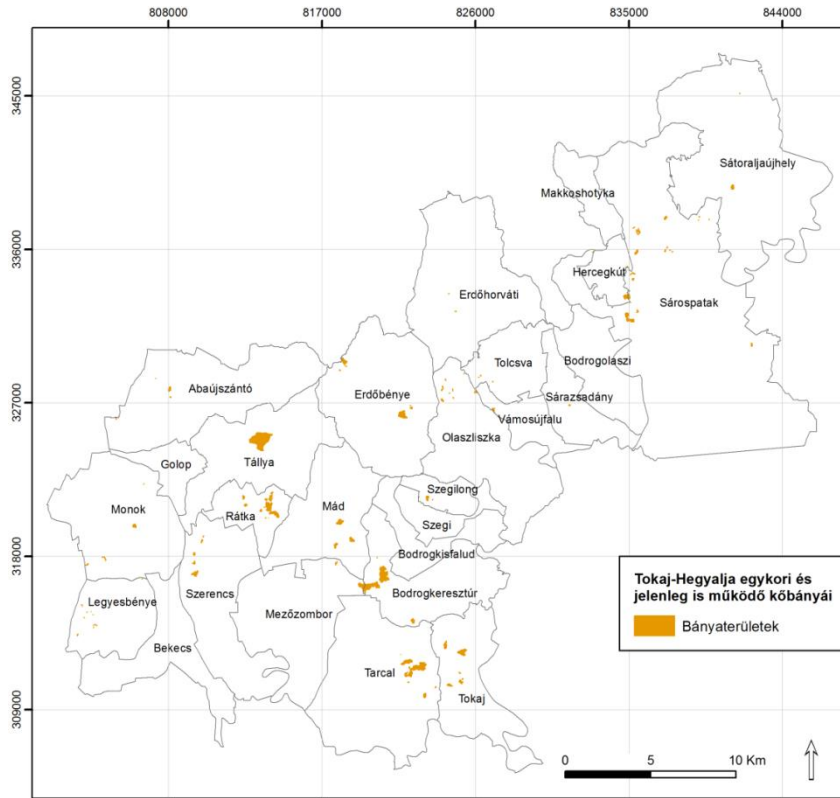


59. ábra Tokaj-Hegyalja borvidék vonalas erózió érzékenységi térképe

5.4 Bányászattal kapcsolatos felszínformák területi megoszlása és a megmozgatott anyagmennyiség meghatározása

A topográfiai térképek és a LiDAR DTM segítségével meghatároztam, hogy Tokaj-Hegyalja 20 településén található jelentősebb (a térképeken is detektálható) kőfejtőt, amelyek összkiterjedése 360 ha-nak adódott (60. ábra). Mindebből a fejtett bányaüregek területe 289 ha-t tesz ki.

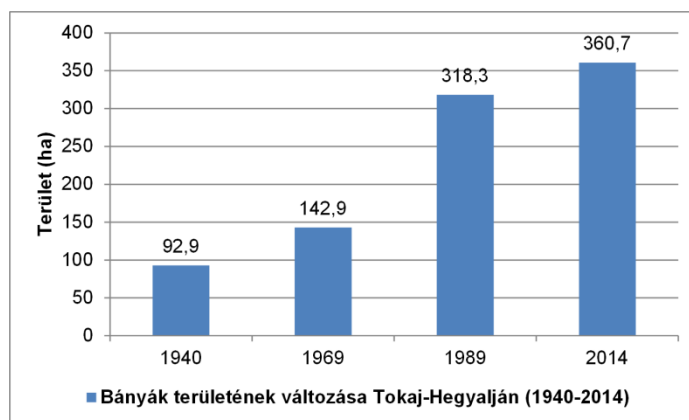
A 121 db kőbányát azonosítottam a térképeken, amelyek közül a 9 legnagyobb kőfejtő adta a bányák kiterjedésének több mint 65%-át (237 ha), míg a maradék 112 bánya kiterjedése egyenként nem érte el a 10 ha-os területet.



60. ábra Tokaj-Hegyalja egykori és jelenleg is működő kőbányái

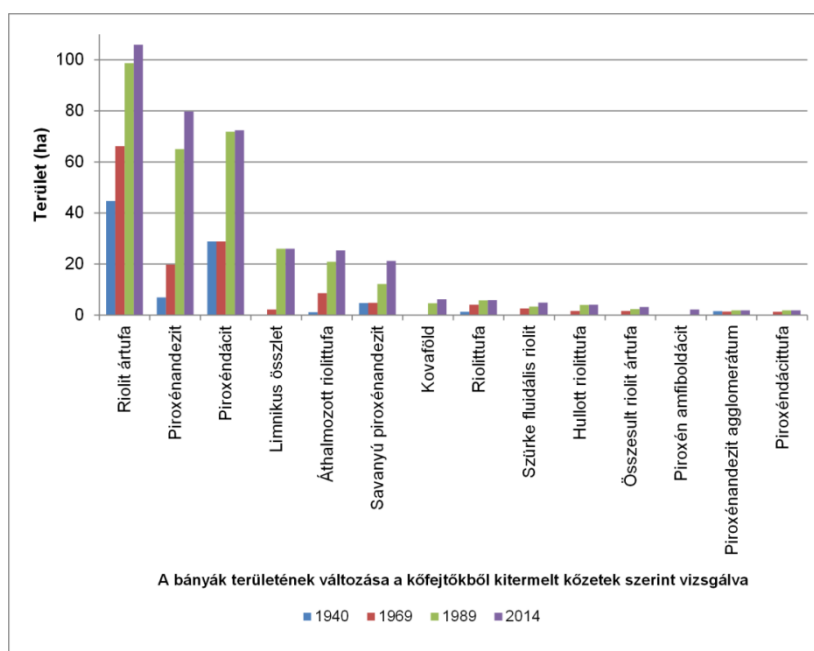
Az idősoros vizsgálat során megállapítottam, hogy a kőfejtők területi kiterjedése napjainkra több mint három és félszeresére nőtt az 1940-es évek óta (61. ábra). 1940-ben még csak 92,9 ha-t foglaltak el külszíni bányák, míg 2014-re ez az érték elérte a 360 ha-t. A legjelentősebb változás 1969 és 1989 között következett be, amikor 20 év alatt megduplázódott a bányák kiterjedése. Ugyanakkor az is leolvasható a diagramról, hogy 1989 után jelentősen visszaesett ez a lendület, hiszen 25 év alatt mindössze 42,4 ha-ral nőtt a kőfejtők területe.

Mára a bányák teljes területének 48,6%-án (174,4 ha) felhagytak a külszíni fejtéssel.



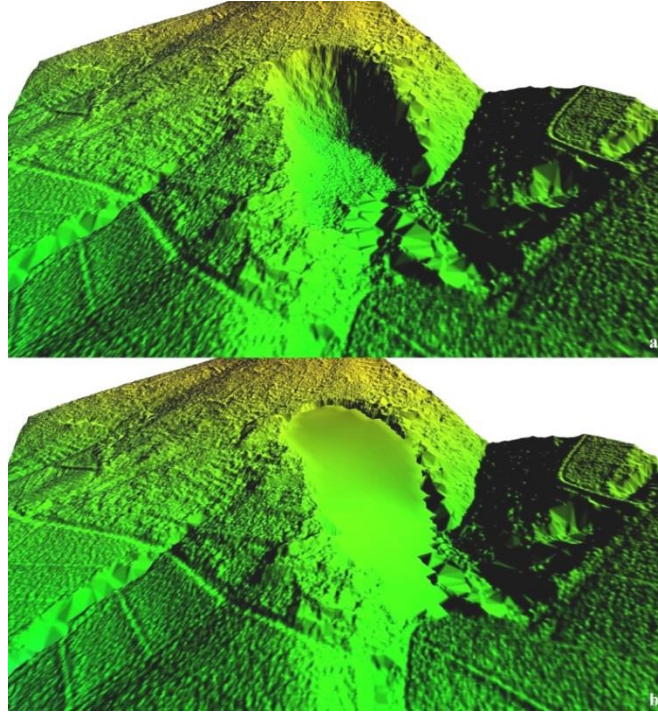
61. ábra A bányák területének változása Tokaj-Hegyalján

A legnagyobb kőfejtőket riolit ártufa, piroxénandezit és piroxéndácit bányászatára hozták létre (62. ábra). 1940-től a legnagyobb területnövekedést (6,9 ha-ról 79,8 ha-ra) ott tapasztaltam, ahol piroxénandezitet bányásznak, ezt követi a riolit ártufa (44,7 ha-ról 105,9 ha-ra) és a piroxéndácit (32,6 ha-ról 72,4 ha-ra). A piroxénandezit és piroxéndácit iránt egyértelműen az 1970-es éveket követően nőtt meg a kereslet.



62. ábra A bányák területi változása kitermelt kőzet alapján

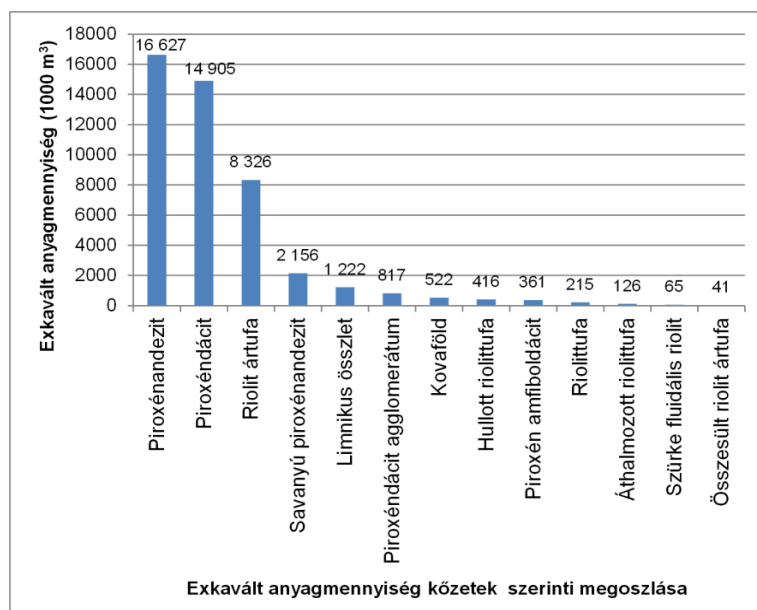
Az exkavált anyagmennyiség meghatározásához a LiDAR adatokból generált domborzatmodellt használtam (63. ábra), amely segítségével meghatároztam, hogy 46,93 millió m³ anyagot vájtak ki a hegyaljai bányákból.



63. ábra A tokaji Binet bánya jelelegi háromdimenziós (a) és a feltöltött képe (b) LiDAR adatokból generált felszínmodell felhasználásával

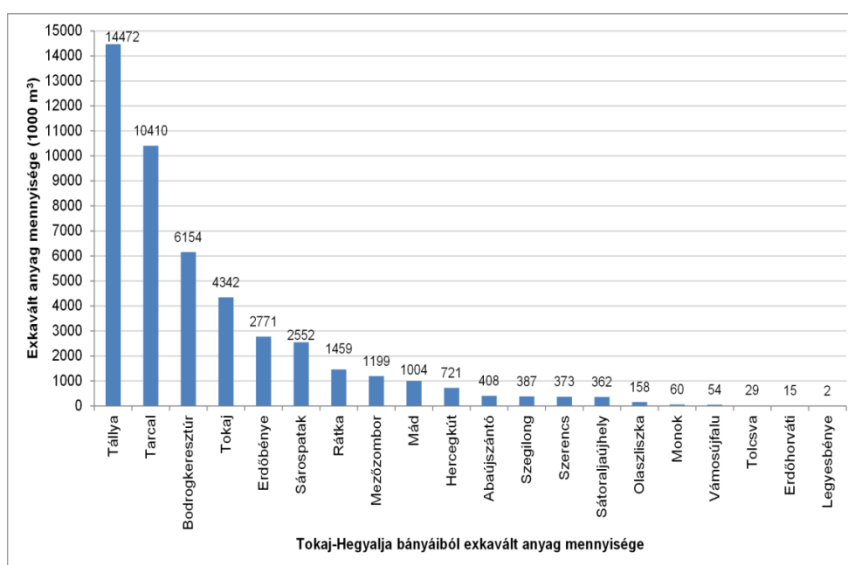
Riolit ártufát több mint 25 ha-ral nagyobb területen bányásznak, mint piroxénandezitet, mégis kétszer annyi piroxénandezitet termeltek ki Tokaj-Hegyalján, mint riolit ártufát (64. ábra), ebből következik, hogy az andezit bányáüregek jóval mélyebbek.

Piroxénandezitből több mint 16 millió m³-t (36,3%), piroxéndácitból csaknem 15 millió m³ (32,5%), míg riolit ártufából több mint 8 millió m³-t (18,2%) bányásztak ki, ezáltal a teljes exkavált anyagmennyiség 87%-át adják.



64. ábra Az exkavált anyagmennyiség kőzetek szerinti megoszlása

A települések közül Tállya (14,5 millió m³) és Tarcal (10,4 millió m³) emelhető ki (65. ábra). A két településen exkavált anyag mennyisége több mint a fele (53%) a teljes kibányászott anyagmennyiségnek Tokaj-Hegyalján. Tállyán és Tarcalon kívül megemlíthető még a Bodrogkesztúron (6,1 millió m³) és Tokajban (4,3 millió m³) felmért bányákból elhordott anyag mennyisége. A maradék 16 településen 11,6 millió m³ anyagot fejtek ki, ami kb 24,6% részesedést jelent.



65. ábra A bányákból exkavált anyag mennyisége településenkénti bontásban

6 Diszkusszió

6.1 A szőlőterületek változásainak és felhagyási folyamatainak mozgató rugói

A történeti és jelenkori térképek, valamint úrfelvételek lehetővé teszik a hosszú távú változások rekonstrukcióját (Rumsey and Meredith 2002, Mottet et al., 2006, Kanianska et al. 2014, Tóth et al., 2014; Tortora et al. 2015; Szabó et al. 2015, 2016) a Tokaj-Hegyalja borvidéken 1784 és 2010 között.

Megvizsgáltam a szőlőterületek, beleértve a teraszozott szőlők kiterjedésének változásait és felhagyási folyamatait a topográfiai tényezők figyelembe vételével.

A szőlőteraszok jól körülhatárolható domborzati sajátosságokhoz köthetők, így ezek területi megoszlása jól azonosítható a felmért adatok alapján. Amikor azonban megpróbáltam rekonstruálni pusztán topográfiai tényezők figyelembevételével, az adott időszakok során bekövetkező szőlőterület felhagyásokat, már nem kaptam ennyire egyértelmű eredményeket. A modellek 64,6% és 67,6% közötti pontosságot mutattak, ami alapján azt lehet mondani, hogy a felhagyásokban nem csak a természeti/topográfiai tényezők játszottak fontos szerepet, így az egyes tendenciák értékelésénél lényeges az adott korra jellemző társadalmi, gazdasági, szervezeti vagy kulturális hatásokat is figyelembe venni (Bürgi et al., 2004).

1784-ben Magyarország preindusztriális társadalom volt, ahol a lakosság döntő többsége mezőgazdaságból biztosította megélhetését. A hegyaljai szőlőterületeken (csakúgy, mint Habsburg Birodalom más területein) jellemző volt az elnagyoltság, hiszen gyakran még olyan területeken is termesztettek szőlőt, ami kedvezőtlen volt a minőségi szőlő és bortermelés szempontjából (pl.: <5% lejtő, vagy 300 m tengerszint feletti magasság). Ennek okai a jövedelmező exportban és a Tokaji bor iránti igényben keresendők.

Lengyelország feldarabolása, majd a 18. század közepétől a magyar borok Poroszországba és Oroszországba történő exportjának betiltása, valamint a borra kivetett adó megemlése, érzékenyen érintette a hegyaljai szőlőtermesztést és bortermelést, amelynek eredményeként a kevésbé kedvező területeken felhagyások voltak megfigyelhetők. Keleti (1875) feljegyzéséből az is kiderül, hogy a szőlőművelés gyakran nem volt megfelelő, amely gyenge minőségű borokat eredményezett, így exportra is csak a borok 20%-a került ebben az időszakban. Az ipari forradalom és a modernizáció Magyarországot a kiegyezés után érte el, amelynek jótékony hatása csak lassan mutatkozott meg a szőlőtermesztésben.

A filoxéra (gyökértetű) vész, hasonlóan más európai országokhoz (Riley 1874, Stevenson 1980, Ordish, 1987, Gale, 2002) hatalmas pusztítást végzett (Dobos et al., 2014). A régiót 1885-ben érte el a járvány és a szőlők csaknem 90%-nak pusztulásával járt. A rekonstrukciós időszak a 20. század elején kezdődött, de meglehetősen lassan haladt köszönhetően többek között az első világháborúnak (Balassa, 1975, 1991, Boros 2011). A hatalmas háborús költségek mellett az ország elvesztette a tradicionális borfelvevő piacait.

A második világháborút követően jelentős szerkezeti változások következtek be a szőlőtermesztésben. A nagyobb szőlőterületeket kisajátították, majd 1949 és 1961 között kollektivizálták (Harcza et al. 1998, Varga, 2009, Kopsidis, 2008). Ezen túlmenően a szőlőtermesztés és a bortermelés tevékenységét elkülönítették egymástól, ez utóbbit szekularizálták (Soós, 2012). Az 1960-as évektől kezdődően az új gazdasági szemléletnek köszönhetően nőtt a termelőszövetkezetek területi kiterjedése és a gépesítés mértéke (Kanianska et al., 2014), amelynek eredményeként 50%-kal nőtt a bortermelés (Soós, 2012). Habár nőtt a szőlőterületek kiterjedése ezek jobbjára a nehéz járművekkel megközelíthető, könnyebben művelhető sík területekhez kötődtek, míg a tradicionális szőlőtermő vidékeken, meredekebb lejtőkön és magasabb tengerszint feletti magasságokon, felhagytak a szőlőtermesztéssel. Ennek estek áldozatul a szőlőteraszok is, amelyek 61,7%-át az 1940-es évek után hagytak fel. A sík területek nem kedveznek a minőségi bortermelésnek, így gyenge minőségű borok kerültek piacra, amit többnyire a szovjet piacra szállítottak (Kuemmerle et al., 2008)

A rendszerváltást követően az állami tulajdon részben privatizálásra került, és ezzel párhuzamosan - a szomszédos országokhoz hasonlóan (Baumann et al., 2011; Bicik et al., 2001; Hoster et al., 2008; Kanianska et al., 2014; Kuemmerle et al., 2008; Lieskovský et al., 2015; Łowicki, 2008) - jelentős kiterjedésű mezőgazdasági területeket hagytak fel (Jordan et al., 2005). Az előzetes várakozásokkal ellentétben a primer szektor nem tudott gyorsan alkalmazkodni a változásokhoz (Varga, 2009, 2010). A termelő szövetkezetek állami támogatás hiányában nem kezelték tovább a szőlőterületeket, míg a magánszemélyek, amelyek közül sokan elköltöztek (Tamás, 2012), anyagi tőke, idő vagy érdekltség hiányában nem tudták a szőlőket megművelni (Bicik et al., 2001; Kuemmerle et al., 2008; Lieskovsky et al., 2013). A szőlőterületek felhagyása az egyik legtipikusabb területhasználat változási folyamattá vált nem csak hazánkban, hanem az egész közép-európai régióban (MacDonald et al., 2000; Jelecek, 2002; Mather, 2002; Poschlod, 2005; Hoster et al., 2008; Feranec et al., 2010; Gerard et al., 2010; Lieskovsky et al., 2013; Renwick et al., 2013; Tomaz et al., 2013; Munteanu et al. 2014).

6.2 Támfalas szőlőteraszok geomorfológiai sajátosságai és a művelés felhagyásának következményei

A teraszozott tájak világszerte a mezőgazdasági művelés részét képezik az ázsiai rizsültetvényektől a dél-amerikai szántóföldi művelésen át az európai szőlőtermesztésig (Petit et al. 2012). Magyarországon a támfalas teraszok a történelmi korok szőlőműveléséről és az elődeink által alkalmazott művelési módszerekről tanúskodnak, amelyek Tokaj-Hegyalja, mint világörökségi terület kimondottan értékes tájelemei.

A szárazon rakott támfalak alapvetően hasonló felépítésűek a világ minden részén (Villemus, 2004), csak akkor találhatunk különbségeket, ha egy adott tájegységet közelebbről vizsgálunk.

A hegyaljai teraszok egységnyi területre eső támfalhossza nem éri el a közép-európai nagy szőlőtermő vidékek szintjét, hiszen amíg a mintaterületen átlagosan $0,4 \text{ km}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Tarcal esetében a legmagasabb $0,7 \text{ km}\cdot\text{ha}^{-1}$) ez az érték, addig a Stuttgarthoz közeli Rosswager Haldénál $1,5 \text{ km}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Schmid et al., 2004), a baden-badeni Mauerberg és Schlossberg esetén $1,9 \text{ km}\cdot\text{ha}^{-1}$, valamint a svájci Valois kantonban pedig csaknem eléri $2 \text{ km}\cdot\text{ha}^{-1}$ -t (Petit et al., 2012). Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy Tokaj-Hegyalján 660 ha-on találhatóak támfalas teraszok, míg Németország teljes területén mindössze ennek körülbelül a duplájára (1300 ha-ra) becsülik a teraszozott hegyoldalak méretét (Höchtel et al. 2011). A mintaterületen jól körülhatárolhatók azok a lejtők, amelyek mikroklimatikus szempontból alkalmasak a szőlőtermesztésre (Justyák, 1965, 1981, Justyák és Tar, 1974a, b) illetve teraszozására, így csak kevés példát látunk északias kitétségű, $<12\%$, vagy $>35\%$ lejtőmeredekségű, illetve 150m alatti vagy 350 m-nél magasabban fekvő hegyoldalak teraszozására. Ezzel szemben a világ más részein gyakran találkozhatunk olyan területekkel, amelyek nem igényeltek volna teraszozást mégis alkalmazták ezt a technikát (Treacy és Denevan 1997).

Az elmúlt évszázad során a gazdasági és technológiai változásoknak köszönhetően, a költséghatékonyság jegyében és a gépesítés rohamos elterjedésével, a kétkézi munkával történő szőlőművelés jelentősen csökkent. Ennek hatására a jobbára kézzel művelt szőlőteraszok egyre nagyobb területeken váltak parlaggá (Petit et al. 2012), ami jelentősen befolyásolta a teraszok és támfalak állapotát valamint a vízerózió ellen nyújtott hathatós védekezését.

A felesleges víz megfelelő elvezetése komoly kihívást jelentett az építőknek, hiszen heves zivatarok idején komoly pusztítást okozott a lezúduló víz, ami gyakran vezetett a támfalak kiomlásához (Petit et al., 2012). A talajok áteresztő képességének nagyon fontos szerepe van ezekben a folyamatokban, hiszen amikor a víz egy vastagabb és kevésbé áteresztő réteggel találkozik, felszín alatti lefolyás alakul ki. Ha ez a lefolyás a támfalak mögötti talajszintben koncentrálódik, a fokozódó víznyomás hatására a kőfal szerkezete meggyengül (McCombie et al. 2012), előbb a támfal alsó felén kidudorodik majd többszöri ismétlődés után a megrogyott részen kiömlik (Inbar and Llerena, 2000; Dunjo et al., 2003). Ez rosszabb esetben földcsuszamláshoz is vezethet főként a gyér növényborítottságú területeken (Carl és Richter, 1989). A művelt parcellákon kiömlött falakat még rendszeresen újrarakták a munkások, azonban a felhagyást követően már senki sem kezelte ezeket, ezért állapotuk jelentősen romlásnak indult az évek során. Jól mutatták mindezt a mérési eredmények, mivel a hegyaljai teraszok támfalainak átlagosan több mint fele részben vagy teljesen leomlott a felhagyásuk óta. A leomlások következtében módosult a lefolyó víz útja, hiszen amíg gondozták a teraszokat és azok támfalait, úgy szabályozták a csapadékvíz elvezetését is, ám a felhagyást követően a természetes folyamatok visszavették az irányítást és törekednek az eredeti hegyoldal alakjának visszaállítására (Lesschen et al., 2008).

A művelés megszűnését követően - hasonlóan spanyolországi (Arnaez et al., 2011; Lasanta et al., 2005; Roura-Pascual et al., 2005) vagy franciaországi (Taillefumier and Piégay, 2003) példákhoz - másodlagos szukcesszió indult meg a parlagokon, ahol a szukcesszió különböző fázisában lévő féltermészetes gyep

(Sendtko, 1997, 1999), erdős-cserjések és bozótosok (Novák et al. 2014b), illetve faj gazdag kaszálórétek alakultak ki (Király et al. 2008). A kedvező kitétségének köszönhetően számos (a természetvédelem számára fontos) védett és értékes lágyszárú növény telepedett meg a felhagyott teraszokon (Novák et al. 2014b)

A kutúrtáj és egyben a világörökségi terület meghatározó részeként, alapvetően fontos kérdés, hogy hogyan lehet a teraszozott területeket megőrizni az utókornak. Petit et al. (2012) szerint egy összetett stratégia szükséges ehhez, ahol a szőlőtermesztők, borászok, a lakók, a természetvédők és örökségvédelmi képviselők kompromisszumra jutnak, és amely a termelés, a marketing, a megőrzés szempontjából is elfogadható eredményre vezet.

6.3 Szőlőparlagok talajtani viszonyai

A művelés megszűnését követően talajregenerálódási folyamat indult meg az egykori ültetvények helyén, amely jól kimutatható a szerves szén mennyiségének emelkedésével (Knops és Tilman 2000; Mensah et al., 2003; Boix-Fayos et al., 2009; Kalinina et al., 2009, 2011; McLauchlan et al., 2006; Novara et al., 2013), valamint az antropogén forrásból talajba került foszfor és rész mennyiségének fokozatos csökkenésével. A szerves széntartalmat jelentősen befolyásolják a klimatikus viszonyok (Gabarrón-Galeote, 2015), a növényborítás (Post és Kwon, 2000, Jinbo et al., 2007, Leeschen 2008a, Poeplau et al., 2011, Novara et al. 2013) vagy a lejtőkitétség (Yimer et al., 2006; Novák et al. 2014b).

Novák et al. (2014b) egy tarcali művelt szőlőparcella feltalajának szerves széntartalmát $2,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ -nak állapították meg. Az általam vizsgált talajszelvények feltalajának minimum értéke $5,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ volt a teraszozástól mentes (12-es szelvény) és $6,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ a teraszozott szelvényeknél (Tállya1), tehát hasonlóan a mediterrán területekhez, a szőlőparlagok ebben az esetben is szén raktárként funkcionálnak a felhagyásukat követően (Desjardins et al., 1994; Lisboa et al., 2009; Novara et al., 2013).

Novara et al. (2013) a Szicíliától délre található Pantelleria szigetén jelentős különbséget találtak két azonos vegetációjú, de eltérő felhagyási idejű terasz szerves széntartalmában. Úgy vélik, hogy a vegetációnak kisebb a szerepe a szén akkumulációban, mint a felhagyási időnek. Tokaj-Hegyalján ez nem látszik igazolódni, hiszen itt az azonos felhagyási idő mellett is jelentős különbségeket találunk a szerves széntartalomban. Elég csak a 62 ± 15 éve felhagyott teraszok feltalajait megvizsgálni, ahol $6,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ és $84,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ között változott a széntartalom mennyisége és jellemzően a gyep vegetáció < gyepes, bozótos < sűrű bozótos < erdő növényborításnak megfelelően nőttek az értékek.

Hasonlóan más tanulmányokhoz (Boix-Fayos et al., 2009; McLauchlan et al., 2006) a nem teraszozott parlagoknál pozitív korreláció figyelhető meg a felhagyás óta eltelt idő és a feltalaj szerves széntartalma között, ugyanakkor a teraszozott szelvényeknél nem mutatható ki ilyesfajta kapcsolat.

A pH és a szerves széntartalom közötti negatív korrelációról már számos tanulmány beszámolt (Alriksson és Olsson, 1995; Jug et al., 1999; Kalinina, 2009). A hegyaljai szelvényekben általában enyhén lúgos pH felé mozdul el a talajok

kémhatása a mélységgel, ezzel párhuzamosan viszont csökken a szerves széntartalom.

A talajok kémhatása és a vázrész közötti negatív korreláció, valamint a teraszozott és teraszozástól mentes talajok szemcseösszetételének szignifikáns különbsége (Mann-Whitney U statisztikai próbával) a mintaterület litológiájához és közvetve a teraszépítéshez vezethető vissza. Támfal-as teraszokat többnyire ott építettek, ahol a feltalajban, vagy annak közelében megfelelő méretű köveket találtak. A talajszelvények jelentős részét a tokaji Nagy-hegyen ástuk, ahol a falrakáshoz használt alapközet a savanyú kémhatású (piroxén-) dácit volt. A teraszozástól mentes talajokat ugyanakkor döntően löszös alapközeten tártuk fel, ahol magasabb volt az iszap frakció aránya és csak csekély mennyiségben tartalmaztak durva vázrészt. Mivel a lösz enyhén lúgos kémhatású, így megmagyarázható a pH és az iszap frakció közötti pozitív kapcsolat.

A támfalak tövében feltárt talajszelvénynek köszönhetően, megfigyelhettem a kőgátak rakásának sajátosságait, amely alapján négy típus különíthető el a litológiai bázist figyelembe véve (Novák és Incze, 2014):

A. Az eredeti felszínre épített támfal; lösz, illetve áthalmazott lösz alapközeten.

B. Az eredeti felszínre épített támfal durva vázrészt tartalmazó lejtőtörmeléken.

C. Az eredeti felszínre, szilárd szálkőzetre épített támfal.

D. Az eredeti terepszint alá süllyesztett alapra rakott támfal lejtőtörmeléken (durva vázrésszel), illetve mállott vulkáni kőzeten.

Fontos megjegyezni, hogy ezek a típusok gyakran akár egy-egy rövid szakaszon belül is keveredhetnek egymással, hiszen rendkívül diverz mikrodomborzat jellemzi a teraszok környezetét.

A fentiek alapján is kiderül, hogy az évtizedek óta felhagyott szőlőteraszokon a mezőgazdasági (szőlő) művelés szempontjából kiváló minőségű talajokat találhatunk, amelyek újból művelésbe vonása (az oltalom alatt nem álló területeken) nem csak tájképi és tájlesztetési szempontból, hanem a minőségi szőlőtermesztés tradíciója szerint is kívánatos.

6.4 Eróziós árkok és löszmélyutak jellemvonásai

Az állandó mederrel rendelkező eróziós árkok térbeli megoszlásáról, morfológiai és topográfiai tulajdonságáról keveset tudunk (Poeson et al. 2003) A történeti és jelenkori árokfejlődések megértéséhez fontos meghatározni a felszín degradációjának okait és következményeit (Frankl et al. 2013), amivel hozzájárulhatunk a jövőbeli területhasználat optimalizálásához (Poeson et al. 2003).

A felmért árkok morfológiája igen változatos, amelynek oka a kialakulásuk különbözőségében rejlik. Az eltérő felszabdaltság a domborzati és földtani viszonyoknak, valamint az egyes emberi behatásoknak köszönhető (Martonné, 1981; Pinczés, 1968; Pinczés és Boros, 1967; Pinczés et al., 1978; Boros, 2003; 2014). A domborzati viszonyokhoz kötődő kialakulásukat jól mutatja a kistájak

szerinti megoszlásuk, hiszen az árkok jelentős része a legmagasabb és legmeredekebb Hegyalja és a Központi-Zemplén kistájra esik. A litológiai alapú megközelítés szerint elmondható, hogy a mintaterületen előforduló árkok közel 70%-a porózus és laza alapkőzetben alakult ki (riolit tufák és lösz), hasonlóan Európa más területein vizsgált árkokhoz (Nachtergaele et al. 2002). A történelmi tájszerkezet (Chartin et al., 2011), valamint a hegyoldalak nem megfelelő művelési módja is jelentősen felgyorsíthatja az eróziós folyamatokat (Blavet et al., 2009; García-Ruiz, 2010), ami a szőlőterületek esetében különösen komoly gondot jelent, hiszen a lemosott anyag mennyisége elérheti akár az $1000 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ -es értéket (Chevigny et al., 2014; Cerdan et al., 2010; Kosmas et al., 1997; Martínez-Casasnovas et al., 2002; Novara et al., 2011). A szőlőterületek alatt kialakult árkok morfológiája különbséget mutatott a művelt területektől magasabb tengerszint feletti magasságon elhelyezkedő társaiktól. A kitértség tekintetében a szőlőterületekhez kapcsolódó árkok követik a parcellák hegyoldalon való megoszlását, így nem meglepő, hogy a legtöbb árkot a déli lejtőkön találtam. Hasonlóan Vanwallegghem et al. (2003) megállapításaihoz az erdők alatt átlagosan rövidebb árkok alakultak ki, mint a művelt területek alatt. A művelés felhagyását követően, csakúgy, mint más közép-európai területeken (Schmidtchen és Bork, 2003; Dotterweich et al., 2003; 2005; Vanwallegghem et al. 2003; Jakab, 2008) egyes árkok inaktívvá váltak, ami lehetőséget adott a növényzet megtelepedésére, így a terület beerdősült, csökkentve a lefolyó víz sebességét és ezáltal erejét. Tokaj-Hegyalján jelenleg az eróziós árkok 71,6%-a található erdő, valamint gyeperes és bozótos vegetáció alatt, amelyek az évszázadokkal ezelőtti emberi bolygatásról tanúskodnak (Schmitt et al. 2003; Vanwallegghem et al. 2003).

A logisztikus regresszió GIS környezetben való alkalmazásával meghatároztam azokat a területeket, amelyek az árkos erózióra leginkább érzékenyek, figyelembe véve az egyes környezeti változókat. Meglehetősen sok változót vontam be az elemzésben, amelyek esetén várható térbeli korreláció, ugyanakkor az egyes bemeneti változók hatásai, illetve a logisztikus regresszió autokorrelációval szembeni megbízhatósága miatt (Mathew et al., 2009; Conoscenti et al., 2014; 2015; Gómez-Gutiérrez et al., 2015) nem zártam ki egy változót sem a vizsgálatból. A ROC görbe alapján a modell megbízhatósága kiválóan bizonyult, ez is mutatja, hogy milyen hatékonyan lehet alkalmazni a logisztikus regressziót az erózióérzékenységi vizsgálatokban (Conoscenti et al., 2014). Települések közül leginkább Sárospatak, Erdőbénye, Erdőhorvati és Sátoraljaújhely érintett a térkép alapján, ugyanakkor Makkoshotyka, Tokaj és Szegilong esetében is jelentős az érzékeny területek aránya a települések teljes területéhez viszonyítva.

A fentiek alapján elmondhatjuk, hogy az évszázadokkal ezelőtt még aktív árkok közel 2/3-a mára inaktívvá (vagy legalábbis a megtelepedő növényzet által szabályozottá) vált, a magasabb és meredekebb hegyoldalak művelésének visszaesésével, illetve a területhasználat szerkezeti változásával. Ugyanakkor az új telepítések magukban hordozzák az újonnan kialakuló árkok veszélyét, hiszen laza üledéken, valamint nem megfelelően előkészített parcellákon nagy eséllyel alakulhatnak ki vonalas eróziós formák. Ezért is tartom fontosnak a

területhasználat és az árkok fejlődésének hosszú távú vizsgálatát, modellezését. Az adatok pontosításához azonban további információk szükségesek, amelyet gyakran interdiszciplináris együttműködéssel lehet még hatékonyabbá tenni. A későbbi vizsgálatokban így társadalmi, gazdasági, demográfiai vagy éppen kulturális tényezők is figyelembe kell venni (Dotterweich et al. 2005).

6.5 Bányászattal kapcsolatos felszínformák

A külszíni bányászat során a társadalom egységnyi felületen az egyik legjelentősebb antropogén beavatkozást hajtja végre a természetben, amivel számottevően módosítja nemcsak a tájképet, hanem a táj egész rendszerét is (Dávid, 1997).

A hegyaljai kőfejtők jellegzetesen két részre oszthatóak. Területi kiterjedést tekintve a kisebb része, 112 db kőfejtőt foglal magába, amelyek egyenként nem érik el a 10 ha-os területet. Ezek eloszlása egyenletesnek mondható a mintaterületen. A másik csoportba mindössze 9 kőfejtő található (>10 ha területtel), ugyanakkor ezek kiterjedése a bányák több mint 65%-át lefedi. Ezek eloszlása koncentráltan fordul elő. Ennek az a magyarázata, hogy amíg a kisebb kőfejtők főként a helyi igények kielégítésére jöttek létre, addig a nagyobb külszíni bányák kialakításában piaci szabályzók (gazdaságosan kitermelhető készlet, szállítási költség, vagy megközelíthetőség) domináltak (Dávid, 2006; 2007).

Az időszoros adatok vizsgálata során szembetűnő változásokat figyelhetünk meg. A második világháborút követően a bányászat szimbolikus erejű iparágává fejlődött (Benke és Reményi, 1996; Bertalanfy et al., 1986), ennek köszönhetően több mint duplájára nőtt a kőfejtők területe Tokaj-Hegyalján is. 1989-től ugyanakkor jelentősen visszaesett a bányászat köszönhetően a rendszerváltás kedvezőtlen hatásainak, és az ipari nagyvállalatok csődjének (Karancsi et al. 2015; Benke és Reményi, 1996). A területi változásokon túl észrevehető még egyfajta átalakulás a kitermelt közettípus tekintetében is. Kezdetben a riolit ártufa volt a vezető bányászati termék, amelyet főként építő és díszítőként hasznosítottak, majd az 1970-es évektől a hangsúly egyre inkább a piroxénandezit és piroxéndácit felé tevődött át, amelyeket útalap és zútottkő formájában hasznosítottak és hasznosítanak mai napig is.

A külszíni bányák csaknem felét (48%) ugyanakkor a felhagyták az utóbbi évtizedekben. Az ilyen elhagyott kőfejtőkre sokáig tájlesztettként hibaként, tájsebként tekintettek (Simpson, 1979; Ramos és Panagopoulos, 2004; Svobodova et al., 2012). Manapság a bányafeltárások előtt részletes rekultivációs tervet kell készíteni (Dentoni és Massacci, 2007), amelyben megfogalmazzák, hogy miként állítják helyre az adott terület geomorfológiai (Hancock et al., 2003), hidrológiai vagy ökológiai egyensúlyát (Hendrychová, 2008; Csima és Kincses, 1999) a felhagyásokat követően. Törekedni kell az esztétikai érték helyreállítására, vagy új értékeket kell teremteni (Sklenicka és Kasparova, 2008; Módosné Bugyi és Csima, 2010). Tokaj-Hegyalján azonban a több évtizede elhagyott bányaüregek javarészt hasznosítatlanul állnak és további sorsuk attól függ, hogy a jövőben mire akarjuk kihasználni a területüket (Dávid, 2001). Osváth és Buday (2006), valamint

Szlabóczky (2006) számos példát emeltek ki a borvidék területéről, ahol az egykori kőfejtők védendő értékeit, illetve oktatásban való bemutathatóságát taglalják. Szepesi et al. (2016) munkájukban bemutatják Tokaj-Hegyalja vulkáni örökségében rejlő lehetőséget, amely egy új irányt mutat a geoturizmus élénkítésére. Tudományos, kulturális, esztétikai, gazdasági és társadalmi tényezőket figyelembe véve értékelték 40 potenciális célterületet, amelyeken az objektumokat három kategóriába sorolták prioritásuk alapján. A geoturizmus szempontjából alacsony prioritású csoportba sorolták a működő bányákat valamint teraszfalakat. Közepes prioritású kategóriába kerültek a kisebb vulkáni testek, vagy a felhagyott kőbányák. Míg a magas prioritású csoportba a különleges vulkáni kúpok illetve a világörökségi borospincék kerültek (Szepesi et al 2016).

Ezekből is következik, hogy növekszik az igény és fokozódik az érdeklődés a földtudományi értékek és azon belül is az egykori kőfejtők iránt. Tokaj-Hegyaljának, mint világörökségi területnek a geoturizmus ilyen irányú élénkítése további merítési lehetőséget jelentene a terület turisztikai vonzerejének erősítésében.

6.6 Antropogén geomorfológiai átalakítottság mértéke

Az antropogén geomorfológiai hatás mértékének kifejezéséhez meg kell vizsgálnunk az antropogén geomorfológiai átalakulás mértékét (R_{ag}), amely a következő képlet alapján számítottam ki:

$$R_{ag} = V_a / V_n,$$

ahol a V_a az emberi hatásra megmozgatott anyagmennyiséget, míg a V_n a természetes folyamatok által megmozgatott anyagmennyiséget foglalja magában (Incze et al., 2013; Novák et al., 2013), a mértékegység mindkét esetben $t \cdot ha^{-1} \cdot év^{-1}$. Ezzel az arányszámmal egy olyan dimenzió nélküli mérőszámot kapunk, ami nem függ a felszínt alakító természetes és antropogén folyamatok mennyiségi, minőségi vagy intenzitásbeli különbözőségétől (Novák et al., 2013; Rózsa és Novák 2011a,b).

6.6.1 Természetes, közel természetes és természet közeli geomorfológiai folyamatok

A természetes anyagmozgás alatt, az emberi hatástól háborítatlan (a mintaterületen többnyire erdős) vegetáció mellett kialakuló gravitációs tömegmozgásos folyamatokat értjük, ami Tokaj-Hegyalja területén nagyon nehezen elkülöníthető az antropogén hatások miatt. Ennek eredményeképpen azokat a közel természetes vagy természet közeli területeket vesszük alapul a természetes folyamatok vizsgálatánál, ahol évszázadok óta bolygatlan erdős vegetáció található.

Kevés olyan nemzetközi referencia található, ahol a mintaterülethez hasonló klimatikus és geomorfológiai jellemzők fordulnak elő. Cerdan et al. (2010) és Verheijen et al. (2009) vizsgálatai alapján az ilyen folytonos növényborítással rendelkező területeken nagyon alacsony az anyagmozgás mértéke. Cerdan et al. (2010) az alábbiak szerint adta meg a kvázi-természetes vegetációk esetén víz által

kiváltott erózió átlagos értékeit Európa viszonylatában: 0,14–0,2 t·ha⁻¹·év⁻¹ erdőben, 0,2–0,5 t·ha⁻¹·év⁻¹ cserjésben, bozótosban és 0,3–0,4 t·ha⁻¹·év⁻¹ gyepterületen.

Azokat a területeket, amelyek a mindenkori mezőgazdasági műveléstől magasabb térszíneken helyezkedtek el és már évszázadok óta erdős területek borítják, az oligohemeromorf kategóriába soroltam (66. ábra). Az emberi hatás itt a legcsekélyebb. A kategória területi kiterjedése több mint 14500 ha (a teljes terület 16,6%-a), $R_{ag}=0$.

6.6.2 Antropogén geomorfológiai folyamatok

Az oligohemeromorf kategóriát a mezohemeromorf követi. Ebbe a csoportba tartozó területeken a legeltetés, az állatok taposó hatása, vagy az erdők tarvágásai által felgyorsított erózióról beszélünk. A tarvágással érintett területeken a lefolyó víz mennyisége akár 60-140%-kal is emelkedhet az erdőkhöz képest (Karancsi, 2006; Illés és Konecsny, 2000), ugyanakkor jellemzően nem állandó, hanem inkább időszakos emberi behatásról beszélhetünk, melyet hosszabb regenerációs periódus követ. A maga több mint 46400 ha-os területével (a teljes terület 53,2%-a) a mezohemeromorf kategória rendelkezik a legjelentősebb területi kiterjedéssel. $R_{ag} < 10$.

Az β -euhemeromorf kategóriába tartoznak a teraszozott területek, amelyek közel 660 ha-t (0,8%) foglal magukba. A szőlőteraszok építése során 1144707,1 m³-t, azaz közel 1714579,4 t anyagot (talajt, kőzetet) mozgattak meg, ugyanakkor a kialakításukat követően jelentősen csökkentették az adott területen fellépő erózió mértékét. Az építésükről készült az első dokumentációk a 17. századból valók, míg azt is tudjuk, hogy a filoxéra vést követően nem építettek újonnan teraszokat (Balassa, 1991), sőt a meglévők használata és kezelése is csak a 20. század közepéig volt jellemző. Ezek alapján kb. 300 évnél vehetjük az antropogén behatás hosszát a területen. A megmozgatott anyag mennyisége 300 évre vetítve 8,7 t·ha⁻¹·év⁻¹ adódott, így az $R_{ag}=17,4$. Az antropogén átalakítottság mértéke ebben a kategóriában $10 < R_{ag} < 20$.

Azok a földek, amelyek hosszú ideig mezőgazdasági művelés által érintett területek voltak, (még ha rövidebb időkre akár fel is hagyták azok művelését) a α -euhemeromorf kategóriába soroltam. Tokaj-Hegyalján 16300 ha-on (18,7%) szőlők, szántók, gyümölcsösök domináltak az évszázadok során. Terepi eróziós mérésekből számos tanulmányt találunk a mintaterületen (Boros, 1977; 2003; Pinczés és Boros 1967a, 1967b; Pinczés 1968; Kerényi 1994; Kerényi és Hodosné 1990). Az erózió mértéke 5,6 és 46,3 t·ha⁻¹·év⁻¹ között változott a szakcikkekben, míg az átlagos lepusztulás 15,1 t·ha⁻¹·év⁻¹-nek adódott. Ezek alapján az antropogén átalakítottság mértéke $10 < R_{ag} < 100$ intervallumban lehet megadni.

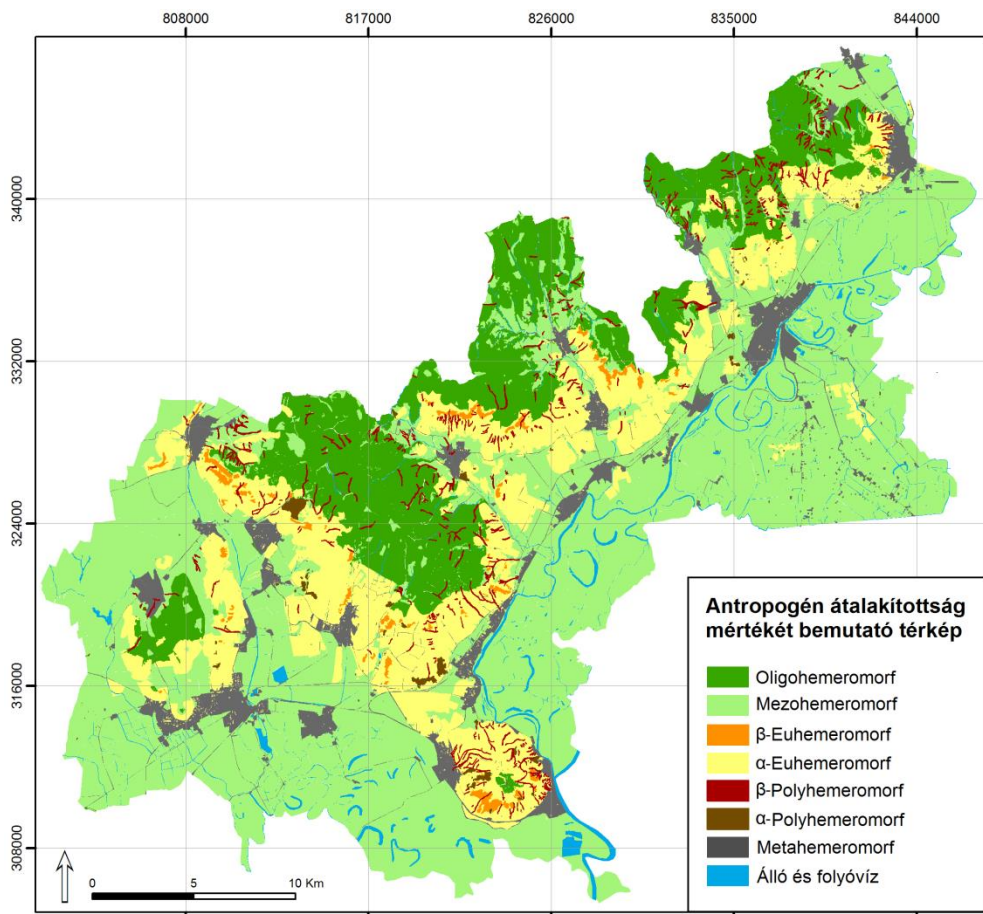
Az eróziós árkok és löszmélyutak kialakulásában fontos szerepet játszott a hegyoldalak évszázadokon át tartó folyamatos művelése. A β -polyhemeromorf kategóriába az ember által kiváltott, vagy az újból aktivizált eróziós árkok, mélyutak tartoznak. Az árkok kialakulásának időtartamát nehéz behatárolni, valamint azt is, hogy meddig beszélhetünk természetes és mikortól antropogén

hatásra kialakult formákról. Egyes árkok már az ember megjelenése előtt is jelen voltak a területen. A tarvágások, vagy mezőgazdasági munkák következtében a régi, gyakran inaktív árkok újra aktivizálódtak, emellett új területek művelésbe vonása magával vonta az új árkok kialakulását. Tokaj-Hegyalján a szőlőtermesztés az egyik legjelentősebb felszínalakító tényező, melynek aranykorát a 16. századtól számoljuk, így ez alapján az árkok kialakulásának időtartamát 500 évre számoltam. A mintaterületen 625 ha-on (0,7%) terülnek el eróziós árkok, ahol a kiderült anyag mennyisége közel 24 millió tonnának adódott. Ez alapján az 500 év alatt, egységnyi területen megmozgatott anyag mennyiségét $76,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ -nek, míg a R_{ag} értékét 153-nak határoztam meg. Ebbe a kategóriába sorolható antropogén átalakítottság mértéke $100 < R_{ag} < 1000$.

Az α -polyhemeromorf kategóriába soroltam a külszíni bányákat, amelyek összterülete 360 ha-nak (0,4%) adódott a mintaterületen. Habár már a 13. századtól jelen vannak a bányák Tokaj-Hegyalja területén, az intenzív, jelentős anyagmozgatással járó bányászat csak a 19. század végén, 20. század elején kezdődött meg és jelentős részük a rendszerváltást követően bezárták. Ez alapján 100 évre vetítettem a bányászat időtartamát. A kőfejtőkből kitermelt anyag mennyisége több mint 117 millió tonnának, míg az egységnyi területen megmozgatott anyag mennyisége $3188 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ -nek adódott. Az antropogén geomorfológiai átalakulás mértéke $R_{ag} = 6376$ az intervallumot pedig a következőképp lehet megadni: $1000 < R_{ag} < 10000$.

Az utolsó kategória a metahemeromorf csoport, amely magába foglalja a beépített, leburkolt területeket több mint 5800 ha-on (6,7%). Az ember nem csak átalakította ezeket a területeket, de szabályozza is a felszíni folyamatokat. Erre a kategóriára nem számoltam R_{ag} értéket, mivel csak nehezen értelmezhető az előzőekben alkalmazott módon az átalakítottság mértéke.

Az álló és folyóvizek vizsgálata nem képezte részét a kutatásomnak.



66. ábra Az antropogén átalakítottság mértékét bemutató térkép Tokaj-Hegyalján

7 Összefoglalás

A társadalom erőforrások iránti igénye egyre növelte a természeti környezetre gyakorolt hatásokat. Manapság az ember felszínalakító tevékenységének mértéke gyakran meghaladja a természetes folyamatokét, amely számos kedvezőtlen hatást von maga után (Szabó, 2006).

A hagyományos tájhasználat és többek között az azt magába foglaló mezőgazdasági művelés nagymértékben formálta és formálja környezetünket. A szőlőtermesztés az egyik legmeghatározóbb felszín átalakítással járó földművelési tevékenység, mivel a nem megfelelően kivitelezett művelési technika vagy vízelvezetés eróziós formák kialakulásához vezethet (Kerényi, 1991).

Tokaj-Hegyalja borvidék 2002 óta szerepel az UNESCO világörökségi listáján, kultúrtáj kategóriában. A díj odaítélésében fontos szerepet játszott a társadalom és a természet több ezer éve tartó egymásra hatása (Frisnyák és Gál 2012), amelynek eredményeképp jött létre ez az egyedi kultúrtáj.

Dolgozatom célja volt meghatározni Tokaj-Hegyalja hagyományos tájhasználatához kötődő geomorfológiai folyamatokat, valamint az antropogén hatásra kialakult formák térbeli sajátosságait és időbeli változásait. Munkámban öt fő vizsgálati területre összpontosítottam:

- (1) a szőlőterületek térbeli és időbeli változásainak, illetve a felhagyások topográfiai tényezőinek vizsgálata;
- (2) a kőtámfallal megtámasztott szőlőteraszok területének feltérképezése, a teraszozott lejtők topográfiai jellegzetességeinek meghatározása, felhagyásuk időbeli megoszlása, a teraszok részletes geomorfológiai vizsgálata és a támfalak állapotleírása;
- (3) a teraszozott és teraszozástól mentes egykori szőlőterületek talajtani vizsgálata, illetve a támfalak alapjának litológiai bázis szerinti osztályozása;
- (4) az eróziós árkok és löszmélyutak területi megoszlásának, legfontosabb geomorfológia tulajdonságainak és a kierodált anyag mennyiségének meghatározása, valamint a vonalas erózióérzékenységi térkép létrehozása;
- (5) külszíni bányák területi lehatárolása, idősoros változásának és a kibányászott anyag minőségi és mennyiségi megoszlásának vizsgálata.

A dolgozatom legvégén kísérletet tettem az ember által felgyorsított, illetve megmozgatott, valamint a természetes folyamatok során áthalmozódott anyagmennyiség arányszáma alapján meghatározni az antropogén átalakítottság mértéke a mintaterületen.

A kitűzött célok szerint az alábbi pontokban foglalom össze a kutatási eredményeimet:

Szőlőterületek térbeli és időbeli változásainak vizsgálata

Vizsgálataimban történeti és jelenkori térképeket, valamint légifelvételeket használtam fel, az 1784 és 2010 között bekövetkező szőlőterület változások azonosításához.

A térképek segítségével hat intervallumra osztottam ezt a közel 230 éves időszakot. A szőlőparcellák területe - 1989-es időszak kivételével - egyértelmű csökkenést mutatott, ugyanakkor települési bontásban jelentős eltéréseket láthatunk az egyes periódusok között.

A felhagyások és az újonnan betelepített területek dinamikája is jelentős különbségeket mutat, hiszen amíg 1784 és 1858 között 74 év alatt hagytak fel 3609,7 ha-t ($48,8 \text{ ha}\cdot\text{év}^{-1}$), addig 1989 és 2010 között mindössze 21 év telt el és 3348,3 ha ($159,4 \text{ ha}\cdot\text{év}^{-1}$) maradt parlagon. A szőlőtelepítések intenzitásában is jelentős szélsőségeket láthatunk, hiszen amíg 1884 és 1940 között $27,5 \text{ ha}\cdot\text{év}^{-1}$ volt a telepítési ütem, addig 1969 és 1989 között $223,6 \text{ ha}\cdot\text{év}^{-1}$.

A logisztikus regresszió GIS környezetben alkalmazott módszerével megvizsgáltam, hogy pusztán topográfiai tényezők figyelembevételével rekonstruálhatóak-e a szőlőterület felhagyások. Azt találtam, hogy habár szerepet játszottak a topográfiai tényezők a felhagyásokban, további tényezők, úgy, mint az adott időszakra jellemző gazdasági, társadalmi, szervezeti vagy kulturális hatások is biztosan hozzájárultak a parlagosodás folyamatához. Elég csak a 19 század során beszükkült felvevőpiacra, az 1885-ben megjelenő filoxéra járványra, a világháborúk okozta nehézségekre, a tagosításra és a mezőgazdaság gépesítésére, vagy a 1990-es évek elején jelentkező privatizációra gondolni.

A szőlőterületek esetén kiemeltem három fontos domborzati tulajdonságot (lejtőkategória, lejtőkitettség, tengerszint feletti magasság) és meghatároztam a szőlőterületek egyes időszakokban művelt területeinek ezek szerinti megoszlását. 1784-ben a teljes szőlőtermesztés 26,1%-a 0-5%-os meredekségű lejtőkön folyt, ami az 1969-es évig fokozatosan csökkent (20,6 %), majd a gépesítésnek köszönhetően 1989-re ugrásszerűen megnőtt és 2010-re elérte a 47,6%-ot. A 17%-nál meredekebb lejtőkön folyamatosan csökkent a szőlők kiterjedése, 2010-re a szőlőterületek mindössze 1,5%-át tették ki, a kezdeti 13,3%-hoz képest.

A lejtőkitettség tekintetében egyértelműen a délies lejtők emelkedtek ki, ugyanakkor figyelemre méltó a keleti és nyugati hegyoldalak részesedése a vizsgált időszakban. Az északias lejtőkön mindig alacsony volt a szőlőművelés aránya.

A tengerszint feletti magasság tekintetében a vizsgált időszakok döntő részében 100 és 300 m közötti magasságon voltak megtalálhatóak a szőlőparcellák. A vizsgált intervallumok közül a 150,1-200 m-es magasság emelkedik ki, ahol a szőlőterületek 37,5% és 43,2% közötti megoszlásában voltak megtalálhatóak.

Támfalas szőlőteraszok vizsgálata

A kőfallal megtámasztott szőlőteraszok 27 hegyaljai településből, 20 esetén megtalálhatóak, ahol összesen 660 ha területet fednek le. A teraszok területe nem oszlik meg egyenletesen a 20 település között, mivel ezek 51%-a mindössze négy település (Abaujszántó, Tarcal, Tállya, Erdőbénye) közigazgatási határán belülré esnek. A teraszozott lejtők 51,1%-a a 17,1-25%-os, míg 32,9%-a a 12,1-17%-os lejtésű domboldalakon fordulnak elő. Lejtőkitettség szerinti megoszlásuk követi a szőlőterületeknél tapasztaltakat, tehát a délies lejtők dominálnak, de számottevő a

nyugati és keleti lejtők teraszozása is. A támfalas teraszok 84,6%-át a 150-300 m tengerszint feletti magasságban találtam meg.

A teraszozott területek geomorfológiai vizsgálata során meghatároztam a támfalak átlagos hosszát, ami 20 és 30m között változott 11 településen, 30-40m között 5 településre és 40m-t is meghaladta 4 település esetében. A kőfalak teljes hosszát 253329,9m-ben állapítottam meg, ebből Tarcal (64548,9 m) és Abaújszántó (40184,5 m) együtt 41%-ot képvisel. A támfalak átlagos magassága Mezőzombor esetében volt a legnagyobb ($1,8\pm 0,6$ m), Szerencs területén a legkisebb ($0,7\pm 0,3$ m). A kőgátak szélessége 0,4-0,6 m között változott, ettől csak Tarcal ($1,1\pm 0,5$ m), Abaújszántó ($0,9\pm 0,3$ m) és Szegi ($0,9\pm 0,3$ m) településeim mértem nagyobb értékeket. Az építőkövek 1m^2 -re eső átlagos darabszáma 27-nek adódott, míg a támfalak dőlése 20 településből 17 esetében $15,7\pm 6,9^\circ$ alatti értékeket vett fel. A teraszsíkok átlagos szélessége Bodrogkisfalud ($21,5\pm 9,1\text{m}$) kivételével 15 m alatt maradt, sőt Tokaj, Tarcal vagy Tolcsva esetében mindössze 7-8 m átlagos szélességet találtam. Ez is mutatja, hogy a Tokaj-hegyaljai teraszokat kimondottan kisparcellás műveléssel hasznosították. A teraszozás lejtéscsökkentő szerepe nem újdonság, hiszen ez az egyik legfontosabb ok, ami miatt a teraszokat építették. A hegyoldalak lejtőszögét átlagosan legkevésbé Tarcalon ($9,2\pm 6^\circ$), legjelentősebben Legyesbényén ($20,5\pm 7,2^\circ$) csökkentették a teraszozással.

A felhagyott szőlőteraszoknál komoly problémát jelent a kezelés megszűnése, hiszen a folyamatos karbantartás hiányában, a falak szerkezete a heves esőzések során meggyengül, majd a fal kiömlik. Tokaj-Hegyalján $39,8\pm 12,7\text{m}/100\text{m}$ a támfalak alapig leomlott és $9,4\pm 4,7\text{m}/100\text{m}$ a részben leomlott szakaszok átlagos hossza, tehát a támfalak közel fele sérült, vagy teljesen leomlott.

A teraszozott területek a világörökségi helyszín pótolhatatlan részét képezik, ezért megőrzésük alapvető fontosságú. Ehhez azonban olyan összefogásra van szükség, ahol a résztvevő felek minden szempontból elfogadható eredményre jutnak.

Szőlőparlagok talajtani viszonyai

A szemcseösszetétel vizsgálata során meghatároztam a talajmintákból mért durva vázrész, valamint a homok, az iszap és az agyag frakciók arányát, ami alapján a teraszozott és a teraszozástól mentes talajok között szignifikáns különbséget ($p<0,01$) találtam Mann-Whitney U statisztikai próba alkalmazásával. A durva vázrész, a homok és az agyag frakció a teraszozott, az iszap frakció a teraszozástól mentes talajok esetén volt magasabb.

A talajok kémhatását desztillált vizes és kálium-kloridos módszerrel is meghatároztam, amelynek eredményei alapján elmondható, hogy a teraszozott és teraszozástól mentes talajok pH értékében szignifikáns ($p=0,01$) különbség van. A nem teraszozott talajok enyhén lúgosak ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}=8,0$; $\text{pH}_{\text{KCl}}=7,6$), míg a teraszozott talajok inkább semlegesek vagy néhol enyhén savanyúak ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}=7,5$; $\text{pH}_{\text{KCl}}=7,0$).

A szerves széntartalom vizsgálata során, a teljes szelvény mélységében mért szén mennyisége szignifikánsan eltért ($p=0,043$) a teraszozott (medián: $12,2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) és teraszozástól mentes talajoknál (medián $6,9\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), ugyanakkor, ha csak a

feltalajt hasonlítottam össze, ott már nem tapasztaltam ilyen jellegű különbséget a szelvények között. A teraszozástól mentes talajok közül a 145±13 éve felhagyott 2-es szelvénynél mértem a legnagyobb szerves széntartalmat (54,5 g·kg⁻¹), míg a teraszozott parlagoknál a 62±15 éve felhagyott 14-es szelvénynél találtam a legnagyobb értéket (84,1 g·kg⁻¹), ez alapján is kitűnik, hogy a szőlőparlagok szénraktárként funkcionálnak a felhagyásukat követően.

A szénsavas mésztartalom meghatározása során nem kaptam szignifikáns különbséget a teraszozott és teraszozástól mentes talajok között, ugyanakkor jelentős eltéréseket találtam CaCO₃ tekintetében a teraszozott szelvények között. Egyes szelvények (pl. Mád5,6, kelet) esetében nagyon kevés máshol kiemelkedően magas értékeket mértem. A legjelentősebb szénsavas mésztartalmat a tokaji Nagy-hegyen ástott 3-as (38,3%), a 4-es (39,6%), a 14-es (31,6%), és 18-as (46%) talajszelvényeknél állapítottam meg.

Spearman rangkorrelációval meghatároztam a talajok vizsgált értékei közötti kapcsolatot. Az iszap frakció szignifikáns (p <0,01) pozitív, míg a vázrész, a homok és az agyak frakció szignifikáns negatív kapcsolatot mutat a talajok kémhatásával. Mindez, valamint a fentebb már említett teraszozott és teraszozástól mentes talajok szemcseösszetételének szignifikáns különbsége (Mann-Whitney U statisztikai próbával) a mintaterület litológiájához és közvetve a teraszépítéshez köthető. A kőfallal megtámasztott teraszokat többnyire ott rakták, ahol a feltalajban, vagy annak közvetlen környezetében építésre alkalmas köveket forgattak ki. A talajok mintázásának és a szelvények feltárásának jelentős részét a tokaji Nagy-hegyen végeztük, ahol az alapkőzet a savanyú kémhatású dácit. Ugyanakkor a teraszozástól mentes talajokat jellemzően löszös alapkőzetten mintáztunk, ahol magasabb volt az iszap frakció aránya és csak csekély mennyiségben tartalmaztak durva vázrészt. A lösz enyhén lúgos kémhatásával indokolható a pH és az iszap frakció közötti pozitív kapcsolat.

A támfalak építését tipizálhatjuk azok litológiai bázisa szerint. Az első csoportba tartoznak azok a teraszok, ahol az eredeti felszínre építették a támfalakat és az alapkőzet lösz, illetve áthalmazott lösz. Mivel ennél a típusnál a talaj csak csekély mennyiségű durva vázrészt tartalmaz, a köveket máshonnan kellett odahordani. Ez jelentős plusz energia befektetést jelentett az építőknek, így nem volt túl gyakori eljárás. A második csoportba tartoznak azok a teraszok, ahol eredeti felszínre építették a támfalat, durva vázrészt tartalmazó lejtőtörmeléken. Ilyenkor a támfal alapjául szolgáló lejtőüledékben keveredett a kolluviális, áthalmazott lösz és a mállott vulkáni kőzet. A harmadik kategóriánál az eredeti felszínre, szilárd szálkőzetre építették a támfalakat. Jellemzően ott találunk ilyen típusú teraszokat, ahol az alapkőzet a felszínre bukkan, vagy ahhoz nagyon közel helyezkedik el. Az utolsó típusba sorolhatók azok a teraszok, ahol a támfalak alapját az eredeti terepszint alá süllyesztették. Ilyenkor a lejtésre merőlegesen ástak egy sekély árkot, amelybe a művelés során kiforgatott kövek görgötték. A típusok gyakran keverednek egymással akár egy rövid szakaszon belül is, köszönhetően a változatos mikrodomborzatnak.

Eróziós árkok és löszmélyutak jellemvonásai

Az eróziós árkok és löszmélyutak lehatárolását és vizsgálatát LiDAR adatokból generált felszínmodell segítségével végeztem el. A LiDAR adatok pontosságának ellenőrzésére, terepi méréseket alkalmaztam.

A mintaterületen 614 db eróziós árkot és löszmélyutat térképeztem fel, ami 625 ha-on és 23 településen terült el. Ezek területi eloszlása ugyanakkor meglehetősen egyenlőtlen, mivel 78%-uk a Hegyalja (43%) és a Központi-Zemplén kistájra (35%) esik. Az árkok sűrűsége szerint a Tokaji-hegy kistáj emelhető ki a maga $1088,7 \text{ m} \cdot \text{km}^{-2}$ -es értékével. Az eróziós árkok átlagos mélysége alapján nem találunk éles különbséget az egyes kistájak között. Legmélyebb szakaszokat a Szerencsköz ($5,9 \pm 3,1 \text{ m}$), míg a legsekélyebb formákkal a Szerencsi-dombság területén találkozhatunk ($4,4 \pm 3,1 \text{ m}$). Szélesség tekintetében a Szerencsi-dombságon volt a legnagyobb átlagos érték ($26,1 \pm 10,7 \text{ m}$), míg a Taktaközön voltak a legkeskenyebb szakaszok ($14,8 \pm 8,3 \text{ m}$).

Az alapkőzet szerinti megoszlás tekintetében az eróziós árkok területének közel 70% laza üledékhez (ritolituffa változatok és lösz) kötődik, míg további 20,5% piroxénandeziten alakult ki. Az árkok átlagos szélessége $17,4 \pm 9,2 \text{ m}$ (horzsaköves perlit) és $31 \pm 10,3 \text{ m}$ (pszeudotrachit) között változott, míg a mélység tekintetében a pszeudotrachiton alakultak ki a legmélyebb szakaszok ($7,8 \pm 3,3 \text{ m}$) és riolituffán legsekélyebbek ($4 \pm 2,1 \text{ m}$). Az eróziós árkok esése a kovaföld ($385,8 \pm 118,6 \text{ m} \cdot \text{km}^{-1}$), a piroxéndácit ($353,0 \pm 267,0 \text{ m} \cdot \text{km}^{-1}$) és a szürke fluidális riolit ($348,9 \pm 284,6 \text{ m} \cdot \text{km}^{-1}$) alapkőzeten volt a legnagyobb.

Az árkok 48,8%-a négy település közigazgatási határán belül található meg: Erdőbénye (98,3 ha), Sárospatak (78,1 ha) Sátoraljaújhely (71,9 ha) és Abaújszántó (56,9 ha). Az árkok átlagos hossza Szerencs ($774,9 \pm 615,5 \text{ m}$), Szegi ($761,9 \pm 459,4 \text{ m}$) és Herceggút ($706,2 \pm 672,3 \text{ m}$) területén volt a leghosszabb, míg Olaszliszván ($231,9 \pm 199,5 \text{ m}$) a legrövidebb. Települési bontásban a legnagyobb átlagos mélység értékekkel Tokaj ($6,4 \pm 3,8 \text{ m}$), míg a legkisebbel Bodrogolaszi ($1,7 \pm 0,7 \text{ m}$) rendelkezik.

Az árkokból kierodált anyag becsült mennyisége több mint 18 millió m^3 -nek adódott.

Az eróziós árkok megjelenése két területhasználati kategóriához kapcsolódik. Az 1784 és 2010 között bármely időpontban szőlőként művelt és az ettől magasabban fekvő, azaz az erdők és hegyi legelők területeihez. A szőlőterületen átlagosan 8m-rel hosszabb, viszont 3,5m-rel keskenyebb árkokat találtam. Az átlagos mélységük viszont szint teljesen megegyezett. Az egykori szőlőkön kialakult árkok lejtőkiettség szerinti megoszlása jellemzően követte a szőlőterületekét, így a legnagyobb arányban a délies lejtőkön voltak megtalálhatók.

A vonalas erózióérzékenységi térkép megalkotásához a logisztikus regressziót használtam. Az egyes környezeti változók bevonásával vizsgáltam a már létező árkok tulajdonságait majd ezek alapján meghatároztam azokat a területeket, amelyek hasonló értékekkel bírnak, és valószínűsíthetően veszélyeztetettek az árokfejlődés szempontjából. A Wald teszt alapján megadható, hogy a tengerszint feletti magasságnak komoly szerepe van az árkok kialakulásában, de hasonlóan fontos változó, a lejtőmeredekség és a keresztmetszeti görbület. A β koefficiensek negatív értékei a görbület esetében azt

jelzik, hogy az árkok jellemzőbben a homorú lejtőkhöz kötődnek. A modell pontosságát ROC görbével elemeztem, amely kiváló eredményeket mutatott mindhárom tanuló és teszterület esetében. Négy kategóriát különítettem el az eróziós árkok előfordulásának valószínűsége szerint: 25% alatti, 25-50% közötti, 50-75% közötti, és 75% feletti értékekkel. A 75% feletti valószínűségi értékekkel rendelkező területek 35,2 km²-nyi területen helyezkednek el. Települések közül leginkább Sárospatak, Erdőbénye, Erdőhorvati és Sátoraljaújhely érintett a térkép alapján, ugyanakkor Makkoshotyka, Tokaj és Szegilong esetében is jelentős az érzékeny területek aránya a települések teljes területéhez viszonyítva.

Bányászattal kapcsolatos felszínformák területi megoszlása és a megmozgatott anyagmennyiség meghatározása

Térképek segítségével meghatároztam a jelentősebb (a térképeken is azonosítható) külszíni bányák területét (366 ha), amelyből a bányauregek 289 ha-t tesznek ki. A 121 db felmért kőbányából a 9 legnagyobb (>10 ha) kőfejtő adta a bányák területének több mint 65%-át (237 ha). A maradék 112 bánya kiterjedése nem érte az egyenként 10 ha-os területet.

Négy időpontban vizsgáltam a bányák területi változásait. 1940 és 2014 között több mint három és félszeresére nőtt a bányák területi kiterjedése. A legjelentősebb változás 1969 és 1989 között következett be, amikor 20 év alatt megduplázódott a bányák területe, köszönhetően az iparág második világháborút követő folyamatos erősödésének. A rendszerváltást követően ugyanakkor jelentősen visszaesett a kitermelés és számos bányát bezártak. Mára elmondható hogy a kőfejtők teljes területének 48,6%-án (174,4 ha) felhagytak a külszíni fejtéssel. 2014-ig elbányászott anyagmennyiséget 46,93 millió m³-nek állapítottam meg.

A bányászat kezdetén főként a riolit bányásztak, amit rendszerint építő és díszítőkként hasznosítottak, majd az 1970-es éveket követően látványosan megugrott a piroxénandezit és piroxéndácit bányászata, amelyeket útalap és zúzottkő formájában használnak fel.

A felhagyott bányák hasznosításával kapcsolatban törekedni kell az esztétikai érték helyreállítására, vagy új értékeket kell teremteni. Szepesi et al. (2016) munkájukban bemutatták Tokaj-Hegyalja vulkáni örökségében valamint a földtudományi értékvédelemében rejlő lehetőséget, amelyek új irányt mutatnak a geoturizmus élénkítésére. A világörökségi területként a borvidék ezáltal tovább szélesítheti turisztikai repertoárját.

Antropogén geomorfológiai átalakítottság mértéke

Az ember geomorfológiai folyamatokban betöltött szerepének meghatározására egy dimenzió nélküli arányszámot alkalmaztam ($R_{ag} = V_a/V_n$). Ez a szám az antropogén geomorfológiai átalakítottság mértékét hivatott bemutatni (R_{ag}) az antropogén hatásra megmozgatott anyagmennyiség (V_a) és a természetes

folyamatok által megmozgatott anyagmennyiség (V_n) tükrében (Novák et al., 2013; Rózsa és Novák 2011a, b, Incze et al., 2013).

Természetes, vagy közel természetes területeken az $R_{ag}=0$. Ilyenkor az adott területet már évszázadok óta erdők borítják, és minimális az emberi behatás. Ezeket a térszíneket az oligohemeromorf kategóriába soroltam, ami mintaterületen 14500 ha-t foglal el.

Az antropogén behatás mértéke szerint 6 kategóriát különítettem el:

- Mezoheomeromorf: $R_{ag} < 10$. Ebbe a kategóriába soroltam a legeltetéssel, vagy az erdők tarvágásával előidézett eróziós folyamatokat.
- β -euhemeromorf: $10 < R_{ag} < 20$. Ide tartoznak a teraszozott területek, amelyeket az erózió elleni védekezésre hoztak létre, ugyanakkor kialakításuk jelentők felszínmódosítással és anyagmozgatással járt.
- α -euhemeromorf: $10 < R_{ag} < 100$. A hosszú ideje mezőgazdasági művelés alatt álló területek kerültek ebbe a csoportba. Tokaj-Hegyalján a szőlőműveléshez kapcsolódóan a lejtők egy részét művelés alá vonták, amelyek komoly eróziós folyamatokat váltottak ki a művelt területeken.
- β -polyheomeromorf: $100 < R_{ag} < 1000$. A mezőgazdasági művelés következtében, a nem megfelelő vízelvezetés hatására kialakult, felgyorsított, vagy újra aktivizálódott eróziós árkok és löszmélyutak tartoznak ebbe a kategóriába.
- α -polyheomeromorf: $1000 < R_{ag} < 10000$. Ebbe a csoportba tartoznak a külszíni bányák, amelyek egységnyi területen az egyik legjelentősebb felszínmódosítást vonják magukkal.
- metaheomeromorf: Ide tartoznak a leburkolt, beépített területeket. Ezeket a felszíneket nem csak átalakította a társadalom, hanem azóta is folyamatosan szabályozza. Erre a kategóriára nem számoltam R_{ag} értéket.

Az álló és folyóvizek vizsgálata nem képezte részét a kutatásomnak.

A kutatásom célja Tokaj-Hegyalja hagyományos tájhasználatához kötődő egyes folyamatok, valamint antropogén hatására kialakult formák térbeli sajátosságainak és időbeli változásainak meghatározása volt. Dolgozatomban bemutattam a szőlőtermesztés elmúlt közel 230 éves folyamatát, a felhagyott és újonnan betelepített területek adott időintervallumon belüli változását, intenzitását, a társadalom által szándékosan (szőlőteraszok, kőfejtők), vagy közvetett módon (eróziós árkok, löszmélyutak) létrehozott formák térbeli lehatárolását, illetve megbecsültem az ezek során megmozgatott anyagmennyiséget. Továbbá jellemeztem a szőlőparlagok legfontosabb talajtani tulajdonságait.

8 Summary

Historically, the ever increasing need for resources has put larger and larger pressure on the environment. Nowadays the extent of anthropogenic effects often exceeds that of the natural phenomena, which leads to several undesirable consequences (Szabó, 2006).

The traditional land use, including agriculture, has shaped and shapes our environment to a high degree. Vine production is an agricultural activity which has one of the highest environmental impacts, because the inappropriately performed cultivation techniques or drainage lead to erosion forms (Kerényi, 1991).

Tokaj-Hegyalja wine region has been declared a UNESCO World Heritage Site in 2002 in the cultural landscape category. This unique cultural landscape has been formed due to the interaction between nature and society lasting for thousands of years (Frisnyák és Gál 2012), which was an important factor in making the decision regarding its recognition.

The aim of my dissertation was to identify the geomorphological processes in connection with the land use regarding the traditional viticulture of Tokaj-Hegyalja wine region, and geographical characteristics and temporal changes of the anthropogenic forms. In my study I focused on five major areas of investigation:

- (1) investigation of geographical and temporal changes of vineyards, and the topographical factors of abandonment;
- (2) mapping of terraces with retaining walls, identification of topographical characteristics of terraced slopes, the distribution of abandonment over time, detailed geomorphological investigation of terraces and the description of retaining walls;
- (3) soil investigation of terraced and non-terraced historical vineyards, and the classification of the basis of the retaining walls according to lithological bases;
- (4) identification of regional distribution of gullies and loess roads, identification of its most important geomorphological properties and the amount of eroded materials, and creating a linear erosion sensitivity map in a logistic regression GIS environment;
- (5) localization of surface mines and the investigation of the temporal, qualitative and quantitative changes in the excavated materials.

At the end of my dissertation, I attempted to identify the extent of anthropogenic impact on the sample area based on the ratio of the materials which has been transported during anthropological activities and natural processes.

In accordance with the identified goals, I summarize my research results in the following.

Investigation of spatial and temporal changes of vineyards

During my investigations, I used historical and contemporary maps and aerial photographs in order to identify the changes occurred in vineyards between 1784 and 2010.

Based on the maps I divided this close to a 230-year-long period to six intervals. The area of vineyards – with the exception of the interval 1989 – showed

an unambiguous decrease, however, we could observe significant differences between the periods at the settlement level.

The dynamics of abandonment and the cultivation of new areas also showed major differences, because while between 1784 and 1858 3609.7 ha was abandoned over 74 years ($48.8 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$), between 1989 and 2010 only 21 years passed and 3348.3 ha ($159.4 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$) has been abandoned. We could also see significant differences regarding the intensity of vine cultivation, since while between 1884 and 1940 the cultivation rate was $27.5 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$, between 1969 and 1989 it increased to $223.6 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$.

By using logistic regression in a GIS environment I examined whether it was possible to identify the reasons of the abandonments considering only the topographical factors. I have found that even though the topographical factors played a role in the abandonments, other factors, including the economic, sociological, organizational or cultural effects also contributed to the process of abandonment. The decreased market demand during the XIX century, the phylloxera epidemic in 1885, the difficulties caused by the two world wars, the land relocation and the mechanization of agriculture or the privatization appeared at the beginning of the 1990s are good examples of the above.

I also identified three especially important slope properties (slope category, slope exposition, altitude) regarding vineyards, and the distribution of the cultivated areas of vineyards in accordance with the above properties. In 1784, 26.1% of the entire vine cultivation was carried out in slopes with a steepness of 0-5%, which gradually increased until 1969 (20.6%), then it showed a rapid increase because of the mechanization until 1989, and it reached a rate of 47.6% in 2010. In slopes steeper than 17% the area of vineyards has been gradually decreasing over the years – in 2012 they made up only 1.5% of the total area of vineyards.

Regarding slope exposition, the southern slopes should be noted, however, the ratios of the eastern and western hillsides are also significant during the investigated period. On the northern slopes the degree of vine cultivation has been traditionally low.

In case of altitude, during most of the investigated periods the vineyards were located between 100 and 300 m. Among the investigated intervals the altitude of 150.1-200m is of the most importance, where vineyards could be found in a ratio of 37.5-43.2%.

Investigation of terraces with retaining walls

The vine terraces with stone walls can be found in 20 from 27 settlements, and they cover an area of 660 ha in total. The area of terraces is distributed unevenly between the 20 settlements, since 51% of the area of these can be found in the administrative boundaries of only four settlements (Abaújszántó, Tarcál, Tállya, Erdőbénye). 51.1% and 32.9% of the terraced slopes can be found in slopes with a steepness of 17.1-25% and 12.1-17%, respectively. Regarding their distribution according to slope exposition, they show a similar pattern as of the

vineyards. 84.6% of the terraces with retaining walls can be found at the altitude of 150-300m.

During the geomorphological investigation of terraced areas I determined the mean length of the stone walls, which varied between 20m and 30m in 11 settlements, between 30m and 40m in 5 settlements, and it exceeded 40m in 4 settlements. The total length of stone walls 253329.9m, of which Tarcál (64548.9 m) and Abaújszántó (40184.5 m) together make up 41%. The mean height of the stone walls was the highest in the case of Mezőzombor (1.8 ± 0.6 m), and the lowest in the case of Szerencs (0.7 ± 0.3 m). The width of stone walls varied between 0.4m and 0.6m, higher numbers could only be measured in the case of Tarcál (1.1 ± 0.5 m), Abaújszántó (0.9 ± 0.3 m) and Szegi (0.9 ± 0.3 m). The mean number of building blocks per 1m^2 was 27, while the inclination of stone walls was under $15.7\pm 6.9^\circ$ in the case of 17 from 20 settlements. With the exception of Bodrogkisfalud ($21.5\pm 9.1\text{m}$) the mean width of terraces did not exceed 15m, and in the case of Tokaj, Tarcál or Tolcsva, the measured width were only 7-8m in average. This also shows that the terraces of Tokaj-Hegyalja were cultivated using predominantly small parcels. The slope-decreasing feature of the terraces is not a novel concept, since this is one of the primary reasons why the terraces have been built. The degree of decrease in inclination was the lowest in Tarcál ($9.2\pm 6^\circ$), and the highest in Legyesbénye ($20.5\pm 7.2^\circ$).

In the case of the abandoned vine terraces the cease of cultivation caused a serious problem, since in the lack of continuous maintenance, the structure of walls weakens during the heavy rains and eventually the wall falls down. In Tokaj-Hegyalja the mean length of retaining walls which entirely and partly fell down are $39.8\pm 12.7\text{m}/100\text{m}$ and $9.4\pm 4.7\text{m}/100\text{m}$, respectively, which means that approximately half of the retaining walls are damaged or completely destroyed.

The terraced areas are irreplaceable parts of the World Heritage Site, therefore their preservation is of utmost importance. This, however, requires a collaboration in which the parties can reach a consensus from every standpoint.

Soil characteristics of abandoned vineyards

During the investigation of granulometric composition, from the soil samples I identified the ratio of coarse fraction, the sand, the silt and the clay fraction, based on which I have found a significant ($p<0.01$) difference between the terraced and the non-terraced soils using the Mann-Whitney U test. The coarse fraction, the sand and the clay fraction were higher in the case of terraced soils, while the silt fraction was higher in non-terraced soils.

The pH of the soils was determined using both water and potassium-chloride method, based on the result of which I have found a significant difference in the pH value ($p=0.01$) considering the total depth of the terraced and non-terraced soil section. The non-terraced soil are slightly alkaline ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}=8.0$; $\text{pH}_{\text{KCl}}=7.6$), while the terraced soils are neutral or in some cases slightly acidic ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}=7.5$; $\text{pH}_{\text{KCl}}=7.0$).

During the investigation of the organic carbon content, the amount of carbon measured at the depth of the entire section significantly different ($p=0.043$) in the case of the terraced (median: $12.2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) and the non-terraced soils (median: $6.9 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), however, if I compared only the topsoil, I did not find such differences between the sections. Among the non-terraced soils, I measured the highest organic carbon content in the case of profile no. 2 abandoned 145 ± 13 ago ($54.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), while in the case of terraced abandoned vineyards I found the highest value in profile no. 14 abandoned 62 ± 15 years ago ($84.1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). This indicates that the abandoned vineyards function as carbon storages after their abandonment.

During the investigation of the carbonated lime content I did find significant differences between the terraced and non-terraced soils, however, I observed significant differences between the terraced soils regarding their CaCO_3 content. In the case of certain profiles (e.g. Mád 5, 6, east) I measured very low, while other times exceptionally high values. The highest carbonated lime content was determined in the no. 3 (38.3%), no. 4 (39.6%), no. 14 (31.6%) and no. 18 (46%) soil profiles collected from the Nagy-hill in Tokaj.

I investigated the relationship between certain soil properties using Spearman's rank correlation. The silt fractions showed a significantly positive ($p < 0.01$) relationship, while the coarse fraction, the sand fraction and the clay fraction showed a significantly negative relationship with the pH of the soils. The above correlations and the aforementioned differences between the particle size of terraced and non-terraced soils (determined with Mann-Whitney U test) were related to the lithology of the sample area and indirectly to the terrace construction. The terraces with retaining walls have been predominantly constructed in places where stones suitable for building were excavated from the topsoil or its close vicinity. Most of the sampling and the exploration of sections have been performed in the Nagy-hill in Tokaj, where the bedrock is acidic dacite. However, the non-terraced soils have been sampled mostly in loess bedrocks, where the ratio of silt fraction was higher and they contain coarse fraction in only a slight amount. The positive correlation between pH and the silt fraction can be explained by the slightly alkaline pH of loess.

The construction of retaining walls can be classified by their lithological base. The first group contains the terraces where the retaining walls were built on the original surface and the bedrock is loess or transported loess. Since in the case of this type, the soil contains only a small amount coarse fraction, the stones should have been transported to the location from elsewhere. This required a significant additional effort from the builders, thus it was not a frequently used method. The second group contains the terraces where the retaining walls were built on the surface in slope debris containing coarse fraction. In this case the slope debris providing the basis of the retaining wall contains a mix of colluvial, transported loess and weathered volcanic rocks. The third category includes the cases where the retaining walls were built in solid bedrock. Typically, we can find such terraces where the bedrock appears on the surface, or it is located close to the surface. The last category includes the terraces where the bases of the retaining walls have been recessed under the ground level. In this case the builders dig a shallow track

perpendicular to the slope surface, into which they rolled the excavated stones. The types are frequently combined even within a short section, which can be explained by the varied micro relief.

Characteristics of gullies and loess roads

The localization and investigation of gullies and loess roads has been carried out using a surface model generated from LiDAR data. In order to verify the accuracy of LiDAR data I performed field measurements.

In the sample area I mapped 614 gullies and loess roads, which could be found in 23 settlements and covered an area of 625 ha. The spatial distribution of these, however, is rather uneven, since 74% of them are located in Hegyalja (43%) and the Központi-Zemplén landscapes. Regarding the density of gullies, Tokaji-hegy landscapes should be noted with a value of $1088.7 \text{ m} \cdot \text{km}^{-2}$. Based on the average depth of gullies no significant differences can be found between the landscapes. The deepest sections can be found in Szerencsköz ($5.9 \pm 3.1 \text{ m}$) while the shallowest forms are located predominantly in the area of Szerencsi-dombság ($4.4 \pm 3.1 \text{ m}$). With regards to width, the highest mean value could be observed in Szerencsi-dombság ($26.1 \pm 10.7 \text{ m}$), while the narrowest section could be found in Taktaköz ($14.8 \pm 8.3 \text{ m}$).

Regarding the distribution by the bedrock, almost 70% of the area of the gullies is related to loose sediments (rhyolite tuff variations and loess), while 20.5% of them were created on pyroxene-andesite. The mean width of gullies varied between $17.4 \pm 9.2 \text{ m}$ (holystone perlite) and $31 \pm 10.3 \text{ m}$ (pseudotrachite), while regarding the depth, the deepest sections were formed on the pseudotrachite ($7.8 \pm 3.3 \text{ m}$), whereas the shallowest section can be found in rhyolite tuff ($4 \pm 2.1 \text{ m}$). The gradients of the gullies were the highest on the diatomite ($385.8 \pm 118.6 \text{ m} \cdot \text{km}^{-1}$), pyroxene-dacite ($353.0 \pm 267.0 \text{ m} \cdot \text{km}^{-1}$) and the grey fluid rhyolite ($348.9 \pm 284.6 \text{ m} \cdot \text{km}^{-1}$) bedrocks.

48.8% of the gullies can be found within the administrative boundaries of four settlements: Erdőbénye (98.3 ha), Sáropatak (78.1 ha) Sátoraljaújhely (71.9 ha) and Abaújszántó (56.9 ha). The mean length of the gullies was the longest in the area of Szerencs ($774.9 \pm 615.5 \text{ m}$), Szegi ($761.9 \pm 459.4 \text{ m}$) and Hercegkút ($706.2 \pm 672.3 \text{ m}$) and it was the shortest in Olaszliszka ($231.9 \pm 199.5 \text{ m}$). At the settlement level, the highest mean depth values could be found in Tokaj ($6.4 \pm 3.8 \text{ m}$), while the lowest value was observed in the case of Bodrogolási ($1.7 \pm 0.7 \text{ m}$).

The estimated amount of the eroded materials was more than 18 billion m^3 .

The appearance of gullies is related to two land use categories: The vineyards cultivated between 1784 and 2010, and forests and mountain pastures located higher than the above areas. In the vineyards I observed 8m longer and 3.5 km narrower gullies on average. Their mean depth, however was nearly identical. Slope exposition distribution of gullies formed in the area former vineyards generally matched the ratio which has been observed in the vineyards, therefore they can be found predominantly on the southern slopes.

In order to create the linear erosion sensitivity map I used logistic regression. By using certain environmental variables I investigated the properties of existing gullies, then based on the above, I identified the areas with similar values and are probably vulnerable regarding the gully formation. Based on the Wald-test it can be concluded that altitude plays a key role in the formation of gullies, but the slope steepness and cross-sectional curve are also important variables. In the case of curvature, the negative values of β coefficients indicate that the gullies are related typically to concave slopes. The accuracy of the model was evaluated with a ROC curve which showed excellent results on all three of the experimental areas. Considering the probability of gully distribution, I identified four categories: Under 25%, 25-50%, 50-75%, and above 75%. The areas with a probability value of higher than 75% covered an area of 35.2 km² in total. Based on the map, the most affected settlements are Sárospatak, Erdőbénye, Erdőhorváti and Sátoraljaújhely, but in the case of Makkoshotyka, Tokaj and Szegilong the ratio of sensitive areas is also considerably high related to the total area of the settlements.

Regional distribution of mining-related forms and the identification of the amount of transported materials

Based on the maps, I identified the areas of the major surface mines (366 ha) (which can be seen on the maps) from which 289 ha were mine cavities. From the investigated 121 mines, the 9 largest mines (>10 ha) made up more than 65% of the total areas of the mines (237 ha). None of the remaining 112 mines exceeded the size of 10 ha.

The regional changes of the mines were investigated at four periods. The extension of the mines increased more than tripled between 1940 and 2014. The most important change occurred between 1969 and 1989, when over the course of 20 years, the extension of the mines was doubled due to the continuous prosperity following the Second World War. After the change of the regime, however the rate of excavation were significantly decreased and several mines were closed. Today we can say that in 48.6% of the total area of the mines (174.4 ha) the excavation has stopped. According to my estimation, the excavated material until 2014 was 46.93 billion m³.

At the beginning of the mining activity, the primary excavated material was rhyolite, which was generally used for construction and decoration purposes, then from the 1970s the rate of pyroxene-andesite and pyroxene-dacite mining significantly increased, which were used for road construction base material and gravel.

Regarding the utilization of the abandoned mines, the aesthetical values should be restored or new values should be created. In his study, Szepesi et al. (2016) presented the potential approaches of the protection of the geological values and the Tokaj-Hegyalja volcanic heritage, which may show new direction regarding the development of geotourism. Thereby, as a world heritage site, the wine region can further expand its touristic repertoire.

Extent of anthropogenic effects

In order to identify the anthropogenic effects in geomorphological processes, I used a dimension-free ratio ($R_{ag} = V_a/V_n$). This ratio indicates the extent of the anthropogenic geomorphological modifications (R_{ag}) in accordance with the amount of material transported as a result of anthropogenic activities (V_a) and the natural processes (V_n) (Novák et al., 2013; Rózsa és Novák 2011a, b, Incze et al., 2013).

In natural or semi-natural areas the ratio is $R_{ag}=0$. In this case the given area has been covered with forests and the anthropogenic impact is limited. These areas were classified among the "olygohemeromorph" category, which covers an area of 14500 ha in the sample area.

By the extent of the anthropogenic impact, I identified six categories:

- Mesohemeromorph: $R_{ag} < 10$. This category includes the erosion processes in connection with grazing and deforestation.
- β -euhemeromorph: $10 < R_{ag} < 20$. This category includes the terraced areas which were created with the purpose protection against erosion, and their construction lead to significant surface alteration and material transport.
- α - euhemeromorph: $10 < R_{ag} < 100$. Into this category, I classified the agricultural areas which has been cultivated for a long time. In Tokaj-Hegyalja, the majority of slopes were cultivated in connection with viticulture and caused significant erosion processes in the cultivated areas.
- β -polyhemeromorph: $100 < R_{ag} < 1000$. This category includes the accelerated or reactivated gullies and loess roads which were formed due agriculture or inappropriate draining methods.
- α -polyhemeromorph: $1000 < R_{ag} < 10000$. This category includes the surface mines which lead to one of the most extensive surface modification per area.
- metahemeromorph. This category includes the covered built-up areas. These surfaces were not only altered by the society but they are still continuously controlled as of today. Regarding this category, I did not calculate the ratio of R_{ag} , and the lakes and rivers were not part of my investigation.

The aim of my work was to identify certain processes in connection with the traditional land use of Tokaj-Hegyalja, and to describe the spatial characteristics and the temporal changes of the anthropogenic structures. In my dissertation I presented the nearly 230-year-long period of viticulture, the changes and the intensity of abandoned and recultivated areas during the given time periods, the spatial identification of the anthropogenic structures which were constructed intentionally (vineyard terraces, stone mines) and indirectly (gullies, loess roads) and I attempted to estimate the amount of transported materials during these events. Furthermore, I also described the most important soil properties of the areas following their abandonment.

Irodalomjegyzék

- Ahmad, E. 1961 The rural population of Bihar, *Geographical Review*, April: 253-276.
- Alriksson, A., Olsson, M.T., 1995. Soil changes in different age classes of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) on afforested farmland. *Plant Soil* 168–169, 103–110.
- Angelstam, P., Boresjö-Bronge L., Mikusiński G., Sporrang U., Wästfelt A., 2003, Assessing Village Authenticity with Satellite Images: A Method to Identify Intact Cultural Landscapes in Europe. *Ambio*, 32, 594-604
- Anonymus, 1714. Delineatio vineae Királyhegy dictae in promonthorio Sárospatakiensi existentis, telekrajz. Magyar Országos levéltár, Térképtár, S 82 No 0317, 34x19 cm, [eredeti jelzet: P 392 Lad. 43. No. 100.]
- Antrop, M., 1997. The concept of traditional landscapes as a base for landscape evaluation and planning. The example of Flanders Region. *Landscape and Urban Plan.* 38, 105–117.
- Antrop, M. 2000 Background concepts for integrated landscape analysis, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 77 (2000) 17–28
- Antrop, M., 2004 Landscape change and the urbanization process in Europe. *Landscape and Urban Planning* 67(1–4): 9–26
- Antrop, M. 2005 Why landscapes of the past are important for the future, *Landscape and Urban Planning* 70(1-2). 21-34
- Arnaez, J., Lasanta, T., Errea, M.P., Ortigosa, L. 2011 Land abandonment, landscape evolution, and soil erosion in a Spanish Mediterranean mountain region: The case of Camero Viejo. *Land degradation & development* 22 (6): 537-550
- Austad, I., 2000. The future of traditional agriculture landscapes: retaining desirable qualities. In: Klijn, J., Vos, W. (Eds.), *From Landscape Ecology to Landscape Science*. Kluwer Academic Publishers, WLO, Wageningen, 43–56.
- Auzet, A.V., Boiffin, J., Ludwig, B., 1995. Concentrated flow erosion in cultivated catchments: influence of soil surface state. *Earth Surface Processes and Landforms* 20, 759–767.
- Ádám, L. 1964 A Szekszárdi-dombvidék kialakulása és morfológiája, *Földr. Tan.*, 2., 83.
- Bai, S.-B., Wang, J., Lü, G.-N., Zhou, P.-G., Hou, S.-S., Xu, S.-N. 2010 GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping of the Zhongxian segment in the Three Gorges area, China. *Geomorphology* 115, 23–31.
- Balassa, I., 1975 Filoxéra Tokaj-Hegyalján. In: Szabadfalvi, J. (Ed.), *Yearbook of Hermann Ottó Museum, Miskolc*. 13–15. 305–335.
- Balassa, I., 1991 Tokaj-Hegyalja szőlője és bora. Tokaj-Hegyaljai ÁG. Borkombinát, Tokaj, p. 752.
- Bastian, O, Schreiber, K-F. 1994. Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. G. Fischer V. Jena, Stuttgart p. 560
- Baumann, M., Kuemmerle, T., Elbakidze, M., Ozdogan, M., Radeloff, V.C., Keuler, N.S., Prishchepov, A.V., Kruhlov, I., Hostert, P., 2011 Patterns and drivers of post-socialist farmland abandonment in Western Ukraine. *Land Use Policy* 28, 552–562.
- Becker, N. 1987. Influence des facteurs du milieu sur le développement des vignes, la maturation des baies et les paramètres de la production, résultat d' une enquête sur 12 parcelles Pinot gris en pays de bade méridional. In: *Physiologie de la vigne*. 3e Symposium International sur la Physiologie de la Vigne. 24–27 Juin 1986, Bordeaux. 339–346.p.

- Bekő, L., Enyedi, P., Burai, P., Lukácsy, Gy., Kiss, A., Tomor, T. 2014 Szőlőterületek felmérése nagyfelbontású légi távérzékelési adatok felhasználásával. FÉNY-TÉR-KÉP KONFERENCIA 2014. Szeptember 25-26.
- Bekő, L., Lukácsy, Gy., Hunyadi, G. 2015 Szőlő termőhely térképezés légi távérzékelési felvételek alkalmazásával. 57. Georgikon napok. 33-40.
- Benke, I., Reményi, V. 1996 A magyar bányászat évezredes története 1-2. Budapest: Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület. p 296.
- Benyhe, B. 2013 Agrogén hatásra kialakuló felszínformák és folyamatok vizsgálata eltérő geomorfológiai adottságú területen. Doktori (PhD) értekezés. Szeged, p. 123.
- Bertalanfy, B., Derecskei, Gy., Jakucs, S., Kaminszky, L., Kemény, Gy., Kreffly, I., Losterfer, R., Papp, B., Rem, L., Remény, G., Simon, L., Sivák, I., Szalai, L., Szepessy, A., Székely, T., Sztermen, G., Tóth, P., Váci L-né, Zsámboki, L. 1986 200 éves a borsodí szénbányászat. Miskolc. Borodí Szénbányászati Tröszt. 223p.
- Bevan, A., Conolly, J. 2011 Terraced fields and Mediterranean landscape structure: An analytical case study from Antikythera, Greece. *Ecological Modelling* 222: 1303-1314.
- Beven, K.J., Kirkby, M.J., 1979. A physically based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrol. Sci. Bull.* 24, 43–69.
- Bényei, F.; Lőrincz, A.; Szendrődy, Gy.; Sz. Nagy, L.; Zsámboki, G. 1999 Szőlőtermesztés. Mezőgazda Kiadó. 339-341.
- Bičík, I., Jeleček, L., Štěpanek, V. 2001 Land-use changes and their social driving forces in Czechia in the 19th and the 20th centuries. *Land Use Policy* 18, 65-73
- Blavet, D., De Noni, G., Le Bissonnais, Y., Leonard, M., Maillo, L., Laurent, J.Y., Asseline, J., Leprun, J.C., Arshad, M.A., Roose, E., 2009. Effect of land use and management on the early stages of soil water erosion in French Mediterranean vineyards. *Soil Tillage Res.* 106, 124–136.
- Bleck, R. D. 1965. Zur Durchführung der Phosphatmethode. *Ausgrabungen und Funde* 10:213-18.
- Boix-Fayos, C., de Vente, J., Albaladejo, J., Martínez-Mena, M., 2009. Soil carbon erosion and stock as affected by land use changes at the catchment scale in Mediterranean ecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 133, 75–85.
- Bork, H.-R., Bork, H., Dalchow, C., Faust, B., Pierr, H.-R., Schatz, T., 1998. Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. Klett-Pertes, Stuttgart, Germany
- Bork, H.R., Li, Y., Zhao, Y., Zhang, J., Shiquan, Y. 2001 Land use changes and gully development in the upper Yangtze River Basin, SW-China. *Journal of Mountain Science* 19 (2), 97–103.
- Boros, L. 1977 A tokaji Nagy-hegy lösztakarójának pusztulása. Doktori disszertáció. 134
- Boros, L. 2003 Földrajzi környezetünk egyik problémája: a talajpusztulás – In: Csorba, P. (szerk.): Környezetvédelmi mozaikok, Tiszteletkötet Dr. Kerényi Attila 60. születésnapjára, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debreceni Egyetem, 33-44.
- Boros, L. 2011 Tokaj-Hegyalja szőlőterületeinek idő- és térbeli változásai a 18-20. század folyamán, *Földrajzi Közlemények* 135. (4) 445-458.
- Boros, L. 2014. Talajerosió különböző talajadottságú, eltérő lejtésviszonyú és növényborítottságú területen. – In: Jakab, G. és Szalai, Z. (szerk) 2014: Talajpusztulás Térben és Időben pp. 4-8. Bp. MTA CSFK FTI
- Boros, L., Horváth G., Csüllöng G., 2012 Tokaj-Hegyalja szőlő- és borgazdaságának természetföldrajzi alapjai In: Frisnyák and Gál (Ed) Tokaj-hegyaljai borvidék. Hazánk első történeti tája. 23-40.

- Brice, J.B. 1966. Erosion and deposition in the loess-mantled Great Plains, Medicine Creek drainage basin, Nebraska. U.S. Geological Survey Professional Paper 352H, 235–339.
- Butzer, K. W. 1986. A földfelszín formakincse. Gondolat, Budapest, p. 128.
- Bürgi, M., Hersperger, A.M., Schneeberger, N., 2004. Driving forces of landscape change – current and new directions. *Landscape Ecology* 19, pp. 857–868.
- Caneva, G., Cancellieri, L. 2007. Il paesaggio vegetale della Costa d'Amalfi. Gangemi Editore 206.p.
- Carl, T., Richter, M. 1989 Geocological and morphological process on abandoned vineyard terraces in the Cinque Terre (Liguria). *Geoöcodynamik Bensheim*, 10: 125-158.
- Cerdan, O., Le Bissonnais, Y., Couturier, A., Bourennane, H., Souchère, V., 2003 Rill erosion on cultivated hillslopes during two extreme rainfall events in Normandy, France. *Soil and Tillage Research* 67, 99– 108.
- Cerdan, O.; Govers, G.; Le Bissonnais, Y.; Van Oost, K.; Poesen, J.; Saby, N.; Gobin, A.; Vacca, A.; Quinton, J.; Auerswald, K.; Klik, A.; Kwaad, F. J. P.M.; Raclot, D.; Ionita, I.; Rejman, J.; Rousseva, S.T.; Muxart, T.; Roxo, M.J.; Dostal, T. 2010. Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. *Geomorphology* 122: 167-177.
- Chaney, R.C., Slonim, S.M., Slonim, S.S., 1982. Determination of calcium carbonate content in soils. In: Demars, K.R., Chaney, R.C. (Eds.), *Geotechnical Properties, Behavior, and Performance of Calcareous Soils*. American Society for Testing and Materials, Philadelphia-Baltimore, pp. 3–16.
- Chartin, C., Bourennane, H., Salvador-Blanes, S., Hirschberger, F., Macaire, J.-J., 2011. Classification and mapping of anthropogenic landforms on cultivated hillslopes using DEMs and soil thickness data—example from the SW Parisian Basin, France. *Geomorphology* 135, 8–20.
- Chevigny, E., Quiquerez, A., Petit, C., Curmi, P. 2014 Lithology, landscape structure and management practice changes: Key factors patterning vineyard soil erosion at metre-scale spatial resolution. *Catena* 121 (2014) 354–364
- Cholnoky, J. 1922: Néhány vonás az Erdélyi-medence képéhez, *Földr. Közl.*, 107-122.
- Conforti, M., Aucelli, P.P.C., Robustelli, G., Scarciglia, F., 2010. Geomorphology and GIS analysis for mapping gully erosion susceptibility in the Turboło stream catchment (Northern Calabria, Italy). *Nat. Hazard.* 56, 881–898.
- Conoscenti, C., Di Maggio, C., Rotigliano, E. 2008 Soil erosion susceptibility assessment and validation using a geostatistical multivariate approach: a test in Southern Sicily. *Nat. Hazard.* 46, 287–305.
- Conoscenti, C., Agnesi, V., Angileri, S., Cappadonia, C., Rotigliano, E., Märker, M. 2013 A GIS-based approach for gully erosion susceptibility modelling: a test in Sicily, Italy. *Environ. Earth Sci.* <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-012-2205-y>.
- Conoscenti, C., Angileri, S., Cappadonia, C., Rotigliano, E., Agnesi V., Märker M. 2014 Gully erosion susceptibility assessment by means of GIS-based logistic regression: A case of Sicily (Italy), *Geomorphology* 204 (2014) 399–411
- Conoscenti, C., Ciaccio, M., Caraballo-Arias, N. A., Gómez-Gutiérrez, Á., Rotigliano, E., Agnesi, V. 2015 Assessment of susceptibility to earth-flow landslide using logistic regression and multivariate adaptive regression splines: A case of the Belice River basin (western Sicily, Italy). *Geomorphology* 242 (2015) 49–64.
- Csima, P. 2006 A települések antropogén geomorfológiai sajátosságai. Az antropogén geomorfológia és a felszínalakítás települési vonatkozásai. (In: Szabó és Dávid 2006 szerk. *Antropogén geomorfológia*) Kossuth Egyetemi Kiadó Debrecen 191-201.

- Csima, P., Kincses, K. 1999 Tájrehabilitáció. Egyetemi jegyzet, Kertészeti és élelmiszeripari egyetem. Budapest, 96 p.
- Csorba P. 1997. Tájökológia. KLTE Kiadó, Debrecen pp. 51-55.
- Csorba, P. 2006 A mezőgazdaságilag hasznosított lejtős területek antropogén geomorfológiai problémái, különös tekintettel a teraszos művelésre. (In: Szabó és Dávid 2006 szerk. Antropogén geomorfológia) Kossuth Egyetemi Kiadó Debrecen 90-104.
- Csorba, P., Novák, T. 2003: Veränderungen der Landschaftsstruktur und Landnutzung in Ungarn nach dem EU-Beitritt – in: Bastian, O. – Grunewald, K. – Schanze, J. – Syrba, R. U. – Walz, U. (Hrsg.): Bewertung und Entwicklung der Landschaft, Ergebnisse der Jahrestagung IALE-Deutschland 2002 in Dresden, - IÖR-Schriften, Band 40., 199-209.
- Csorba, P., Zsadányi, E. 2003 Veränderungen des Charakteristikums der Naturnahen Vegetation in den Letzten 30 Jahren in dem Halbbecken von Bodrogkeresztúr, Acta Geogr. Debrecina, 36., 121–140.
- Daba, S., Rieger, W., Strauss, P. 2003 Assessment of gully erosion in eastern Ethiopia using photogrammetric techniques Catena 50. pp. 273– 291.
- Dávid, L. 1997 A Mátra-hegység kőbányászata. Folia Historico Naturalia Musei Matraensis, 22, 7-24.
- Dávid, L. 2001 Felhagyott mátrai kőbányák utóhasznosítási problémái. Magyar földrajzi konferencia, Szeged 2001. október 25-27.
- Dávid, L. 2006 Az építőipari és egyéb ásványi nyersanyagok bányászatának geomorfológiai problémái. (In: Szabó és Dávid 2006 szerk. Antropogén geomorfológia) Kossuth Egyetemi Kiadó Debrecen, 126-143.
- Dávid, L. 2007 Anthropogenic geomorphological and after-use problems of quarrying: case of studies from the UK and Hungary. Geogr. Fis. Dinam. Quat. 30 (2007), 161-165.
- Dávid, L., Ilyés, Z., Baros, Z. 2006 A közlekedés és az ipar okozta geomorfológiai problémák áttekintése. (In: Szabó és Dávid 2006 szerk. Antropogén geomorfológia) Kossuth Egyetemi Kiadó Debrecen 202-229.
- Dávid, L., Patrick, C. 1998 Quarrying as an antropogenic geomorphological activity, In: Szabó és Wach 1998 (eds) Antropogenic aspect of geographical environment transformations, University of Silesia, Faculty of Earth Sciences, Sosnowiec, Kossuth Lajos University, Department of Physical Geography, Debrecen, Debrecen-Sosnowiec, 31-39.
- Dentoni, V., Massacci, G., 2007. Visibility of surface mining and impact perception. Int. J. Mining Reclamation Environ. 21, 6–13.
- Dobos, A., Nagy, R., Molek, Á 2014: Land use changes in a historic wine region and their connections with optimal land-use: a case study of Nagy-Eged Hill, Northern Hungary. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 9 (2): 219-230.
- Dotterweich, M. 2005 High-resolution reconstruction of a 1300 year old gully system in northern Bavaria, Germany: a basis for modelling long-term human-induced landscape evolution. The Holocene 15,7 (2005) pp. 994- 1005
- Dotterweich, M., Schmitt, A. and Bork, H.-R. 2003 Jungholozaine Bodenerosion und Kerbenentwicklung im Wolfsgraben bei Bamberg. In Bork, H.-R., Schmidtchen, G. and Dotterweich, M., editors, Bodenbildung, Bodenerosion und Reliefentwicklung im Mittel- und Jungholozan. Flensburg: Forschungen zur deutschen Landeskunde 253, 129-64.

- Douglas, TD, Kirkby SJ, Critchley RW, Park GJ. 1994. Agricultural terrace abandonment in the Alpujarra, Andalucia, Spain. *Land Degradation and Rehabilitation* 5: 281–291.
- Dunjo, G, Pardini G, Gispert M. 2003. Land use change effects on abandoned terraced soils in a Mediterranean catchment, NE Spain. *Catena* 52: 23–37
- Dövényi, Z. 2010 Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézete, Budapest p 876.
- Erdősi, F. 1969. Az antropogén geomorfológia, mint új földrajzi tudományág, *Földr. Közl.*, 77. 1., 11-26.
- Erdősi, F. 1987 A társadalom hatása a felszínre, a vizekre és az éghajlatra Mecsek tágabb környezetében, Budapest, 228
- Evans, R. 1993 Extent, frequency and rates of rilling of arable land in localities in England and Wales In: Wicherek, S. (Ed.), *Farm Land Erosion in Temperate Plains Environment and Hills*. Elsevier, Amsterdam, 177–190.
- FAO, 2006 *Agriculture and the Environment: Changing Pressures, Solutions and Trade-offs*. FAO, Rome.
- Feranec, J., Hazeu, G., Christensen, S., Jaffrain, G., 2007 Corine land cover change detection in Europe (case studies of the Netherlands and Slovakia), *Land Use Policy* 24, 234-247
- Fidy, J., Makara, G. (2005) *Biostatisztika*. InforMed 2002 Kft.
<http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/biostatisztika-1/ch16s03.html>
- Frankl, A., Poesen, J., Haile, M., Deckers, J., Nyssen, J. 2013 Quantifying long-term changes in gully networks and volumes in dryland environments: The case of Northern Ethiopia. *Geomorphology* 201 (2013) 254–263
- Freppaz, M., Agnelli, A., Drusi, B., Stanchi, S., Galliani, C., Revel Chion, V., Zanini, E., 2008. Terraced pergola vineyards in the low Aosta valley. In: Fontanari, E., Patassini, D. (Eds.), *Terraced Landscapes of the Alps. Projects in Progress*. Marsilio, Venice, 84-87.
- Frisnyák, S. 2000a Tokaj-Hegyalja gazdasági térszerkezete a 16-19. században. In: *Az Alföld és a nagyvilág. Tanulmányok Tóth Józsefnek (szerk. Dövényi Z.)*. Budapest, 2000. pp. 327-338.
- Frisnyák, S. 2000b Tokaj-Hegyalja földhasznosítási övezetei a 16-19. században. In: *A táj változásai a Kárpát-medencében a történelmi események hatására (szerk. Füleky Gy.)*. Budapest-Gödöllő, 2000. pp. 101-107.
- Frisnyák, S. 2001 A kultúrtáj kialakulása és terjedése a Zempléni-hegységben. In: *A táj megismerése felé. Tanulmányok a 75 éves Pinczés Zoltán professzor tiszteletére (szerk. Ilyés Z. – Keményfi R.)*. Debrecen-Eger, 2001. pp. 145-156
- Frisnyák, S., Gál, A. 2012 Tokaj-Hegyalja mint történelmi táj. In: *Frisnyák-Kókai 2012, Tiszteletkötet Dr. Boros László főiskolai tanár 75. születésnapjára* pp. 27-38
- Gale, G., 2002 Saving the vine from phylloxera: a never-ending battle, In: Merton Sandler and Roger Pinder (Ed) *Vine A Scientific Exploration*, CRC Press 2002 pp.70–91
- Gabarrón-Galeote, M. A., Trigalet S., van Wesemael B. 2015 Soil organic carbon evolution after land abandonment along a precipitation gradient in southern Spain, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 199 (2015) 114–123
- García-Ruiz, J.M., 2010. The effects of land uses on soil erosion in Spain: a review. *Catena* 81, 1–11.
- Gábori, M. 1984. Régebbi kőkor Magyarországon. In: *Magyarország története*. 1:69-115. Budapest
- Gábris, Gy., Kertész, Á., Sólyom, P., Zámbó, L. 2000. Ravine and gully erosion in the hilly headwater areas of Hungary. In: Haigh, M. J. – Krecek, J. (eds.) *Environmental*

- reconstruction in Headwater Areas. Kluwer Academic Publishers Dordrecht, NL, 137-145.
- Gábris, Gy., Kertész, A., Zámbo, L. 2003. Land use change and gully formation over the last 200 years in a hilly catchment. *Catena* 50, 15–164.
- Gerard, F., Petit, S., Smith, G., Thomson, A., Brown, N., Manchester, S., Wadsworth, R., Bugar, G., Halada, L., Bezák, P., Boltiziar, M., De badts, E., Halabuk, A., Mojses, M., Petrovic, F., Gregor, M., Hazeu, G., Múcher, C.A., Wachowicz, M., Huitu, H., Tuominen, S., Köhler, R., Olschofsky, K., Ziese, H., Kolar, J., Sustera, J., Luque, S., Pino, J., Pons, X., Roda, F., Roscher, M., Feranec, J., 2010. Land cover change in Europe between 1950 and 2000 determined employing aerial photography. *Progress in Physical Geography* 34, 183–205
- Géczi, L. 2003 Szőlőtermesztési és borászati alapismeretek, Nyíregyházi Főiskola, Nyíregyháza p. 87.
- Gilles, K. J. 1995. Neuere Forschungen zum römischen Weinbau an Mosel und Rhein (Wiesbaden) 2-17.
- Golenics, J. 1833. Situs vinearum Kővágó, Hangács et Felbér terreni oppidi Máad & Tállya, , Magyar Országos levéltár, Térképtár. S 138 No 0002, 61 x 36 cm, [1:3600] 1" = 50°.
- Gómez-Gutiérrez, Á., Conoscenti, C., Angileri, S. E., Rotigliano, E., Schnabel, S. 2015. Using topographical attributes to evaluate gully erosion proneness (susceptibility) in two mediterranean basins: advantages and limitations, *Nat Hazards* (2015) 79(Suppl 1) 291–314
- Gouide, A. 1995 *The Human Impact on the Natural Environment*, Balckwell, Oxford, p. 454
- Gouide A (Ed) 2005. *Geomorphological Techniques* Routledge 709 p.
- Gönczy, S., Szalai, K. 2004 *Geomorfológiai fogalomgyűjtemény – Kárpátaljai Magyar Pedagógusszövetség Tankönyv- és Taneszköztanácsa, Beregszász.*
<http://mek.oszk.hu/02900/02911/02911.htm>
- Grissinger, E. 1996 Reclamation of gullies and channel erosion. In: Agassi, M. (Ed.), *Soil Erosion, Conservation, and Rehabilitation*. Marcel Dekker, New York, 301– 313.
- Gullentops, F., 1992. Holocene soil erosion in the loess belt of Belgium. In: Van der Haegen, H., Van Hecke, E. (Eds.), *Liber Amicorum*, Prof. Dr. M. Goossens. *Acta Geographica Lovaniensa* 33, 671– 684.
- Gulyás, Á., J. Kiss, T. Zelenka 2000: Kálímetaszomatizált területek kimutatása és lehatárolása légi geofizikai és földtani módszerekkel – *Földtani Kutatás*, 37/3.pp. 19–23.
- Guisan, A., Weiss, S.B., Weiss, A.D. 1999. GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. *Plant Ecol.* 143, 107–122.
- Gyarmati, P. 1977 *A Tokaji-hegység intermedier vulkanizmusa.* – Műszaki Kiadó Budapest.
- Gyarmati, P., Szepesi, J. 2007: Fejlődéstörténet, földtani felépítés, földtani értékek in: *A Zempléni tájvédelmi körzet, Abauj-Zemplén határán monográfia*, Bükki Nemzeti Park Igazgatóság Eger p. 15-44
- Györffy, Gy. 1984 Magyarország története a honfoglalástól a tatárjárásig. In: *Magyarország története* 1:375-1006. Budapest
- Haber, W. 1985. Zur Umsetzung ökologischer Forschungsergebnisse in politisches Handeln. *MAB Mitteilungen* 21. Bonn Deutsches Nationalkomitee, 37p.
- Haigh, M. J. 1978 Evolution of slopes on artificial landforms, *Blainarch U. K., Univ. of Chichago, Dept. of Geol. Res. Papers* No 183.

- Hancock, G.R., Loch, R.J., Willgoose, G.R., 2003. The design of post-mining landscapes using geomorphic principles. *Earth Surf. Proc. Land.* 28, 1097–1110.
- Hanley, J.A., McNeil, B.J., 1982. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology* 143, 29–36.
- Harcza, I., Kovács, I., Szelényi, I., 1998 The Hungarian agricultural 'miracle' and the limits of socialist reforms, In: Szelényi I. (szerk.) *Privatizing the land: rural political economy in post-communist societies*, Routledge pp. 21-42.
- Heaton, E., Merenlender, A. M. 2000 Modeling vineyard extension, potential habitat fragmentation, *California Agriculture* 54(3): pp 12-19.
- Hendrychová, M., 2008. Reclamation success in post-mining landscapes in the Czech Republic: a review of pedological and biological studies. *J. Landscape Stud.* 1, 63–78.
- Hosmer, D.W., Lemeshow, S. 2000 *Applied Logistic Regression*, Wiley Series in Probability and Statistics. Wiley.
- Hostert, P., Kuemmerle, T., Radeloff, V.C., Müller, D., 2008 Post socialist land-use and land-cover change in the Carpathian mountains. *IHDP Update* 2. 70–73.
- Howard, J. 2017 Anthropogenic landforms and soils parent materials in Anthropogenic soils *Progress in Soil Science* pp. 25-51
- Höchtel, F., Petit, C., Konold, W., Eidloth, V., Schwab, S., Bieling, C., 2011. *Erhaltung von historischen Terrassenweinbergen: Ein Leitfaden* (Freiburg).
- Illés, L., Konecsny, K. 2000 Az erdő hidrológiai hatása az árvizek kialakulására a Felső-Tisza vízgyűjtőben. *Vízügyi Közlemények*, 82.2. 167-197
- Ilyés, Z. 1998 A tájhasználat változásai és a történeti kultúrtáj 18-20. századi fejlődése Gyimesben. PhD értekezés, KLTE, Debrecen
- Imeson, A.C., Kwaad, F.J.P.M. 1980. Gully types and gully prediction. *KNAG Geografisch Tijdschrift* XIV 5, 430–441.
- Inbar, M, Llerena CA. 2000. Erosion processes in high mountain agricultural terraces in Peru. *Mountain Research and Development* 20: 72–79
- Incze, J., Novák T. J. 2012 Felhagyott szőlőteraszok állapotának térképezése távérzékelt adatok felhasználásával a tokaji Nagy-hegyen, In: Lóki József (szerk.) 2012: *Az elmélet és gyakorlat találkozása a térinformatikában III.*, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 466.
- Incze, J., Novák T. J. 2013 Geomorphological characteristic and significance of dry constructed terrace stone walls on abandoned vine-plantations in Tokaj Big-Hill, (In: Novotny, J. - Lehotsky, M. - Raczowska, Z. - Machova, Z. (eds.)(2013): *Carpatho-Balkan-Dinaric Conference on Geomorphology 2013.06.24-28, Stara Lesna - Book of Abstracts*) *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, ISSN 1337 - 6799, Association of Slovak Geomorphologists on the SAS, Czech Association of Geomorphologists, Institute of Geography - Slovak Academy of Sciences, Bratislava, 13 (1): 33 p.
- Incze, J., Novák T. J., Rózsa P. 2013: Az antropogén geomorfológiai hatás mértékének jellemzése a tokaji Nagy-hegy példáján In: Wanek F. - Gagy Pálffy A. (szerk.) (2013): *XV. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia*. Bistrita: Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, 2013. pp. 201-202.
- Incze, J., Novák, T. J. 2016 Identification of extent, topographic characteristics and land abandonment process of vineyard terraces in Tokaj-Hegyalja wine region between 1784 and 2010, *Journal of Maps*, Taylor & Francis. doi:10.1080/17445647.2016.1195295
- IUSS Working Group WRB. 2014. *World Reference Base for Soil Resources 2014*, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports No. 106*. FAO, Rome

- Izsó, I. 2011. A Miskolci Bányakapitányság területének bányaipara. Közhasznú Alapítvány a Borsodi Bányász Hagyományokért, Miskolc p 204
- Jakab, G. 2008 Természeti tényezők hatása a talajpusztulás vonalas formáinak kialakulására. Doktori értekezés. Budapest. p. 109.
- Jalas, J. 1955. Hemerobe und hemerochore Pflanzenarten. Ein terminologischer Reformversuch. Acta Soc. Flor. Faun. Fenn. 72
- Jelecek, L., 2002. Historical development of society and LUCC in Czechia 1800–2000: major societal driving forces of land use changes. In: Bicík, I., et, al. (Eds.), Land Use/Land Cover Changes in the Period of Globalisation. Proceedings of the IGULUCC International Conference, 2001. Prague., 44–57.
- Jinbo, Z., Changchun S., Shenmin W. 2007 Dynamics of soil organic carbon and its fractions after abandonment of cultivated wetlands in northeast China, Soil & Tillage Research 96 (2007) 350–360
- Jordan, G., van Rompaey, A., Szilassi, P., Csillag, G., Mannaerts, Ch., Woldai, T., 2005. Historical land use changes and their impact on sediment fluxes in the Balaton basin (Hungary). Agriculture, Ecosystems and Environment 108., 119–133.
- Jug, A., Makeschin, F., Rehfuess, K.E., Hofmann-Schielle, C., 1999. Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. III. Forest Ecol. Manag. 121, 85–99.
- Justyák, J., 1965: Terepklimamérések a tokaji Nagy-Kopasz déli. Acta Geographica Universitatis Debreceniensis 10/3, 25-37.
- Justyák, J. 1981 A makro-, mezo- és mikroklíma néhány jellemzője Tokaj-Hegyalján. In: Geoökológiai viszonyok néhány jellemzője Tokajhegyalján. Bp. 13-47.
- Justyák, J, Tar, K. 1974a Investigation on the Ratio of Direct and Global Radiation Amounts. Part I.: Radiation-Ratio on a Horizontal Surface and on a Southern Slope. Acta Geographica Debrecina XII.. 127-148.
- Justyák, J, Tar, K. 1974b Investigation on the Ratio of Direct and Global Radiation Amounts. Part II.: Radiation Received by the Western and Eastern Slopes and by the horizontal Surface. Acta Geographica Debrecina XIII.. 125-137.
- Kalinina, O, Goryachkin SV, Karavaeva N A, Lyuri D I, Najdenko L, Giani L 2009 Self restoration of post-agrogenic sandy soils in the southern taiga of Russia: Soil development, nutrient status, and carbon dynamics. Geoderma 152: 35-42
- Kalinina, O., Krause, S.-E., Goryachkin, S.V., Karavaeva, N.A., Lyuri, D.I., Giani, L. 2011 Selfrestoration of post-agrogenic chernozems of Russia: soil development, carbon stocks, and dynamics of carbon pools. Geoderma 162, 196–206.
- Kanianska, R., Kizeková, M., Nováček, J., Zeman, M.. 2014 Land-use and land-cover changes in rural areas during different political systems: A case study of Slovakia from 1782 to 2006, Land Use Policy 36 (2014) pp. 554– 566
- Karan, P.P., Jenkins, W. M. Jr. 1961 Population, land utilization and possible expansion of cultivated area in Nepal, Pacific Viewpoint, 2: 41-58.
- Karancsi, Z. 2001 A Medves-térség természeti környezetét befolyásoló antropogén hatások értékelése. Magyar földrajzi konferencia, Szeged 2001. október 25-27.
- Karancsi, Z. 2006 Az erdőirtás geomorfológiai hatásai (In: Szabó és Dávid 2006 szerk. Antropogén geomorfológia) Kossuth Egyetemi Kiadó Debrecen 105-123.
- Karátson, D., 2006. Aspects of Quaternary relief evolution of Miocene volcanic areas in Hungary: A review Acta Geol. Hung., 49, 285–309.
- Karancsi, Z., Horváth, G., Sütő, L., Csüllöng, G. 2015 Anthropogenic Geomorphosites in the Karancs–Medves Region. In: Lóczy 2015 Landscapes and Landforms of Hungary Part of the series World Geomorphological Landscapes pp 139-147

- Karancsi, Z., Mucsi, L. 1997 Human impact on the Medves region, N-Hungary. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 8. 247-253.
- Karátson, D., 2007 A Börzsönytől a Hargitáig vulkanológia, felszínfejlődés, ősföldrajz. Typotex, Budapest 1-462.
- Karátson, D., Tímár, G. 2004 Az Eperjes-Tokaji és a Kelemen-Görgényi –Hargita vulkáni vonulat összehasonlító térfogatszámítása SRTM-adatok alapján: vulkanológiai és felszínfejlődési következtetések. – In: A földrajz eredményei az új évezred küszöbén. A II. Magyar Földrajzi Konferencia tudományos közleményei CD-ROM kiadvány.
- Keleti, K. 1875 Szőlészeti statisztika, Országos Magyar Királyi Statisztikai Hivatal, Budapest
- Kerényi, A. 1983 A szőlőtelepítés előtti tereprendezés és rigolszántás hatása a talajpusztulásra Tokaj-Hegyalja területén. *Agrokémia és Talajtan*, 32: 354-357.
- Kerényi, A. 1991. Talajerózió Térképezés, laboratóriumi és szabadföldi kísérletek. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Kerényi, A. 1994 Loess erosion on the Tokaj Big Hill. *Quaternary International* 24. Elsevier Sc. 47-52.
- Kerényi, A. 1995 Általános környezetvédelem. Szeged: Mozaik Oktatási Stúdió. 383 p.
- Kerényi, A. 2006a., Az ember beavatkozása a természetföldrajzi környezetbe és annak geomorfológiai következményei – rendszerszemléletű áttekintés - . In: Szabó és Dávid 2006 szerk. *Antropogén geomorfológia*) Kossuth Egyetemi Kiadó Debrecen 19-30
- Kerényi, A. 2006b. Az areális és lineáris erózió mennyiségi értékelése bodrogkeresztúri mérések alapján; In Csorba P. szerk.: *Tiszteletkötet Martonné dr Erdős Katalin 60. születésnapjára*, Debreceni Egyetem, Debrecen, pp. 67-77.
- Kerényi, A., Kocsisné Hodosi, E. 1990 Lösspusztulási formák és folamatok kvantitatív vizsgálata szőlőterületen. *Földr. Ért.* 39. 29-55.
- Kertész, Á. 1984 The role of deep-cut tracks in linear erosion. *Geographical essays in Hungary Contribution to the International Geographical Congress Paris* pp. 47-54.
- Kézdi, Á. 1969 *Handbuch des Bodenmechanik- Band I. Bodenphysik*, VEB Verlag für Bauwesen Berlin, Verlag der Ungaischen Akademie der Wissenschaften, Budapest. 1969
- Király, G., Molnár Zs., Bölöni J., Csiky J., Vojtkó A. (szerk.) 2008. Magyarország földrajzi kistájainak növényzete. MTA ÖBKI, Vácrátót, 248.
- Kiss, A., Barta K., Sümeghy Z., Czinege A. 2005 Historical land use and anthropogenic features: A case study from Nagymaros. *Acta Climatologica et Chorologica Universitatis Szegediensis* 38-39 (2005):.111-124.
- Kiss, T., Fiala, K., Sipos, Gy. 2008: Alterations of channel parameters in response to river regulation works since 1840 on the Lower Tisza River (Hungary), *Geomorphology* 98. 1-2., 96-110.
- Kiss, J., Á. Gulyás 1998: Jelentés a Légigeofizikai és Távérzékelési Laboratórium 1998. évi feladatairól, Manuscript, ELGI archive
- Kiss, T., Nyári, D., Sipos, Gy. 2006 Homokmozgások vizsgálata a történelmi időkben Csengele területén – In: Kiss, A. – Mezősi, G. – Sümeghy, Z. (szerk.): *Táj, környezet és társadalom, Ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére*, SZTE, Szeged, 373-382.
- Knops, JM, Tilman D 2000 Dynamics of soil nitrogen and carbon accumulation for 61 years after agricultural abandonment. *Ecology* 81: 88-98
- Kopsidis, M. 2008 Agricultural development and impeded growth: the case of Hungary, 1870-1973, in: Lains, P., Pinilla, V. (eds.): *Agriculture and Economic Development*

- in Europe since 1870, *Routledge Explorations in Economic History*, (Band-Nr. 39), 286-310.
- Kosmas, C., Danalatos, N., Cammeraat, L.H., Chabart, M., Diamantopoulos, J., Farand, R., Gutierrez, L., Jacob, A., Marques, H., Martinez-Fernandez, J., Mizara, A., Moustakas, N., Nicolau, J.M., Oliveros, C., Pinna, G., Puddu, R., Puigdefabregas, J., Roxo, M., Simao, A., Stamou, G., Tomasi, N., Usai, D., Vacca, A., 1997. The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions. *Catena* 29, 45–59.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F. 2006. World Map of Köppen-Geiger Climate Classification updated. *Meteorol. Z.*, 15, 259–263.
- Koulouri, M., Giourga, Chr. 2007 Land abandonment and slope gradient as key factors of soil erosion in Mediterranean terraced lands. *Catena* 69 (3): 274-281.
- Kozak, J., 2008 Land use change in the Northern Carpathians. In: Jandl, R.R., Borsdorf, A., van Miegroet, H., Lackner, R., Psenner, R. (Eds.), *Global Change and Sustainable Development in Mountain Regions. Proceedings of the COST Strategic Workshop*. Innsbruck University Press, Innsbruck.. 93-96
- Kozák, M., Puskás-Högyes, I., Rózsa, P. 1980: A Tokaji Nagyhegy közeteinek genetikai és közetfizikai vizsgálata. *Épít anyag*, 32, 444–448
- Kozák, M., Püspöki Z., McIntosh R., 2001 Structural development outline of the mountains reflecting recent regional studies., *Acta Geogr. Geol. et Meteor. Debrecina* 80, p. 135-175.
- Kozák, M., Rózsa, P. 1982: A Tokaji-Nagyhegy földtani fejlődéstörténete és morfogenetikai vázlata. *Acta Geographica ac Geologica et Meteorologica Debrecina*, 20,167–190
- Köthe, R., Gehrt, E., Böhner, J. 1996. Automatische Reliefanalyse für geowissenschaftliche Anwendungen— derzeitiger Stand und Weiterentwicklungen des Programms SARA. *Arbeitshefte Geol.* 1, 31–37.
- Kuemmerle, T., Hostert, P., Radeloff, V.C., van der Linden, S., Perzanowski, K., Kruhlov, I., 2008 Cross-border comparison of post-socialist farm land abandonment in the Carpathians. *Ecosystems* 11., 614–628
- Langohr, R., Sanders, J., 1985. The Belgium Loess belt in the last 20,000 years: evolution of soils and relief in the Zonien Forest. In: Boardman, J. (Ed.), *Soils and Quaternary Landscape Evolution*. Wiley, Chichester, UK, pp. 359– 371.
- Lasanta, T, Arnaez J, Oserin M, Ortigosa LM. 2001. Marginal lands and erosion in terraced fields in the Mediterranean mountains. *Mountain Research and Development* 21, 69-76.
- Lasanta, T, Vicente-Serrano SM, Cuadrat JM. 2005. Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: A study of the Spanish Pyrenees. *Applied Geography* 25: 47–65.
- Lasanta, T., González-Hidalgo, J.C., Vicente-Serrano, S., Sferi, E. 2006. Using landscape ecology to evaluate an alternative management scenario in abandoned Mediterranean mountainous areas. *Landscape Urban Planning* 78, 101-114.
- Lasko, T.A., Bhagwat, J.G., Zou, K.H., Ohno-Machado, L. 2005. The use of receiver operating characteristic curves in biomedical informatics. *J. Biomed. Inform.* 38, 404–415.
- Leesch, J.P., Cammeraat, L.H., Kooijman, A.M., van Wesemael, B. 2008a Development of spatial heterogeneity in vegetation and soil properties after land abandonment in a semi-arid ecosystem. *J. Arid Environ.* 72 (11), 2082–2092.

- Lesschen, JP., Cammeraat LH, Nieman T. 2008b Erosion and terrace failure due to agricultural land abandonment in a semi-arid environment. *Earth Surf. Process. Landforms* 33: 1574–1584.
- Lieskovsky, J., Kanka, R., Bezák, P., Stefunková, D., Petrovic, F., Dobrovodská, M. 2013 Driving forces behind vineyard abandonment in Slovakia following the move to a market-oriented economy, *Land Use Policy* 32 (2013) 356– 365
- Louis, H., Fischer, K 1979 *Allgemeine Geomorphologie*. – Berlin : New York. – 814 p.
- Łowicki, D., 2008 Land use changes in Poland during transformation: Case study of Wielkopolska region, *Landscape and Urban Planning* Volume 87, Issue 4., 279–288
- Lóczy, D., Kis, É., Schweitzer, F. 2009: Local flood hazards assessed from channel morphometry along the Tisza River in Hungary, *Geomorphology* 113, 3-4., 200-209.
- Lóczy, D., Nyizsalovszki, R. 2005 Borvidékeink földhasználat-változásainak tájökölógiai értékelése (Landscape ecological evaluation of the changes in land-use in Hungary's wine regions), *Tájökol. Lapok* 3. 2., 243–252.
- Lóczy, D, Sütő, L. 2011 Human Activity and Geomorphology. In: Gregory, K.J. & Goudie, A.S. 2011 *The SAGE Handbook of Geomorphology*, 267-285.
- Lóczy, D., Veress M. (szerk.) 2005. *Geomorfológia I. Földfelszíni folyamatok és formák. Dialóg Campus Kiadó Budapest-Pécs*. 28-33.
- Lóki, J. 2006 A szántóföldi művelés és a kertgazdálkodás geomorfológiája. (In: Szabó és Dávid 2006 szerk. *Antropogén geomorfológia*) Kossuth Egyetemi Kiadó Debrecen 64-77.
- Lóki, J., Buró, B., Négyesi, G., Tóth, Cs. 2013 Antropogén felszínalakítás a nyírségi hordalékkúpon. In: *Kárpát-medence: természet, társadalom, gazdaság Földrajzi tanulmányok / szerk. Frisnyák Sándor, Gál András, Bocskai István Gimnázium ; Nyíregyháza : Nyíregyházi Főiskola Turizmus és Földrajztudományi Intézete, Szerencs, 35-50, 2013.*
- Luda, Sz., Váradi Zs. (szerk) 2016 *A Tokaji borvidék helyzetértékelése. Tokaj Borvidék Fejlesztési Tanács. Tokaj Borvidék Fejlesztéséért Nonprofit Kft. (megjelenés alatt)*
- MacDonald, D., Crabtree, J.R., Wiesinger, G., Dax, T., Stamou, N., Fleury, P., Gutierrez Lazpita, J., Gibon, A., 2000 Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: environmental consequences and policy response. *Journal of Environmental Management* 59, 47–69.
- Marsh, G.P. 1867: *Man and nature – or physical geography modified by human action*, C. Scribner & co., New York, 128-329., 451-516.
- Martinez-Casasnovas, J.A., 2003. A spatial information technology approach for the mapping and quantification of gully erosion. *Catena* 50, 293– 308.
- Martínez-Casasnovas, J., Ramos, M., Ribes-Dasi, M., 2002. Soil erosion caused by extreme rainfall events: mapping and quantification in agricultural plots from very detailed digital elevation models. *Geoderma* 105, 125–140.
- Martonné Erdős, K. 1981 A bodrogkeresztúri katlan talajeróziójának formái és területi elterjedése. (In: Puztai B. *Geoökológiai viszonyok néhány sajátossága Tokajhegyalján*) B.A.Z. Megyei Tanács, 98-115.
- Mather, A.S., 2002. The reversal of land-use trends: the beginning of the reforestation of Europe. In: Bicik, I., et al. (Eds.), *Land Use/Land Cover Changes in the Period of Globalisation. Proceedings of the IGU-LUCC International Conference*. Prague, 44–57.
- Matheus, M., 1997 'Der Weinbau zwischen Maas und Rhein: Grundlagen, Konstanten und Wandlungen', in *Weinbau zwischen Maas und Rhein in der Antike und im Mittelalter*, ed. M. Matheus & L. Clemens (Mainz), pp. 503-32.

- Mathew, J., Jha, V.K., Rawat, G.S. 2009 Landslide susceptibility zonation mapping and its validation in part of Garhwal Lesser Himalaya, India, using binary logistic regression analysis and receiver operating characteristic curve method. *Landslides* 6, 17–26
- McCombie, P. F., Mundell, C., Heath, A., Walker, P., Drystone retaining walls: Ductile engineering structures with tensile strength, *Engineering Structures* 45 (2012) 238–243
- McLauchlan, K.K., Hobbie, S.E., Post, W. 2006. Conversion from agriculture to grassland builds soil organic matter on decadal time scales. *Ecol. Appl.* 16 (1), 143–153.
- Mensah, F., Schoenau, J.J., Malhi, S.S., 2003. Soil carbon changes in cultivated and excavated land converted to grasses in east-central Saskatchewan. *Biogeochemistry* 63, 85–92.
- Meyer, A., Martínez-Casasnovas, J.A., 1999 Prediction of existing gully erosion in vineyard parcels of the NE Spain: a logistic modelling approach. *Soil Tillage Res.* 50, 319–331.
- Molnár, J. L. 2006 Városszéli bevásárlóközpontok tájfomáló hatása. A II. Magyar Tájökológiai Konferencia, Debrecen, Abstract kötet. 136 p.
- Molnár, G., Tímár, G., Biszak, E. 2014 Can the First Military Survey maps of the Habsburg Empire (1763-1790) be georeferenced by an accuracy of 200 meters? 9th International Workshop on Digital Approaches to Cartographic Heritage. Budapest, 2014. szeptember 4-5.
- Moore, I.D., Grayson, R.B., Ladson, A.R. 1991. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrol. Process.* 4, 3–30.
- Moore, I.D., Wilson, J.P. 1992 Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation, *Journal of Soil and Water Cons.*, 47, 423-428.
- Mottet, A, Ladet S, Coqué N, Gibon A. 2006 Agricultural land-use change and its drivers in mountain landscapes: a case study in the Pyrenees. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2006;114 pp. 296–310.
- Módosné Bugyi, I., Csima, P. 2010 Felhagyott és helyreállított külszíni bányák szerepe a tájkarakterbe. Tájökológiai kutatások, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet 171-175.
- Munteanu, C., Kuemmerle, T., Boltziar, M., Butsic, V., Gimmi, U., Halada, L., Kaim, D., Király, G., Konkoly-Gyuró, É., Kozak J., Lieskovsky, J., Mojses, M., Müller, D., Ostafin, K., Ostapowicz, K., Shandra, O., Stychl P., Walker, S., Radeloff, V., C., 2014 Forest and agricultural land change in the Carpathian region - A meta-analysis of long-term patterns and drivers of change, *Land Use Policy* 38. 685-697
- Nachtergaele, J., Poesen, J. 1999 Assessment of soil losses by ephemeral gully erosion using high-altitude (stereo) aerial photographs. *Earth Surface Processes and Landforms* 24, 693–706.
- Nachtergaele, J., Poesen, J., Oostwoud Wijdenes, D., Vandekerckhove L. 2002 Medium-term evolution of a gully developed in a loess-derived soil. *Geomorphology* 46 (2002) 223–239
- Négyesi, G. 2009 Szélerózió-veszélyeztetettséget befolyásoló tényezők vizsgálata alföldi mintaterületeken. Egyetemi doktori (PhD) értekezés. p 159.
- Négyesi, G., Borsos, L., Orosz, I. 2012 A Nyugati- és Délkeleti-Nyírség széleróziós szempontú összehasonlító vizsgálata. In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában III. : Térinformatikai konferencia és szakkiallítás Debrecen 2012 / szerk. Lóki József, Debreceni egyetemi Kiadó, Debrecen, 263-270.

- Nir, D. 1983: Man, a geomorphological agent – An introduction to anthropic Geomorphology, Keter Publishing House, Jerusalem, 3-13.
- Novara, A., Gristina, L., La Mantia, T., Rühl, J., 2013. Soil carbon dynamics during secondary succession in a semi-arid Mediterranean environment. *Geoderma* 193–194, 213–221.
- Novara, A., Gristina, L., Saladino, S.S., Santoro, A., Cerdà, A., 2011. Soil erosion assessment on tillage and alternative soil managements in a Sicilian vineyard. *Soil Tillage Res.* 117, 140–147
- Novák, T. J., Bónis, B., Incze, J. 2014a Támfalas teraszok és talajtani viszonyaik a tokaji Nagy-hegy felhagyott szőlőiben. Szőlő-levél, (A tokaji borvidék szőlészeti és borászati kutatóintézet elektronikus folyóirata), *Tarcal.* 4(9): 2-9.
- Novák, T. J., Incze J., 2012. Kőrákások, kőgátak, támfalak, obalák: a szőlőtermesztés pusztuló emlékei a tokaji Nagy-hegyen. In: Füleky, Gy. (eds): A táj változásai a Kárpát-medencében. Történelmi emlékek a tájban. Balatoni Múzeum, Keszthely, 172-178.
- Novák, T. J., Incze J. 2014. Retaining walls of abandoned vineyard terraces on Tokaj Nagy Hill, *4D Journal of Landscape Architecture And Garden Art, Volume 35*, 20-35
- Novák, T. J., Incze, J., Rózsa, P. 2013 Quantifying anthropogeomorphological transformation by using the concept of “hemeromorphy” a case study from Hungary, In: 8th IAG International Conference on Geomorphology Abstract Book, Paris 2013 p. 466.
- Novák, T. J., Incze, J., Spohn, M., Glina, B., Giani, L. 2014b Soil and vegetation transformation in abandoned vineyards of the Tokaj Nagy-Hill. *Catena* 123: 88-89.
- Novák, T. J., Tóth, Cs. A. 2016 Development of erosional microforms and soils on semi-natural and anthropogenic influenced solonchetic grasslands. *Geomorphology* 254: 121-129
- Nyssen, J., Poesen, J., Moeyersons, J., Luyten, E., Veyret-Picot, M., Deckers, J., Haile, M., Govers, G., 2002. Impact of road building on gully erosion risk: a case study from the northern Ethiopian highlands. *Earth Surface Processes and Landforms, Volume 27, Issue 12*, 1267–1283.
- Nyizsalovszki, R., Fórián, T. 2007 Human impact on the Landscape in the Tokaj Foothill Region, Hungary. *Geogr. Fis. Din. Quat.* 30, 219–224.
- Ordish, G. 1987 *The Great Vine Blight*, Pan Macmillan, 1987.
- Osváth, R., Buday, T. 2006 Geológiai alapú értékvédelem lehetőségei a Tokaji-hegységben. *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis* 30: 369-373.
- Pansu, M., Gautheyrou, J., 2006. Pipette method after Robinson–Köhn or Andreasen. In: Pansu, M., Gautheyrou, J. (Eds.), *Handbook of Soil Analysis: Mineralogical, Organic and Inorganic Methods*. Springer, Verlag Berlin Heidelberg, pp. 35–42.
- Pantó, G. 1966a A Tokaji-Szalánci-hegység és a Zempléni dombvidék földtani megismeréséről. *Földtani Közöny, XCVI. kötet, 2. füzet* pp 143-154.
- Pantó, G. 1966b In Bóczán et al. 1966 M-34-XXXIV. Sátoraljaújhely. *Magyarászó Magyarország 200 000-es földtani térképsorozatához. MÁFI. Budapest*
- Pantó, G. 1968 A Tokaji-hegység és előtere szerkezeti-vulkanológiai kapcsolata — *Magyar Áll. Földt. Int. Évi Jel.* 1966. pp. 215—225.
- Pataki, J. 1960 A mezőgazdálkodás felszínformáló hatása a Szekszárdi- dombvidéken, *Értekezések, MTA Dunántúli Tudományos Intézete*, 55-92.
- Pataki, J. 1961 Az antropogén morfológia és a gyakorlati élet, *Földr. Közl.* 9. 4. 301-306.
- Petit C., Konold W., Höchtl F. 2012 Historic terraced vineyards: impressive witnesses of vernacular architecture. *Landscape History* 33(1): 16-22.

- Pécskay, Z., Balogh, K., Székyné Fux, V., Gyarmati, P. 1987 A Tokaji-hegység miocén vulkánosságának K/Ar geokronológiája. *Földtani KözBny, Butt, of the Hungarian Geol. Soc.* (1987) 117. 237–253
- Pinczés, Z. 1954 A tokaji Nagyhegy lösztakarója – *Földr. Ért.* 3.3. 575-588.
- Pinczés, Z. 1960a. A Zempléni-hegység déli részének természeti földrajza (The physical geography of the southern part of the Zemplén Mountains). – Kandidátusi disszertáció, Debrecen I–II. 264 p.
- Pinczés, Z. 1960b. A tönkösödés kérdése a Zempléni-hegység déli részén (Zur Frage der Rumpfbildung auf der Südseite des „Zempléni“ Gebirges). – *Földr. Ért.* 9. 4. pp. 453–477.
- Pinczés, Z. 1968. Vonalas erózió a Tokaj-hegy löszén. *Földrajzi Közlemények*, 16: 159-171.
- Pinczés, Z. 1969 Tertiary surfaces of the Tokaj (Zemplén) Mts. - *Studia Geomorphol. Carpatho-Balcanica* 3.. 3-14.
- Pinczés, Z. 1989 Geomorfológiai adottságok és értékek – Zempléni Tájvédelmi Körzet és térsége. Regionális és tájvédelmi terv – Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Tájrendezési Tanszék Bp. 8-11.
- Pinczés, Z. 1995 A Tokaji-hegység krioplanációs hegyláb felszíneinek kialakulása és típusai. *Földrajzi Ért.* 44. 3-4, 205-216.
- Pinczés, Z. 1998 A Tokaji-hegység geomorfológiai nagyformái. – *Földr. Ért.* 47. 3-4., 379-393.
- Pinczés, Z. 2005 A Tokaji-hegység kistájai, *Földrajzi Értesítő* 2005. LIV. évf. 3-4. füzet, pp 209-241
- Pinczés Z., Boros L. 1967 Eróziós vizsgálatok a Tokaji-hegy szőlőterületein. *Acta Geographica Debrecina*, Tom XIII. 308-325
- Pinczés Z., Kerényi, A., Martonné Erdős K. 1978. A talajtakaró pusztulása a Bodrogkeresztúrfélfmedencében – *Földr. Közl.* 26. (102.) pp. 210-236.
- Pinczés Z., Martonné Erdős K. 1983 Untersuchun eines Winterfrostschadens in der Tokajer Weingartend – *Acta Geographica Debrecenina*, XXI, 25-38.
- Pinczés, Z., Marton-Erdős K., Dobos A. 1993 Eltérések és hasonlóságok a hegyláb felszínek felszínfejlődésében. *Földrajzi Közlemények*. 41. (117.) 3. 149-162.
- Poeplau, C., Don, A., Vesterdal, L., Leifeld, J., Van Wesemael, B., Schumacher, J., Gensior, A., 2011 Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone—carbon response functions as a model approach. *Global Change Biol.* 17, 2415–2427.
- Poesen, J., 1993 Gully typology and gully control measures in the European loess belt. In: Wicherek, S. (Ed.), *Farm Land Erosion in Temperate Plains Environment and Hills*. Elsevier, Amsterdam, pp. 221– 239.
- Poesen, J., Hooke, J.M., 1997. Erosion, flooding and channel management in Mediterranean Environments of southern Europe. *Progress in Physical Geography* 21 (2), 157–199.
- Poesen, J, Nachtergaele, J, Verstraeten, G, Valentin, C 2003 Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena* 50 (2–4):91–133
- Poesen, J., Vandaele, K., van Wesemael, B., 1998. Gully erosion: importance and model implications. In: Boardman, J., Favis-Mortlock, D.T. (Eds.), *Modelling Soil Erosion by Water* Springer-Verlag, Berlin NATO-ASI Series, I-55:285-311.
- Ponomareva, V.V., Plotnikova, T.A., 1980. *Gumus i Pochvoobrazovanie (Humus and Pedogenesis)*. Nauka, Leningrad, pp. 65–74.
- Poschlod, P, Bakker, JP, Kahmen, S. 2005 Changing land use and its impact on biodiversity. *Basic and Applied Ecology* 2005;6. 93–98.

- Post, W.M., Kwon, K.C., 2000 Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biol.* 6, 317–327.
- Prosser, I.P., Winchester, S.J. 1996 History and processes of gully initiation and development in eastern Australia. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F. Supplementband* 105, 91–109.
- Ramos, B., Panagopoulos, T., 2004. The use of GIS in visual landscape management and visual impact assessment of a quarry in Portugal. In: *Proceedings of the 8th International conference on Environment and Mineral Processing, Ostrava, Czech Republic, June 24–26, 2004*, pp. 73–78
- Rasmussen, T. F. 1960 Population and land utilization in the Assam Valley, *The Journal of Tropical Geography*, 14: 51-76.
- Reclus, É. 1871: *The Earth, A Descriptive History of the Phenomena of the Life of the Globe*, Harper and Brothers, 574.
- Reksohadiprodjo, I., Hadisaputro, I. S. 1960 Trends 'in population change and food (paddy) production, *Indonesian Journal of Geography*, September: 15-20.
- 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)*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, No. 703, p. 404
- Renwick, A., Jansson, T., Verburg, P.H., Revoredo-Giha, C., Britz, W., Gocht, A., McCracken, D., 2013 Policy reform and agricultural land abandonment in the EU. *Land Use Policy* 30, 446–457.
- Rey Benayas, J.M., Martins, A., Nicolau, J.M., Schulz, J.J., 2007 Abandonment of agricultural land: an overview of drivers and consequences. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 2, 57.
- Riley, C.V. 1874 The grape phylloxera, *Phylloxera vastatrix* Planchon. In 6th Annual Report of Noxious, Beneficial, and Other Insects of the State of Missouri. 30–65. 9th Annual Report State Board Agriculture. E. Kirby, State of Missouri, Jefferson City, MO, USA
- Roura-Pascual, N, Pons, P, Etienne, M, Lambert, B. 2005. Transformation of a rural landscape in the Eastern Pyrenees between 1953 and 2000. *Mountain Research and Development* 25: 252–261.
- Rózsa, P. 2004 *Város és környezet*, Debrecen. 201 p.
- Rózsa, P. 2006 Az ember felszínformáló tevékenységének mennyiségi és minőségi értékelése – antropogén geomorfológiai szintézis -. (In: Szabó és Dávid 2006 szerk. *Antropogén geomorfológia*) Kossuth Egyetemi Kiadó Debrecen 291-313.
- Rózsa, P. 2007 Attempts at qualitative and quantitative assessment of human impact on the landscape. – *Geogr. Fiz. Dinam. Quat.* 30: 233–238.
- Rózsa, P., Kozák, M. 1982: A tokaji-nagyhegyi dacittípusok közettani viszonyai. *Acta Geographica ac Geologica et Meteorologica Debrecina*, 20, 191–215
- Rózsa, P., Novák, T. 2011a Mapping anthropic geomorphological sensitivity on a global scale. *Zeitschrift für Geomorphologie, Borntraeger, Berlin-Stuttgart*, 55 (1): 109–117.
- Rózsa, P., Novák T. 2011b Anthropogeomorphological Landscape Transformation of the Tokaj Nagy-Hill – a case study for quantifying the process, In: Hradecký, J. – Šilhán, K. (eds.)(2011): *Carpatho-Balkan-Dinaric Conference on Geomorphology, Book of Abstracts, ISBN 978-80-7368-444-0, Ostravice (Czech Republic)*, 51-52.

- Ruecker, G., Schad, P., Alcubilla, M. M., Ferrer, C. 1998 Natural regeneration of degraded soils and site changes on abandoned agricultural terraces in Mediterranean Spain, *Land Degradation & Abandonment* 9, 179-188
- Rumsey, D., Meredith, W., 2002. Historical maps in GIS. In: Knowlles, A.K. (Ed.), *Past Time, Past Place: GIS for History*. ESRI Press, San Diego, p. 202.
- Salamín, P. 1966 *Vízrendezések*. Institute for engineer further training publication M 166. Tankönyvkiadó, Budapest, 283 p
- Sallay, Á., Jombach, S., Filepne Kovacs, K., 2012 Landscape changes and function lost landscape values, *Applied Ecology and Environmental Research*, 10, 2., 157-172.
- Sárospataky, M. 1789. *Rátka és Tállya egy része*, Magyar Országos Levéltár, Térképtár, S 57 No 0006, 48 x 32 cm [1:3600] 100 [öl = 52 mm]
- Schmid, T., Partner, 2004. Sanierungskonzept Weinbergmauern Roßwager Halde (Vaihingen/Enz- Roßwag). 1-47.
- Schmitt, A., Dotterweich, M., Schmidtchen, G., Bork H-R., 2003 Vineyards, hopgardens and recent afforestation: effects of late Holocene land use change on soil erosion in northern Bavaria, Germany. *Catena* 51 (2003) 241– 254
- Schmidtchen, G. and Bork, H.-R. 2003 Changing human impact during the period of agriculture in central Europe: the case study Biesdorfer Kehelen, Brandenburg, Germany. In Lang, A., Hennrich, K. and Dikau, R., editors, *Long term hillslope and fluvial modelling*. Lecture Notes in Earth Science 101. Berlin, Heidelberg: Springer, 183-200.
- Schönberger, P.J, Wysocki D.A. 2012 Geomorphic description system, version 4.2. NaturalResources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE
- Sendtko, A., 1997. Die Xerothermvegetation brachgefallener Rebflächen im Raum Tokaj (Nordost-Ungarn)—pflanzensoziologische und populationsbiologische Untersuchungen zur Sukzession Erlangung der Doktorwürde der Fakultät für Biologie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br. p. 482
- Sendtko, A., 1999. Succession of xerothermic vegetation in abandoned vineyards of the Tokaj region (northeastern Hungary): studies in phytosociology and population biology. *Phytocoenologia* 29, 345–448.
- Sherlock, R.L. 1922 *Man as a Geological Agent – an Account of his Action on Inanimate Nature*. – Witherby, London, p 372.
- Sherlock, R.L. 1931 *Man's Influence on the Earth*. – Butterworth, London, p 256.
- Simpson, J.W., 1979. Opportunities for visual resource management in the Southern Appalachian Coal Basin. In: Elsner, G.H., Smardon, R.C. (Eds.), *Proceedings of Our National Landscape: A Conference on Applied Techniques for Analysis and Management of the Visual Resource*. Incline Village, Nevada, pp. 328–334.
- Soil Science Society of America, 2001. *Glossary of Soil Science Terms*. Soil Science Society of America, Madison, WI, <http://www.soils.org/sssagloss>
- Soós, G. 2012 *Borkereskedelem és logisztika*, Eszterházy Károly Főiskola, Eger, p 97
- Spencer, J. E., Hale, G. A. 1961 The origin, nature and distribution of agricultural terracing, Pacific viewpoint, 2. 1-40
- Spohn, M., Novák, T.J., Incze, J., Giani, L. 2015. Dynamics of soil carbon, nitrogen, and phosphorus in calcareous soils after land-use abandonment – A chronosequence study. *Plant and Soil*. 401(1):185–196. (doi: 10.1007/s11104-015-2513-6)
- Stanchi, S., Freppaz, M., Agnelli, A., Reinsch, T., Zanini, E. 2012 Properties, best management practices and conservation of terraced soils in Southern Europe (from Mediterranean areas to the Alps): A review. *Quaternary International* 265: 90–100.
- Stankoviansky, M. 2003 Historical evolution of permanent gullies in the Myjava Hill Land, Slovakia. *Catena* 51 (2003) 223– 239

- Stefanovits, P., Filep, Gy., Füleky, Gy., 1999. Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 435-437.
- Stevenson, I. 1980 The diffusion of disaster: The phylloxera outbreak in the département of the Hérault, 1862–1880, *Journal of Historical Geography* (1980) Volume 6, Issue 1, 47-63.
- Sümegei, P. 1995. Quartermalacological analysis of Late Pleistocene loess sediments of the Great Hungarian Plain. *Malacological Newsletter* 1, 79, 111.
- Sümegei, P., Hertelendi, E. 1998. Reconstruction of microenvironmental changes in the Kopasz Hill loess area at Tokaj (Hungary) between 15 and 70 ka BP. *Radiocarbon* 40 (2), 855-863.
- Sümegei, P., Rudner, E.Z. 2001. Recurring Taiga forest-steppe habitats in the Carpathian Basin in the Upper Weichselian. *Quaternary International* 76-77, 177-189.
- Sütő, L. 2006 Az energiahordozók bányászatának geomorfológiai problémái. (In: Szabó és Dávid 2006 szerk. *Antropogén geomorfológia*) Kossuth Egyetemi Kiadó Debrecen 144-167.
- Sütő, L., Dobány, Z., Novák, T. J., Incze, J., Rózsa, P. 2014 Antropogén tájak összehasonlító elemzése – esettanulmányok Borsod-Abaúj-Zemplén megyéből. *Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek XI. évf. 2. sz.* 45-52.
- Svobodova, K., Sklenicka, P., Molnarova, K., Salek, M. 2012 Visual preferences for physical attributes of mining and post-mining landscapes with respect to the sociodemographic characteristics of respondents. *Ecological Engineering* 43 (2012) 34–44.
- Szabó, J. 1867 Tokaj-Hegyalja és környékének földtani viszonyai – *Mathematikai és Természettudományi Közlemények*, 4, pp. 226–303.
- Szabó, J. 1993 A társadalom hatása a földfelszínre, In: Borzy (szerk) *Általános természetföldrajz*, Nemzeti Tankönyvkiadó, 500-518.
- Szabó, J. 2006 Az antropogén geomorfológia tárgya és rendszere. (In: Szabó és Dávid 2006 szerk. *Antropogén geomorfológia*) Kossuth Egyetemi Kiadó Debrecen 7-13.
- Szabó, Sz.; Bertalan, L., Kerekes, Á., Novák, T. J. 2015 Possibilities of land use change analysis in a mountainous rural area: a methodological approach, *International Journal of Geographical Information Science* 30(4):708-726
- Szabó, Sz.; Bertalan, L., Varga, O. Gy, Novák, T. J., 2016 A számszerűsített felszínborítás-változás módszertani kérdései., *Magyar Földrajzi Napok, Absztrakt Kötet.* pp. 105-106
- Szepesi, J. 2009 A savanyú vulkanizmus fáciestani vizsgálata ÉK-Magyarországon. PhD doktori értekezés, Debrecen. pp 68-113
- Szepesi, J., Harangi Sz., Ésik Z. , Novák J. T., Lukács R., Soós I. 2016. Volcanic Geoheritage and Geotourism Perspectives in Hungary: a Case of an UNESCO World Heritage Site, Tokaj Wine Region Historic Cultural Landscape, Hungary. *Geoheritage*, pp. 1-21.
- Szilassi, P. 2000. Land use changes on the hillslope of the Fekete-hill (Káli-basin) between 1958-1993. *Acta Universitatis Szegediensis Acta Geographica* 37. pp. 93-98.
- Szilassi P. 2003. A területhasználatban végbement változások okainak és következményeinek vizsgálata a Káli-medence példáján. *Földrajzi Értesítő* 50/2/3-4. pp. 189-214.
- Szilassi, P., Jordan, Gy., van Rompaey, A., Csillag, G., 2006. Impacts of historical land use changes on erosion and agricultural soil properties in the Káli Basin at Lake Balaton, Hungary. *Catena* 68, 96-108.
- Szlabóczky, P. 2006 Természeti értékek a Tokaj-Zempléni-hegység felhagyott kőbányáiban. *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis* 30: 391–397

- Szlávik, L., 2000. Az Alföld árvízi veszélyeztetettsége In: Pálfi, I. (szerk.), A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. Nagyalföld Alapítvány, Békéscsaba, pp. 64–85.
- Taillefumier, F, Piégay, H. 2003. Contemporary land use changes in Prealpine Mediterranean mountains: A multivariate GIS-based approach applied to two municipalities in the Southern French Prealps. *Catena* 51: 267–296
- Tamás, E. 2012 Tokaj-Hegyalja népessége (1784/87-2001). In: Frisnyák-Gál (Ed) Tokaj-hegyaljai borvidék. Hazánk első történeti tája pp. 207-224.
- Telbisz, T., Székely, B., Tímár, G. 2013 Digitális Terepmodellek – Adat, látvány, elemzés. Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Földrajz- és Földtudományi Intézet, Természetföldrajzi Tanszék, Budapest, p. 80.
- Tímár, G., Biszak, S., Székely, B., Molnár, G. 2010 Digitized Maps of the Habsburg Military Surveys – Overview of the Project of ARCANUM Ltd. (Hungary) In Jobst, M. 2010 (ed) Preservation in Digital Cartography, 273-283
- Tomaz, C., Alegria, C., Monteiro, J. M., Teixeira M. C. 2013 Land cover change and afforestation of marginal and abandoned agricultural land: A 10 year analysis in a Mediterranean region, *Forest Ecology and Management* Volume 308, pp. 40–49
- Tortora, A., Statuto, D., Picuno, P. 2015 Rural landscape planning through spatial modelling and image processing of historical maps. *Land Use Policy* 42 (2015) 71–82
- Townson, R. 1797 Travels in Hungary with a short account of Vienna in the year 1793. – London. pp 261-303
- Tóth, Cs. A. 2003 A Hortobágy negyedidőszak végi felszínfejlődésének főbb természeti és antropogén vonásai. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem, Debrecen. 108-143.
- Tóth, Cs. A. 2006 A legelő és gyepterületek antropogén geomorfológiai problémái. (In: Szabó és Dávid 2006 szerk. Antropogén geomorfológia) Kossuth Egyetemi Kiadó Debrecen 78-89.
- Tóth, Sz., Endrődi, J., Horváth, G. 2014 Cadastral Survey of unique landscape features via the example of Vászoly, Hungary, *Landscape and Environment* 8 (1) 2014., 20-35.
- Treacy, J. M., Denevan, W. M., 1997. The creation of cultivable land through terracing, in *The Archaeology of Garden and Field*, ed. N. F. Miller & K. L. Gleason, pp. 91-110
- Vandaele, K., Poesen, J., 1995. Spatial and temporal patterns of soil erosion rates in an agricultural catchment, central Belgium. *Catena* 25, 226– 313.
- Vanwallegem, T., Eeckhaut Van Den, M., Poesen, J., Deckers, J., Nachtergaele, J., Oost Van, K., Slenters, C. 2003 Characteristics and controlling factors of old gullies under forest in a temperate humid climate: a case study from the Meerdaal Forest (Central Belgium). *Geomorphology* 1333. 1-15.
- Varga, Zs. 2009 The Agrarian Elite in Hungary before and after the Political Transition. In: *European Economic Elites Between a New Spirit of Capitalism and the Erosion of State Socialism*. (Eds.: Christoph Boyer, Friderike Sattler) Berlin, Duncker & Humblot, 2009.. 221-250.
- Varga, Zs 2010 The Post-Socialist Transformation of Land-Ownership Relations in Hungary. In: *Contexts of Property in Europe. The Social Embeddedness of Property Rights in Land in Historical Perspective*. (Eds.: Rosa Congost, Rui Santos). Turnhut: Brepols, 2010.. 267-285.
- Verheijen, F.G.A.; Jones, R.J.A.; Rickson, R.J.; Smith, C.J. 2009. Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe, *Earth Science Reviews*, 94 (1-4): 23-38.
- Villemus, B., 2004. Etude des murs de soutènement en maçonnerie de pierres sèches (unpubl Univ Lyon Ph.D.thesis).

- Walker, P.J., Morel, J.C., Villemus, B. 2000 Outline of drystone retaining wall construction in Britain and France, 12th Int. Brick/Block Masonry Conf., Madrid, 2000, pp. 1910-1927
- Waters, R. F. 1960 The nature of shifting cultivation: a review of recent research, Pacific Viewpoint, I: 59-99.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D. 1978 Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning, Agriculture Handbook No. 537, US Department of Agriculture, Washington, 58.
- Yimer, F., Ledin, S., Abdelkadir, A.(2006) Soil organic carbon and total nitrogen stocks as affected by topographic aspect and vegetation in the Bale Mountains, Ethiopia, Geoderma 135 (2006) 335–344
- Zámbó, L. 1971. Study of some development factors of antropogenically preformed loess gullies. - Acta Geographica Debrecina Tomus X. Debrecen, pp. 113—116.
- Zelenka, T. 1964 A "Szerencsi-öböl" szarmata tufaszintjei és fáciesei –Földtani Közlemény 94.
- Zelenka, T. 2000: A Tokaji-hegység vulkáni szerkezeteinek távérzékeléses (űr- és légifotó) vizsgálatai – Földtani Kutatás, 37/4, pp. 13–17.
- Zelenka T., Gyarnati P., Kiss, J. 2012. Paleovolcanic reconstruction in the Tokaj Mountains Cent. Eur. Geol., 2012 55, 49-84.
- Zelenka, T., P. Gyarmati, J. Kiss, L. Vértesy, I. Horváth, Z. Pécskay, E. Szalay 2007: A Tokaji-hegység paleovulkáni rekonstrukciója – Manuscript (MTA Geochemistry Committee Report), 55 p

Internetes hivatkozások

www.fentrol.hu

Felhasznált jogszabályok

6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet

Térképi hivatkozások

- [1] Első Katonai Felmérés: Magyar Királyság - Georeferált változat, 1:28.800, Arcanum Adatbázis Kft. Budapest, ISBN: 963 9374 95 4
- [2] Második Katonai Felmérés: Magyar Királyság és a Temesi Bánság - Georeferált változat, 1:28.800. Arcanum Adatbázis Kft., Budapes. ISBN: 963 7374 21 3
- [3] Harmadik Katonai Felmérés, a Magyar Szent Korona Országai, 1:25.000, georeferált változat. Arcanum Adatbázis Kft., Budapest. ISBN: 978-963-7374-54-8
- [4] Magyarország topográfiai térképei a második világháború időszakából (1940-1944), HM- Hadtörténeti Intézet és Múzeum Térképtár, In: Timár G., Molnár G., Székely B., Biszak S., Jankó A.: Magyarország Topográfiai Térképei a Második Világháború időszakából. Arcanum Adatbázis Kft., HM-HIM, HM-GEOSZ, Budapest, ISBN 978-981 963-7374-71-5
- [5] Magyarország topográfiai térképe (1969), 1:25000 Kartográfiai Vállalat, Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal, Budapest.
- [6] Magyarország topográfiai térképe EOTR vetületi rendszerben (1985-89), 1:10000 Kartográfiai Vállalat, Budapest
- [7] Google Earth műholdfelvétel, QGIS beépített OpenLayers plugin modulja

Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet szeretném kifejezni témavezetőmnek Dr. Novák Tibor Józsefnek, akitől szakmailag és emberileg is sokat tanultam, és aki a doktori kutatásomat a kezdetektől fogva egyengette és támogatta.

Köszönöm Dr. Rózsa Péter tanár úrnak, aki témavezetőmmel karöltve megalapozta kutatási témámat és támogatta kutatásomat.

Köszönöm édesapámnak, akinek a támogatása és segítsége nélkül nem tudtam volna befejezni a szőlőteraszok felmérését.

Köszönöm Kiss Emőkének, Kistamás Patrícianak, Fejes Istvánnak és a terepgyakorlatokon részt vett hallgatóknak a szőlőteraszok felmérésében és a talajszelvények feltárásában nyújtott segítségüket.

Szeretném megköszönni Sósne Mező Krisztinának, Grenczerné Tóth Csillának és Dr. Kamber Waffiné Bakó Valériának a talajminták laboratóriumi feldolgozásában nyújtott segítségüket.

Köszönöm az oldenburgi Carl von Ossietzky Universitát oktatóinak, kutatóinak és munkatársainak a talajminták feldolgozása során nyújtott segítségüket.

Köszönöm az Università degli Studi di Palermo kutatóinak az eróziótérképezésben nyújtott segítségüket.

Köszönöm Bertalan Lászlónak, Sándor Gábornak és Dr. Türk Gábornak a kutatásom során nyújtott segítségüket.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm édesanyámnak, feleségemnek, húgomnak és barátaimnak a türelmet és segítséget, amit a kutatás és főként a dolgozat elkészítése során kaptam tőlük.

A terepi kiszállásokhoz szükséges anyagi háttérrel az OTKA – K101787 pályázat biztosította.

A munkálatok részben védett és fokozottan védett területeken zajlottak, amelyekre az Észak-Magyarországi Környezetvédelmi Természetvédelmi, és Vízügyi Felügyelőség 16496-6/2011 számú (2011. okt. 10. Miskolc), valamint a 4779-6/2014 (2014. máj. 27, Miskolc) számú határozatában engedélyezte a belépést és a kutatást.

Az erózióérzékenységi térképezéshez szükséges számítógépes háttér az Emberi Erőforrás Minisztériuma „Nemzeti Fiatal Tehetségekért Ösztöndíj” támogatásával valósult meg az NTP-EFÖ-P-15-0309-A szerződésszámú ösztöndíj szerződés keretei között.

A LiDAR adatokat a Tokaj Kereskedőház Zrt (jelenleg Grand Tokaj Zrt.) és a Debreceni Egyetem Együttműködési megállapodása értelmében használhattam fel a dolgozatomban.

A szerző legfontosabb publikációi

Az értekezés témájában megjelent publikációk

Külföldi, referált folyóiratban megjelent közlemények

Incze, J., Novák, T.J. 2016. Identification of extent, topographic characteristics and land abandonment process of vineyard terraces in the Tokaj-Hegyalja wine region between 1784 and 2010. Journal of Maps, Taylor & Francis. (doi:10.1080/17445647.2016.1195295). Impact factor: 1.435 (Referált, lektorált, nemzetközi)

Novák T. J., **Incze, J.**, Spohn, M., Glina, B., Giani, L. 2014: Soil and vegetation transformation in abandoned vineyards of the Tokaj Nagy-Hill. Catena 123: 88-89. (DOI: 10.1016/j.catena.2014.07.017). Impact faktor: 2,82 (Referált, lektorált, nemzetközi)

Sütő, L., Dobány, Z., Novák, T. J., Adorján, B., **Incze, J.**, Rózsa, P. 2017. Long-term changes of land use/land cover pattern in human transformed microregions – case studies from Borsod-Abaúj-Zemplén county, North Hungary, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 2017, Vol. 12, No. 2, p. 473 – 483 Impact factor: 0,7 (Referált, lektorált, nemzetközi)

Közlemények magyar és angol nyelven

Novák T. J., **Incze J.** (2014): A tokaji Nagy-hegy felhagyott szőlőteraszainak támfalai - Retaining walls of abandoned vineyard terraces on Tokaj Nagy Hill. 4D Tájépítészeti és kertművészeti folyóirat – Journal of Landscape Architecture and Garden Art 35. 20-35. (Referált, lektorált hazai idegen/magyar nyelvű)

Közlemények magyar nyelven

Sütő, L., Dobány, Z., Novák T. J., **Incze J.**, Rózsa P. (2014): Antropogén tájak összehasonlító elemzése – esettanulmányok Borsod-Abaúj-Zemplén megyéből. Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek 9 XI: pp. 45-52. (Referált, lektorált hazai)

Novák, T. J. - Bónis, B. - **Incze, J.** (2014): Támfalas teraszok és talajtani viszonyaik a tokaji Nagy-hegy felhagyott szőlőiben. Szőlő-levél, (A tokaji borvidék szőlészeti és borászati kutatóintézet elektronikus folyóirata), Tarcál. 4(9): 2-9. (Referált, lektorált hazai)

Nemzetközi konferencia kiadványokban megjelent idegen nyelvű absztraktok

Novák, T., Spohn, M., **Incze, J.** Giani, L. 2015: Entwicklung der Böden und deren Kohlenstoffvorräte in brachgelegten Weinbergstandorten auf „Tokajer Großer Berg“, Ungarn. Berichte der DGB: <http://www.dbges.de> ID-Code: 1131.

Sütő, L., Dobány, Z., Novák T. J., **Incze J.**, Rózsa P. 2014: Typifying human disturbed landscapes in NE Hungary for landscape planning, IGU Regional Conference, Kraków, Poland, 18-22. August 2014.

Novák T. J., **Incze J.**, Rózsa P. 2013 Quantifying anthropogeomorphological transformation by using the concept of “hemeromorphy” a case study from Hungary In: 8th IAG International Conference on Geomorphology. pp. 466.

Incze J., Novák T. J. 2013: Geomorphological characteristic and significance of dry constructed terrace stone walls on abandoned vine-plantations in Tokaj Big-Hill, Geomorphologia Slovaca et Bohemica, ISSN 1337 - 6799, Association of Slovak Geomorphologists on the SAS, Czech Association of Geomorphologists, Institute of Geography - Slovak Academy of Sciences, Bratislava, 13 (1): 33 p.

Novák, T. J., **Incze J.**, Czene T. 2013: Predictability of erosion gully-development based on relief, geomorphology and land use data, Geomorphologia Slovaca et Bohemica, ISSN 1337 - 6799, Association of Slovak Geomorphologists on the SAS, Czech Association of Geomorphologists, Institute of Geography - Slovak Academy of Sciences, Bratislava, 13 (1): 58 p.

Nemzetközi konferencia kiadványban megjelent magyar nyelvű absztrakt

Incze J., Novák T. J., Rózsa P. 2013: Az antropogén geomorfológiai hatás mértékének jellemzése a tokaji Nagy-hegy példáján In: Wanek F. - Gagy Pálffy A. (szerk.) (2013): XV. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Bistrita: Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, 2013. pp. 201-202.

Hazai konferencia kiadványokban megjelent közlemény

Incze J. -Novák T. 2012 Felhagyott szőlőteraszok állapotának térképezése távérzékelte adatok felhasználásával a tokaji Nagy-hegyen, In: Lóki József (szerk.) 2012: Az elmélet és gyakorlat találkozása a térinformatikában III., Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 466.

Novák T. J.; **Incze J.** 2012: Kőrákások, kőgátak, támfalak, obalák: a szőlőtermesztés pusztuló emlékei a tokaji Nagy-hegyen, In: Füleky György (szerk.) (2012): A táj változásai a Kárpát-medencében. Történelmi emlékek a tájban. IX. Tájérténelmi Konferencia kiadványa (Keszthely, 2012.06.21-2012.06.23.) (ISBN:978-963-06-2214-1) Keszthely, Balatoni Múzeum - Környezetkímélő Agrokémiáért Alapítvány, 2012. pp. 172-178.

Egyéb publikációk

Spohn, M., Novák, T.J., **Incze, J.**, Giani, L. 2015. Dynamics of soil carbon, nitrogen, and phosphorus in calcareous soils after land-use abandonment – A chronosequence study. Plant and Soil. 401(1):185–196. (doi: 10.1007/s11104-015-2513-6) **Impact factor: 3.235 (Referált, lektorált, nemzetközi)**

Novák T. J., Csámer Á., **Incze J.**, Papp I. (2014): Szekunder karbonátok felhalmozódásának genetikája talajképződéssel érintett rétegekben a tokaji Nagyhegyen. In: Cserny T. – Kovács-Pálffy P. – Krivánné Horváth Á. (2014): HUNGEO 2014. Magyar Földtudományi szakemberek XII. világtalálkozója. Magyar felfedezők és kutatók a természeti erőforrások hasznosításáért. Cikkgyűjtemény. Budapest.259-262.

Novák T. J., Csámer Á., **Incze J.**, Papp I., Rózsa Péter (2016): Szekunder karbonátok mennyisége és vertikális eloszlása tokaji talajszelvényekben. Agrokémia és Talajtan, Akadémia Kiadó, Budapest 193-206.

Spohn, M., Novák, T., **Incze, J.**, Giani, L. 2014 Dynamics of soil phosphorus fractions after land-use abandonment in relation to carbon and nitrogen, BIOGEOMON 2014, July 13th – 17th, 2014 University of Bayreuth, Germany

Spohn, M., Novák, T., **Incze, J.**, Giani, L. 2014 Dynamics of soil carbon, nitrogen, and phosphorus and microbial community composition after land-use abandonment5th Phosphorus in Soils and Plants Symposium, 26-29. August 2014, Montpellier, France.