PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
Földtudományok Doktori Iskola

A BORMENNYISÉG ÉS BORMINŐSÉG TÖBBVÁLTOZÓS KAPCSOLATA AZ ÉVJÁRAT FŐ METEOROLÓGIAI JELLEMZŐIVEL TOKAJ-HEGYALJA TÉRSÉGÉBEN

PhD ÉRTEKEZÉS

VITÁNYI BÉLA

PÉCS

2010

„Értünk Kunság mezein
Ért kalászt lengettél,
Tokaj szőlővesszein
Nektárt csepegtettél.”

(Kölcsey Ferenc: Himnusz, részlet)

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK **3**

1. BEVEZETÉS **5**

1.1. TOKAJ-HEGYALJA KÖRÜLHATÁROLÁSA 5
1.2. CÉLKITŰZÉS 8

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS **10**

2.1. BEVEZETŐ A SZŐLŐTERMESZTÉSRŐL 10
2.2. BEVEZETŐ A BORTERMELÉSRŐL 11
2.3. A SZŐLŐ ÉS A BOR KÖRNYEZETI ASPEKTUSAI 11

3. A SZŐLŐTERMESZTÉS ÖKOLÓGIAI ADOTTSÁGAI TOKAJ-HEGYALJÁN **16**

3.1. TALAJ ÉS FÖLDHASZNÁLAT 16
3.2. ÉGHAJLAT 18
3.3. A SZŐLŐTERMESZTÉS KLIMATIKUS FELTÉTELEI 19

4. TOKAJ-HEGYALJA TÖRTÉNELME, LEGFONTOSABB SZŐLŐFAJTÁI ÉS BORAI **21**

5. ADATBÁZIS **26**

5.1. METEOROLÓGIAI ADATOK 26
5.2. BORMENNYISÉG- ÉS BORMINŐSÉG PARAMÉTEREK 26

6. MÓDSZEREK **28**

6.1. LINEÁRIS TRENDANALÍZIS 28
6.2. A MAKRA-PRÓBA (A KLASSZIKUS KÉTMINTÁS PRÓBA EGY ÚJ INTERPRETÁLÁSA) 28
6.2.1. Szignifikáns részperiódusok (törések) meghatározása *29*
6.3. ÁLTALÁNOSÍTOTT KORRELÁCIÓ 30
6.4. PEARSON-FÉLE χ^2-PRÓBA, FÜGGETLENSÉGVIZSGÁLAT 30
6.5. FAKTORANALÍZIS 31
6.6. CLUSTERANALÍZIS 32
6.7. EGYSZEMPONTÚ VARIANCIA ANALÍZIS (ANOVA) 33
6.8. A TUKEY-FÉLE TESZT 34
6.9. A LORENZ-DIAGRAM ÉS A GINI-EGYÜTTHATÓ 34

7. A MEGVALÓSÍTÁS SZÁMÍTÓGÉPES ESZKÖZEI **36**

8. EREDMÉNYEK **37**

8.1. TRENDEK A BORMENNYISÉG ÉS BORMINŐSÉG ADATSOROKBAN 37
8.2. SZIGNIFIKÁNS RÉSZPERIÓDUSOK (TÖRÉSEK) A BORMENNYISÉG ÉS BORMINŐSÉG ADATSOROKBAN 37
8.3. A METEOROLÓGIAI PARAMÉTEREK, ILLETVE A BORMENNYISÉG ÉS A BORMINŐSÉG LORENZ-DIAGRAMJAI 41
8.4. A METEOROLÓGIAI VÁLTOZÓK BEFOLYÁSÁNAK RANGSORA A BORMENNYISÉGRE ÉS A BORMINŐSÉGRE 46
8.4.1. A bormennyiséget befolyásoló tényezők rangsora *55*
8.4.2. A borminőséget befolyásoló tényezők rangsora *56*
8.5. A BORMENNYISÉGET ÉS A BORMINŐSÉGET MEGHATÁROZÓ LEGFONTOSABB METEOROLÓGIAI PARAMÉTEREK 62

8.5.1. Az eltérő módszerekkel kapott eredmények összevetése ... *62*
8.6. OBJEKTÍV ÉVJÁRAT-TÍPUSOK ELŐÁLLÍTÁSA TOKAJ-HEGYALJA TÉRSÉGÉRE ... 67
8.6.1. Faktor- és clusteranalízis ... *67*
8.6.2. A bormennyiség és a borminőség függése az évjárat-típusoktól ... *69*
8.6.2.1. A Pearson-féle χ^2-próba alkalmazása ... 71
8.6.2.1.1. A legnagyobb bormennyiség típusfüggése ... 72
8.6.2.1.2. A legkisebb bormennyiség típusfüggése ... 74
8.6.2.1.3. A legjobb borminőség típusfüggése ... 75
8.6.2.1.4. A leggyengébb borminőség típusfüggése ... 75
8.6.2.2. Az egyszempontú variancia analízis (ANOVA) és a Tukey-féle teszt alkalmazása ... 76

9. ELEMZÉS ... 77

10. KÖVETKEZTETÉSEK ... 81

AZ ÉRTEKEZÉS FOLYTATÁSÁNAK NÉHÁNY LEHETSÉGES IRÁNYA ... 83

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS ... 84

HIVATKOZÁSOK ... 85

A SZERZŐNEK AZ ÉRTEKEZÉSBEN FELHASZNÁLT MŰVEI ... 93

1. BEVEZETÉS

1.1. Tokaj-hegyalja körülhatárolása

Tokaj-hegyalja egyike Európa legészakibb olyan borvidékeinek, melyről kiemelkedő minőségű borok származnak.

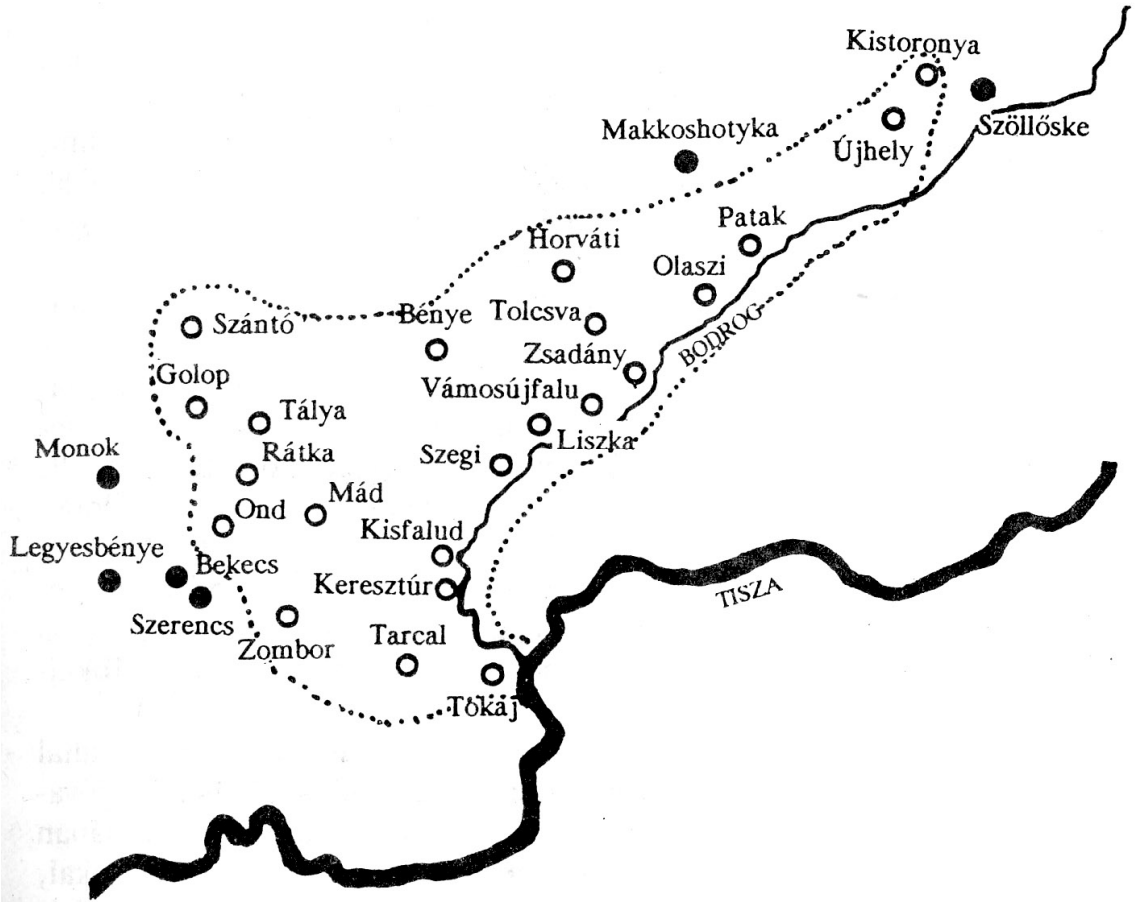
A Hegyalja elnevezés már a 14-15. században előfordul, de nem tudjuk pontosan, hogy erre a területre vonatkozik-e, vagy a magyar nyelvterületen használatos 5-6 más hegyaljára [pl. 1350: Thome de Hegalya; 1411: Johannes dictus … de Hegalya (Balassa, 1991)]. A *„Tokaj”* településnév minden valószínűség szerint ótörök eredetű és ismereteink alapján a 13. században tűnik föl először. Török köznévi jelentése: *„folyó menti erdő”*, ami a területet a Bodrog és a Tisza partján egyaránt jellemezte (Balassa, 1991).

Már 1603-ban a Zemplén és Abaúj vármegyék hegyaljai járásában a nemes és polgári rendben levők összeültek, hogy szabályozzák a szőlőművelést és a borkészítést (Balassa, 1991).

Mivel az egész környék szívesen árusította termékét *„tokaji bor”*-ként, a 18. század elejétől jelen volt az az igény, hogy az országos főhatóság szabályozza a borkivitelt, amivel összefüggött az eredetvédelem is. Végül 1737-ben a Zemplén vármegye által felterjesztett és a legfelsőbb helyen jóváhagyva visszaérkezett királyi rendelet 4. pontjában felsorolta azokat a településeket, amelyek határában a *„tokaji bor”* előállításához alkalmas szőlő termelhető (Balassa, 1991) (1.1. ábra). Ezzel megszületett a világ első zárt borvidéke.

Napjainkban Tokaj-hegyalja zárt terület, melyre nem szabad máshonnan bort bevinni. Az új telepítések esetén csak furmint, hárslevelű és sárgamuskotály jöhet szóba. 1945 után a községek száma néggyel csökkent, ugyanis két község Szlovákiához került (Kistoronya és Szőlőske), illetve két esetben (Kisfalud és Bodroghalász) községösszevonás történt (1.1. ábra; 1.2. ábra;).

Ha végigtekintünk Hegyalja fogalmának, illetve kiterjedésének három évszázados változásán, területének bővülése jól nyomon követhető. Először is Felső-hegyalja csatlakozott elég nagy területtel, majd Szerencs és a környező falvak következtek. A Sárospatak környéki falvak nem jelentettek változást, mivel lényegében az ún. Felsőhatár (Hercegkút, Károlyfalva, Végardó, Bodroghalász) szőlőit művelték meg.



1.1. ábra
Tokaj-hegyalja területe
(Balassa, 1991)
[○ : az 1737. évi királyi rendeletben megjelölt települések;
● : a 20. század eleje óta a Hegyaljához tartozó községek]

1.2. ábra
Tokaj-hegyalja térképe a szőlő termőterületekkel (sárga) és a borászatok helyével
(Tokaj Renaissance Tokaji Nagy Borok Egyesülete, 2007)

Tokaj-hegyalja zárt történelmi borvidékéhez tartozó települések a következők: Abaújszántó, Bekecs, Bodrogkeresztúr, Bodrogolaszi, Bodrogszegi, Erdőbénye, Erdőhorváti, Golop, Hercegkút, Károlyfalva, Legyesbénye, Mád, Mezőzombor, Monok, Olaszliszka, Ond, Rátka, Sárazsadány, Sárospatak, Szegilong, Szerencs, Tarcal, Tállya, Tokaj, Tolcsva, Vámosújfalu, Végardó és Sátoraljaújhely

1.2. Célkitűzés

A tokaji bor egyedi. Íze, zamata, aromája meg nem ismételhető. Termőterülete az 1.1. fejezet alapján könnyen körülhatárolható, s évszázadok óta változatlan, hiszen termőtalaja, éghajlata és a szőlőtermesztés ökológiai viszonyai itt egységesek. Története különleges. Legendája csak a tokajinak van. Ilyen meghatározó szerepet az egyetemes művelődéstörténetben semmilyen más bor nem töltött be, s valószínűleg a jövőben sem fog. A tokaji bor fogalom.

A dolgozat célja a fenti gondolatok jegyében, hogy a meteorológiai elemeknek a bormennyiségre és a borminőségre gyakorolt hatását tanulmányozzuk egész Tokaj-hegyalja történelmi borvidékén.

Az alábbi fő irányokban végzett kutatásaink eredményeit mutatjuk be:

(a) Elemezzük a bormennyiség és borminőség idősorok trendjeit;

(b) Megvizsgáljuk, vannak-e szignifikáns törések a bormennyiség és borminőség idősorokban;

(c) Előállítjuk a bormennyiségnek, illetve a borminőségnek a vizsgált 18 meteorológiai paraméterre vonatkozó kontingencia táblázatait, s megvizsgáljuk, hogy utóbbiak közül melyik mutat szignifikáns kapcsolatot a bormennyiséggel és a borminőséggel;

(d) A bormennyiséggel, illetve a borminőséggel szignifikáns kapcsolatot mutató változók Lorenz-diagramjainak megszerkesztésével meghatározzuk e szignifikáns kapcsolatok jellegét;

(e) A faktoranalízis, speciális transzformáció alkalmazásával megállapítjuk a bormennyiséget és a borminőséget – mint célmennyiségeket – befolyásoló meteorológiai változók rangsorát;

(f) A Pearson-féle χ^2-próbát alkalmazva meghatározzuk, hogy a bormennyiség, illetve a borminőség függenek-e az évjárat-típusoktól;

(g) A Pearson-féle χ^2-próba, a speciális transzformáció és az általánosított korreláció módszerei alapján megállapítjuk a bormennyiséget, illetve a borminőséget szignifikánsan meghatározó közös paramétereket,

h) Elemezzük, hogy a Pearson-féle χ^2-próba és a speciális transzformáció közül melyik írja le jobban a magyarázó változók és az eredményváltozók közötti kapcsolatokat;

(i) Meghatározzuk az extrém bormennyiségek, illetve borminőségek évjárat-típusok szerinti jellemzőit;

(j) Tanulmányozzuk az objektív évjárat-típusok szerepét a bormennyiség és borminőség osztályozásában;

(k1) Megvizsgáljuk az objektív évjárat-típusoknak a bormennyiséggel és a borminőséggel való kapcsolatát. Nevezetesen, elemezzük a vizsgálatba vont 18 meteorológiai paraméter havi értékeinek homogén csoportjaiként általunk előállított objektív évjárat-típusoknak a bormennyiséggel és a borminőséggel való kapcsolatát;

(k2) Előállítjuk az objektív évjárat-típusoknak a bormennyiséggel és a borminőséggel kapcsolatos statisztikáit és jellemzőit, s elemezzük azokat.

Fölvetődhet a gondolat, hogy a (i) pontban megfogalmazott célokat miért tűztük ki magunk elé? Hiszen az jól ismert, hogy a bormennyiség általában alacsony, a borminőség pedig általában magas, ha a tenyészidőszak során jelentős gyakorisággal fordultak elő anticiklonális időjárási helyzetek, illetve viszont: a bormennyiség általában magas, a borminőség pedig általában alacsony, ha a tenyészidőszak során számottevő gyakorisággal voltak kimutathatók ciklonális időjárási helyzetek.

Motivációnk az volt, hogy egyrészt az objektív évjárat-típusok, másrészt a bormennyiség és a borminőség közötti lehető legteljesebb kapcsolatrendszert feltárjuk. Ezt az ANOVA és a Tukey-teszt felhasználásával érhetjük el. Utóbbi alkalmazásával a bormennyiség és a borminőség évjárat-típusok szerinti páronkénti összehasonlításakor a mindenkori adott két típus ún. egyedi hatása mellett a többi évjárat-típus ún. közös hatását is figyelembe vesszük, melynek alapján lehetőség nyílhat a bormennyiség és a borminőség paramétereknek az évjárat-tipizáláson alapuló, statisztikailag megbízható, s az eddigieknél jóval hatékonyabb előrejelzésére.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Bevezető a szőlőtermesztésről

Míg a szőlő- és a bor fogyasztása egyre általánosabban elterjed az egész világon, a szőlő növény – mivel termesztése nagymértékben függ az éghajlati és a talajviszonyoktól – csak viszonylag kevés területen termeszthető. A szőlőt az északi féltekén általában a 35-48°, míg a délin a 30-40° földrajzi szélességek közötti mintegy 2000 km széles sávon termesztik. Földünk legjelentősebb szőlőtermő vidékei a mediterrán klímaterületeken találhatók. Viszont egyes szakemberek szerint nemcsak a Rajna-völgyében, hanem Nagy-Britanniában is kiváló minőségű borok teremnek, bár utóbbi országban viszonylag kis mennyiségben (Spellman és Field, 2002). A szőlő megfelelő minőségben és gazdaságosan csak a 9-21 ºC évi középhőmérsékletű területeken termeszthető. Az évi középhőmérséklet mellett a termesztés sikerességét befolyásolja a tenyészidőszak hossza (azaz a 10 °C fölötti átlaghőmérsékletű napok száma), a napfénytartam, az évi csapadék mennyisége és annak évszakok szerinti eloszlása is. A Branas-féle hő-fényviszony index (2.1.) a szőlő termeszthetőségének szokásos fokmérője. Az index paraméterei t_s (a tenyészidőszak 10 °C feletti napi átlaghőmérsékleteinek napi összege) és l (a tenyészidőszak megvilágított óráinak száma).

$$B = t_s \cdot l \cdot 10^{-6} \qquad (2.1.)$$

Ha $B < 2{,}6$, akkor a szabadföldi szőlőtermesztés nem sikeres. B értékének növekedésével egy határig (6-7) a termesztés lehetőségei növekednek. Magyarországon délről észak felé haladva több év átlagában B értéke 3,5 – 4,2 között változik. Az egyes szőlőfajták beéréséhez szükséges B értékek a következők. $B \leq 2{,}8$: korai fajták; $2{,}8 < B < 3{,}5$: középérésű fajták; $3{,}5 < B < 4{,}5$: késői érésű fajták.

A szőlőtermő területek 1980-ig világszerte tartó, szinte töretlen növekedése az Európai Unió korlátozó intézkedéseinek, valamint a Szovjetunió utódállamaiban megfigyelhető jelentős ültetvény kivágásoknak köszönhetően az 1990-es évekre megállt, sőt csökkenni kezdett. A csökkenés természetesen elsősorban a hagyományos, nagy európai szőlőtermelő országoknál öltött jelentős mértéket, így Olaszországban, Spanyolországban és Franciaországban.

Az 1990-es évek második felétől kezdődően ismét enyhe emelkedés volt tapasztalható, annak ellenére, hogy Európában – az EU tagállamokban éppúgy, mint az Unión kívüli szőlő- és bortermelő országokban – továbbra is zsugorodik a szőlőművelés. A lassúbb ütemű csökkenés az új bortermelő országok – Ausztrália, Új-Zéland, Kalifornia (USA), Dél-Afrika – agresszív növekedési stratégiájának következtében foganatosított telepítéseknek köszönhető. A Földön 1999-ben nyilvántartott 7.864 ezer hektár összes szőlőterület 2001-re 7.948 ezer hektárra növekedett, ami még így is 5,7 %-kal kevesebb az 1990-ben regisztrált adatnál. Európa ugyanezen időszakban, 1999 és 2001 között tovább csökkentette szőlőtermő területét 5.018 ezer hektárról 4.916 ezer hektárra. 1990-hez képest ez összesen 16,5 %-os csökkenést

jelent. A tizenegy éves időszak alatt különösen drasztikus változás állott be Portugáliában (-34,6 %), Magyarországon (-32,6 %), Bulgáriában (-21,4 %) és Spanyolországban (-19,4 %). A növekedésben Ausztrália áll az élen az 1990-ben 59 ezer hektár, míg 2001-ben már 148 ezer hektár szőlőterületet tartottak nyilván. Jelentős bővülés volt a teljes amerikai kontinensen: az USA-ban +37,9 %, Chilében pedig +48,3 % az 1990-hez mért változás. A világrangsorban Új-Zélandnál látszik még 100 % fölötti emelkedés a szőlővel betelepített területek nagyságában. Dél-Afrika 18 %-kal nagyobb területen művelt szőlőt 2001-ben, mint 1990-ben. Európában jelentősebb pozitív elmozdulás mindössze Németországban volt érzékelhető (+9,5 %) (Oszoli, ed., 2003).

2.2. Bevezető a bortermelésről

A bortermelés tendenciái nem kizárólag a szőlőterület változásaihoz igazodnak. Alapvetően azt mondhatjuk, hogy a kieső szőlőtermő területek termését a hatékonyabb termelési technológia, a nagyobb termésátlagok képesek – pozitív évjárati adottságok esetén – kiegyenlíteni.

A Föld bortermelése átlagosan mintegy 4 %-kal változik egyik évről a másikra. Ezt a változást a fogyasztás nem tudja követni, így évről-évre jelentős különbség alakul ki a termelés és a fogyasztás volumene között. A túltermelés összességében a bortermelés tendenciájának csökkenését váltja ki.

A Föld összes bortermelése az 1990-ben regisztrált 282.897 ezer hektoliterről 2001-ben 264.730 ezer hektoliterre, azaz összesen 6,4 %-kal csökkent, ami 0,7 %-kal meghaladja az adott időszak során a termőterületben bekövetkezett negatív változást. Természetesen ezen a téren is Európa, illetve az Európai Unió országai járnak az élen. Európa államai az 1990-es 224.929 ezer hektoliteres össztermeléshez képest 2001-ben 17 %-kal kevesebbet, összesen 186.741 ezer hektoliter bort állítottak elő. Az új termelők esetében a növekedés viszonylag kisebb mértékű, mint a szőlőterületek bővülése. Ausztrália 1990-hez képest 128,6 %-kal növelte termelését, Chile 42 %-kal, az USA 21 %-kal. Dél-Afrikában viszont negatív képet mutat a bortermelés a közelmúltban. Itt az 1990. évi 8.988 ezer hektoliterhez viszonyítva 2001-ben mindössze 6.471 ezer hektoliter bor készült. Magyarországon a vizsgált időszakban a bortermelés látszólag stagnált, a termőterület 32,6 %-os csökkenéséhez képest a bortermés mindössze 1,2 %-kal esett vissza 1990 és 2001 között (Oszoli, ed., 2003).

2.3. A szőlő és a bor környezeti aspektusai

A szőlőtermesztés igen fontos szerepet játszik számos térség gazdasági, társadalmi és kulturális szektoraiban. Ugyanakkor több termőterületen hátrányosak a környezeti feltételek, s ezeken a helyeken a szőlőtermesztés sebezhetővé válhat a klímaváltozás következtében (Belliveau et al., 2006; dos Santos et al., 2007).

Az éghajlat mindig is lényeges szerepet játszott a szőlő minőségének alakulásában. Jones et al. (2005) kimutatta, hogy a klímaváltozás valószínűleg nem egyformán fog hatni az egyes szőlőfajtákra és termőterületekre. Napjainkban számos európai térségben a tenyészidőszak hőmérsékleti viszonyai optimálisak, ugyanakkor ez kevésbé mondható el az Újvilág szőlőtermesztő területeire. Ami a jövő éghajlatát illeti, a Föld összes bortermelő területeit magába foglaló modell eredményei szerint átlagosan 2 °C hőmérséklet növekedés várható az elkövetkező 50 év során (Jones et al., 2005; Nemani et al., 2001; White et al., 2006). Ez az eredmény azt feltételezi, hogy a termeszthetőség határán fekvő minőségi bortermő területeken a jövőbeni klímaváltozás túllépi majd az éghajlati küszöböt oly módon, hogy a szőlő érése, illetve a bor minőségének megtartása nehezebbé válik. Más régiókban a múltbeli és a jövőbeni klímaváltozások optimális éghajlati feltételeket is kialakíthattak, illetve kialakíthatnak a jelen fajták termesztésére (Jones et al., 2005; White et al., 2006). Ezenkívül a melegebb klíma a pólus felé is eltolhatja a szőlő- és a bortermelés határait (Jones et al., 2005).

A talaj- és éghajlati feltételek fontos szerepet játszanak a bor tulajdonságainak, minőségének és érzékenységi jellemzőinek alakításában. Franciaországban e tényezőket gyakran az ún. *„terroir”* fogalmában egyesítik, mely a bortermelő országok fokozott érdeklődést kiváltó területe. A szőlő vízellátása, a bogyó megrepedése, és a vêraison időpontja lényeges eltérést mutat az egyes talajtípusok szerint. (*„Vêraison”*: francia kifejezés, azonban átvette a szőlő- és bortermelés angol szakirodalma is. A vêraison jelentése: *„a szőlőszem színének megváltozása”*. A vêraison azt fejezi ki, hogy a szőlőtőkén a bogyó növekedése a bogyó érésébe fordul át (Bodin és Morlat, 2006a). A szőlőtőke vízellátottságának, valamint a szőlőbogyón belüli biokémiai evolúciónak az ismerete igen fontos a terroir szerepének megértésében, különös tekintettel a termésnek, illetve a bor *„fajtajellegének”* a minőségére (Deloire et al., 2005).

Grifoni et al. (2006) szoros kapcsolatot mutattak ki a meteorológiai feltételek és a borminőség között. Jobb minőségű borok termettek olyan években, amikor kevés volt a csapadék és magas volt a hőmérséklet. A borminőséget nem könnyű definiálni, azonban elméletileg szoros kapcsolatban van belső vizuális-, íz-, vagy aromajellemzőkkel, melyeket, mint e paraméterek átlagát érzékeljük adott borfajta esetében (Jackson és Lombard, 1993). Kiemelkedő minőségű bor eléréséhez az szükséges, hogy enyhe, illetve közepes vízhiányt tartsunk fenn a szőlőállományban az egész tenyészidőszak során (Moller et al., 2007). Kiváló minőségű borok termelése azon térségekben lehetséges, amelyek éghajlati szempontból kedvezőek a szőlő kiegyensúlyozott növekedésére a bogyók beltartalmi értékeivel együtt. A mediterrán klímaterületeken a szőlőtermesztés három lényeges éghajlati feltétele a következő: (i) megfelelő hőfelhalmozódás; (ii) az erős fagykár csekély kockázata; és (iii) a szélsőségesen magas hőmérséklet hiánya. A kontinentális éghajlat területein további feltételek szükségesek: (i) magas napfénytartam; (ii) a szélsőséges fagy hiánya. Jóllehet a bortermelés kiterjedt klímaterületeken lehetséges, a legjobb minőségű borok a fenti feltételek kényes egyensúlyát igénylik (White et al., 2006). A borminőség az éghajlaton kívül számos egyéb tényezőtől, pl. a szőlőfajtától, a talajtípustól, a talajművelés módjától is függ, melyek állandónak tekinthetők, alapvetően a minőséget felügyelő hegyközségek szigorú szabályozásának köszönhetően (Rodo és Comin, 2000).

Jones et al. (2000) kimutatta, hogy az 1980-2000 közötti időszak során Bordeaux-ban a szőlő fenológiai ciklusának tartama alatt a hőmérséklet emelkedett, míg a csapadék csökkent, s ezzel egyidejűleg az egyes fenofázisok korábban kezdődtek, tartamuk rövidebb lett, s így összességében a tenyészidőszak is lerövidült. Mindezekkel együtt emelkedett a szőlő cukor- és összes sav tartalma, megnőtt a bogyó súlya, s fokozódott a borminőség potenciálja. A meleg, száraz nyarak magas cukor- és alacsony savszinteket eredményeznek, melyek a borminőség emelkedéséhez vezetnek (Jones és Storchmann, 2001). Nadal és Arola (1995) kutatásai szerint az öntözött szőlőterületek hozama számottevően megnövekszik. Az innen

származó must káliumtartalma magasabb volt, mint a nem öntözött területekről származó musté. Az öntözött területeken a bogyók teljes oldható szárazanyag-tartalma korábban kezdett növekedni és gyorsabban nőtt, továbbá az almasavtartalom és a teljes savtartalom az innen származó mustban és borban egyaránt nagyobb. Nadal et al. (2004) megerősítette, hogy az öntözés fokozza a növény transzspirációját, növekedését és életerejét, ugyanakkor nem hoz szignifikáns termésnövekedést. Vizsgálataik szerint a nagyobb csapadékmennyiség csökkenti a borminőséget: alacsonyabb alkoholfok és gyengébb szín (a vörösboroknál). A talaj szerepe is fontos, többek között a tekintetben is, hogy miként tározza a vizet. Morlat és Bodin (2006b) szignifikáns kapcsolatot mutatott ki a borminőség és számos ökofizikai változó (pl. a vízellátó rendszer, a bogyó kirepedésének időpontja) mért értékei között. Koundouras et al. (2006) a szőlő termőterület vízellátottságának hatását vizsgálta a szőlő és a bor összetételére. Megállapították, hogy a vízhiány meggyorsítja a bogyóban a cukor felhalmozódását és az almasav lebomlását, továbbá, hogy az éghajlati stressznek kitett szőlőterületekről származó bor jobb minőségi paraméterekkel rendelkezik.

Holzapfel et al. (2006) a szüret utáni időszak szerepét vizsgálta az eltérő művelésű területekről származó bor minőségére. A fürt ritkításával csökkent ugyan a szőlő terméshozama, ugyanakkor nőtt a fürt és a bogyó súlya, továbbá nőtt a bogyóban a lé oldható szárazanyag-tartalma és pH-ja, viszont a savtartalma nem emelkedett (Dami et al., 2006; Petrie és Clingeleffer, 2006). Walker et al. (2005) a bogyó méretét vizsgálta a beltartalma és a belőle készült bor minőségével összefüggésben.

Blanco-Ward et al. (2007) a zonalitás alkalmazhatóságát tanulmányozta a szőlő- és bortermelésben az észak-spanyolországi Galícia területére, az éghajlat térbeli szerkezetének jobb megértése céljából. Ugyanakkor Tonietto és Carbonneau (2004) elkészítette a szőlőterületek globális klímaklasszifikációját.

A szőlő- és bortermesztés hazai és nemzetközi szinten is elismert szakemberi voltak Prohászka Ferenc (pl. Prohászka, 2003) és Diófási Lajos (pl. Diófási, 1985). Kutatásai során Diófási kiemelkedő eredményeket ért el kollégáival többek között a szőlővesszőben lévő tápanyagtartalékoknak, mint a terméshozam lényeges összetevőinek a tanulmányozásában (Balasubrahmanyam et al., 1978), továbbá egyrészt a szőlő viselkedése és a borösszetétel, másrészről a terméshozam közötti összefüggések feltárásában (Balasubrahmanyam et al., 1978), valamint a klónkiválasztással történő fajtanemesítésben, minőségi szőlőfajták létrehozásában (Diofasi et al., 2003).

Tokaj-hegyalja szőlészetének és borászatának szakirodalma is rendkívül gazdag. A leszüretelt szőlő mustjának cukorfoka és beltartalmi értékei dülőnként lényegesen eltérhetnek egymástól. Ezen eltérésekben fontos lehet a szőlő mikroklímájának dülők szerinti megváltozása (Boros, 1996). Először Berényi és Justyák (1956) végeztek fenológiai vizsgálatokat hegyvidéki szőlőállományokban. A tokaj-hegyaljai szőlők mikroklímájának vizsgálatában kiemelkedő szerepet játszott Berényi (1958a, 1958b), Justyák (1963, 1964, 1965a, 1965b, 1981, 1985), valamint Justyák és Martonné Erdős (1978), akik a tarcali, a tokaji és a bodrogkeresztúri szőlők mikroklímáját tanulmányozták, különös tekintettel a domborzatra, a sugárzásra és a hőmérsékletre. Justyák (1981) a vizsgálatai alapján pl. kimutatta, hogy a tokaji Kopasz-hegyen az évi átlagos középhőmérséklet jelentős csökkenése csak 300-350 m tszf. magasságnál következik be. Tar et al. (1998) matematikai modellt dolgozott ki szőlősorok árnyékolásának meghatározására. Justyák egész életét a tokaj-hegyaljai szőlőültetvények mikroklímájának kutatására szentelte. Kandidátusi értekezésében a művelési módoknak a szőlő állományklímájára gyakorolt hatását elemzi (Justyák, 1960), akadémiai doktori értekezésében pedig a szőlőültetvények mezo- és mikroklimatikus jellemzőit vizsgálja (Justyák, 1992). Emellett Justyák és Tar (1998) részletesen bemutatja Magyarország borvidékeinek a klímáját. Makra és Vitányi (1983) a tokaji Nagy-Kopaszról és

Tokajból rendelkezésre álló több éves hőmérsékletmérések alapján meghatározta évszakosan a hőmérséklet függőleges gradiensét.

A bominőség lényeges alakítója a borospincék mikroklímája, ami fontos kapcsolatban van a pincék gombaflórájával. A terület hazai szakirodalma viszonylag kevés, viszont nemzetközi szinten jelentős. Bacigalova et al. (2003) Tokaj-hegyalja szlovákiai területén három borpince belsejének gombaflóráját tanulmányozta. Az előforduló gombafajok pincetípusok szerint eltértek egymástól. A hagyományos és állandóan működő pincékben a gombaflóra igen hasonló volt. Ugyanakkor egy kisebb, és sok éve elhagyott magánpincében mindössze néhány gombafaj volt föllelhető. Simeray et al. (2000) két borpincét vizsgált a franciaországi Jura térségében, egy nemrég építettet és egy hagyományosat, azon célból, hogy elemezzék a gombaflóra évszakos változékonyságát. A gombafajok száma és fajösszetétele a két pincében jelentősen eltért egymástól. Silvia és Ignacio (2005) két spanyol falu négy borpincéjét vizsgálta nyáron, illetve télen, azzal a céllal, hogy tanulmányozza a hőmérséklet és a relatív nedvesség időbeli menetét, melyek befolyásolják a borminőséget. Azt az eredményt kapta, hogy a pincebelső hőmérséklete jóval inkább állandó, mint a külső hőmérséklet. Ugyanakkor a hőmérséklet és annak évi változása pincék szerint eltért egymástól. Ocana és Guerrero (2006) a talajhőmérséklet analitikus modelljének felhasználásával kísérletet tett a felszín alatt 1-6 m mélységben található spanyolországi borpincék hőmérsékletének előrejelzésére. Renouf et al. (2007) a borkészítés minden egyes fázisában (a szőlőtől a palackig) nyomon követték a pincében a résztvevő mikroorganizmusokat. Megállapították, hogy az utolsó fázisra a mikroorganizmusok sokfélesége lecsökkent. Csupán a leginkább ellenálló fajok voltak képesek túlélni az etanol, a kén-dioxid, az alacsony oxigénszint és az alacsony pH kényszerét. Lopes et al. (2007) a Saccharomyces cerevisiae nevű gombának a patagóniai borok erjedésére, s azok minőségére gyakorolt hatását vizsgálja egy-egy eltérő ökológiai és technológiai sajátosságokkal rendelkező hagyományos, illetve új pincében. Eredményei igazolják, hogy minden egyes pince eltér egymástól a *Saccharomyces cerevisiae* nevű gombának a bor erjedésére gyakorolt hatásában. Sangorrin et al. (2007; 2008) patagóniai pincék élesztőgombáit írja le. Garijo et al. (2008) egy spanyolországi borpince penész- és élesztőgombáit tanulmányozza. Megállapítja, hogy e mikroorganizmusok jelenléte a pince levegőjében közvetlenül a pincében végbemenő borkészítési folyamatokkal kapcsolatos. Következésképp, a penészgombák száma csökken, ha megszűnik a szőlő szállítása a pincébe. Az élesztőgombák száma pedig akkor maximális a pincében, amikor az összes erjesztőkádban erjed a must. Tarján et al. (2009) az időjárás és a pinceklíma hatását vizsgálja a bor polifenol tartalmára.

Sokan vizsgálták már a tokaj-hegyaljai bor minőségében lényeges szerepet játszó különböző gombákat. A mikroorganizmusok fontos szerepet játszanak a borkészítésben. Anyagcsere folyamataik legnagyobb részt előnyösek a borminőség szempontjából, ugyanakkor számos fajnak káros a hatása. A mikrobiológiai ismeretek alapvetőek a hasznos fajok borminőségre gyakorolt hatásának növelése, illetve a káros fajok hatásának elkerülése érdekében. Számos szerző elemezte az aszúbogyók felületén található élesztő- és penészgombák összetételét (Magyar et al., 2001; Bene és Magyar, 2002), izolálták és szelektálták őket (Magyar et al., 1999), elvégezték morfológiai és taxonómiai vizsgálatukat (Magyar és Bene, 2006), s részletesen jellemezték őket (Miklos et al., 1994; Sipiczki et al., 2001; Bene és Magyar, 2002; Sipiczki, 2003; Bene és Magyar, 2004), továbbá tanulmányozták a tárolási körülmények rájuk gyakorolt hatását (Bene és Magyar, 2003; Tóth et al., 2007). Vizsgálták továbbá a tokaji aszú zamatanyagait (Tóth-Márkus et al., 2002; Miklosy és Kerenyi, 2004; Miklosy et al., 2004), valamint a botritiszes szőlőből készült tokaj-hegyaljai borok kémiai összetételét (Hajos et al., 2000; Csomos és Simon-Sarkadi, 2002; Kiss és Sass-Kiss, 2005; Sass-Kiss, és Hajos, 2005; Nikfardjam et al., 2006) is. Kiss (2009) a fenológiai tényezők termésmennyiségre és -minőségre gyakorolt szerepének a fontosságát

hangsúlyozza, s ennek kapcsán idéz egy a jelen értekezésre épülő publikációt (Makra et al., 2009).

A szakirodalomban viszonylag ritka a többváltozós statisztikai módszerek alkalmazása egyrészt meteorológiai változók, másrészt a szőlő terméshozama és a borminőség közötti kapcsolatok tanulmányozására (Makra et al., 2008a; 2008b; Makra et al., 2009). Szemben az egyváltozós közelítéssel, ahol egyetlen magyarázó változó és az eredményváltozó kapcsolatát elemezzük, a többváltozós módszerek lehetővé teszik, hogy a magyarázó változóknak az eredményváltozókra gyakorolt együttes hatását vizsgáljuk. Ezáltal komplexebb képet kapunk az eredményváltozó környezeti tényezőkkel való kapcsolatrendszerére.

3. A SZŐLŐTERMESZTÉS ÖKOLÓGIAI ADOTTSÁGAI TOKAJ-HEGYALJÁN

3.1. Talaj és földhasználat

A tokaji titkában valamikor a talajnak tulajdonítottak túlzott jelentőséget. Erre igen régi hiedelmek utalnak. Különösen 1500-1700 között tartotta magát az a hit, hogy a venyigék felszívják a vulkánok mélyében rejlő aranyat, s néha színarany vesszők is teremnek. Ennek köszönhető a különleges zamat, s a bor aranyban játszó színe. Mátyás király (1458-1490) humanistái adtak először hírt ilyen csodálatos aranyvesszőről, elsősorban Pietro Ransano és Marzio Galeotto. Galeotto ezt írja Mátyás királyról szóló könyvében: *„Itt arany terem, éspedig vessző formájában, néhol ágas-bogas, néhol meg szőlőtőke indájára tekerőző kacsok képében, két arasznyi hosszúságban. Nekem magamnak is van ilyen aranyvesszőből készült gyűrűm.”* Paracelsus a neves középkori orvos ezt jegyezte fel tokaji látogatásáról: *„Én saját szememmel láttam, amikor bejártam Felső-Magyarországot, s útba ejtettem Tokajt, továbbá vidékét, hogy a házigazda kettévágott szőlővesszőt mutatott; hosszában könnyű aranyszálak futottak, amilyenekkel fonni szoktak!”* Sokszor megemlékeznek a krónikások arról, hogy aranyvenyigét találtak a hegyaljai szőlőkben. Rákóczi Zsigmond erdélyi fejedelem asztalára *„aranymagvú szőlőfürt”* került (Boros, 1996; 1999).

A legendáknak 1779-ben aztán tudományos magyarázatát adták. Ez időben egy bécsi hírlap azt jelentette, hogy a mádi hegyekben arany szőlőfürtöt leltek. Mária Terézia felfigyelt erre, hátha ezen az úton lehetne olcsóbban aranyhoz jutni. Bécsbe vitette azt, s megvizsgáltatta. Azonban megállapították, hogy a ragyogó aranyszemeknek semmi közük az aranyhoz. A bennük tündöklő aranyszálak a napsugárzás hatására összesűrűsödött, megmézgásodott nedvek (Boros, 1996; 1999).

A talajnak jelentős az élettani szerepe a szőlő fejlődésében, fontos szerepet játszik a bormennyiség és borminőség alakulásában: (1) tápanyaggal való ellátottságától függ a szőlő fejlődése és terméshozama; (2) sugárzáselnyelő és -raktározó képessége befolyásolja a mikroklímát; (3) hatással van a bor minőségére és jellegére.

Amíg az éghajlat elsősorban a bogyók levének cukor- és savtartalmára hat, addig a talajból a bor minőségét, az íz teltségét és zamatát meghatározó anyagok jutnak a növénybe.

A talajtényezők közül a következők a legfontosabbak:

a) Vastagsága. Minél mélyebb a termőréteg, a szőlő gyökere annál mélyebben hatolhat le, és annál nagy kiterjedésű talajból fedezheti víz- és tápanyagszükségletét.

b) Termékenysége. Amelyik talajban a kívánt mértékű a tápanyagkészlet, és az összhangban van a szőlő igényeivel, abban a szőlő jól terem. Túlzott nitrogéntartalom és nagy vízbőség esetén túl erős lesz a lombozat, a vesszők, s a rügyek nem érnek be jól, és a bor minősége is romlik. A kálium és a foszfor megfelelő mennyisége viszont elősegíti a vesszők és a fürtök jó beérését, javítja a bor minőségét. A tápanyagban szegény, sovány talajokon is

lehet szőlőt termeszteni, de ott gyengébben fejlődik, kisebb lesz a termés – emiatt bőséges trágyázást kíván.

c) Vízellátottsága. Kedvező, ha a talajvíz nincs 1-2 m-nél mélyebben. A magasabb pangó talajvizet a szőlő gyökérzete nem bírja, ellenben a mozgó talajvíz nem árt neki. Nyirkos, vizes talaj nem alkalmas szőlőtermesztésre, mert vesszője rosszul érik be, s emiatt téli fagykárnak van kitéve. Ez esetben a gombás betegségek is hamarabb fellépnek, s a termés érzékenyebb a rothadásra. Másrészről a száraz talajokon lehet ugyan szőlőt termeszteni, de számolni kell azzal, hogy aszályos években a bogyó nem fejlődik ki, apró marad.

d) Fizikai szerkezete. A kötött talajok a legalkalmasabbak szőlőtermesztésre. Ezen belül az ásványi anyagokban gazdag vulkanikus talajok kiemelkedő szerepet játszanak a minőségi szőlőtermesztésben (Prohászka, 2003).

Tokaj-hegyalja talaja nagyon változatos. A térség meghatározó talaja az andeziten és tufáin képződött ún. Ramann-féle barna erdőtalaj, más néven barnaföld. Tarcal és Tokaj határában nagy kiterjedésű, a negyedkorban lerakódott lösz, míg a Zempléni hegyvonulat lejtőin, rioliton, andeziten és ezek tufáin nehezen megmunkálható, kötött, lösz-szerű nyiroktalajok, agyagbemosódásos barna erdőtalajok alakultak ki. A talaj sok helyen a vulkanikus eredetű kőzetek törmelékével keveredik, erősen köves és erodált (Stefanovits et al., 1999). A jelentős mértékben vulkanikus eredetű talajok mállásakor keletkező ásványi anyagokat a szőlő a fejlődése során hasznosítja, melyek alapvetően járulnak hozzá a kiemelkedő minőségű szőlőterméshez, illetve a minőségi borok kialakulásához. A szőlő a talaj tekintetében nem túlságosan igényes növény, viszont legalább 1-3 m mély termőréteget kíván. Míg más növények számára kevéssé, addig a szőlőnek kifejezetten kedvező a vulkáni alapkőzeten kifejlődött törmelékes talaj (Boros, 1996).

A domborzat is fontos alakítója a borok minőségének. A Zempléni hegység fordított V-alakú vonulatának déli és keleti lejtői védik a szőlőket az északi hideg szelektől, ugyanakkor elősegítik a pára felemelkedését a szőlőkhöz. A borvidék öt zónára osztható, amelyek klimatikus, talaj és domborzati sajátosságaik alapján is elkülönülnek: ezek a Kopasz-hegy (Tokaj), Mádi medence, Erdőbényei medence, Tolcsvai medence, és Felső-Tokaj. A következő minőségi tényező a folyók közelsége (Bodrog és Tisza), amelyek a hegység lábainál találhatók, és szintén részt vesznek a mikroklíma alakításában. A folyók szerepe a középkortól kezdve igen jelentős volt a borok szállításában is. Nem véletlen, hogy a borvidék névadója, Tokaj városa, amelyik a Tisza és a Bodrog összefolyásánál terül el, mindig a térség gazdasági és kereskedelmi központja volt (Boros, 1997).

A szőlővel betelepített területek elhelyezkedése is, kiterjedése is idővel változott. A 19. században még 350-400 m magasságig húzódtak fel a szőlőterületek a 15-30°-os lejtésű tállyai hegyoldalak délies lejtőin, melyek ma is látható nyomai az obalák és a garádicsok (Nyizsalovszki és Virók, 2001; Nyizsalovszki és Forian, 2007). Tokaj és Hegyalja vidékén a minőségileg legjobb (legmagasabb cukorfokú) bort a viszonylag meredek (25°-os), déli kitettségű hegyoldalakon termelik (Nyizsalovszki és Virók, 2001; Nyizsalovszki és Forian, 2007; Boros, 1996). Fagykár szempontjából is sok esetben kedvező a magasabb fekvés (Boros, 1996). Tokaj-hegyalja földhasznosítási övezeteit Frisnyák (2001) mutatja be részletesen a 16-19. század közötti időszakra.

3.2. Éghajlat

Az északi féltekén a 30-50., a déli féltekén pedig a 20-40. szélességi fokok közötti mintegy 2000 km széles sávban termeszthető szőlő. A szőlőtermesztésre alkalmas két övezeten belül az évi középhőmérséklet alakulása alapján 3-3 zónát különböztetünk meg:

1. A szőlőtermesztés északi zónája 9-11 ºC évi középhőmérséklettel, ahol elsősorban fehérbor-szőlőfajtákat termesztenek. Itt a borok mérsékelt alkoholtartalmúak, általában savasak, illat- és aromaanyagokban gazdagok.

2. A középső, 11-16 ºC évi középhőmérsékletű zóna a bortermelés szempontjából a legkedvezőbb adottságokkal rendelkezik. Itt a fehér- és a vörösbort adó fajták egyaránt eredményesen termeszthetők, és az itt termelt borok általában igen jó minőségűek.

3. A déli, 16-21 ºC évi középhőmérsékletű zónában viszont a szükségesnél magasabb hőmérséklet következtében a szőlőbogyókban kisebb a cukortartalom, és az intenzív légzés miatt kisebb a savtartalom is. A vörösborok készítésére szolgáló kékszőlő fajták számára az éghajlati adottságok itt a legkedvezőbbek.

A legjelentősebb szőlőtermesztő országok a középső és a déli melegebb zónában találhatók. Ugyanakkor Tokaj-hegyalja az 1. zónába tartozik.

Magyarországon belül Tokaj-hegyalja a Bacsó-féle 4 db éghajlati főkörzet közül az I. főkörzet Ia. éghajlati körzetének legészakibb részén található. Az I. főkörzet a majdnem egységes domborzatú Alföldet és a vele területileg összefüggő, éghajlati szempontból hozzá tartozó Mezőföldet foglalja magába. Éghajlatának legfőbb jellemvonása a kontinentalitás, mely a hőmérséklet és a csapadék nagy éven belüli ingásában, a többi meteorológiai elem nagy változékonyságában, illetve az éghajlat száraz jellegében tükröződik. Ebben a főkörzetben észlelték a legnagyobb évi és nappali fölmelegedéseket, itt tapasztalható a legnagyobb átlagos és maximális lehűlés, és a legalacsonyabb hőmérsékletek itt fordulnak elő a leggyakrabban. Következésképp, az évi hőmérsékleti ingás itt a legnagyobb. Mindegyik említett klíma karakterisztika értéke a körzet kontinentalitását erősíti. Éghajlata tipikus síksági mikroklíma, ami egységes és igen csekély a területi változékonysága. Az Ia. éghajlati körzetben a leghidegebb a tél és legalacsonyabbak a minimum hőmérsékletek (Bacsó, 1959). Péczely (1979) besorolásában Tokaj-hegyalja a 12 db éghajlati körzet közül a mérsékelten meleg – száraz körzet legészakibb részén található, melynek hőellátottságára a $16{,}5°C \leq t_v \leq 16{,}5°C$ [ahol t_v a vegetációs időszak (április-szeptember) átlagos hőmérséklete], vízellátottságára pedig a $H > 1{,}15$ [ahol H az aridítási index, s értéke: $H = 1750/(2{,}5 \cdot C)$, továbbá C a csapadék átlagos évi összege] a jellemző (Péczely, 1979).

Ahhoz, hogy Tokaj-hegyalja térsége igen kedvező a szőlőművelésre, hozzájárul a rendkívül kiegyenlített hőmérséklete. Az évi középhőmérséklet a Bodrogköz déli sávjában, a Taktaköz, a Harangod és a Szerencsi-dombság legnagyobb részén 9,5-10 °C, továbbá a Bodrogköz északi részén, Abaúj-hegyalján és a Hegyközben pedig 9-9,5 °C (Makra et al., 2007). A tarcali meteorológiai állomás 1901-1950 közötti 50 éves adatai alapján a térség legfontosabb meteorológiai jellemzői a következők: a hőmérséklet évi átlaga 10,3 °C, az év leghidegebb hónapja a január, melynek középhőmérséklete -2,9 °C, az év legmelegebb hónapja pedig a július és középhőmérséklete 21,6 °C. Összességében a térség évi átlaghőmérséklete 10 °C. A régióban az évi átlagos felhőborítottság 60-62 %, a napfénytartam átlagos évi összege pedig 1952 óra. Az 590 mm évi csapadékösszeg éppen kiegyenlíti a szőlő csapadékigényét (Kakas, ed., 1957; Makra et al., 2007). Az őszi időszakban öntözésre is szükség lenne az érés, főleg pedig az aszúsodás elősegítéséhez. A jellemző mégis az, hogy az őszi hónapok általában szárazak és naposak, ami viszont a szőlő cukorfokának növekedéséhez teremt kedvező feltételeket.

Az uralkodó szélirány északkeleti, az átlagos szélsebesség alapján mérsékelten szeles területnek számít. A legszelesebb időszak a március és április.

Az elmondottak nyilván csak nagy vonalakban tükrözik az egész térség makroklimatikus viszonyait, ugyanis pl. a felszínformák, a lejtőszög mértéke, a talaj minősége és szerkezete, a növényborítottság mértéke és annak szerkezete, a tengerszint fölötti magasság, stb. függvényében területenként jelentős hőmérsékleti különbségek adódhatnak.

A szőlő számottevő fagykára az említett 50 év során takaratlan rügyek esetében 8-9 alkalommal, míg takart rügyek esetében 3-4 alkalommal következett be. Ami a hőmérsékleti minimumok gyakoriságát illeti, a vizsgált időszak alatt minden negyedik évben -17,9 °C, vagy annál alacsonyabb minimum hőmérséklet várható. Az 1901-1950 közötti 50 éves időszak két leghidegebb telén (1928-1929; 1941-1942) előforduló hőmérsékleti minimumok Tarcalon a következők voltak: 1929-ben az abszolút minimum -25,3 °C, a radiációs minimum -28,4 °C; míg 1942-ben az abszolút minimum -22,2 °C, a radiációs minimum pedig -25,5 °C (Gál, 2004; Vitányi, 2004a; Gál, 2005b).

3.3. A szőlőtermesztés klimatikus feltételei

A szőlőtermesztés lehetőségeit annak ökológiai adottságai határozzák meg.

A szőlő mérsékelt égövi növény, az északi féltekén művelésének szűkebb határa a 35-48 szélességi fok. Hazánkban kb. 300 m tszf. magasságban a szőlő még jó minőségű bort adhat. Az észak felé nyitott, hideg, széljárta területek nem kedveznek a szőlő termesztéséhez.

A tenyészidőszak során rendelkezésre álló hőmérsékleti összeg hazánkban 3000-3500 °C. A szőlőnek a tenyészidőszaka alatt meghatározott besugárzásra, s ezzel összefüggésben napfénytartamra és hőmérsékleti összegre, továbbá csapadékra van szüksége, hogy életritmusa zavartalan legyen és a termése beérjen. A szőlő nedvkeringésének megindulásához gyökérmélységben a talaj 7-8 °C-os hőmérséklete szükséges. A rügyek fakadása 10-13 °C középhőmérsékleten indul meg. Jó minőségű bor ott terem, ahol a középhőmérséklet virágzás idején 15 °C, a nyári legmelegebb hónapban 19 °C, a bogyóérés idején pedig 16-17 °C körüli (Prohászka, 2003).

A szőlő valamennyi szerve a 25-30 °C közötti hőmérsékleti tartományban fejlődik a legjobban, 40 °C fölött növekedése megáll, sőt már 35 °C fölötti hőmérsékletnél sérülések keletkezhetnek a leveleken és a bogyókon. Leghamarabb a sugárzásnak kitett és a talajközelben lévő bogyók perzselődhetnek meg. A szőlő zöld részei igen érzékenyek a hideggel szemben. Tavasszal és ősszel a hajtáscsúcsok már -0,5 °C hőmérsékleten elfagyhatnak. A téli nyugalmi állapotban a beérett vesszők rügyei takaratlanul, fagyérzékenyebb fajtáknál kb. -15 °C, ellenállóbbaknál -20 °C, az alanyfajtáknál pedig kb. -30 °C hőmérsékletet képesek elviselni rövidebb ideig (24-30 óra) károsodás nélkül. Azonban tartósan, azaz több napon át tartó -15 °C alatti hőmérséklet esetén már számolni kell a rügyek, vesszők elfagyásával. A vessző és a törzs az említetteknél néhány °C-kal alacsonyabb hőmérsékletet is elbír. A fagykár bekövetkezése nem csupán a hőmérséklettől, hanem más, ökológiai adottságoktól és élettani folyamatoktól is függ. A fagynak nemcsak az erőssége, hanem a tartama is befolyásolja a károsodás mértékét (Kozma, 1964; Diófási, 1975; Kádár, 1982).

A szőlő termesztésének legjobb feltételei 10-12 °C évi átlaghőmérséklet esetén állnak fenn. A termesztésre alkalmas idő tartamát a 10 °C napi középhőmérséklet feletti napok száma határozza meg. Ez a tenyészidőszak a különböző országokban 180-240 nap, ugyanakkor hazánkban 180-200 nap (Kozma, 1964; Diófási, 1975; Kádár, 1982).

A tapasztalat szerint a szőlő csapadék-, hő- és napfényigénye az alábbi:

(a) az előző év végén és a folyó év tavaszán: bő csapadékra van szükség;

(b) virágzáskor: csak napfényt és meleget igényel, a sok csapadék káros;

(c) a bogyók fejlődésekor: csapadékra van szükség;

(d) a bogyók beéréséhez: hosszú, száraz, meleg ősz szükséges (Nyizsalovszki, 2003; Gál, 2004; Vitányi, 2004b; Gál, 2005b; Vitányi, 2005).

4. TOKAJ-HEGYALJA TÖRTÉNELME, LEGFONTOSABB SZŐLŐFAJTÁI ÉS BORAI

Tokaj-hegyalján a szőlőkultúra valamikor a honfoglalás idején telepedett meg. A magyarok borkultúrája kettős eredetű, egy része nyugati, latin, a másik része pedig keleti gyökerekből ered.

Tokaj nevét először egy 1067-ből származó apátsági alapítólevél említi. A 14. században íródott Képes Krónika úgy ír róla, mint fontos átkelőhelyről, hiszen 1074-ben Salamon király itt kelt át a Tiszán. A 12. század második felétől már biztosan beszélhetünk hegyaljai szőlőkultúráról, amikor is vallon telepesek érkeztek a vidékre, melynek rengeteg bizonyítékát találták meg a régészek. Azonban, egészen a 16. század elejéig a térséget nem sorolták Magyarország nagy szőlőtermő vidékei közé. A középkorban Magyarország leghíresebb bora még a Szerémségben termett (Szerbiában található), amelynek lakossága a török terjeszkedéssel elmenekült vagy elpusztult, így a borvidék jelentősége is odaveszett. A mohácsi csatavesztés után, a szerémségi bortermelés és -kereskedelem, valamint a dél-magyarországi borvidékek jelentőségének gyors hanyatlásával párhuzamosan emelkedett Tokaj-hegyalja tekintélye. Ennek egyik oka valószínűleg az, hogy a magyar főnemesség számára az egyetlen békében művelhető vidék maradt, másrészt a Szerémségből elmenekült gazdák is itt telepedhettek le. A tokaji borok üstökösként, de viszonylag későn jelentek meg a magyar bortörténelemben. Tokaj-hegyaljának, mint borvidéknek a felemelkedése tehát a 16. század elejéhez köthető (Gál, 2005a).

A tokaji borok említésekor mindenki elsősorban az aszúra gondol, pedig aszú a 18-19. században átlagosan csak 4 ezer hektárnyi szőlőterületen termett, s a 150-160 ezer hl-nyi borból a jó évjáratokban is csupán 350-400 hl-t tett ki. Ez is magyarázza óriási értékét és nagy keresettségét. Ezekben a századokban többet lehetett hallani és olvasni a tokajiról, mint a világ összes nagy borvidékei híres borairól együttvéve. Ebben nagy szerepe volt II. Rákóczi Ferenc fejedelem lengyel-német-orosz területekre kiterjedő kapcsolatainak is. Ő tette a királyi udvarok kedvelt italává a tokaji bort, illetve nevéhez fűződik a híres *„királyok bora, borok királya"* cím is. A cári udvar, a Habsburgok, a francia arisztokrácia kedvenc itala, akik közül sokan kirendeltséget is létesítettek a borvidéken (közismert, hogy II. Katalin cárnőnek Tokajban volt kúriája, aki saját maga szervezte meg a szállítást). Az I. világháborúig a tokaji az első helyen állt a nemzetközi borversenyeken. Az 1945-1990 közti időszakot nevezhetjük fekete korszaknak, amikor a tokaji rengeteget vesztett pozíciójából, s mind hazai, mind nemzetközi elismertsége lényegében összeomlott. A rendszerváltás után ezen a vesztett helyzeten kellett változtatni, viszont az eredeti pozícióját még mindig nem nyerte vissza (Gál, 2003; Gál, 2005a).

A világ első természetes fehér édes borát termelő, 2002-ben az UNESCO által a világörökség részévé nyilvánított Tokaj-hegyaljai borvidék egyedülálló adottságokkal rendelkezik:

- **különleges termőterület:** vulkanikus altalajon agyag- vagy lösztalaj, a napos déli lejtők, valamint a Tisza és a Bodrog folyók által meghatározott mikroklíma, mely kedvez a *Botrytis cinerea* nevű penészgomba kialakulásának, és az ezt követő aszúsodásnak;
- **évszázadok óta honos szőlőfajták:** furmint, hárslevelű és sárgamuskotály;
- **agyag-, illetve lösztalajba, továbbá vulkáni tufába vájt pincék:** egész évben állandó, 12 °C körüli hőmérsékletükkel és magas, 95 % körüli páratartalmukkal ideálisak a borok érlelésére;
- **szigorú szabályozás:**
  1655: rendelet szabályozza az aszú szemenkénti kiszedését;
  1737: királyi dekrétum határolja le a Tokaj-hegyaljai termőterületet;
  1772: megszületik a világ első dűlő-besorolási rendszere;
- **a nemzedékek óta szőlő- és borkultúrával foglalkozó emberek tudása.**

Az ültetvényeken zömmel furmint (bora közepes illatú, kemény, testes, tüzes, robosztus) szőlő terem, mely a Tokaji Aszú és a Szamorodni alapja. Tokaj-hegyalja második jellegzetes fajtája a hárslevelű (bora finom hársméz illatú és -zamatú, kemény, testes, fanyar utóízű). Megemlítendő még a sárgamuskotály (bora finom illatú, -zamatú, gyakran lágy), melyet főként házasítási alapanyagként használnak, a zéta (orémus), a kövérszőlő (Tokaj-hegyalja egyik legrégibb fajtája volt, de a filoxéra vész következtében kiszorult a termesztésből) és a gohér (szintén kiszorult a termesztésből érzékenysége miatt; töppedésre, aszúsodásra rendkívül hajlamos) (Balassa, 1991).

Bár a világ borvidékei közül Tokaj-hegyalján teremnek a legnagyobb cukortartalmú szőlőszemek, a termés nagy részét azonban a száraz tételek adják. A tokaji száraz borok minőségi és különleges minőségi besorolásúak lehetnek. Az utóbbi akkor, ha a bor alapanyagául szolgáló must cukortartalma elérte a 19 mustfokot. Bár ma kizárólag fehér szőlő telepítését engedélyezik Tokaj-hegyalján, korábban – igaz, csak kis mennyiségben – vörösbort (Cabernet, Kékoportó, Kékfrankos, Purcsin) is termeltek errefelé.

Tokaj-hegyalja különleges borai a „szamorodni” és az „aszú”, melyek évszázados hagyományok alapján készülnek. A szamorodnit eredetileg „főbor”-nak hívták, azonban az 1820-as évektől lengyel kereskedők a „samorodny” („úgy, ahogy termett”) nevet népszerűsítették. A szamorodnit az különbözteti meg a többi bortól, hogy igen sok aszúszemet tartalmazó szőlőfürtökből készül. A szamorodni alkoholtartalma magasabb (legalább 13 % v/v), mint a többi hegyaljai boré (általában 11-13 % v/v). A szamorodni cukortartalma gyakran eléri a 100-120 g/L értéket: ekkor édes szamorodninak hívják. Azonban, ha a fürtök kevés aszúszemet tartalmaznak, a szamorodni cukortartalma jóval alacsonyabb, ami száraz bort eredményez. Ennek alkoholtartalma általában 14 %. A Tokaji Szamorodnit legalább két évig tokaj-hegyaljai pincében, fahordóban kell érlelni. Az „aszú” szó eredeti jelentése: „aszott, kiszáradt”, azonban az „aszú” kifejezés a „nemes rothadású”, azaz a „botritiszes” szőlőből készült borral került összefüggésbe. Az aszúképződés egyik fontos előfeltétele a késői szüret, mely a térségben hagyományosan október végén kezdődik, a másik pedig a *Botrytis cinerea* nevű gomba kiterjedt megjelenése. A kedvező időjárású, hosszan tartó ősz hatására a túlérett szőlőszemek megrepednek, felületükön megtelepszik a *Botrytis cinerea*, amely nemes rothadást, aszúsodást idéz elő. Víztartalmuk részlegesen elpárolog, s a szemek összetöppednek Az aszúsodott szőlőszemekben a vízveszteség hatására cukor és az ún. cukormentes extrakt töményesedése következik be, a nemes rothadás hatására pedig különleges aromaanyagok keletkeznek. A megaszalódott szőlőszemek cukortartalma elérheti

a 780 g/L értéket is. Az aszúsodott szőlőszemeket kiválogatják és kádakban összegyűjtik. Az aszúszemekből saját súlyuk hatására kisajtolódik az eszencia, ami sok cukrot, extraktumot, illat- és zamatanyagot tartalmaz. Az aszúbor készítése a következő módon történik. Az aszúszemeket egyenként szedik le a fürtről, majd nagy kádakban összegyűjtik. Azután – régebben taposással, ma már darálógéppel – tésztaszerű péppé dolgozzák föl. Erre az ún. „aszútésztá”-ra mustot, vagy inkább bort öntenek. Az aszútészta és a ráöntött must, vagy bor mennyiségének hagyományos mértékegysége a 20-22 kg befogadó képességű puttony és a 136-140 literes gönci hordó. Az aszú puttonyszámát az határozza meg, hogy egy gönci hordónyi mustot vagy bort hány puttonynyi aszútésztára öntenek fel. Legalább 3, legfeljebb 6 puttonyos aszú készül. Ma már az aszútésztát kg-ban, a mustot, vagy bort pedig hl-ben mérik. Az aszútésztát 12-36 óráig áztatják, közben többször megkeverik, majd kisajtolják. Az aszú erjedése hetekig, hónapokig eltart. Az aszút legalább három évig tokaj-hegyaljai pincékben, fahordókban érlelik (Makra et al, 2009).

A tokaji borok következő fajtáiról beszélhetünk:

- **Ordinárium:** A legegyszerűbb, száraz tokaji bortípus, utódai azok a fajtaborok, amelyek szinte kizárólag fajtatisztán kerülnek forgalomba, mint pl. a Tokaji Furmint, Tokaji Hárslevelű, Tokaji Sárgamuskotály, vagy a Tokaji Zéta (Oremus).
- **Szamorodni:** Hosszú időn keresztül a legnépszerűbb hegyaljai bortípus. Olyan szőlőfürtökből préselik, amelyek számottevő mennyiségű aszúszemet tartalmaznak, és amiből így az átlagosnál gazdagabb tartalmú bor készülhet. A szamorodni borokban magasabb az alkoholszint és a szárazanyag-tartalom, valamint jelentős mennyiségű (100-120 g/L, vagy afölötti) cukrot is tartalmaz. Ilyenkor édes szamorodniról beszélünk. Amikor nem elég magas az aszúszemek aránya a kipréselt fürtben, és a must cukortartalma teljes egészében leerjed, száraz szamorodni születik.
- **Aszú:** 1500 körül jelent meg Tokaj-hegyalján. Elsőként a szőlőfürtből kiszedegetett aszúszemeket hatalmas kádakban összegyűjtik, majd péppé tapossák. Erre az aszúpépre (aszútészta) mustot öntenek, és 24-48 órán keresztül ázni hagyják. Az áztatás befejeztével fahordókba vagy tartályokba szűrik a bort a törkölyről, és érlelik.
- **Esszencia:** olyan töménységben tartalmaz cukrot, hogy alkoholtartalma 2-6 foknál nem tud magasabbra emelkedni. Az aszúszemek, a leválogatás és összegyűjtés után kádakban várakoznak a további feldolgozásra. Ez idő alatt a sok egymásra nehezedő aszúszemekből kipréselődhet egy kevés lé, maga az esszencia, melynek cukortartalma a legjobb években elérheti literenként akár a 850 grammot is. Szinte élvezhetetlenül tömény ital, nem fogyasztásra szánják, inkább házasítási alapnak.
- **Fordítás:** mivel az aszúszemekben rengeteg értékes anyag és édesség marad azt követően is, hogy az első áztatás után kisajtolták és leöntötték róla az aszúbornak szánt mustot, a préselést követően ismét mustban áztatják (*„fordítják”*) az aszútésztát. A fordítás az aszúnál magasabb csersavtartalmú, de olykor négy-öt puttonyos aszúnak megfelelő cukortartalmú bor.
- **Máslás:** általában száraz bor, ami úgy készül, hogy az aszúborok seprőjére ismét mustot öntenek, és kierjesztik azt (Alkonyi, 2000; Gál, 2003; 2005a) (4.1. táblázat).

Tokaj-hegyalja egy zárt történelmi borvidék, melyhez 28 település tartozik. Az ebben a tájegységben termelt szőlőkből készült borok viselhetik a világon egyedül a *„Tokaji”* márkanevet. Tokaj-hegyalja a Világörökség része, egyedülálló klíma- és vulkáni talajadottságain alakult ki a világ talán leghíresebb speciális bora, a tokaji aszú. Íze, zamata, aromája sehol máshol elő nem állítható. Magyarország zászlósbora, a világ legnemesebb bora, melyet a magyar Himnusz is megénekel.

A Tokaj-hegyalján termelt Furmint, Hárslevelű, Sárgamuskotály, Kövérszőlő, Zéta szőlőfajtáknak van egy olyan páratlan adottságuk, hogy a világ legtöbb borvidékén károsnak tartott gomba, a *Botrytis cinerea* nem penészesedést, hanem szürkerothadást, végső soron aszúsodást idéz elő az itt termelt szőlőkön. Az aszúszem képződésének megindulása egy többtényezős folyamat eredménye, mely tényezők bármelyikének hiánya, vagy csupán részleges megvalósulása esetén a folyamat nem megy végbe. (Ezért fordul elő, hogy nem minden évben lehet aszúbort készíteni. Évtizedenként átlagosan háromszor szüretelhető aszú.) A gomba akkor támadja Tokaj-hegyalja szőlőültetvényeit, és csak akkor okoz aszúsodást, hogyha a csapadékos időjárás a szőlő teljes érésekor köszönt be. A néhány napos csapadékos, párás időszak után pedig hosszú száraz periódusra van szükség, különben nem indul meg a szőlőszemek aszúsodása. A jelenség azért viszonylag gyakori Tokaj-hegyalján, mert a terület éghajlatára jellemző a száraz meleg nyár, ami elősegíti a szőlőszemek folyamatos beérését. A Tokaj-hegyalját behálózó folyók; a Tisza, a Bodrog és a Hernád által biztosított párás mikroklíma és a folyamatosan ismétlődő áradások pedig elősegítik a *Botrytis cinerea* szaporodását, ami elindítja az aszúképződést. A *Botrytis cinerea* a fertőzés megkezdődése után belülről elkezdi a bogyó héját elvékonyítani. Így felgyorsítja a párolgást, s ezáltal koncentrálja a szőlőszemben található ásványi anyagokat.

Tokaj-hegyalja másik nélkülözhetetlen gombafajtája a *Cladosporium cellare*, ismertebb nevén a nemes penész. A tokaji bor tölgyfahordós érlelése során a hordó dongáin keresztül és a dugó melletti apró, mikroszkopikus réseken keresztül párolgása révén szabadon érintkezik a levegővel. Ezt a savas és alkoholpárás levegőt fogyasztja a *Cladosporium cellare*, azaz a nemes penész. A pince és a borok szimbiózisban élnek a nemes penésszel: utóbbi megöli a levegőben található, s a borra veszélyt jelentő baktériumokat és tisztán tartja a levegőt. Ugyanakkor a páratartalom állandóságát maga a pince, mint szubsztrátum, és benne a borral teli hordók a maguk párologtatásával biztosítják (ennek fontos szerepe lehet a hagyományos borászati technológiák esetében). Ezenkívül az ászkolt borok ízének kialakításában is fontos szerepe van. Szimbiózisról azért beszélhetünk, mert mindezekért cserébe a pince és a hordók táplálják a nemes penészt a párologtatás révén.

4.1. táblázat
Tokaj termék-klasszifikációja
(Az EU életéből, III., 2003)

paraméter	minőségi bor	szamorodni		aszú				
		száraz	édes	3 puttonyos	4 puttonyos	5 puttonyos	6 puttonyos	eszencia
szüreti időpont	szeptember	október-november	október-november	november	november	november	november	november
szőlő egészségi állapota	egészséges	botrytiszes	botrytiszes	botrytiszes	botrytiszes	botrytiszes	botrytiszes	botrytiszes
szüreti módszer	teljes	együtt	együtt	szelektált	szelektált	szelektált	szelektált	szelektált
eredet	azonos	azonos	azonos	eltérő lehet				
cukortartalom g/l		-	30	60	90	120	150	180
cukormentes szárazanyag g/l	-	25	25	30	35	40	45	50
alkoholtartalom		13 alk%/v	13 alk%/v	-	-	-	-	-
érlelés fahordóban	nem szabályozott	*2+1 év	min. 1 év	2+1 év	2+1 év	2+1 év	2+1 év	2+1 év

*2+1 = 2 év fahordó+ 1 év palack

5. ADATBÁZIS

5.1. Meteorológiai adatok

A meteorológiai adatok a Földművelési és Vidékfejlesztési Minisztérium kecskeméti Szőlészeti és Borászati Kutatóintézete tarcali telephelyén működő meteorológiai állomásról származnak.

Az állomásról rendelkezésre álló 3 meteorológiai paraméter havi adatait vizsgáltuk az elemzés alapidőszakának tekintett 1901 – 2004 közötti 104 év április és szeptember közötti, évi 6-6 hónapos időszakaira vonatkozóan. Ezek a meteorológiai paraméterek a következők: havi középhőmérséklet (T_{mean}, °C), havi csapadékösszeg (C, mm) és havi napsütéses órák száma (S, óra).

Azért e paraméterekre esett a választás, mivel ezek a legfontosabb meteorológiai változók mind a szőlő termésmennyisége, mind a bor minősége szempontjából, mely utóbbit alapvetően a must cukorfoka határozza meg.

Azon elfogadott szemlélet ellenére, hogy a napi adatok általában hasznosabb információt tartalmaznak a termésmennyiségről, illetve a minőségről, mint a havi adatok, mi mégis az utóbbiakat vettük figyelembe a dolgozatban. Ennek fő oka az, hogy nincsenek a térségről jó minőségű, napi felbontású adatok: Tarcal az egyetlen állomás mely napfénytartam adatokkal rendelkezik. Másrészről a topográfia komplexitása nem teszi lehetővé számunkra, hogy ezen egyetlen állomás napi adatait kiterjesszük az egész térségre, különösen igaz ez a napi extremitások esetében. Meg kell jegyezzük továbbá, hogy Tokaj-hegyalja térségében ritkán fordultak elő tavaszi fagyok a múltban, s ennek az esélye még tovább csökkenhet a globális fölmelegedéssel összefüggésben (Bartholy et al., 2008). Ennek ellenére ezt a fajta káreseményt nem szabad figyelmen kívül hagynunk (Gál, 2004). A többi időjárási szélsőség, pl. a szélsőségesen nagy számú csapadékos napok, vagy relatív nedvesség explicit, vagy implicit módon tükröződnek a havi anomáliákban.

5.2. Bormennyiség- és borminőség paraméterek

A tarcali Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet révén egy olyan adatbázis áll rendelkezésünkre, mely az 1901 – 2004 közötti 104 éves időszakra vonatkozóan egész Tokaj-hegyaljára megadja a megművelt szőlőterület kiterjedését (ha), az évi bortermést (ezer hl), továbbá a bor minőségét is jellemzi (5.1. táblázat). A borminőséget eredetileg egy ötfokozatú

skálán római és arab számokkal tüntették fel, amelyet a skála fokozatainak a kombinációival kilencfokozatúra bővítettek (régi kód) (5.1. táblázat). Ennek a skálának a kódolását kizárólag arab számok használatával leegyszerűsítettük (új kód), s a későbbi elemzések is ez alapján történtek (5.1. táblázat).

Míg a bor paraméterek egész Tokaj-hegyaljáról származnak, az éghajlati változók havi értékei csupán egyetlen állomást, Tarcalt jellemzik. Az a tény, hogy nincs más klímaállomás Tokaj-hegyalja térségében, elvben gyengítheti vizsgálataink reprezentativitását. Mindazonáltal, a vizsgált kis régió (amelyen belül két pont között a leghosszabb távolság mindössze 52 km (1.1. ábra), nem mutathat térben független pontokat a területén belül. Ahogy Czelnai et al. (1976) a monográfiájuk 212. oldalán, a 8. táblázatban jelzik, egy sík területen, egymástól 50 km-re található két pont hőmérsékleti adatsorai közötti térbeli korreláció értéke 0,97 fölötti július-augusztusban, és 0,99 fölötti január-februárban. (Ez Tokaj-hegyalja térsége délnyugati és északkeleti végpontjainak megközelítő távolsága.) Ugyanezek az értékek a havi csapadékösszegre 0,66, illetve 0,65, ugyancsak a fent említett 50 km-es távoslágot tekintve (Czelnai et al. 1976, 310. oldal, 1. táblázat). Következésképp, a térség átlagos hőmérséklete és csapadékösszege többé-kevésbé egyidejűleg kell változzon annak egyetlen pontjához, nevezetesen a Tarcal állomáshoz tartozó hőmérséklettel és csapadékkal. Másrészről viszont a domborzat azon mikroklimatikus sajátosságait, amelyek ezt a korrelációt és a regresszió együtthatóját egyes lejtőkre nézve leronthatnák, a felszíni megfigyelő hálózat sajnos amúgy sem tudná kellően reprezentálni. Ugyanakkor, ez a helyzet áll fenn akkor is, ha lényegesen több állomás adataival számolunk.

5.1. táblázat

A borminőség kódolása (az 5 és a 8 kódok nem szerepelnek a borminőség idősorban, mivel nem volt közepes minőségű termés nagy mennyiségű aszúval, illetve nagy mennyiségű aszút termő év sem fordult elő)

eredeti minőségi besorolás (I: legjobb minőség, 3: leggyengébb minőség) (Balassa, 1991)	új minőségi besorolás (9: legjobb minőség, 1: leggyengébb minőség)
I	9
II	8
1+I	7
1+II	6
2+I	5
2+II	4
1	3
2	2
3	1

Az eredeti minőségi besorolás jelmagyarázata: I = aszús évjárat, nagy mennyiségű aszútermés; II = jelentős aszú; 1 = jó minőségű termés; 2 = közepes minőségű termés; 3 = gyenge minőségű termés;

6. MÓDSZEREK

6.1. Lineáris trendanalízis

Valamely adott hosszúságú adatsor tetszőleges részperiódusa lineáris trendjének szignifikanciáját a Student-féle *t*-próba segítségével ellenőrizzük a következő módon. Legyen *t* a következő valószínűségi változó:

$$t = (b - \beta) / s_b \,, \qquad (6.1.)$$

ahol

β – a valódi (általunk nem ismert) regressziós együttható,
b – empirikus regressziós együttható, melyet a vizsgált mintából becsülünk,
s_b – a b regressziós együttható empirikus becslésének szórása.

A fent definiált t valószínűségi változóról megmutatható, hogy Student-eloszlású.

A *0*-hipotézis a következő: $b = \beta = 0$, azaz a b empirikus regressziós együttható nem különbözik szignifikánsan *0*-tól. E *0*-hipotézis teljesülésével, vagy nem teljesülésével kapcsolatos statisztikai döntésünk adott valószínűségi szint (95 %, 99 %, 99,9 %) és számított szabadsági fok mellett a *t*-eloszlás táblázatán alapszik. Ha *t*-nek a (6.1.) egyenlet alapján számított értéke nagyobb, mint a *t*-eloszlásnak az adott valószínűségi szinthez és a számított szabadsági fokhoz tartozó küszöbértéke, akkor azt mondjuk, hogy *b* szignifikánsan különbözik *0*-tól. Egyébként a tapasztalt eltérésre azt mondjuk, hogy nem jelentős (Ezekiel és Fox, 1970).

6.2. A Makra-próba (a klasszikus kétmintás próba egy új interpretálása)

Az alkalmazott statisztikai próba a klasszikus kétmintás próba egy új interpretációja, melynek alapkérdése, hogy kimutatható-e szignifikáns különbség egy adott idősor valamely tetszőleges részmintájának, illetve a teljes mintának az átlagai között (Makra et al., 2000).

Innen adódik, hogy a bevezetett valószínűségi változó:

$$PS^{(1)} = \frac{\overline{M} - \overline{m}}{\sqrt{\frac{N-n}{N \cdot n}} \cdot \sigma} \qquad (6.2.)$$

standard normális eloszlású, *N(0;1)*.

Ez azt jelenti, hogy ha meghatározzuk a vizsgált adatsor $\overline{M}$ középértékét és σ szórását, akkor a fenti *0*-hipotézisnek az adott részminta $\overline{m}$ átlagértékére vonatkozó próbája $PS^{(1)}$ és x_p alábbi összevetéséhez vezet:

$$P\left(\left|\frac{\overline{M} - \overline{m}}{\sqrt{\frac{N-n}{N \cdot n}} \cdot \sigma}\right| > x_p\right) = p \qquad (6.3.)$$

A standard normális eloszlás táblázatából adott $0 < p << 1$ számhoz meghatározhatjuk azt az x_p-t, amelyre a (6.3) egyenlőség teljesül.

Ha $PS^{(1)}$ [(6.2.) egyenlet] abszolút értéke meghaladja x_p-t, akkor azt mondjuk, hogy $\overline{M}$ és $\overline{m}$ szignifikánsan különböznek egymástól. Azt a feltevést, miszerint nincs eltérés közöttük, *p* valószínűséggel utasítjuk el. (A szignifikancia teszteket a $p = 0{,}01$ valószínűségi szinten hajtjuk végre.)

A $PS^{(1)}$ próbastatisztika [(6.2.) egyenlet] normális eloszlása elégséges feltétele a módszer alkalmazásának. Ugyanakkor nem feltétlenül szükséges, hogy a minta normális eloszlású legyen. Ugyanis elég nagy elemszámú minta esetén a centrális határeloszlás tétel szerint a mintaelemek (valószínűségi változók) összegének sűrűségfüggvénye közel normális, függetlenül attól, hogy milyen az alapul vett minta eloszlása. A kiindulási eloszlás stacionaritása mellett feltétel, hogy a valószínűségi változók függetlenek legyenek és legyen szórásuk. Ily módon, elég nagy elemszámú mintára (elég nagy *N* és *n* esetén) alkalmazható a módszer akkor is, ha a minta nem normális eloszlású. Azaz, a normalitás elegendő, de nem szükséges feltétele a módszer alkalmazásának.

A Makra-próba ekvivalens a kétmintás próbával.

A Makra-próba az (6.3.) egyenletet az összes lehetséges *n* elemű részmintára megoldja $(n = 3, 4, \ldots, N-1)$, s a számításokat rendre az adatsor $1., 2., 3., \ldots, (N-n)$. elemével kezdi. Pl. 99 adat (évek) esetén ez 4752 részminta átlagnak a teljes mintaátlaggal történő ismétlődő összehasonlítását jelenti. A szignifikáns eltérések feltárása információt nyújt azok tartamáról, kezdetéről, valamint befejezéséről is (Makra et al., 2000).

A Makra-próba végrehajtásakor kapott szignifikáns törések elkülönülhetnek egymástól, ugyanakkor azok szakaszai egymásba is épülhetnek. Ha ezek egymásba épülnek, akkor csupán egyetlen törést tekintünk szignifikánsnak – annak kezdő-, illetve végpontjával, nevezetesen azt, amelyre a próbastatisztika értéke a maximális.

6.2.1. Szignifikáns részperiódusok (törések) meghatározása

A Makra-próba végrehajtásakor kapott szignifikáns törések elkülönülhetnek egymástól, ugyanakkor azok szakaszai egymásba is épülhetnek. Ha ezek egymásba épülnek, akkor

csupán egyetlen törést tekintünk szignifikánsnak – annak kezdő-, illetve végpontjával, nevezetesen azt, amelyre a próbastatisztika értéke a maximális.

6.3. Általánosított korreláció

Valószínűségi változók közötti kapcsolat mérésére többféle mennyiség ismeretes. Egy optimális mérőszám öt kritériumnak tesz eleget (Granger et al., 2004). Az alábbiakban a kölcsönös információtartalmon alapuló r_G általánosított korrelációt alkalmazzuk. A Dionisio et al. (2003) által bevezetett mennyiség csekély eltéréssel eleget tesz az említett feltételeknek. Nevezetesen, r_G csak a [0,1] intervallumon veszi fel értékeit. Az egyik kritérium, hogy az általánosított korreláció kétváltozós normális eloszlás esetében egy egyszerű függvénykapcsolatban álljon az r korrelációval. Ez most: $r_G = |r|$. Általában igaz, hogy $r_G > |r|$, ezért az $r_G - |r|$ különbség a két változó közötti kapcsolat nem-linearitásának erősségére utal.

6.4. Pearson-féle χ^2-próba, függetlenségvizsgálat

A χ^2-próba, függetlenségvizsgálat segítségével azt szeretnénk megnézni, hogy a kétdimenziós (X, Y) valószínűségi változó komponensei tekinthetők-e függetlennek az $(X_1, Y_1), \dots, (X_n, Y_n)$ minta alapján. Pl. független-e a testmagasság a testsúlytól, a szemszín a hajszíntől, stb? Mind a diszkrét, mind a folytonos esetben találni fogunk olyan $A_1, \dots, A_r$, illetve $B_1, \dots, B_s$ teljes eseményrendszereket (melyek X, illetve Y értékkészletére vonatkoznak), hogy null-hipotézisünk a következő alakban fogalmazható meg:

$$H_0: \ \mathrm{P}(A_i \cap B_j) = \mathrm{P}(A_i) \cdot \mathrm{P}(B_j) \qquad (i = 1, \dots, r;\ j = 1, \dots, s), \tag{6.4.}$$

Az alternativa pedig az, hogy ez nem teljesül legalább egy i, j párra. Ennek teszteléséhez az együttes gyakoriságok $(n \cdot p_i \cdot q_j)$·megállapítása szükséges (becsléses esetben a marginális gyakoriságoké is). A továbbiakban csak a folytonos esettel foglalkozunk.

Tiszta függetlenségvizsgálat: ha X és Y elméleti eloszlása ismert.

A ν_{ij} gyakoriságokkal és a $(n \cdot p_i \cdot q_j)$·együttes gyakoriságok $r \times s$ méretű kontingencia táblázata alapján képzett próbastatisztika:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{s} \frac{(\nu_{ij} - np_i q_j)^2}{np_i q_j}, \tag{6.5.}$$

amely H_0 fennállása esetén $\chi^2(rs-1)$ eloszlást követ, ahol az $rs-1$ a szabadsági fok ($r \cdot s$ a kontingencia táblázat mérete). Ily módon, ha $\chi^2 \geq \chi^2_\varepsilon(rs-1)$, akkor elutasítjuk, különben elfogadjuk a null-hipotézist.

Becsléses függetlenségvizsgálat: ha X és Y elméleti eloszlása nem ismert. Ilyenkor becsülni kell az A_i, B_j események valószínűségét az ún. marginális relatív gyakoriságokkal.

A marginális gyakoriságok a kontingencia táblázat sor-, illetve oszlopösszegei (a teljes összeg n). Ezekkel és az együttes gyakoriságokkal képzett próbastatisztika:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{s} \frac{(\nu_{ij} - n\frac{\nu_{i.}}{n}\frac{\nu_{.j}}{n})^2}{n\frac{\nu_{i.}}{n}\frac{\nu_{.j}}{n}} = n\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{s} \frac{(\nu_{ij} - \frac{\nu_{i.}\nu_{.j}}{n})^2}{\nu_{i.}\nu_{.j}}, \qquad (6.6.)$$

amely H_0 fennállása esetén $\chi^2(f)$ eloszlást követ, ahol

$$f = rs - 1 - [(r-1) + (s-1)] = (r-1)(s-1), \qquad (6.7.)$$

ugyanis f a becsült paraméterek számával csökken. Miután a marginális gyakoriságok összege mindkét irányban n, egyik irányban $r-1$, a másikban pedig $s-1$ paramétert kellett megbecsülnünk. Tehát elutasítjuk a null-hipotézist a $\chi^2 \geq \chi^2_\varepsilon(f)$ esetben, ahol f a (6.7.)-ben említett szabadsági fok, és elfogadjuk a null-hipotézist egyébként (Bolla és Krámli, 2005).

6.5. Faktoranalízis

Abból a célból, hogy a kiindulási adatkészlet dimenzióját csökkentsük, s ily módon a vizsgált 12 változó közötti kapcsolatokat meg tudjuk magyarázni, a faktoranalízis többváltozós statisztikai módszerét alkalmaztuk. A faktoranalízis fő célja, hogy a kiindulási p db $X_1, X_2, \ldots, X_p$ változót m db ($m < p$) lineárisan független index, az ún. faktorok segítségével fejezhessük ki. A faktorok jelentik a kiindulási adatkészlet *„dimenzióit”*. Minden egyes X változó kifejezhető az m faktorok lineáris függvényeként, azaz

$$X_i = \sum_{j=1}^{m} \alpha_{ij} \cdot F_j, \qquad (6.8.)$$

ahol az α_{ij} konstansok a faktorsúlyok (sajátvektor együtthatók). Az α_{ij} négyzete reprezentálja az X_i varianciájának az F_j faktor által megmagyarázott részét.

A módszer egyik fontos lépése a megtartott faktorok (m) számának meghatározása. Erre a célra számos kritérium ismeretes. Néhány tanulmány a *Guttmann-kritériumot* vagy az *1. szabályt* használja, mely szerint csupán azokat a faktorokat tartják meg, melyek λ_k sajátértékére teljesül, hogy $\lambda_k > 1$. Továbbá mellőzik azokat, amelyek nem magyarázzák meg

legalább egy standardizált X_i változó varianciáját. Talán a legegyszerűbb módszer előírni egy minimális értéket (e dolgozatban 80 %), melyet el kell érnie az eredeti változók teljes varianciájának (Jolliffe, 1993; Sindosi et al., 2003). A faktorok kiválasztása a főkomponens analízis segítségével történt (a *k*-adik sajátérték a *k*-adik főkomponens varianciája). Mivel végtelen számú egyenlet létezik az (6.8.) egyenlet megoldására, ezért a legjobbak, vagy a legmegfelelőbbek kiválasztásához az ún. *„faktor rotáció”*-t alkalmaztuk. Ez az eljárás vagy maximalizálja, vagy minimalizálja a faktorsúlyokat az eredmények jobb interpretálása érdekében. A dolgozatban a *„varimax”*, vagy másképp *„ortogonális faktor rotáció”*-t hajtottuk végre, melynek révén a faktorok korrelálatlanok maradnak (Jolliffe, 1990; 1993; Bartzokas és Metaxas, 1993; 1995; Sindosi et al., 2003).

A faktoranalízis alkalmazásához gyakran szükséges tudnunk, hogy a figyelembe vett változók milyen mértékben hatnak a célmennyiségre, s hogy milyen azok célmennyiségre gyakorolt befolyásának a rangsora (Fischer és Roppert, 1965; Jahn és Vahle, 1968).

Ha a célmennyiség a faktorral magasan korrelál, vagyis ha a faktornak a célmennyiség helyén nagy faktorsúlya van és ugyanazon a faktoron belül egy befolyásoló tényező a faktorral magasan korrelál, akkor a befolyásoló tényező a célmennyiséggel is magasan korrelál. Ennek a gondolatmenetnek megfelelően tanácsos a faktorok összes súlyát a célmennyiséggel együtt egy faktorban egyesíteni, vagyis úgy rotálni, hogy csak egy faktornak (mégpedig egy ún. kiemelt kombinált faktornak) legyen a célmennyiséggel nagy súlya. Az összes többi faktor a kiemelt kombinált faktorral korrelálatlan, vagyis nulla súlyú legyen.

6.6. Clusteranalízis

A megfigyelt változók természetes szerkezetének vizsgálatára a leggyakrabban használt módszer a clusteranalízis. Ez az eljárás az egyedi változókat vagy azok csoportjait ún. „*cluster*”-ekbe (cluster = csoport) rendezi.

A módszer célja, hogy az objektumok homogenitása a legnagyobb legyen a clustereken belül, s egyúttal azok heterogenitása a legnagyobb legyen a clusterek között. Minden egyes megfigyelés (nap) megfelel egy pontnak az *m*-dimenziós térben, valamint minden egyes cluster azon megfigyelésekből áll, melyek *„közel”* vannak egymáshoz ebben a térben. Két megfigyelés, azaz *„k”* és *„l”* közötti távolságot, úgymint *„közeli”*, vagy *„távoli”*, azok euklideszi távolságának a négyzetével határozzuk meg:

$$D_{kl}^2 = \sum_{i=1}^{m} (x_{ki} - x_{li})^2, \qquad (6.9.)$$

ahol x_{ki} az *i*-edik faktor értéke a *k*-adik napon, valamint x_{li} az *i*-edik faktor értéke az *l*-edik napon.

Két fő clusterezési eljárás létezik: a hierarchikus és a nem-hierarchikus. A lényegi különbség közöttük az, hogy a nem-hierarchikus eljárás esetében előzetesen ismerni kell a clusterek számát. Ezzel szemben a hierarchikus eljárásnál a clusterek végső számát több statisztikai kritérium határozza meg. A dolgozatban a hierarchikus eljárást használjuk, mely különböző módszerek segítségével alkalmazható. A mi esetünkben az *„average linkage”* módszert használjuk, mivel ez nem függ szélsőséges értékektől, ezenkívül reálisabb

csoportokat eredményez, s megfelelően egyesíti a szélsőséges időjárású napokat jól elkülöníthető meteorológiai egységekbe (Anderberg, 1973; Kalkstein et al., 1987; Hair et al., 1998; Sindosi et al., 2003).

A clusteranalízis végrehajtásakor a Mahalanobis metrikát alkalmaztuk, mely jobb az euklideszinél. Úgy jutunk ehhez a metrikához, hogy a vektorokon főkomponens analízist hajtunk végre, majd az n-dimenziós főkomponens vektorok mindegyik komponensét standardizáljuk, s ezen új vektorokkal végezzük el a clusterezést euklideszi metrikával (Mahalanobis, 1936). Ily módon a Mahalanobis metrika figyelembe veszi a vektorok komponenseinek eltérő szórását és a komponensek közötti korrelációkat. Más szóval, a Mahalanobis távolság alkalmazásával elkerülhetjük, hogy a változók között nagy számban előforduló, de egymással korreláló, azaz számaránynál kisebb információt hordozó változók indokolatlanul nagyobb súllyal essenek latba az osztályozásnál, mint a kisebb számú, ám korrelálatlan, vagyis információban gazdagabb változók.

6.7. Egyszempontú variancia analízis (ANOVA)

Valamilyen szempont alapján k csoportban külön végzünk megfigyeléseket. Az egyes csoportokban a mintaelemek száma általában nem egyenlő. A várható értékekre a $b_i = m + a_i$ felbontást alkalmazzuk, ahol m a várható értékek súlyozott átlaga, a_i pedig az i-edik csoport hatása:

Ezekkel a jelölésekkel az egyszempontos modell a következő alakban írható:

$$X_{ij} = m + a_i + \varepsilon_{ij} \qquad (j = 1, \dots, n_i;\ i = 1, \dots, k)\,, \tag{6.10.}$$

ahol az $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ független valószínűségi változók véletlen hibák.

A fenti modellben először az $m = 0$ hipotézist teszteljük. Ha ezt elutasítjuk (az összes várható érték nem 0 , azaz van ún. főhatás), akkor a

$$H_0:\ a_1 = \dots = a_k = 0\,, \qquad \text{tömören } \mathbf{a = 0} \tag{6.11.}$$

hipotézist vizsgáljuk.

H_0 tesztelésére F-próba alkalmazható,

$$F = \frac{s_a^2}{s_e^2} = \frac{Q_a}{Q_e} \cdot \frac{n-k}{k-1} \sim F(k-1,\ n-k)\,, \tag{6.12.}$$

mellyel arról döntünk, hogy a csoportok közötti eltéréseket mérő s_a^2 $\left(s_a^2 = \frac{Q_a}{k-1};\ Q_a = \sum_{i=1}^{k} n_i (\overline{X}_{i.} - \overline{X}_{..})^2 \right)$ szignifikánsan nagyobb-e, mint a csoportokon belüli ingadozásokat mutató s_e^2 $\left(s_e^2 = \frac{Q_e}{n-k};\ Q_e = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \overline{X}_{i.})^2 \right)$ (utóbbi ingadozásokat csak a véletlen eltérések hozzák létre). Ha a fenti F-statisztika nagyobb vagy egyenlő, mint az

$F(k-1, n-k)$-eloszlásnak az $1-\alpha$ szinthez tartozó kritikus értéke, akkor $1-\alpha$ szinten elutasítjuk H_0-t, azaz az a_i várható értékek között van olyan, ami nem egyenlő a többivel; különben pedig $1-\alpha$ szinten elfogadjuk H_0-t.

Ha H_0-t elutasítottuk, hipotéziseket vizsgálhatunk és konfidencia intervallumokat szerkeszthetünk az egyes csoportok várható értékére és tetszőleges két csoport várható értékének a különbségére (Bolla és Krámli, 2005).

6.8. A Tukey-féle teszt

A Tukey-teszt egy post-hoc teszt, amelyet az ANOVA végrehajtása után szoktak alkalmazni abból a célból, hogy a vizsgálatba vont csoportok átlagai alapján meghatározzák, mely csoportok különböznek szignifikánsan egymástól. A Tukey-tesztet csak akkor kell elvégezni, ha az ANOVA végrehajtása után szignifikáns különbséget találtunk a csoportátlagok között. Ellenkező esetben nincs szignifikáns különbség, amelyet meg kell találjunk.

A Tukey-féle utólagos teszt végrehajtásakor először megkapjuk az összes csoport átlagai közötti differenciákat. Ezeket a differenciákat összevetjük egy kritikus értékkel, hogy megállapíthassuk, vajon azok szignifikánsak-e. A kritikus érték ez esetben a ténylegesen szignifikáns differencia. Ha az átlagok eltérése ennél az értéknél nagyobb, akkor az már ténylegesen szignifikáns differencia.

Varianciaanalízis alkalmazásakor, ha az alkalmazott teszt alapján a null-hipotézist elutasítjuk, post-hoc tesztre van szükségünk. Ezen tesztek közül legelterjedtebb a Tukey-féle teszt, amely a csoportátlagok páronkénti összehasonlításával ad tájékoztatást arról, hogy mely párok esetében mutatható ki szignifikáns különbség.

A teszt elvégzése során először meghatározzuk az egyes csoportok átlagainak eltérését, majd ezeket a különbségeket összehasonlítjuk a következő statisztikával:

$$HSD := q\sqrt{\frac{MS_w}{n}}\,. \qquad (6.13.)$$

Itt q a megfelelő szabadsági fokú studentizált értékkészlet-statisztika. Ennek értéke táblázatból kikereshető. Az MS_w értéke pedig – az ANOVA eljárásból ismert – csoporton belüli átlagtól való eltérés, n pedig a csoportok közös mintaelemszáma (Tukey, 1985).

6.9. A Lorenz-diagram és a Gini-együttható

A Lorenz-görbe Max Otto Lorenz (1905) amerikai közgazdász és statisztikus nevéhez fűződik, aki a vagyon koncentráció mérésére egy új módszert (grafikus prezentációt) javasolt, mely ma az ő nevét viseli. Később King (1912) a Lorenz-görbe bemutatásának új módját

vetette föl. King volt az első, aki a „Lorenz-görbe” elnevezést használta, s jelentősen hozzájárult az eljárás népszerűsítéséhez.

A Lorenz-görbe valamely valószínűségeloszlás kumulatív eloszlásfüggvényének a grafikus megjelenítése, mely az értékek alsó y %-a eloszlásának az arányát mutatja (Lorenz, 1905). Interpretáljuk a bormennyiség kumulatív értékeinek (y, %) Lorenz-görbéjét az szeptemberi középhőmérséklet ($T_{mean,\ szep}$ = x) függvényeként (8.6.1. ábra). Azt tapasztaljuk, hogy a bormennyiség csökken, ha a szeptemberi középhőmérséklet közepes értékeket vesz föl, mivel ekkor (3. kvintilis) a Lorenz-diagram gradiense a legalacsonyabb, továbbá a gradiens nő, ha a szeptemberi középhőmérséklet magas (8.6.1. ábra).

A Gini-együttható a statisztikai szóródás egy mértéke, definíció szerint 0 és 1 közötti hányados. A számláló az eloszlás Lorenz-görbéje és az egyenletes eloszlást jelző egyenes közötti terület, míg a nevező az egyenletes eloszlást jelző egyenes alatti terület. Ily módon a szeptemberi középhőmérséklet függő bormennyiség Lorenz-görbéje (8.6.1. ábra) meglehetősen torzult eloszlást jelez pl. az áprilisi csapadék függő bormennyiség Lorenz-görbéjéhez (8.6.2. ábra) képest (Gini, 1921; Wessa, 2008).

7. A MEGVALÓSÍTÁS SZÁMÍTÓGÉPES ESZKÖZEI

- *EXCEL szoftver*

  adat-előkészítés;
  Makra-próba, lineáris trendanalízis, Lorenz-diagram;
  az eredmények grafikus megjelenítése;

- *SPSS* szoftver

  faktoranalízis,
  speciális transzformáció,
  clusteranalízis;
  egyszempontú variancia analízis (ANOVA),
  Tukey-teszt;

- *GNUPLOT* szoftver

  Makra-próba

8. EREDMÉNYEK

8.1. Trendek a bormennyiség és borminőség adatsorokban

Megvizsgáltuk, hogy a 104 éves bormennyiség-, illetve borminőség idősorok jeleznek-e szignifikáns trendeket egyrészt a teljes, 104-elemű adatsorban, másrészt az összes 3-elemű, az összes 4-, 5-, … , 98-, s végül a 99 elemű részperiódusokban. A Student-féle *t*-eloszlás volt a szignifikancia vizsgálat alapja, melyet az 99 %-os valószínűségi szinten hajtottunk végre, N – 2 szabadsági fokkal (N = 104).

A bormennyiség teljes (N = 104 elemű) mintájára számított trend szignifikáns volt a 95 %-os valószínűségi szinten. Az adatsor összes lehetséges részperiódusára elvégzett trendanalízis szerint igen kevés trendhez jutottunk, melyek az 95-, illetve a 99 %-os valószínűségi szinten szignifikánsak. Ezek elszórtan helyezkednek el az adatsorban, s mindegyikük 3-, illetve 4-elemű (8.1. ábra).

A borminőség adatsorban egyetlen szignifikáns trendet nem találtunk.

8.2. Szignifikáns részperiódusok (törések) a bormennyiség és borminőség adatsorokban

Ahhoz, hogy szemléltethessük a 99 %-os valószínűségi szinten szignifikáns összes részperiódust a vizsgált tokaj-hegyaljai bormennyiség- és borminőség idősorokban, kétdimenziós, valamint háromdimenziós ábrákat mutatunk be (bormennyiség: 8.2.-8.4. ábra; borminőség: 8.3.-8.5. ábra).

A kétdimenziós ábrák esetében (8.2. ábra; 8.3. ábra) a vízszintes tengely mutatja az időt (év), míg a függőleges az értéktengely. Ezek az ábrák az összes szignifikáns törés közül azon töréseket szemléltetik külön-külön a vizsgált adatsorokban (az esetlegesen egymásba nyúló részmintákat is figyelembe véve), amelyekre a próbastatisztika a legmagasabb szignifikáns értéket jelzi (8.2. ábra; 8.3. ábra).

A háromdimenziós ábrákon (8.4. ábra; 8.5. ábra) a vízszintes tengely (x) az időt mutatja, nevezetesen a szignifikáns részperiódus kezdő évét, a függőleges tengely (y) (a 8.4. és a 8.4. ábrán a vízszintes síkon!) az *n*-elemű vizsgált minta összes lehetséges

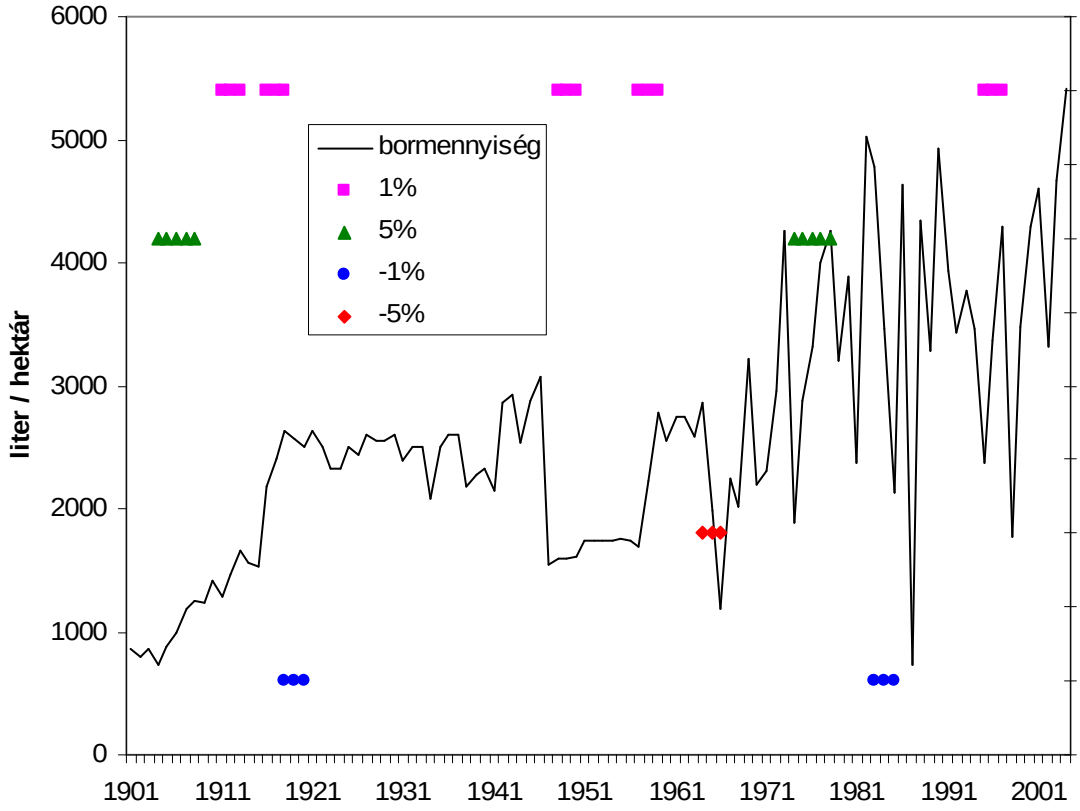
$$S_n = \frac{n}{2}(n+1) - 2n \qquad (8.1.)$$

db részperiódusai közül a szignifikánsak elemszámait jelzi, ugyanakkor a harmadik tengely (z) (a 8.4. és 8.5. ábrán függőlegesen!) a 99 %-os valószínűségi szinthez tartozó küszöbértéket meghaladó szignifikáns részperiódusok próbastatisztikáinak értékeit jeleníti meg. A rejtett négyzetrácsok az összes háromelemű részperiódus, az összes négyelemű, az összes ötelemű, … , az összes *n* – 2 elemű, s végül az összes *n* – 1-elemű részperiódus próbastatisztikáinak értékeit tartalmazzák. Azon részperiódusokra, amelyek átlagai nem különböztek szignifikánsan a teljes minta átlagértékétől, a részperiódusok próbastatisztikáinak értékeit 0-val helyettesítettük. Ugyanakkor azon részperiódusokra, amelyek átlagai szignifikánsan eltértek a teljes minta átlagértékétől, a részperiódusok próbastatisztikáinak meghagytuk az eredeti értékeit. A háromdimenziós ábrázolás azon részperiódusokat is megjeleníti, melyek szignifikánsnak bizonyultak a részperiódus kezdő évét jelző vízszintes tengely (x), valamint a szignifikáns részperiódus elemszámát szimbolizáló függőleges tengely (y) (az ábrán a vízszintes síkon!) metszetében. Vagyis másképpen, a háromdimenziós ábrázolás ezen szignifikáns részperiódusok próbastatisztikáinak a 99 %-os valószínűségi szinthez tartozó küszöbértéket meghaladó értékeit is megjeleníti, amely az *n*-elemű minta átlagának a referencia síktól való távolsága (8.4. ábra; 8.5. ábra).

Mivel a 104 éves bormennyiség adatsor szignifikáns trendet mutatott a 95 %-os valószínűségi szinten, a trend növekményét levontuk minden egyes bormennyiség adatból, majd erre a trendtől mentesített adatsorra végeztük el a Makra-próbát. A Makra-próba segítségével szignifikáns részperiódusokat mutattunk ki Tokaj-hegyalja trendtől mentesített bormennyiség idősorában, valamint a borminőség idősorában. A bormennyiség adatsorban 1916-1946 között egy 31 éves időtartamú szignifikáns pozitív részperiódust, illetve 1947-1971 között egy 25 éves időtartamú szignifikáns negatív részperiódust mutattunk ki (8. 2. ábra; kétdimenziós ábrázolás). Ezek az intervallumok tökéletesen illeszkednek az adatsor töréseihez, melyek megelőzik az 1971-et követő évek jelentős évek közötti terméshozam változékonyságát. Másrészről a borminőség adatsorban csupán egyetlen törés tapasztalható, mégpedig egy 45 éves szignifikáns negatív részperiódus 1938-1982 között (8.3. ábra; kétdimenziós ábrázolás).

A háromdimenziós ábrák (8.4. ábra; 8.5. ábra) a legteljesebb információt tartalmazzák a szignifikáns törésekről a vizsgált adatsorokban. Nevezetesen, tartalmazzák az összes szignifikáns részperiódust azok (a) hosszával, azaz kezdő és záró időpontjával (x tengely); (b) elemszámával (y tengely) és (c) erősségével (z tengely).

A trendtől mentesített bormennyiség adatsor, illetve a borminőség adatsor 104 éves mintái közötti korrelációs együttható értéke 0,144, mely nem szignifikáns sem a 95 %-os, sem a 99 %-os valószínűségi szinten.



8.1. ábra

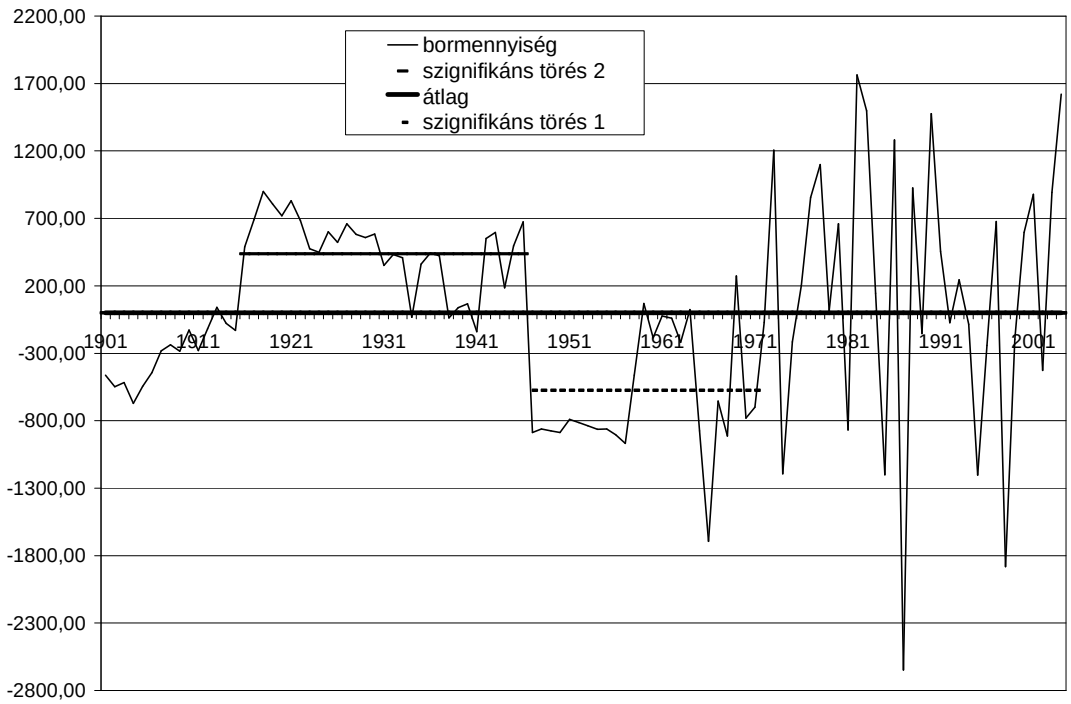
A bormennyiség idősor összes lehetséges részperiódusai közül a szignifikáns trendek.

A 104 éves teljes adatsor szignifikáns trendjét ezen az ábrán külön nem jelöltük.

(a szignifikancia szintek %-ban megadva;

az előjelek értelmezése: + szignifikáns növekvő trend; – : szignifikáns csökkenő trend

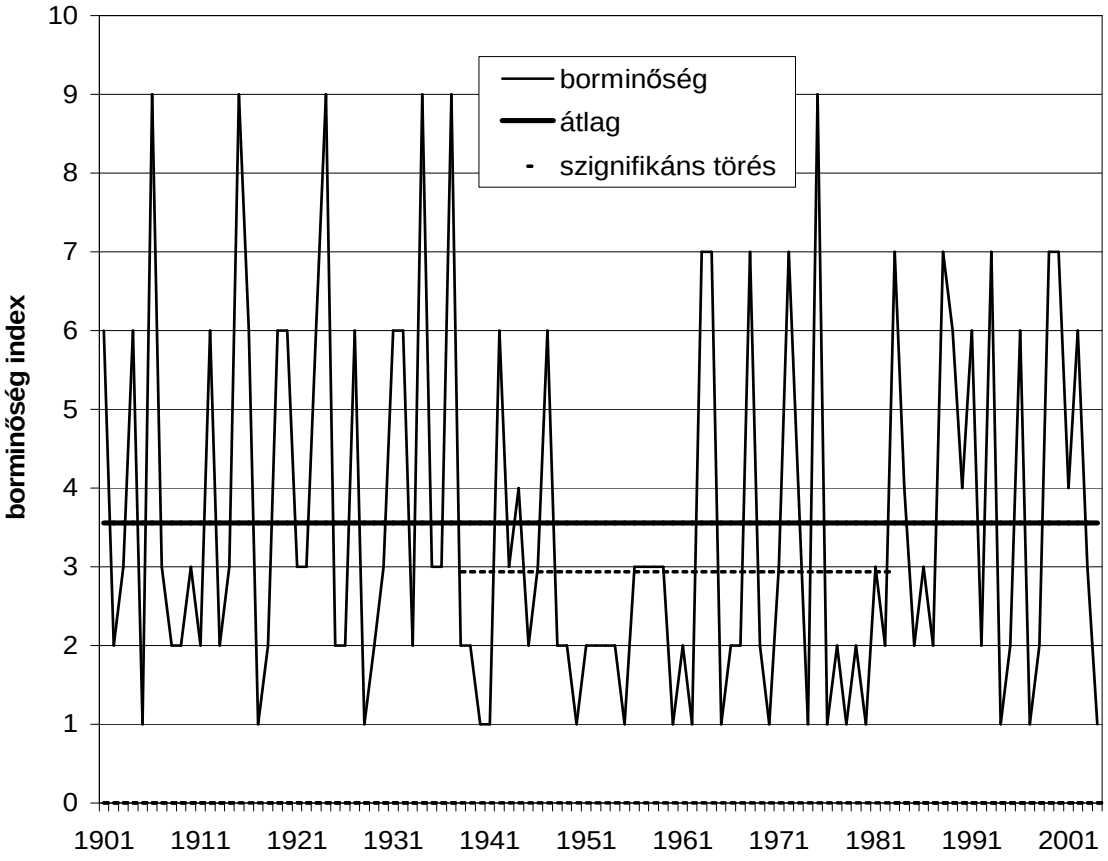
az adott valószínűségi szinteken)



8.2. ábra

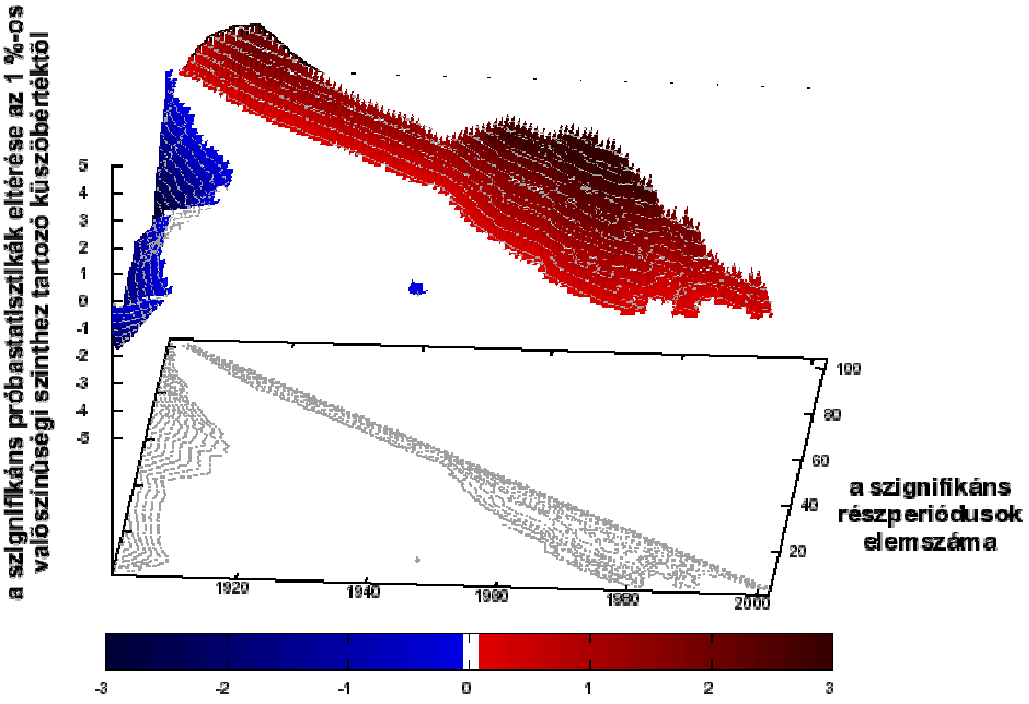
Szignifikáns törések a bormennyiség idősorában (Makra-próba, kétdimenziós ábrázolás)

(A 104 éves adatsor szignifikáns trendjét korábban már levontuk az egyes évi adatokból.)



8.3. ábra
Szignifikáns törések a borminőség idősorában

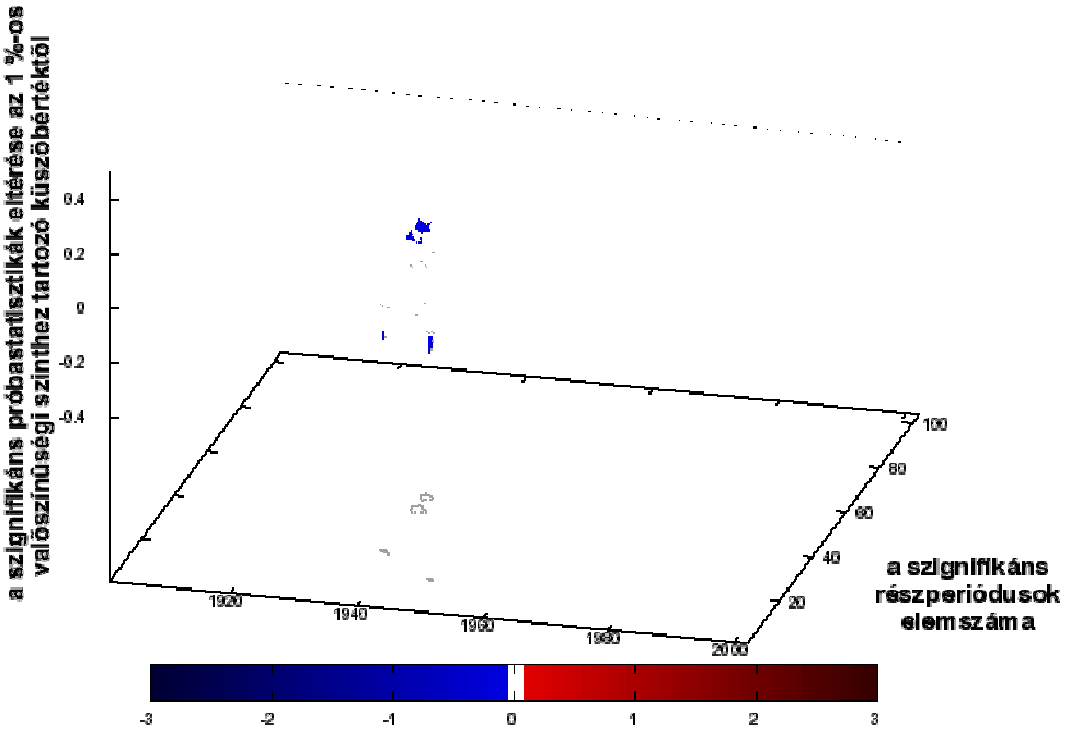
(Makra-próba kétdimenziós ábrázolás)



8.4. ábra

Azon részperiódusok, melyek átlaga szignifikánsan eltér a teljes minta átlagától, bormennyiség [Makra-próba, háromdimenziós ábrázolás;

(kék: szignifikáns negatív részperiódusok; piros: szignifikáns pozitív részperiódusok)]



8.5. ábra

Azon részperiódusok, melyek átlaga szignifikánsan eltér a teljes minta átlagától, borminőség [Makra-próba, háromdimenziós ábrázolás;

(kék: szignifikáns negatív részperiódusok; piros: szignifikáns pozitív részperiódusok)]

8.3. A meteorológiai paraméterek, illetve a bormennyiség és a borminőség Lorenz-diagramjai

A továbbiakban a vizsgált meteorológiai paraméterek havi értékeit öt-öt kvintilisbe csoportosítottuk oly módon, hogy az első kvintilis tartalmazta a változók nagyságrendbe állított adatainak a legalsó 20 %-át, … , az ötödik kvintilis pedig a legfelső 20 %-át. Ezt követően pedig meghatároztuk, hogy a meteorológiai paraméterek kvintiliseiben hány alkalommal fordultak elő a bormennyiség, illetve a borminőség értékek a megadott kategóriákban. Ily módon egy-egy kontingencia táblázatot készítettünk egyrészt a bormennyiség és külön-külön az egyes meteorológiai paraméterek, másrészt a borminőség és külön-külön az egyes meteorológiai paraméterek viszonylatában a vizsgált 104 éves időszakra vonatkozóan (8.1a-8.1c. táblázat; 8.2a-8.2c. táblázat).

A Pearson-féle χ^2-próbát alkalmaztuk a vizsgált 18 meteorológiai paraméternek (6 db havi középhőmérséklet, 6 db havi csapadékösszeg, 6 db havi napfénytartam összeg) egyrészt a bormennyiségre vonatkozó (8.1a-8.1c. táblázat) másrészt a borminőségre vonatkozó (8.2a-8.2c. táblázat) kontingencia táblázataira. Azt a null-hipotézist kívántuk ellenőrizni, miszerint a meteorológiai paraméterek kvintiliseihez tartozó bormennyiség-, illetve borminőség értékek függetlennek tekinthetők. Ha a függetlenség teljesül, akkor a meteorológiai paraméterek nincsenek hatással a bormennyiség, illetve borminőség alakulására, ellenkező esetben viszont összefüggés mutatható ki közöttük. A χ^2-próba eredményeként a 18 meteorológiai változó közül öt változó ($T_{mean,\ szep}$, $S_{ápr}$, $S_{máj}$, $S_{jún}$, $S_{júl}$) (8.3a. táblázat) mutat statisztikailag szignifikáns kapcsolatot a bormennyiséggel, továbbá egy változó ($T_{mean,\ máj}$) (8.3b. táblázat) jelez lényeges összefüggést a borminőséggel (azaz a függetlenség nem teljesül a p = 99 %-os szignifikancia szinten, vagyis azt mondhatjuk, hogy e változók 99 %-os megbízhatósággal befolyásolják a bormennyiség-, illetve borminőség jellemzők értékeit). Ezen túlmenően az áprilisi csapadékösszeg ($P_{ápr}$) (8.3a. táblázat) hat leginkább a bormennyiségre, illetve a májusi napfénytartam ($S_{máj}$) (8.3b. táblázat) befolyásolja legnagyobb mértékben a borminőséget, azonban ez a kapcsolat mindkét esetben csak alacsonyabb szinten szignifikáns. [Az áprilisi csapadékösszeg ($P_{ápr}$) esetében a függetlenség valószínűsége kisebb, mint 2 % (8.3a. táblázat), míg a májusi napfénytartam ($S_{máj}$) esetében az kisebb, mint 7 % (8.3b. táblázat).]

A bormennyiség és borminőség, illetve a meteorológiai paraméterek összefüggéseit a Lorenz-diagramok segítségével reprezentáljuk (8.6. ábra; 8.7. ábra). A dolgozatban csupán a bormennyiséggel, illetve a borminőséggel szignifikáns kapcsolatot mutató meteorológiai változók Lorenz-diagramjait mutatjuk be és elemezzük elemezzük részletesen (8.6. ábra; 8.7. ábra) (bormennyiség: $T_{mean,\ szep}$: 8.6.1. ábra; $P_{ápr}$: 8.6.2. ábra; $S_{ápr}$: 8.6.3. ábra; $S_{máj}$: 8.6.4. ábra; $S_{jún}$: 8.6.5. ábra; $S_{júl}$: 8.6.6. ábra; borminőség: $T_{mean,\ máj}$: 8.7.1. ábra; $S_{máj}$: 8.7.2. ábra). Mivel a bormennyiséggel szignifikáns kapcsolatot mutató változók Lorenz-diagramjai hasonlók (bormennyiség: $T_{mean,\ szep}$: 8.6.1. ábra; $P_{ápr}$: 8.6.2. ábra; $S_{ápr}$: 8.6.3. ábra; $S_{máj}$: 8.6.4. ábra; $S_{jún}$: 8.6.5. ábra; $S_{júl}$: 8.6.6. ábra), azokat együtt elemezzük. Megállapíthatjuk, hogy a bormennyiség csökken, ha mind a szeptemberi középhőmérséklet, mind pedig az áprilisi, májusi, júniusi és a júliusi napfénytartam közepes értékeket vesznek föl (a legalacsonyabb meredekségek mindegyik ábra 3. kvintilisében találhatók). Ugyanakkor a bormennyiség nő, ha ezeknek a paramétereknek magas az értékük: [a legnagyobb

meredekségek: $T_{mean,\ szep}$: 5. kvintilis (8.6.1. ábra); $S_{ápr}$: 4. kvintilis (8.6.3. ábra); $S_{máj}$: 5. kvintilis (8.6.4. ábra); $S_{jún}$: 5. kvintilis (8.6.5. ábra); $S_{júl}$: 4. kvintilis (8.6.6. ábra)]. Másrészről a közepes, illetve a magas áprilisi csapadék mérsékli a bormennyiséget (8.6.2. ábra). A borminőség csak a májusi középhőmérséklettel (8.7.1. ábra; 8.3b. táblázat)és a májusi napfénytartammal (utóbbival csupán a 90 %-os valószínűségi szinten) mutat szignifikáns kapcsolatot (8.7.2. ábra; 8.3b. táblázat). A Lorenz-diagramok azt jelzik, hogy a borminőség alacsony, ha a májusi középhőmérséklet, de különösen a májusi napfénytartam átlag körüli, ugyanis az ilyen májusokban a Lorenz-görbe meredeksége a legalacsonyabb (3. kvintilis). Továbbá a borminőség akkor nő a legnagyobb mértékben, ha mind a májusi középhőmérséklet, mind pedig a májusi napfénytartam magas (az 5. kvintilisben a legnagyobb a görbe meredeksége).

A Lorenz-diagramok interpretációját elősegítendő, meghatároztuk azok Gini-együtthatóit, melyek azt mutatják meg egy számértékkel, hogy az adott meteorológiai elemtől függő bormennyiség, vagy borminőség az egyenletes eloszláshoz képest mennyire torzul. A Gini-együttható abszolút értéke ezen torzulással arányos. A Gini-együttható 0 és 1 közötti skáláját tekintve általában igen alacsony értékeket, minimális torzulást jelző eloszlásokat mutattunk ki. Az egyenletes eloszláshoz képest legnagyobb torzulást (egyúttal az eredményváltozók és a meteorológiai változók közötti legnagyobb érzékenységet) jelző Gini-együtthatók egyrészt a bormennyiség, másrészt az $S_{máj}$ és a $T_{mean,\ szep}$ között rendre 0,0571 és 0,0428 voltak. Ugyanezek egyrészt a borminőség, másrészt az $S_{máj}$ és a $T_{mean,\ máj}$ között rendre 0,1029 és 0,0963 voltak (8.6. ábra; 8.7. ábra).

8.1a. táblázat

A bormennyiség gyakorisága a havi középhőmérsékletek (T_{mean}) kvintiliseiben

$T_{mean, ápr}$ (°C) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	7,0	9,6		6	11	2	2	1
2	9,6	10,5		6	7	3	5	1
3	10,5	11,4		2	11	5	1	1
4	11,4	12,6		4	4	9	0	2
5	12,6	19,2		3	8	7	1	2

$T_{mean, máj}$ (°C) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	11,8	15,2		4	9	4	3	1
2	15,2	16,1		4	9	6	1	1
3	16,1	17,0		5	8	4	3	0
4	17,0	18,5		6	8	7	0	1
5	18,5	21,0		2	7	5	2	4

$T_{mean, jún}$ (°C) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	14,9	18,4		3	10	5	2	1
2	18,4	19,1		4	8	4	4	1
3	19,1	19,9		6	9	4	1	1
4	19,9	21,0		6	10	4	1	3
5	21,0	24,4		2	4	9	1	1

$T_{mean, júl}$ (°C) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	16,6	20,3		4	6	6	4	1
2	20,3	20,9		7	7	3	3	1
3	20,9	21,8		3	12	4	1	0
4	21,8	22,8		3	9	6	1	3
5	22,8	25,7		4	7	7	0	2

$T_{mean, aug}$ (°C) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	17,4	19,6		8	10	5	1	0
2	19,6	20,3		4	6	5	3	0
3	20,3	21,4		1	10	6	2	1
4	21,4	22,1		6	7	3	2	3
5	22,1	27,2		2	8	7	1	3

$T_{mean, szep}$ (°C) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	10,6	15,3		1	10	9	1	0
2	15,3	16,1		1	11	4	5	0
3	16,1	17,1		16	2	2	0	0
4	17,1	17,9		3	10	5	1	2
5	17,9	20,5		0	8	6	2	5

8.1b. táblázat
A bormennyiség gyakorisága a havi csapadékösszegek (P) kvintiliseiben

$P_{ápr}$ (mm) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	4,0	22,0		3	14	4	0	2
2	22,0	33,0		6	3	9	2	0
3	33,0	42,8		5	7	1	5	1
4	42,8	60,4		3	6	7	2	3
5	60,4	100,0		4	11	5	0	1

$P_{máj}$ (mm) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	6,0	29,4		5	7	2	4	3
2	29,4	43,5		4	11	4	1	1
3	43,5	61,7		5	8	5	0	2
4	61,7	91,3		3	7	8	3	0
5	91,3	118,0		4	8	7	1	1

$P_{jún}$ (mm) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	6,0	39,8		5	6	6	1	3
2	39,8	58,2		4	6	8	2	1
3	58,2	79,9		6	8	3	2	1
4	79,9	120,8		4	8	5	2	2
5	120,8	197,3		2	13	4	2	0

$P_{júl}$ (mm) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	8,6	35,0		5	10	5	1	1
2	35,0	57,6		2	9	6	2	2
3	57,6	74,4		6	7	6	0	0
4	74,4	94,9		2	8	6	3	2
5	94,9	206,0		6	7	3	3	2

P_{aug} (mm) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	5,0	31,6		8	10	5	1	0
2	31,6	46,1		4	6	5	3	0
3	46,1	64,2		1	10	6	2	1
4	64,2	85,4		6	7	3	2	3
5	85,4	212,0		2	8	7	1	3

P_{szep} (mm) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	0,0	18,6		6	7	5	2	2
2	18,6	28,5		5	7	3	5	0
3	28,5	50,5		2	13	5	0	2
4	50,5	69,4		5	5	5	2	2
5	69,4	158,0		3	9	8	0	1

8.1c. táblázat

A bormennyiség gyakorisága a havi napfénytartam összegek (S) kvintiliseiben

$S_{ápr}$ (óra) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	91,4	151,9		1	14	5	1	0
2	151,9	172,9		1	10	4	4	2
3	172,9	174,0		15	1	3	0	1
4	174,0	198,3		1	7	9	2	2
5	198,3	254,0		3	9	5	2	2

$S_{máj}$ (óra) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	26,0	164,2		1	11	5	4	0
2	164,2	200,9		15	7	3	1	0
3	200,9	229,0		2	8	4	1	0
4	229,0	267,1		1	7	11	0	2
5	267,1	327,2		2	8	3	3	5

$S_{jún}$ (óra) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	139,1	209,7		1	14	2	3	1
2	209,7	230,8		18	10	5	1	1
3	230,8	243,6		0	3	1	1	1
4	243,6	278,4		0	8	10	2	1
5	278,4	335,7		2	6	8	2	3

$S_{júl}$ (óra) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	173,0	238,5		2	7	7	4	1
2	238,5	263,5		2	12	4	3	1
3	263,5	273,2		15	2	1	1	0
4	273,2	287,8		1	9	8	1	2
5	287,8	344,5		1	11	6	0	3

S_{aug} (óra) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	169,9	230,4		3	8	6	2	2
2	230,4	251,1		7	7	3	2	2
3	251,1	255,4		5	7	4	2	2
4	255,4	274,2		3	9	6	2	1
5	274,2	319,0		3	10	7	1	0

S_{szep} (óra) kvintilisei			bormennyiség					
			tól	725	1663	2600	3538	4476
	tól	ig	ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	71,0	161,1		3	8	7	2	1
2	161,1	184,1		7	8	3	3	0
3	184,1	188,8		2	11	4	2	1
4	188,8	211,8		2	10	5	1	3
5	211,8	317,0		7	4	7	1	2

8.2a. táblázat

A borminőség gyakorisága a havi középhőmérsékletek (T_{mean}) kvintiliseiben

$T_{mean,\ ápr}$ (°C) kvintilisei			borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	7,0	9,6	6	7	3	1	4	0	1
2	9,6	10,5	3	8	2	1	4	2	2
3	10,5	11,4	4	4	7	1	3	0	1
4	11,4	12,6	2	4	6	2	2	2	1
5	12,6	19,2	3	8	1	0	3	5	1

$T_{mean,máj}$ (°C) kvintilisei			borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	11,8	15,2	7	4	3	2	5	0	0
2	15,2	16,1	3	8	3	0	3	4	0
3	16,1	17,0	7	5	4	1	1	0	2
4	17,0	18,5	0	12	5	1	2	1	1
5	18,5	21,0	1	2	4	1	5	4	3

$T_{mean,\ jún}$ (°C) kvintilisei			borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	14,9	18,4	2	9	4	1	4	1	0
2	18,4	19,1	6	4	2	3	3	2	1
3	19,1	19,9	4	4	8	1	2	0	2
4	19,9	21,0	3	11	1	0	5	2	2
5	21,0	24,4	3	3	4	0	2	4	1

$T_{mean,\ júl}$ (°C) kvintilisei			borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	16,6	20,3	7	4	2	2	3	2	1
2	20,3	20,9	3	8	4	2	1	1	2
3	20,9	21,8	0	6	7	0	4	0	3
4	21,8	22,8	4	9	2	1	3	3	0
5	22,8	25,7	4	4	4	0	5	3	0

$T_{mean,\ aug}$ (°C) kvintilisei			borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	17,4	19,6	5	6	5	0	5	2	1
2	19,6	20,3	3	6	2	1	1	2	3
3	20,3	21,4	2	5	5	2	4	1	1
4	21,4	22,1	3	9	3	0	3	2	1
5	22,1	27,2	5	5	4	2	3	2	0

$T_{mean,\ szep}$ (°C) kvintilisei			borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	10,6	15,3	4	7	2	0	4	3	1
2	15,3	16,1	4	4	5	0	3	3	2
3	16,1	17,1	1	8	4	0	3	1	3
4	17,1	17,9	5	9	2	2	2	1	0
5	17,9	20,5	4	3	6	3	4	1	0

8.2b. táblázat
A borminőség gyakorisága a havi csapadékösszegek (P) kvintiliseiben

	$P_{ápr}$ (mm) kvintilisei		borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	4,0	22,0	3	7	6	1	4	1	1
2	22,0	33,0	3	7	3	1	4	0	2
3	33,0	42,8	5	4	3	1	2	3	1
4	42,8	60,4	3	6	4	1	4	2	1
5	60,4	100,0	4	7	3	1	2	3	1

	$P_{máj}$ (mm) kvintilisei		borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	6,0	29,4	3	5	3	2	2	4	2
2	29,4	43,5	2	6	4	1	5	2	1
3	43,5	61,7	1	9	5	0	2	1	2
4	61,7	91,3	6	4	4	1	4	1	1
5	91,3	118,0	6	7	3	1	3	1	0

	$P_{jún}$ (mm) kvintilisei		borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	6,0	39,8	4	7	2	1	3	4	0
2	39,8	58,2	1	3	5	1	7	2	2
3	58,2	79,9	3	7	2	2	2	2	2
4	79,9	120,8	4	7	7	0	2	0	1
5	120,8	197,3	6	7	3	1	2	1	1

	$P_{júl}$ (mm) kvintilisei		borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	8,6	35,0	5	7	5	0	2	3	0
2	35,0	57,6	1	3	4	2	5	5	1
3	57,6	74,4	3	7	5	0	3	0	1
4	74,4	94,9	4	7	3	1	4	0	2
5	94,9	206,0	5	7	2	2	2	1	2

	P_{aug} (mm) kvintilisei		borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	5,0	31,6	5	6	5	0	5	2	1
2	31,6	46,1	3	6	2	1	1	2	3
3	46,1	64,2	2	5	5	2	4	1	1
4	64,2	85,4	3	9	3	0	3	2	1
5	85,4	212,0	5	5	4	2	3	2	0

	P_{szep} (mm) kvintilisei		borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	0,0	18,6	2	4	6	2	4	2	2
2	18,6	28,5	5	8	2	0	3	2	0
3	28,5	50,5	5	7	5	0	3	2	0
4	50,5	69,4	3	5	4	3	2	1	1
5	69,4	158,0	3	7	2	0	4	2	3

8.2c. táblázat

A borminőség gyakorisága a havi napfénytartam összegek (S) kvintiliseiben

	$S_{ápr}$ (óra) kvintilisei		borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	91,4	151,9	5	5	3	0	5	1	2
2	151,9	172,9	6	5	3	2	2	3	0
3	172,9	174,0	1	6	5	2	4	0	2
4	174,0	198,3	3	8	4	1	2	1	2
5	198,3	254,0	3	7	4	0	3	4	0

	$S_{máj}$ (óra) kvintilisei		borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	26,0	164,2	7	7	2	1	1	2	1
2	164,2	200,9	3	10	5	2	4	0	2
3	200,9	229,0	5	6	3	0	1	0	0
4	229,0	267,1	0	6	5	0	6	4	0
5	267,1	327,2	3	2	4	2	4	3	3

	$S_{jún}$ (óra) kvintilisei		borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	139,1	209,7	4	8	2	1	5	1	0
2	209,7	230,8	5	12	7	1	5	2	3
3	230,8	243,6	2	0	1	1	0	1	1
4	243,6	278,4	3	3	6	2	4	2	1
5	278,4	335,7	4	8	3	0	2	3	1

	$S_{júl}$ (óra) kvintilisei		borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	173,0	238,5	5	5	2	3	3	3	0
2	238,5	263,5	5	5	3	1	3	3	2
3	263,5	273,2	1	7	4	0	3	1	3
4	273,2	287,8	2	6	7	1	4	0	1
5	287,8	344,5	5	8	3	0	3	2	0

	S_{aug} (óra) kvintilisei		borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	169,9	230,4	4	5	7	2	1	2	0
2	230,4	251,1	2	5	4	2	5	1	2
3	251,1	255,4	5	7	3	0	3	1	1
4	255,4	274,2	1	7	5	1	3	2	2
5	274,2	319,0	6	7	0	0	4	3	1

	S_{szep} (óra) kvintilisei		borminőség						
	tól	ig	1	2	3	4	6	7	9
1	71,0	161,1	1	5	7	1	6	1	0
2	161,1	184,1	8	9	0	0	2	1	1
3	184,1	188,8	5	4	5	0	3	2	1
4	188,8	211,8	2	8	3	2	1	4	1
5	211,8	317,0	2	5	4	2	4	1	3

8.3a. táblázat

A bormennyiség függetlenségvizsgálata a meteorológiai paraméterek kvintiliseiben, χ^2-próba; annak a 0-hipotézisnek a valószínűsége (v), miszerint a meteorológiai paraméterek értékei függetlenek a bormennyiségtől

havi középhőmérsékletek	$T_{mean,\ ápr}$	$T_{mean,\ máj}$	$T_{mean,\ jún}$	$T_{mean,\ júl}$	$T_{mean,\ aug}$	$T_{mean,\ szep}$
v	0,1288	0,5902	0,4958	0,3810	0,3220	0,0000

havi csapadékösszegek	$P_{ápr}$	$P_{máj}$	$P_{jún}$	$P_{júl}$	P_{aug}	P_{szep}
v	0,0136	0,4530	0,6708	0,7272	0,2469	0,1638

a napfénytartam havi összegei	$S_{ápr}$	$S_{máj}$	$S_{jún}$	$S_{júl}$	S_{aug}	S_{szep}
v	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,9215	0,3514

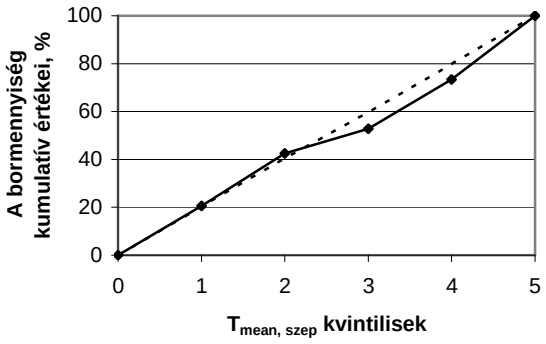
8.3b. táblázat

A borminőség függetlenségvizsgálata a meteorológiai paraméterek kvintiliseiben, χ^2-próba; annak a 0-hipotézisnek a valószínűsége (v), miszerint a meteorológiai paraméterek értékei függetlenek a borminőségtől

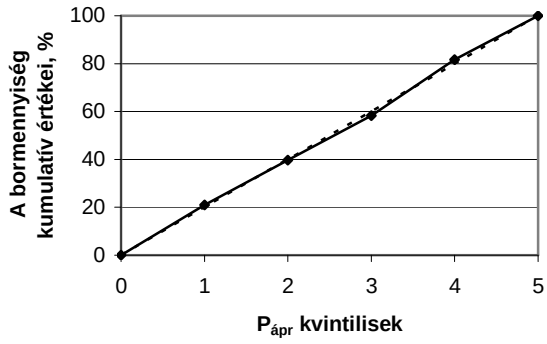
havi középhőmérsékletek	$T_{mean,\ ápr}$	$T_{mean,\ máj}$	$T_{mean,\ jún}$	$T_{mean,\ júl}$	$T_{mean,\ aug}$	$T_{mean,\ szep}$
v	0,4029	0,0088	0,1171	0,1484	0,8770	0,8794

havi csapadékösszegek	$P_{ápr}$	$P_{máj}$	$P_{jún}$	$P_{júl}$	P_{aug}	P_{szep}
v	0,9964	0,7349	0,3716	0,3771	0,9907	0,5825

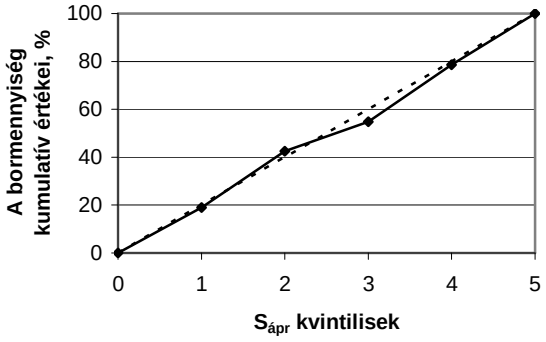
a napfénytartam havi összegei	$S_{ápr}$	$S_{máj}$	$S_{jún}$	$S_{júl}$	S_{aug}	S_{szep}
v	0,5663	0,0698	0,7065	0,4081	0,8705	0,4376



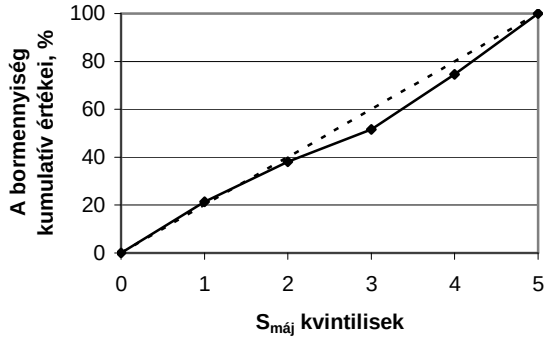
*G.e. = 0.0428
(1)



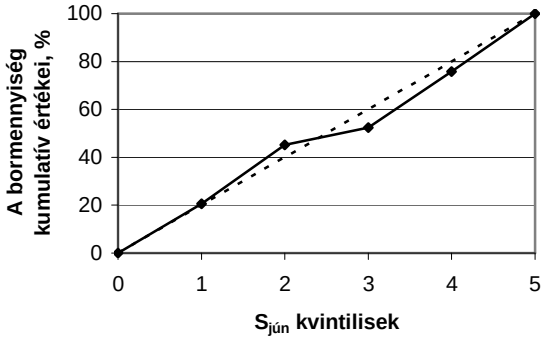
*G.e. = -0.0032
(2)



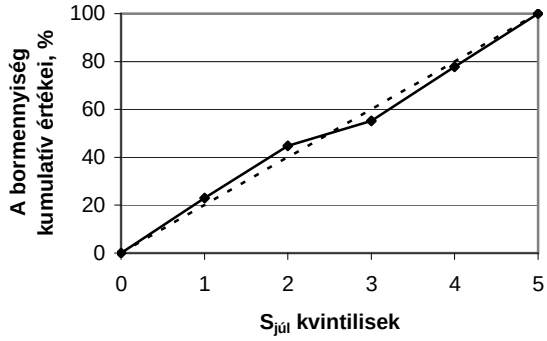
*G.e. = 0.0206
(3)



*G.e. = 0.0571
(4)

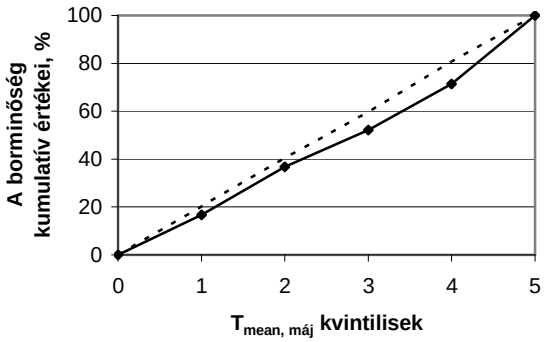


*G.e. = 0.0238
(5)

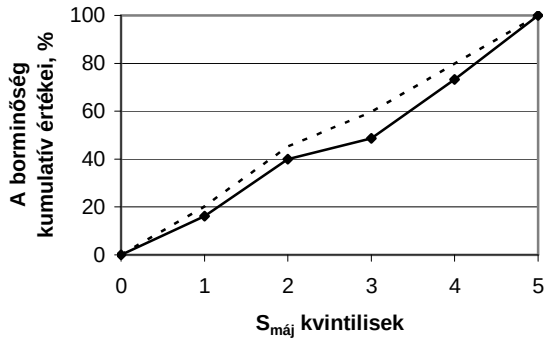


*G.e. = -0.0031
(6)

8.6. ábra
A bormennyiség és a vele a χ^2-próba függetlenségvizsgálat szerint szignifikáns kapcsolatot mutató éghajlati változók Lorenz-diagramjai
(*Gini-együttható) (folytonos vonal: Lorenz-görbe; szaggatott vonal: egyenletes eloszlás)



*G.e. = 0.0963
(1)



*G.e. = 0.1029
(2)

8.7. ábra
A borminőség és a vele a χ^2-próba függetlenségvizsgálat szerint szignifikáns kapcsolatot mutató éghajlati változók Lorenz-diagramjai
(*Gini-együttható) (folytonos vonal: Lorenz-görbe; szaggatott vonal: egyenletes eloszlás)

8.4. A meteorológiai változók befolyásának rangsora a bormennyiségre és a borminőségre

A következőkben meg kívántuk határozni, hogy a bormennyiséget célmennyiségnek tekintve, a 18 meteorológiai változó miként befolyásolja annak értékét, illetve befolyásuknak milyen a rangsora. Ugyanezt a vizsgálatot elvégeztük a borminőség és a 18 meteorológiai változó tekintetében is.

Amikor a standardizált adatokon végrehajtjuk a faktoranalízist, a kapott faktorsúlyok a kiindulási változók és a rotációt követően az elforgatott tengelyekhez tartozó – nekik megfelelő – koordináta értékek (azaz faktorértékek) közötti korrelációs együtthatók. Ebből az következik, hogy ha a célmennyiség a faktorral magasan korrelál, vagyis ha a faktornak a célmennyiség helyén nagy faktorsúlya van és ugyanazon a faktoron belül egy befolyásoló tényező a faktorral magasan korrelál, akkor a befolyásoló tényező a célmennyiséggel is magasan korrelál. Eszerint tanácsos a faktorok összes súlyát a célmennyiséggel együtt egy faktorban egyesíteni. Azaz célravezető úgy rotálni, hogy csak egy faktornak legyen a célmennyiséggel nagy súlya. Az összes többi faktor a célmennyiséggel korrelálatlan, vagyis nulla súlyú legyen (Fischer és Roppert, 1965; Jahn és Vahle, 1968).

Tehát két feladatot fogunk megoldani.

8.4.1. A bormennyiséget befolyásoló tényezők rangsora

Az első esetben elvégezzük a bormennyiség és a 18 meteorológiai változó faktoranalízisét. A faktoranalízis végrehajtását követően 10 faktort tartottunk meg, melyek az eredeti változók teljes varianciájának 81,549 %-át megmagyarázzák (8.4a. táblázat). Tekintsük most a bormennyiséget célmennyiségnek (eredményváltozó), s a további paraméterek legyenek az ezt meghatározó változók (befolyásoló tényezők). Ahhoz, hogy a változóknak a célmennyiségre gyakorolt hatását rangsorolni tudjuk, transzformálnunk kell a 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9. és a 10. faktorok faktorsúlyait az 1. faktorra (8.5a. táblázat) (Fischer és Roppert, 1965; Jahn és Vahle, 1968).

A bormennyiséggel – mint célmennyiséggel – csupán három változó mutat szignifikáns kapcsolatot (és csupán a 95 %-os szignifikancia szinten; $p_{sz}^{0,95} = 0,19$): fontossági sorrendben az augusztusi középhőmérséklet ($T_{mean,\ aug}$), a júniusi napfénytartam ($S_{jún}$) és az augusztusi napfénytartam (S_{aug}). Mindhárom említett változó magas értékei növelik a bormennyiséget, míg alacsony értékei csökkentik azt. A többi változó hatása a faktorsúlyaik alapján nem mérhető (8.6a. táblázat).

8.4.2. A borminőséget befolyásoló tényezők rangsora

A második esetben a borminőségre és a 18 meteorológiai változóra hajtjuk végre a faktoranalízist. Ezt követően 10 faktort tartottunk meg, melyek az eredeti változók teljes varianciájának 81,975 %-át megmagyarázzák (8.4b. táblázat). Legyen most a borminőség a célmennyiség (eredményváltozó), a további paraméterek pedig legyenek az ezt meghatározó változók (befolyásoló tényezők). A változók célmennyiségre gyakorolt hatásának rangsorolásához ez esetben is transzformálnunk kell a 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9. és a 10. faktorok faktorsúlyait az 1. faktorra (8.5b. táblázat) (Fischer és Roppert, 1965; Jahn és Vahle, 1968).

A borminőséggel – mint célmennyiséggel – 4 változó jelez szignifikáns kapcsolatot a 99 %-os szignifikancia szinten ($p_{sz}^{0,99} = 0,25$); rangsor szerint: a májusi napfénytartam ($S_{máj}$), a júniusi csapadékösszeg ($P_{jún}$), a májusi középhőmérséklet ($T_{mean\ máj}$) és a szeptemberi csapadékösszeg (P_{szep}), míg három változó a 95 %-os szignifikancia szinten ($p_{sz}^{0,95} = 0,19$) [nevezetesen a májusi csapadékösszeg ($P_{máj}$), az augusztusi napfénytartam (S_{aug}) és a júliusi csapadékösszeg ($P_{júl}$)]. Megállapíthatjuk, hogy a magasabb májusi napfénytartam és középhőmérséklet, valamint a magas szeptemberi csapadék javítja a borminőséget, ugyanakkor a magas májusi, júniusi és júliusi csapadék, valamint a magas augusztusi napfénytartam ezzel ellentétes hatású. A többi változó hatása a faktorsúlyaik alapján nem értékelhető (8.6b. táblázat).

8.4a. táblázat
A kiindulási sajátértékek és varianciák, április-szeptember
(bormennyiség + meteorológiai változók)

komponens	kiindulási sajátértékek		
	teljes variancia	relatív variancia, %	kumulatív variancia, %
1	3,538	18,622	18,622
2	2,075	10,920	29,541
3	1,695	8,919	38,460
4	1,614	8,492	46,952
5	1,446	7,611	54,563
6	1,271	6,689	61,252
7	1,115	5,870	67,122
8	1,060	5,580	72,702
9	0,889	4,678	77,380
10	0,792	4,169	81,549
11	0,684	3,598	85,148
12	0,540	2,840	87,988
13	0,451	2,371	90,360
14	0,419	2,203	92,563
15	0,402	2,116	94,679
16	0,292	1,538	96,217
17	0,277	1,455	97,673
18	0,230	1,208	98,881
19	0,213	1,119	100,000

8.4b. táblázat
A kiindulási sajátértékek és varianciák, április-szeptember
(borminőség + meteorológiai változók)

komponens	kiindulási sajátértékek		
	teljes variancia	relatív variancia, %	kumulatív variancia, %
1	3,510	18,473	18,473
2	2,179	11,467	29,940
3	1,688	8,882	38,823
4	1,576	8,297	47,119
5	1,509	7,942	55,061
6	1,201	6,321	61,382
7	1,199	6,310	67,692
8	1,061	5,584	73,276
9	0,933	4,910	78,185
10	0,720	3,790	81,975
11	0,651	3,427	85,402
12	0,471	2,481	87,883
13	0,437	2,300	90,183
14	0,425	2,238	92,421
15	0,402	2,116	94,537
16	0,293	1,545	96,082
17	0,273	1,439	97,521
18	0,250	1,316	98,837
19	0,221	1,163	100,000

8.5a. táblázat
Faktorsúlyok, április-szeptember (bormennyiség + meteorológiai változók).
Csak a $|0.60|$-nál magasabb értékeket mutatjuk be.

változók	1. faktor	2. faktor	3. faktor	4. faktor	5. faktor	6. faktor	7. faktor	8. faktor	9. faktor	10. faktor
bormennyiség										0,946
középhőmérséklet, április, $T_{mean,\ ápr}$								-0,644		
csapadékösszeg, április, $P_{ápr}$					-0,786					
napfénytartam óraösszeg, április, $S_{ápr}$					0,817					
középhőmérséklet, május, $T_{mean,\ máj}$							-0,745			
csapadékösszeg, május, $P_{máj}$							0,873			
napfénytartam óraösszeg, május, $S_{máj}$									0,894	
középhőmérséklet, június, $T_{mean,\ jún}$	0,814									
csapadékösszeg, június, $P_{jún}$						0,662				
napfénytartam, óraösszeg június, $S_{jún}$	0,865									
középhőmérséklet, július, $T_{mean,\ júl}$				0,869						
csapadékösszeg, július, $P_{júl}$						0,825				
napfénytartam óraösszeg, július, $S_{júl}$								0,757		
középhőmérséklet, augusztus, $T_{mean,\ aug}$			0,672							
csapadékösszeg, augusztus, P_{aug}			-0,680							
napfénytartam óraösszeg, augusztus, S_{aug}			0,853							
középhőmérséklet, szeptember, $T_{mean,\ szep}$		0,700								
csapadékösszeg, szeptember, P_{szep}		-0,787								
napfénytartam óraösszeg, szeptember, S_{szep}		0,834								

A $|0.19|$-nél magasabb értékek statisztikailag szignifikánsak a 95 %-os valószínűségi szinten. Viszont az 5a. táblázat csupán azokat tartalmazza, amelyek $|0.60|$-nél magasabbak. Ez azt jelenti, hogy ez esetben egy paraméter teljes varianciájának legalább 36 %-a megmagyarázható egyetlen faktorral.

8.5b. táblázat
Faktorsúlyok, április-szeptember (borminőség + meteorológiai változók).
Csak a $|0.60|$-nál magasabb értékeket mutatjuk be.

változók	1. faktor	2. faktor	3. faktor	4. faktor	5. faktor	6. faktor	7. faktor	8. faktor	9. faktor	10. faktor
borminőség										
középhőmérséklet, április, $T_{mean,\ ápr}$										
csapadékösszeg, április, $P_{ápr}$										
napfénytartam óraösszeg, április, $S_{ápr}$										
középhőmérséklet, május, $T_{mean,\ máj}$										
csapadékösszeg, május, $P_{máj}$										
napfénytartam óraösszeg, május, $S_{máj}$										
középhőmérséklet, június, $T_{mean,\ jún}$										
csapadékösszeg, június, $P_{jún}$										
napfénytartam, június óraösszeg, $S_{jún}$										
középhőmérséklet, július, $T_{mean,\ júl}$	0,602									
csapadékösszeg, július, $P_{júl}$										
napfénytartam óraösszeg, július, $S_{júl}$										
középhőmérséklet, augusztus, $T_{mean,\ aug}$	0,697									
csapadékösszeg, augusztus, P_{aug}										
napfénytartam óraösszeg, augusztus, S_{aug}										
középhőmérséklet, szeptember, $T_{mean,\ szep}$										
csapadékösszeg, szeptember, P_{szep}		0,636								
napfénytartam óraösszeg, szeptember, S_{szep}										

A $|0.19|$-nél magasabb értékek statisztikailag szignifikánsak a 95 %-os valószínűségi szinten. Viszont az 5b. táblázat csupán azokat tartalmazza, amelyek $|0.60|$-nél magasabbak. Ez azt jelenti, hogy ez esetben egy paraméter teljes varianciájának legalább 36 %-a megmagyarázható egyetlen faktorral.

8.6a. táblázat
Speciális transzformáció.
A változóknak a bormennyiségre, mint célmennyiségre gyakorolt hatása
és a változók rangsora az 1. faktorra, továbbá a 2. és a 3. faktorra
transzformált faktorsúlyaik alapján (bormennyiség + meteorológiai változók).
(*dőlt:* szignifikáns változók; $p_{sz}^{0,95} = 0,19$;
vastag: szignifikáns változók: $p_{sz}^{0,99} = 0,25$)

változók	[a]1'. faktor	[b]2'. faktor	[c]3'. faktor	rangsor az 1'. faktor alapján
bormennyiség	0,9705	-0,9401	-0,9260	–
középhőmérséklet, április, $T_{mean,\ ápr}$	0,1353	-0,0362	0,0200	6
csapadékösszeg, április, $P_{ápr}$	0,0828	-0,1155	-0,1727	11
napfénytartam óraösszeg, április, $S_{ápr}$	0,1713	-0,0548	0,0011	4
középhőmérséklet, május, $T_{mean,\ máj}$	0,1523	-0,0431	0,0386	5
csapadékösszeg, május, $P_{máj}$	-0,1292	0,0950	0,0231	7
napfénytartam óraösszeg, május, $S_{máj}$	0,1190	-0,0277	-0,0176	9
középhőmérséklet, június, $T_{mean,\ jún}$	0,0240	0,1190	0,1509	17
csapadékösszeg, június, $P_{jún}$	-0,0314	-0,1117	-0,1317	16
napfénytartam óraösszeg, június, $S_{jún}$	*0,2481*	-0,1154	-0,0923	*2*
középhőmérséklet, július, $T_{mean,\ júl}$	0,0044	0,1464	0,1308	18
csapadékösszeg, július, $P_{júl}$	0,1282	**-0,2582**	-0,2397	8
napfénytartam óraösszeg, július, $S_{júl}$	-0,0523	0,1521	0,1014	14
középhőmérséklet, augusztus, $T_{mean,\ aug}$	**0,2612**	-0,0859	-0,0977	**1**
csapadékösszeg, augusztus, P_{aug}	-0,0818	-0,0181	0,0142	12
napfénytartam óraösszeg, augusztus, S_{aug}	*0,2336*	-0,1351	-0,1782	*3*
középhőmérséklet, szeptember, $T_{mean,\ szep}$	-0,0986	*0,1967*	0,0983	10
csapadékösszeg, szeptember, P_{szep}	-0,0569	0,0095	0,1223	13
napfénytartam óraösszeg, szeptember, S_{szep}	0,0478	-0,0039	-0,1018	15

[a]1'. faktor: a másik 9 faktornak az 1. faktorra történő egymást követő transzformációja után előálló faktor a faktorsúlyaival

[b]2.' faktor: az 1. faktor elhagyásával a maradék 8 faktornak a 2. faktorra történő egymást követő transzformációja után előálló faktor a faktorsúlyaival

[c]3'. faktor: az 1. és 2. faktorok elhagyásával a maradék 7 faktornak az 3 faktorra történő egymást követő transzformációja után előálló faktor a faktorsúlyaival

8.6b. táblázat
Speciális transzformáció.
A változóknak a borminőségre, mint célmennyiségre gyakorolt hatása
és a változók rangsora az 1. faktorra, továbbá a 2. és a 3. faktorra
transzformált faktorsúlyaik alapján (borminőség + meteorológiai változók).
(*dőlt:* szignifikáns változók; $p_{sz}^{0,95} = 0,19$;
vastag: szignifikáns változók: $p_{sz}^{0,99} = 0,25$)

változók	[a]1'. faktor	[b]2'. faktor	[c]3'. faktor	rangsor az 1'. faktor alapján
borminőség	0,8906	0,8793	-0,7457	–
középhőmérséklet, április, $T_{mean,\ ápr}$	0,1514	0,0881	0,0742	8
csapadékösszeg, április, $P_{ápr}$	-0,0897	-0,0720	-0,0694	12
napfénytartam óraösszeg, április, $S_{ápr}$	-0,0749	-0,1514	**0,3198**	14
középhőmérséklet, május, $T_{mean,\ máj}$	**0,3294**	**0,2606**	0,0088	**3**
csapadékösszeg, május, $P_{máj}$	*-0,2428*	*-0,2209*	-0,0263	*5*
napfénytartam óraösszeg, május, $S_{máj}$	**0,3920**	**0,3362**	**-0,3090**	**1**
középhőmérséklet, június, $T_{mean,\ jún}$	0,0487	-0,0419	0,1544	15
csapadékösszeg, június, $P_{jún}$	**-0,3734**	**-0,2858**	*0,2452*	**2**
napfénytartam, június óraösszeg, $S_{jún}$	0,0314	-0,0550	0,1230	16
középhőmérséklet, július, $T_{mean,\ júl}$	0,0121	-0,0843	0,0556	18
csapadékösszeg, július, $P_{júl}$	*-0,1934*	-0,1139	0,1774	*7*
napfénytartam óraösszeg, július, $S_{júl}$	-0,1386	-0,2032	0,0628	10
középhőmérséklet, augusztus, $T_{mean,\ aug}$	-0,1244	*-0,2377*	*0,1953*	11
csapadékösszeg, augusztus, P_{aug}	0,1420	*0,2061*	-0,0962	9
napfénytartam óraösszeg, augusztus, S_{aug}	*-0,2063*	**-0,2713**	0,1212	*6*
középhőmérséklet, szeptember, $T_{mean,\ szep}$	0,0224	-0,0370	-0,2932	17
csapadékösszeg, szeptember, P_{szep}	**0,3020**	**0,3352**	0,0022	**4**
napfénytartam óraösszeg, szeptember, S_{szep}	0,0843	0,0578	**-0,3887**	13

[a]1'. faktor: a másik 9 faktornak az 1. faktorra történő egymást követő transzformációja után előálló faktor a faktorsúlyaival

[b]2.' faktor: az 1. faktor elhagyásával a maradék 8 faktornak a 2. faktorra történő egymást követő transzformációja után előálló faktor a faktorsúlyaival

[c]3'. faktor: az 1. és 2. faktorok elhagyásával a maradék 7 faktornak az 3 faktorra történő egymást követő transzformációja után előálló faktor a faktorsúlyaival

8.5. A bormennyiséget és a borminőséget meghatározó legfontosabb meteorológiai paraméterek

A bor paraméterek és az éghajlati változók közötti kapcsolatok részletesebb feltárására kiszámítottuk az általánosított korrelációkat (r_G). Azt kaptuk, hogy ezek jóval nagyobbak, mint a lineáris korrelációk, különösen a bormennyiség esetében (8.7. táblázat). Továbbá, nehéz megállapítani bármiféle összefüggést az általánosított korrelációk nagyságrendje és a lineáris korrelációk között. Nyilvánvalóan, egy statisztikai tesztet kel alkalmaznunk annak eldöntésére, vajon egy adott r_G szignifikánsan különbözik-e zérótól. Sajnos, ilyen teszt, mely bármely valószínűségi eloszlás esetén alkalmazható lenne, nem létezik. Dionisio et al. (2004) egy statisztikai próbát alkalmazott annak eldöntésére, hogy egy r_G szignifikánsan különbözik-e zérótól. Az általánosított korrelációk világosan mutatják egyrészt az éghajlati változók, másrészt a bormennyiség és a borminőség közötti kapcsolatokat. Ezek a kapcsolatok azonban összetettek, s a lineáris és egyéb egyszerű függvények csak gyengén reprodukálják őket.

A Pearson-féle χ^2-próba, a speciális transzformáció és az általánosított korreláció alapján megvizsgáltuk, hogy végső soron mely éghajlati változók befolyásolják szignifikánsan a bormennyiséget, illetve a borminőséget. Annak az éghajlati változónak a hatását fogadtuk el lényegesnek, amely legalább két módszer alapján jelez szignifikáns kapcsolatot a bor paraméterekkel (8.8. táblázat) Eszerint a májusi, a júniusi, júliusi és az augusztusi napfénytartam, valamint a szeptemberi csapadékösszeg jelentősen befolyásolja a bormennyiséget, illetve a májusi középhőmérséklet, csapadék és napfénytartam, valamint a júliusi csapadék, s az augusztusi napfénytartam számottevő hatást gyakorol a borminőségre.

8.5.1. Az eltérő módszerekkel kapott eredmények összevetése

Miután elvégeztük a χ^2-próba függetlenségvizsgálatot, valamint a megtartott faktorokra a speciális transzformációt, néhány esetben eltérő éghajlati változók mutattak szignifikáns kapcsolatot a bormennyiséggel, illetve a borminőséggel (8.9. táblázat). Azonban megjegyzendő, hogy ha egy statisztikai problémát több eljárással vizsgálunk, az eredmények bizonyos különbözősége teljesen természetes.

A faktoranalízisnél a faktorok az eredeti változók lineáris kombinációja, tehát ez az eljárás végső soron a változók közötti lineáris kapcsolatról árulkodik. Ugyanakkor a χ^2-próba függetlenségvizsgálat alapján azt állapíthatjuk meg, hogy van-e függőség, a függőség jellegéről azonban nem tudunk semmit. (A függőség lehet abszolút lineáris és lehet nem az.) A függetlenség elvetése viszont bármilyen jellegű (nemcsak lineáris) kapcsolatra utal.

Miután végrehajtottuk a speciális transzformációt, az éghajlati változóknak a bormennyiségre, illetve a borminőségre, mint eredményváltozókra gyakorolt hatását, csakúgy, mint az éghajlati változók rangsorát utóbbiaknak az 1. Faktorra transzformált faktorsúlyaik alapján határozzuk meg (8.6a-8.6b. táblázat).

Annak érdekében, hogy az eredmények megbízhatóságát ellenőrizzük, elvégeztük a 2. és a 3. Faktorra is a speciális transzformációt, mely Faktorok még viszonylag nagy információtartalommal rendelkeznek (noha nem olyan naggyal, mint az 1. Faktor)

(8.6a-8.6b. táblázat). Eredményül azt kaptuk, hogy a bormennyiségre néhány esetben a különböző éghajlati változók faktorsúlyai szignifikáns kapcsolatot mutattak az 1. és a 2. Faktorral [az 5-5 faktorsúly közül csupán 3 tartozik ugyanahhoz az éghajlati változóhoz (8.9. táblázat)]. Ezenkívül a 2. és a 3. Faktorhoz tartozó ugyanazon éghajlati változók 5-5 faktorsúlya szignifikáns kapcsolatot mutat a bormennyiséggel. Ugyanakkor a 3. Faktor esetében már csökkent az illeszkedés jósága. Következésképp, ez esetben a 2. Faktor kiegészíti az 1. Faktorra kapott eredményeket, míg a 3. Faktor figyelembe vétele nem szükséges (8.9. táblázat). A borminőségre az 1., illetve 2. Faktor 7, illetve 10 faktorsúlya közül 7 tartozik ugyanazon éghajlati változókhoz. Továbbá, jóllehet a 3. Faktor 13 szignifikáns faktorsúlya közül 7 tartozik ugyanazon éghajlati változókhoz, mint az 1. Faktorban, és a 2. Faktorban, mégis úgy találtuk, hogy a mindössze 3 új változó figyelembe vétele a 3. Faktorban a 2. Faktorhoz képest, nem javítja, hanem ellenkezőleg, rontja az illeszkedés jóságát [lásd: az illesztett (adjusted) R^2 értékei, 8.9. táblázat]. Ebből adódik, hogy amikor a regressziót számítjuk a borminőségre, a 3. Faktort nem vesszük figyelembe (8.9. táblázat).

Az eredmények jósága, nevezetesen a fenti két módszer alapján számított lineáris közelítések jósága összehasonlítható, ha egyrészt a χ^2-próba, másrészt a speciális transzformáció révén kapott szignifikáns éghajlati változókkal lineáris regressziót hajtunk végre a bor paraméterekre, mint eredményváltozókra, majd a közelítések illesztett R^2 értékeit összevetjük. A fentiek alapján, amikor elvégezzük a lineáris regressziót, a 3. faktorhoz tartozó szignifikáns éghajlati változóktól eltekintünk mind a bormennyiség, mind a borminőség esetében. Mindkét eredményváltozóra csupán az 1. és a 2. Faktorhoz tartozó szignifikáns éghajlati változókat vesszük figyelembe. A számítások alapján mind a bormennyiségre, mind a borminőségre a lineáris közelítés illesztett R^2 értéke nagyobb volt a faktoranalízis speciális transzformáció révén kapott szignifikáns éghajlati változókra (8.9. táblázat utolsó négy sora). Más szóval, a faktoranalízis révén kapott szignifikáns változók jobban megmagyarázzák a köztük és az eredményváltozók közötti lineáris kapcsolatokat, mint a χ^2-próba révén kapott szignifikáns változók. Ugyanakkor a függetlenség elvetése (χ^2-próba) bármilyen jellegű kapcsolatra utal. Megjegyezzük azonban, hogy a relatív megmagyarázott variancia (R^2) alacsony értékeket eredményezett a mindkét módszer alapján történt közelítésekre (8.9. táblázat) (Makra et al., 2009).

8.7. táblázat
A bormennyiségnek és a borminőségnek az éghajlati változókkal való általánosított és lineáris korrelációi
(általánosított korreláció, a szignifikancia küszöbértéke:
dőlt: $x_{0.05} = 0.273$; **vastag**: $x_{0.01} = 0.351$)
(lineáris korreláció, a szignifikancia küszöbértéke:
dőlt: $x_{0.05} = 0.195$; **vastag**: $x_{0.01} = 0.254$)

éghajlati változók	bormennyiség		borminőség	
	általánosított korreláció	lineáris korreláció	általánosított korreláció	lineáris korreláció
középhőmérséklet, április, $T_{mean,\ ápr}$	**0,643**	0,101	*0,289*	0,140
csapadékösszeg, április, $P_{ápr}$	0,038	-0,005	0,044	-0,022
napfénytartam óraösszeg, április, $S_{ápr}$	**0,912**	0,108	0,159	-0,021
középhőmérséklet, május, $T_{mean,\ máj}$	*0,290*	0,142	**0,449**	**0,260**
csapadékösszeg, május, $P_{máj}$	0,016	-0,100	0,255	*-0,227*
napfénytartam óraösszeg, május, $S_{máj}$	**0,772**	0,120	**0,371**	*0,228*
középhőmérséklet, június, $T_{mean,\ jún}$	0,231	0,039	0,271	0,074
csapadékösszeg, június, $P_{jún}$	0,078	-0,060	0,249	*-0,207*
napfénytartam, június óraösszeg, $S_{jún}$	**0,710**	*0,209*	*0,294*	0,041
középhőmérséklet, július, $T_{mean,\ júl}$	**0,648**	-0,001	0,229	0,041
csapadékösszeg, július, $P_{júl}$	0,085	0,069	0,271	-0,110
napfénytartam óraösszeg, július, $S_{júl}$	**0,707**	-0,068	*0,326*	-0,044
középhőmérséklet, augusztus, $T_{mean,\ aug}$	**0,364**	*0,250*	0,164	-0,094
csapadékösszeg, augusztus, P_{aug}	0,112	-0,084	0,095	0,089
napfénytartam óraösszeg, augusztus, S_{aug}	**0,758**	*0,199*	*0,309*	-0,110
középhőmérséklet, szeptember, $T_{mean,\ szep}$	0,222	-0,029	**0,383**	-0,031
csapadékösszeg, szeptember, P_{szep}	*0,335*	0,011	0,192	0,182
napfénytartam óraösszeg, szeptember, S_{szep}	**0,661**	0,052	0,228	0,018

8.8. táblázat

Azon éghajlati változók összehasonlítása, melyek szignifikánsan befolyásolják a bormennyiséget és a borminőséget a Pearson-féle χ^2-próba, a speciális transzformáció és az általánosított korreláció alapján

éghajlati változók	bormennyiség			borminőség		
	Pearson-féle χ^2-próba	speciális transzformáció	általánosított korreláció	Pearson-féle χ^2-próba	speciális transzformáció	általánosított korreláció
középhőmérséklet, április, $T_{mean,\ ápr}$			•			
csapadékösszeg, április, $P_{ápr}$						
napfénytartam óraösszeg, április, $S_{ápr}$			•			
középhőmérséklet, május, $T_{mean,\ máj}$			•	•	•	•
csapadékösszeg, május, $P_{máj}$					•	•
napfénytartam óraösszeg, május, $S_{máj}$	•	•	•	•	•	•
középhőmérséklet, június, $T_{mean,\ jún}$						•
csapadékösszeg, június, $P_{jún}$		•			•	
napfénytartam, június óraösszeg, $S_{jún}$	•	•	•			
középhőmérséklet, július, $T_{mean,\ júl}$			•			
csapadékösszeg, július, $P_{júl}$					•	•
napfénytartam óraösszeg, július, $S_{júl}$	•		•			•
középhőmérséklet, augusztus, $T_{mean,\ aug}$			•			
csapadékösszeg, augusztus, P_{aug}						
napfénytartam óraösszeg, augusztus, S_{aug}		•	•		•	•
középhőmérséklet, szeptember, $T_{mean,\ szep}$						•
csapadékösszeg, szeptember, P_{szep}		•	•		•	
napfénytartam óraösszeg, szeptember, S_{szep}			•			

• : szignifkáns kapcsolat legalább a 99 %-os valószínűségi szinten

8.9. táblázat

A lineáris regressziónak a χ^2-próba függetlenségvizsgálat, valamint a faktoranalízis faktorsúlyokon alapuló (az 1., 2. és 3. faktorra történő) speciális transzformációja révén kapott, s az éghajlati változókhoz tartozó azon paraméterei, melyek szignifikánsan befolyásolják a bormennyiséget és a borminőséget: együtthatók, konstansok és az illeszkedés jósága

éghajlati változók	bormennyiség				borminőség			
	χ^2-próba	faktoranalízis, transzformált faktorsúlyok			χ^2-próba	faktoranalízis, transzformált faktorsúlyok		
		1*	2*	3*		1*	2*	3*
középhőmérséklet, április, $T_{mean,\ ápr}$								
csapadékösszeg, április, $P_{ápr}$								
napfénytartam óraösszeg, április, $S_{ápr}$								-0,005
középhőmérséklet, május, $T_{mean,\ máj}$					0,260	0,126	0,222	0,238
csapadékösszeg, május, $P_{máj}$						-0,011	-0,008	-0,009
napfénytartam óraösszeg, május, $S_{máj}$	2,746	2,245	2,417	2,417	0,006	0,005	0,006	0,005
középhőmérséklet, június, $T_{mean,\ jún}$			-78,828	-78,828				
csapadékösszeg, június, $P_{jún}$		-1,188	-3,112	-3,112		-0,009	-0,010	-0,010
napfénytartam, június óraösszeg, $S_{jún}$	3,307	2,278						
középhőmérséklet, július, $T_{mean,\ júl}$								
csapadékösszeg, július, $P_{júl}$						-0,002	-0,006	-0,008
napfénytartam óraösszeg, július, $S_{júl}$	-0,080						-0,004	-0,005
középhőmérséklet, augusztus, $T_{mean,\ aug}$			36,010	36,010			-0,312	-0,304
csapadékösszeg, augusztus, P_{aug}							0,005	-0,004
napfénytartam óraösszeg, augusztus, S_{aug}		4,543				-0,013	-0,002	-0,002
középhőmérséklet, szeptember, $T_{mean,\ szep}$								0,080
csapadékösszeg, szeptember, P_{szep}		2,125	1,886	1,886		0,010	0,008	0,013
napfénytartam óraösszeg, szeptember, S_{szep}								0,006
konstans	-1336,954	-2163,397	1268,471	447,870	-1,870	4,573	7,748	6,058
az illeszkedés jósága (illesztett R^2) a szignifikáns éghajlati változókkal, χ^2-próba	0,079				0,074			
az illeszkedés jósága (illesztett R^2) az 1. faktor szignifikáns éghajlati változóival		0,096				0,116		
az illeszkedés jósága (illesztett R^2) az 1. és a 2. faktor szignifikáns éghajlati változóival			0,119				0,127	
az illeszkedés jósága (illesztett R^2) az 1., 2. és a 3. faktor szignifikáns éghajlati változóival				0,074				0,117

1*: a lineáris regresszió együtthatói az 1. faktorra transzformált szignifikáns faktorsúlyok alapján

2*: a lineáris regresszió együtthatói az 1. és a 2. faktorra transzformált szignifikáns faktorsúlyok alapján

3*: a lineáris regresszió együtthatói az 1., 2. és a 3. faktorra transzformált szignifikáns faktorsúlyok alapján R^2: relatív megmagyarázott variancia

8.6. Objektív évjárat-típusok előállítása Tokaj-hegyalja térségére

E fejezet fő célja, hogy többváltozós statisztikai módszerek alkalmazásával meghatározzuk a Tokaj-hegyalja fölött uralkodó évjárat-típusok egy objektív, megbízható osztályozási rendszerét. Ezt követően a homogén hőmérsékleti-, csapadék- és napfénytartam viszonyok által jellemzett évjárat-típusok mindegyikére megbecsüljük egyrészt a bormennyiség, másrészt a borminőség értékeit.

Mindezen feladatok végrehajtásához (a bormennyiség és a borminőség figyelmen kívül hagyásával) a vizsgált 18 meteorológiai paraméter 104 éves idősoraira alkalmazzuk: (1) a faktoranalízist, mely a kiindulási p db $X_1, X_2, \ldots, X_p$ változó dimenzióját csökkenti oly módon, hogy azokat m db ($m < p$) lineárisan független index, az ún. faktorok segítségével fejezi ki, melyek a kiindulási adatkészlet *„dimenziói”*; (2) a clusteranalízist, mely n db egyedi változót különböző, jellegzetes homogén csoportokba, azaz ún. „*cluster*”-ekbe sorol; (3) az egyszempontú variancia analízist (ANOVA) a bormennyiség és a borminőség átlagértékeinek a kizárólag a 18 meteorológiai változó figyelembe vételével meghatározott objektív évjárat-típusok közötti összehasonlítására; ha az ANOVA legalább a 95 %-os valószínűségi szinten szignifikáns különbséget jelez a bormennyiség és a borminőség átlagértékeiben az egyes objektív évjárat-típusok között, akkor elvégezzük (4) a Tukey-féle tesztet, azon célból, hogy megkaphassuk, vajon a bormennyiség és a borminőség átlagértékei konkrétan mely cluster-párok (évjárat-típuspárok) esetén mutatnak szignifikáns eltérést. Egyébként a Tukey-tesztet nem alkalmazzuk (pl. Makra et al., 2006; Makra et al., 2009).

8.6.1. Faktor- és clusteranalízis

A faktoranalízisnek a 18 meteorológiai paraméter 104 éves idősorára való alkalmazása 9 faktort eredményezett, melyek a teljes variancia 80,182 %-át megmagyarázzák (8.10. táblázat). A 8.11. táblázat az ortogonális rotációt követően kapott faktorsúlyokat tartalmazza. A kapott 9 faktor közül mindössze az 1. faktorban [júliusi középhőmérséklet ($T_{mean,\ júl}$) és augusztusi középhőmérséklet ($T_{mean,\ aug}$)], valamint a 2. faktorban [szeptemberi csapadékösszeg, (P_{szep})] találhatók olyan faktorsúlyok, amelyek értéke meghaladja az általunk megjelölt $|0.60|$-ot (8.11. táblázat).

A továbbiakban a clusteranalízist alkalmaztuk a kilencfaktorú faktorérték adatokra (104 év · 6 hónap = 624 faktorérték), azon célból, hogy azokat objektíven osztályozhassuk jellegzetes évjárat-típusok csoportjaiba. A clusteranalízis eredményeként a vizsgált 104 évre hét clustert (évjárat-típust) kaptunk, melyeknek meghatároztuk a fő meteorológiai jellemzőit, valamint előfordulási gyakoriságukat (8.12. táblázat). Eszerint az átlagos gyakorisággal rendelkező típusok (a 2., 5. és 7. évjárat-típusok) éghajlati változói nem homogének, azaz lényeges eltéréseket mutatnak. A leggyakrabban előforduló típus (1. évjárat-típus) fennállásakor a legalacsonyabb az áprilisi középhőmérséklet; a legmagasabb a májusi és a júniusi középhőmérséklet; s a legkevesebb a szeptemberi csapadék. Ugyanakkor a

legritkábban bekövetkező típus (4. évjárat-típus) alkalmával a legtöbb a júliusi és az augusztusi csapadék; valamint a legkisebb a júliusi és az augusztusi napfénytartam (8.12. táblázat). A továbbiakban meghatároztuk a kapott hét jellegzetes évjárat-típus éveire a vizsgált meteorológiai elemek, valamint a bormennyiség és a borminőség középértékeit (8.13. táblázat).

8.10. táblázat
A kiindulási sajátértékek és varianciák, április-szeptember
(csak meteorológiai változók)

komponens	kiindulási sajátértékek		
	teljes variancia	relatív variancia, %	kumulatív variancia, %
1	3,497	19,425	19,425
2	2,062	11,455	30,880
3	1,671	9,283	40,163
4	1,575	8,752	48,916
5	1,438	7,988	56,903
6	1,201	6,672	63,576
7	1,111	6,173	69,749
8	1,023	5,685	75,434
9	0,855	4,747	80,182
10	0,694	3,853	84,035
11	0,543	3,014	87,049
12	0,455	2,529	89,578
13	0,428	2,377	91,955
14	0,403	2,242	94,197
15	0,294	1,632	95,829
16	0,277	1,540	97,369
17	0,250	1,389	98,757
18	0,224	1,243	100,000

8.11. táblázat
Faktorsúlyok, április-szeptember (csak meteorológiai változók).
Csak a $|0.60|$-nál magasabb értékeket mutatjuk be.

változók	1. faktor	2. faktor	3. faktor	4. faktor	5. faktor	6. faktor	7. faktor	8. faktor	9. faktor
középhőmérséklet, április, $T_{mean,\ ápr}$									
csapadékösszeg, április, $P_{ápr}$									
napfénytartam óraösszeg, április, $S_{ápr}$									
középhőmérséklet, május, $T_{mean,\ máj}$									
csapadékösszeg, május, $P_{máj}$									
napfénytartam óraösszeg, május, $S_{máj}$									
középhőmérséklet, június, $T_{mean,\ jún}$									
csapadékösszeg, június, $P_{jún}$									
napfénytartam, június óraösszeg, $S_{jún}$									
középhőmérséklet, július, $T_{mean,\ júl}$	0,604								
csapadékösszeg, július, $P_{júl}$									
napfénytartam óraösszeg, július, $S_{júl}$									
középhőmérséklet, augusztus, $T_{mean,\ aug}$	0,707								
csapadékösszeg, augusztus, P_{aug}									
napfénytartam óraösszeg, augusztus, S_{aug}									
középhőmérséklet, szeptember, $T_{mean,\ szep}$									
csapadékösszeg, szeptember, P_{szep}		-0,650							
napfénytartam óraösszeg, szeptember, S_{szep}									

A $|0.19|$-nél magasabb értékek statisztikailag szignifikánsak a 95 %-os valószínűségi szinten. Viszont az 8. táblázat csupán azokat tartalmazza, amelyek $|0.60|$-nél magasabbak. Ez azt jelenti, hogy ez esetben egy paraméter teljes varianciájának legalább 36 %-a megmagyarázható egyetlen faktorral.

8.12. táblázat
A Tokaj-hegyalja térségére meghatározott évjárat-típusok (clusterek) fő jellemzői

évjárat-típus (cluster)	fő meteorológiai jellemzők	bekövetkezési gyakorisága
1	A legalacsonyabb áprilisi középhőmérséklet; a legmagasabb májusi és júniusi középhőmérséklet; a legkevesebb szeptemberi csapadék	a leggyakoribb
2	A legalacsonyabb májusi, júliusi és augusztusi középhőmérséklet; a legtöbb áprilisi és májusi csapadék; a legkisebb áprilisi napfénytartam	átlagos
3	A legalacsonyabb szeptemberi középhőmérséklet; a legtöbb szeptemberi csapadék; a legkisebb szeptemberi napfénytartam	magas
4	A legtöbb júliusi és augusztusi csapadék; a legkisebb júliusi és augusztusi napfénytartam	a legritkább
5	A legmagasabb augusztusi és szeptemberi középhőmérséklet; a legkevesebb augusztusi csapadék; a legnagyobb májusi, júniusi, augusztusi és szeptemberi napfénytartam	átlagos
6	A legalacsonyabb júniusi középhőmérséklet; a legkevesebb áprilisi csapadék; a legtöbb júniusi csapadék; a legkisebb májusi és júniusi napfénytartam	alacsony
7	A legmagasabb áprilisi és júliusi középhőmérséklet; a legkevesebb júniusi és júliusi csapadék; a legnagyobb áprilisi és júliusi napfénytartam	átlagos

8.13. táblázat
A meteorológiai paraméterek, valamint a bormennyiség és a borminőség középértékei a vizsgált időszakra definiált jellegzetes évjárat-típusok (clusterek) éveire
(**vastag:** maximum; *dőlt:* minimum)

évjárat-típus (cluster)	1	2	3	4	5	6	7
esetek száma (év)	**25**	14	20	*7*	15	10	13
gyakoriság (%)	**24,0**	13,5	19,2	*6,7*	14,4	9,6	12,5
középhőmérséklet, április, $T_{mean,\ ápr}$	*10,1*	10,8	11,1	12,8	11,9	10,6	**12,8**
csapadékösszeg, április, $P_{ápr}$	43,9	**61,5**	35,3	30,5	37,5	*25,2*	49,6
napfénytartam óraösszeg, április, $S_{ápr}$	159,9	*143,8*	175,6	187,2	188,3	181,7	**198,7**
középhőmérséklet, május, $T_{mean,\ máj}$	**17,6**	*14,6*	17,1	17,3	16,3	15,8	17,2
csapadékösszeg, május, $P_{máj}$	*42,5*	**81,6**	47,9	53,3	61,9	57,0	75,0
napfénytartam óraösszeg, május, $S_{máj}$	206,6	166,9	247,8	231,1	**251,0**	*116,7*	180,8
középhőmérséklet, június, $T_{mean,\ jún}$	**20,4**	18,9	19,0	19,3	20,3	*18,3*	20,2
csapadékösszeg, június, $P_{jún}$	67,5	85,3	79,6	107,2	63,5	**121,8**	*48,6*
napfénytartam, június óraösszeg, $S_{jún}$	236,0	234,8	223,4	228,2	**280,7**	*207,3*	260,1
középhőmérséklet, július, $T_{mean,\ júl}$	21,7	*20,4*	20,9	21,4	21,6	21,0	**23,6**
csapadékösszeg, július, $P_{júl}$	60,8	78,6	58,0	**129,4**	67,1	84,3	*38,0*
napfénytartam óraösszeg, július, $S_{júl}$	261,8	238,8	256,6	*235,7*	278,5	275,6	**303,5**
középhőmérséklet, augusztus, $T_{mean,\ aug}$	20,9	*19,7*	20,7	20,0	**22,5**	20,0	21,6
csapadékösszeg, augusztus, P_{aug}	58,2	61,4	56,8	**137,8**	*46,1*	60,5	48,7
napfénytartam óraösszeg, augusztus, S_{aug}	240,7	248,8	255,2	*230,2*	**288,5**	252,4	248,0
középhőmérséklet, szeptember, $T_{mean,\ szep}$	17,0	16,1	*14,9*	17,1	**17,7**	16,5	17,2
csapadékösszeg, szeptember, P_{szep}	*29,2*	32,1	**82,0**	56,7	41,2	30,0	51,4
napfénytartam óraösszeg, szeptember, S_{szep}	190,0	178,3	*158,6*	194,8	**220,2**	198,2	173,8
bormennyiség (liter/hektár)	*2232,7*	2454,1	2441,4	2532,7	**3250,2**	2748,1	2544,7
borminőség (index)	3,8	*2,6*	**4,6**	3,7	3,0	3,2	3,3

8.6.2. A bormennyiség és a borminőség függése az évjárat-típusoktól

8.6.2.1. A Pearson-féle χ^2-próba alkalmazása

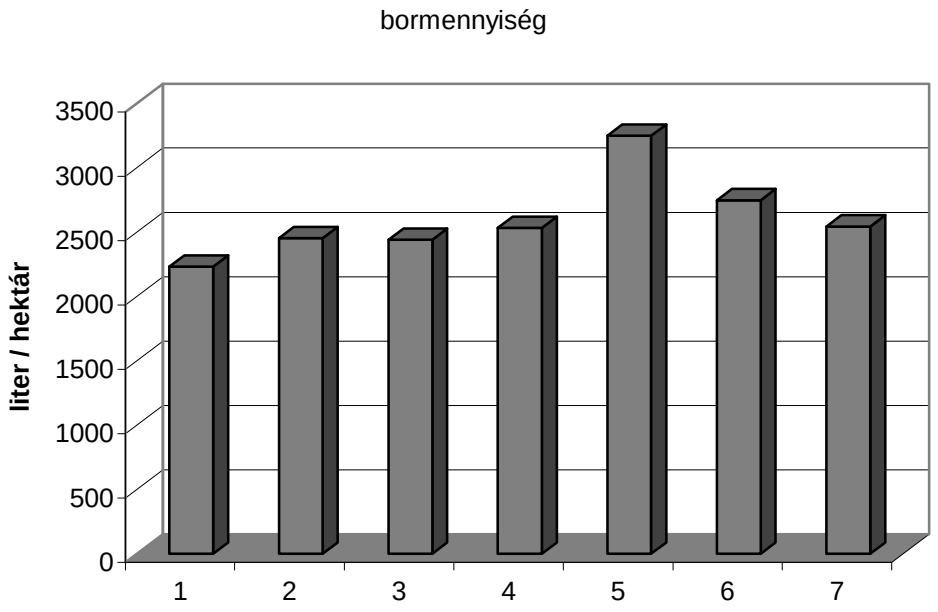
Annak statisztikai alapon nyugvó, számszerű eldöntésére, hogy a bormennyiség, illetve a borminőség függenek-e az évjárat-típusoktól, a Pearson-féle χ^2-próbát alkalmaztuk (8.14a. táblázat; 8.14b. táblázat). Ha a függetlenség null-hipotézise teljesül, akkor a bormennyiség, illetve a borminőség alakulása nem függ az évjárat-típusoktól, ellenkező esetben viszont összefüggés mutatható ki közöttük. Eredményül azt kaptuk, hogy a függetlenség valószínűsége a bormennyiség esetében nagyon alacsony: 0,0722 (8.8a. ábra; 8.14a. táblázat), ugyanakkor a borminőségnél igen magas: 0,3436 (8.8b. ábra; 8.14b. táblázat). Utóbbi esetben tehát azt mondhatjuk, hogy a borminőség független az évjárat-típusoktól. Másrészről viszont 90 %-os megbízhatósággal állíthatjuk, hogy a bormennyiség szoros kapcsolatban van az évjárat-típusokkal. Ugyanakkor látnunk kell, hogy ez az állítás sem a 99 %-os, sem a 95 %-os valószínűségi szinten nem teljesül.

8.14a. táblázat
A bormennyiség gyakorisági értékei a kapott évjárat-típusokban (clusterekben)

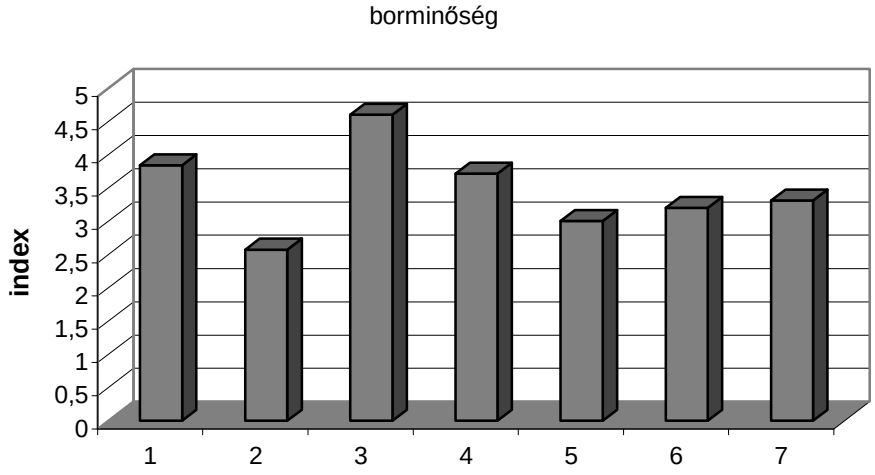
évjárat-típus	bormennyiség (liter/hektár)				
tól	725	1663	2600	3538	4476
ig	1663	2600	3538	4476	5413
1	7	10	5	2	1
2	3	6	2	3	0
3	7	7	3	1	2
4	2	2	3	0	0
5	1	3	6	1	4
6	0	6	2	2	0
7	1	7	5	0	0

8.14b. táblázat
A borminőség gyakorisági értékei a kapott évjárat-típusokban (clusterekben)

évjárat-típus	borminőség (index)						
	1	2	3	4	6	7	9
	2	8	7	0	3	3	2
	6	3	2	0	3	0	0
	0	5	4	3	4	1	3
	1	3	0	0	2	1	0
	3	5	3	1	2	1	0
	2	4	1	1	1	0	1
	4	3	2	0	1	3	0



8.8a. ábra
A bormennyiség az egyes időjárási típusokban



8.8b. ábra
A borminőség az egyes időjárási típusokban

8.6.2.1.1. A legnagyobb bormennyiség típusfüggése

A legnagyobb bormennyiség az 5. évjárat-típusban fordult elő (8.8a. ábra; 8.12. táblázat; 8.13. táblázat). Ennek a típusnak a gyakorisága átlagos, a vizsgált 104 évből 15 év volt ilyen. Az 5. típushoz tartozó évek a következők: 1917, 1927, 1942, 1943, 1944, 1951, 1961, 1962, 1982, 1986, 1987, 1992, 2000, 2003 és 2004. Fennállásakor a legmagasabb az augusztusi és a szeptemberi középhőmérséklet; a legkevesebb az augusztusi csapadék; továbbá a legnagyobb a májusi, júniusi, augusztusi és a szeptemberi napfénytartam (8.8a. ábra; 8.12. táblázat; 8.13. táblázat). A speciális transzformáció végrehajtásakor kapott eredményeink szerint (lásd: 8.4.1. fejezet) a bormennyiség akkor magas, ha az augusztusi középhőmérséklet ($T_{mean,\ aug}$), a júniusi napfénytartam ($S_{jún}$) és az augusztusi napfénytartam (S_{aug}) magas. Ez tökéletes egyezést mutat a fentiekkel. Ez a bormennyiséget meghatározó legkarakteresebb évjárat-típus, hiszen az őt jellemző hét meteorológiai paraméter közül (8.15. táblázat) háromnak jelentős szerepe van a bormennyiség alakulásában (8.8. táblázat).

8.15. táblázat

A bormennyiség és a borminőség szélsőértékei az évjárat-típusok meteorológiai paramétereinek függvényében

jellemző	bormennyiség		borminőség	
szélsőérték	legnagyobb	legkisebb	legjobb	leggyengébb
évjárat-típus	5. típus	1. típus	3. típus	2. típus
meteorológiai paraméterek	középhőmérséklet, aug, T_{aug} = max középhőmérséklet, szep, T_{aep} = max csapadékösszeg, aug, P_{aug} = min napfénytartam óra, máj, $S_{máj}$ = max napfénytartam óra, jún, $S_{jún}$ = max napfénytartam óra, aug, S_{aug} = max napfénytartam óra, szep, S_{sep} = max	középhőmérséklet, ápr, $T_{ápr}$ = min középhőmérséklet, máj, $T_{máj}$ = max középhőmérséklet, jún, $T_{jún}$ = max csapadékösszeg, szept, P_{sep} = min	középhőmérséklet, szept, T_{sep} = min csapadékösszeg, szept, P_{sep} = max napfénytartam óra, szept, S_{sep} = min	középhőmérséklet, máj, $T_{máj}$ = min középhőmérséklet, júl, $T_{júl}$ = min középhőmérséklet, aug, T_{aug} = min csapadékösszeg, április, $P_{ápr}$ = max csapadékösszeg, máj,$P_{máj}$ = max napfénytartam óra, ápr, $S_{ápr}$ = min

8.6.2.1.2. A legkisebb bormennyiség típusfüggése

A legkisebb bormennyiség az 1. évjárat-típushoz kapcsolódik (8.8a. ábra; 8.12. táblázat; 8.13. táblázat). Ez a típus a leggyakoribb, összesen 25 ilyen év fordult elő: 1901, 1903, 1904, 1905, 1907, 1908, 1924, 1929, 1935, 1937, 1938, 1945, 1947, 1954, 1955, 1956, 1958, 1959, 1964, 1967, 1977, 1979, 1981, 1983 és 1993. Előfordulásakor a legalacsonyabb áprilisi középhőmérséklet; a legmagasabb a májusi és a júniusi középhőmérséklet; valamint a legkevesebb a szeptemberi csapadék (8.8a. ábra; 8.12. táblázat; 8.13. táblázat). E meteorológiai változók utalhatnak áprilisi fagyokra, a május-júniusi esők (Medárd-hatás) elmaradására, melyek mindegyike a kevés szeptemberi csapadékmennyiséggel együtt a termésmennyiség csökkenése irányába mutat. Ez a típus egyáltalán nem jellegzetes, ugyanis az őt jellemző négy meteorológiai paraméter (8.15. táblázat) közül mindössze a szeptemberi csapadékösszeg játszik fontos szerepet a bormennyiség alakulásában (8.8. táblázat).

8.6.2.1.3. A legjobb borminőség típusfüggése

A legjobb borminőség a 3. évjárat-típushoz köthető (8.8b. ábra; 8.12. táblázat; 8.13. táblázat). Igen gyakori típusról van szó. Összesen 20 év tartozik hozzá: 1906, 1909, 1910, 1912, 1914, 1915, 1921, 1922, 1923, 1925, 1931, 1934, 1948, 1984, 1985, 1988, 1990, 1996, 1998 és 2001. Fennállása során a legalacsonyabb a szeptemberi középhőmérséklet; a legtöbb a szeptemberi csapadék; s a legkisebb a szeptemberi napfénytartam (8.8b. ábra; 8.12. táblázat; 8.13. táblázat). Ezen meteorológiai változók a kiemelkedő borminőségre csak szeptemberi kritériumokat adnak. A ciklonális időjárású hűvös, borús, csapadékos szeptemberek elősegítik a szőlőszem megrepedését, amely aztán az azt követő hosszú és enyhe vénasszonyok nyara időszakában (amelyről adataink alapján nincsen információnk) hozzájárul a *Botrytis cinerea* nevű penészgomba szaporodásához, ami elindítja az aszúképződést. A speciális transzformáció elvégzését követően kapott eredményeink szerint (lásd: 8.4.2. fejezet) a borminőség akkor magas, ha magas a májusi napfénytartam és középhőmérséklet, továbbá, ha magas a szeptemberi csapadék, ugyanakkor a májusi és a júniusi csapadék ezzel ellentétes hatású. A speciális transzformáció megerősíti a magas szeptemberi csapadékmennyiségnek a borminőségre gyakorolt jótékony hatását. Ennek a típusnak az az érdekessége, hogy jóllehet a legjobb borminőséget adja, mégis, a Pearson-féle χ^2-próba, a speciális transzformáció és az általánosított korreláció alapján nem találtunk az őt meghatározó három paraméterből (8.15. táblázat) olyat, amely az említett három módszer közül legalább két módszer szerint szignifikáns kapcsolatot mutat a borminőséggel (8.8. táblázat).

8.6.2.1.4. A leggyengébb borminőség típusfüggése

A leggyengébb borminőség a 2. évjárat-típushoz kapcsolódik (8.8b. ábra; 8.12. táblázat; 8.13. táblázat). Ennek a típusnak a gyakorisága átlagos, összesen 14 év köthető hozzá. Ezek a következők: 1902, 1911, 1916, 1919, 1930, 1941, 1957, 1965, 1966, 1970, 1978, 1980, 1989 és 1997. Fennállásakor a legalacsonyabb a májusi, júliusi és az augusztusi középhőmérséklet; a legtöbb az áprilisi és a májusi csapadék; illetve a legkisebb az áprilisi napfénytartam (8.8b. ábra; 8.12. táblázat; 8.13. táblázat). Az említett változók hűvös, borús, csapadékos tavaszra és

nyárra utalnak. A 2. évjárat-típust jellemző hat meteorológiai paraméter (8.15. táblázat) közül csupán kettő lényeges a borminőség szempontjából (8.8. táblázat).

8.6.2.2. Az egyszempontú variancia analízis (ANOVA) és a Tukey-féle teszt alkalmazása

Avégett, hogy meghatározhassuk az egyes évjárat-típusoknak a bormennyiségre és a borminőségre gyakorolt hatását, elvégeztük e két paraméter variancia analízisét (ANOVA) (8.16. táblázat). Eredményül azt kaptuk, hogy a bormennyiség átlagértékei 85,93 % valószínűséggel, míg a borminőség átlagai 75,17 % valószínűséggel szignifikánsan különböznek az egyes évjárat-típusok között. Jóllehet egyik változó sem mutat évjárat-típusok közötti szignifikáns eltérést sem a 99 %-os, sem a 95 %-os valószínűségi szinten, melyet a 8.6. fejezet 2. bekezdésében az ANOVA-t követő Tukey-teszt alkalmazásának kritériumaként kikötöttünk, mégis – bár fenntartással – elvégezzük a Tukey-tesztet, azon célból, hogy megkaphassuk, vajon a bormennyiség- és borminőség jellemzők átlagértékei konkrétan mely cluster-párok (évjárat-típus párok) esetén mutatnak szignifikáns eltérést (8.17. táblázat).

Ezek alapján mindössze egyetlen esetet említhetünk meg: az 1.-5. évjárat-típusok között a bormennyiség átlagértékeiben mutatható ki szignifikáns különbség (8.17. táblázat). E két évjárat-típust a fentiekben már jellemeztük, hiszen a legnagyobb bormennyiség az 5. típushoz, míg a legkisebb az 1. típushoz kapcsolódik.

8.16. táblázat
ANOVA-statisztikák a bormennyiség és a borminőség
évjárat-típusok közötti összehasonlítására

paraméter	csoportok közötti négyzetes átlag	csoportokon belüli négyzetes átlag	F-arány	szignifikancia szint, %
bormennyiség (liter/hektár)	1770402,44	1070489,15	1,65	85,93
borminőség (index)	7,38	5,52	1,34	75,17

8.17. táblázat

Évjárat-típus – bormennyiség differencia mátrix. Minden egyes mátrix cellában két évjárat-típust hasonlítunk össze. A mátrix cellákban található bormennyiség szignifikánsan eltér egymástól az adott két évjárat-típus között a Tukey-féle differencia-teszt alapján (az eltérés a 90 %-os valószínűségi szinten szignifikáns).

	1	2	3	4	5	6
2						
3						
4						
5	bormenny					
6						
7						

9. ELEMZÉS

A dolgozatban az éghajlati változók, valamint a bormennyiség és borminőség kapcsolatát tanulmányoztuk különböző statisztikai eljárások segítségével. Azon célból, hogy megbecsüljük a különböző évjárat-típusoknak a bormennyiségre és a borminőségre gyakorolt hatását, objektív többváltozós statisztikai módszereket alkalmaztunk a meteorológiai, valamint a bormennyiség- és a borminőség adatokra. Ezt követően meghatároztuk a Tokaj-hegyalja térsége fölött uralkodó objektív évjárat-típusokat. Bár az eljárás régóta ismert és alkalmazzák a szakirodalomban (pl. Sindosi et al., 2003; Makra et al., 2006); mégis ez egy új megközelítésnek számít e történelmi borvidék bormennyisége és borminősége átlagértékei évek közötti eltéréseinek elemzésére és értelmezésére (Makra et al., 2009).

Az 1901-204 közötti 104 éves időszakra definiált évjárat-típusokat kapcsolatba hoztuk a bormennyiség és a borminőség évi értékeivel. A vizsgált bor paraméterek közül csupán a bormennyiség köthető – a térségre jellemző – évjárat-típusokhoz. Azonban ennek az információnak az értékét csökkenti, hogy a bormennyiség átlagértékei csupán a 85,93 % valószínűségi szinten, azaz a statisztikai gyakorlatban elfogadhatónál kisebb megbízhatósággal mutatnak évjárat-típusok közötti szignifikáns eltérést. Ugyanakkor hangsúlyoznunk kell, hogy a kapott évjárat-típusok csupán befolyásolhatják a bormennyiséget, illetve a borminőséget, melyekre jelentős mértékben más természeti tényezők is hatnak (pl. a talajfajta; lejtőszög és a földrajzi szélesség, mely utóbbinak függvényei az értekezésben vizsgált meteorológiai változók). Ezenkívül a vizsgált meteorológiai paraméterek mellett a bormennyiségnek és a borminőségnek számottevő antropogén összetevői is vannak. Ilyen tényezők lehetnek a szőlőművelés módja [lugas; ligetes (a Kárpát-medencében a 9-13. században volt elterjedt; Keleti, 1875); szőlőskert; parcella], a talajművelés módja; a tőkeművelés és metszés módja, a talajjavítás, a kártevők elleni védekezés, eltérő művelési eszközök és eljárások (technikák és technológiák) alkalmazása, a szőlőtőkék megtámasztásának eltérő módja (karózás, kordonos művelés: alacsony, vagy magas kordon alkalmazása), a fürtök ritkítása, a szüret időpontjának megválasztása, pénzügyi ösztönzők, stb.

Számos szerző tanulmányozta már az éghajlati elemek, illetve a bormennyiség és a borminőség közötti kapcsolatokat. Megállapították, hogy a hőmérséklet, a besugárzás, a légnedvesség és a csapadék mindegyike jelentős hatást gyakorol a terméshozamra (Jones és Davis 2000; Lobell et al. 2007; Steel és Greer 2008). A bormennyiség adatsorban megfigyelt szignifikáns trendet nem erősítettélk meg az általunk vizsgált éghajlati elemek adatsorai. Másrészről Jones et al. (2005) szignifikáns pozitív trendet mutatott ki mind a tenyészidőszak hőmérsékletében, mind pedig a borminőségi kategóriákban a 20. század második felében Földünk legjobb minőségű bortermő területeinek a többségében. A dolgozatban bemutatott eredményeink érintik az éghajlati változók közötti kapcsolatokat, s a borminőség általános javulását jelzik, összhagban más tanulmányokkal (Jones és Davis 2000). Ugyanakkor a jó borminőséghez tartozó éghajlati feltételek Tokaj-hegyalja térségében eltérnek más régiókéitól (Grifoni et al. 2006; Laget et al. 2008; Soar et al. 2008). Tokaj-hegyalján a májusi éghajlati változókon (magas középhőmérséklet, alacsony csapadékmennyiség és a napsütéses órák magas száma) kívül a szeptember szerepe (alacsony középhőmérséklet és napsütéses órák, valamint magas csapadékmennyiség) jelentős a magas borminőség kialakulásában.

A szőlő évelő növény, s ismeretes, hogy az előző év tavaszán és nyarán – a virágkezdemények képződésének kritikus időszakában – a hőmérséklet, s kisebb mértékben a besugárzás jelentős hatást gyakorol a következő év potenciális hozamára. Tokaj-hegyalján a

hőmérséklet szerepe alapvető. A borminőség szempontjából a meleg évek számítanak jó éveknek. Ugyanakkor, bő aszútermés előfordulhat akkor is, ha a borminőség gyenge, és viszont. A szeptember meghatározó hónap a borminőség szempontjából. Ha ez a hónap viszonylag hűvös, felhős és csapadékos, akkor jó aszútermő év várható. Másrészről, ha a szőlőszemek aprók, akkor a bőrük vastag, s a *Botrytis cinerea* nem támadja meg a szemeket. Ráadásul, ha ez a gomba túl korán fertőzi meg a bogyónak a héját (a szőlő nem érett), akkor aszú nem képződik. Következésképp, nem egyszerű meghatározni az aszúképződés precíz meteorológiai feltételeit. Ugyanakkor, megállapításainktól eltérően, Steel és Greer (2008) a szőlőnek nem Botrytis eredetű fürt-rothadásáról számolnak be, elsősorban a keserű rothadásról (*Greeneria uvicola*) és az érett rothadásról (*Colletotrichum acutatum*) Ausztráliából, a nedvesebb keleti területekről. Ezzel szemben a fénynek való erős kitettség, rendkívül magas (>35 °C) hőmérséklettel párosulva az Ausztrália belsejében található szőlőtermő területeken a bogyók igen komoly bőrkárosodását idézik elő. A bőr égése másrészről növeli a szemekben a kései Botritys fertőzés esélyét. Azonban Tokaj-hegyalján a fürtök rothadása és a bogyók bőrkárosodása a bogyók minőségének csökkenéséhez vezet, következésképp, károsan befolyásolja a borminőséget.

Dolgozatunkban három éghajlati változó, nevezetesen a hőmérséklet, a csapadék és a napfénytartam havi értékeit vettük figyelembe. A légnedvességet kizárhatjuk a lehetséges hatótényezők közül. Ugyanis, Wantuch-Dobi (2002) megállapítása szerint Magyarországon a relatív nedvesség szoros lineáris korrelációt mutat a napfénytartammal, még napi felbontásban is. A kutatás 9 változót vizsgált, melyek a következők: csapadék, közepes, maximum és minimum hőmérséklet, napfénytartam, relatív nedvesség, felhőzet, skaláris szélsebesség és légnyomás. A kutatás célja az volt, hogy lineáris korrelációkat keressen a változók között, és csoportosítsa őket erős kapcsolatot mutató, kisebb számú csoportba, hogy azokat tovább modellezhessék a faktoranalízis segítségével. A tanulmány egyik lényeges megállapítása az volt, hogy a relatív nedvesség az év minden egyes hónapjában erősen korrelál a napfénytartammal és a felhőzettel, csakúgy, mint a teljes mintában, valamint külön-külön a száraz és a csapadékos napokon is. Ez azt jelenti, hogy a napfénytartam a relatív nedvességről is a legtöbb hasznos információt hordozza magában. Ez a kutatás három faktort eredményezett a száraz napokon (hőmérséklet csoport, légnedvesség+felhőzet csoport és szélsebesség csoport) egy külön csapadék csoporttal a csapadékos napokon (az elkülönítés alapja: 0,1 mm /nap csapadék küszöb). Ez azt jelenti, hogy a mi változóink száma (három) csaknem visszatükrözi ezen utóbbi esetet. Csupán a szél+légnyomás csoport hiányzik belőlük. Ugyanakkor biológiai szempontból valószínűtlen, illetve egyáltalán nem várható a szakirodalom alapján, hogy ezen éghajlati változók közvetlenül befolyásolják a bormennyiséget, illetve a borminőséget. Egy másik lehetőség ezen cirkulációs tényezők tanulmányozására egyrészt a napi időjárási rendszerek, vagy a havi cirkulációs indexek (pl. NAO), másrészt pedig a helyi bor paraméterek implicit kapcsolatainak a tanulmányozása. Azonban ez a megközelítés nem tartozik a tanulmány célkitűzései közé.

Ilyen hosszú vizsgált időszak során mind a szőlészeti, mind a borászati technológia lényegesen megváltozott. Következésképp, ez jelentős szerepet játszik a mennyiség növelésében és a minőség emelésében egyaránt. Azonban nem valószínű, hogy a fejlettebb technológia önmagában járult volna hozzá a hozam két és félszeres növekedéséhez az 1910-es években, illetve a termés további duplázódásához az 1970-es években (8.2. ábra). A 20. század elején mért rendkívül alacsony terméshozam alapvető oka a filoxéra, mely csaknem teljes egészében kiirtotta a szőlőt Tokaj-hegyalján az 1885-1914 közötti 20 éves időszakban. Az új telepítések révén a hozam jelentősen emelkedett, ami aztán egy optimális szintet ért el. Másrészről az új telepítések révén jelentősen lecsökkent a szőlőfajták száma. A bormennyiséget egy további fontos esemény is befolyásolta. Az I. világháborút követő versailles-i békediktátum Tokaj-hegyalja északkeleti részét a korábbi Csehszlovákiának ítélte

(ez a terület ma Szlovákiához tartozik). Az elcsatolt térség az eredeti borvidék területének kb. 10 %-át teszi ki. Nagyjából állandó évi bortermés figyelhető meg 1920-1945 között. Az ezen időszak végén megfigyelhető viszonylag nagy termésingadozás valószínűleg éghajlati okokra vezethető vissza. Egy tartós és számottevő hozamcsökkenés jellemzi a 2. világháború végétől az 1950-es évek végéig terjedő időszakot, melynek számos oka van. A háborút követő nagy szegénység, az egymást követő rendkívül száraz és forró nyarak 1946-1955 között, a magánbirtokoknak a kommunista rendszer által történt megszüntetése és államosítása, s egy további ok: a piacok elvesztése nemcsak jelentős terméscsökkenéshez, hanem a bortermesztési kultúra színvonalának számottevő romlásához is vezetett. A hozamban megfigyelt nagy ugrás az 1970-es években további magyarázatot kíván. A korábbi Szovjetunióba történt egyre növekvő borexport fenntartására nagy kiterjedésű új ültetvényeket telepítettek az 1960-es évek második felében, melyek lényegesen hozzájárultak a bormennyiségnek egy tartósan magas szintre történő hirtelen növekedéséhez. Azonban ez a tartósan magas hozam szélsőséges termésingadozásokkal járt (8.2. ábra). Az 1960-as években létesített összes új ültetvény az ún. „szoknyák”-ra települt. Ezzel párhuzamosan a szőlőtermesztés fokozatosan megszűnt a meredek lejtőkön. A szoknyaterületek azonban sokat szenvedtek a téli fagyoktól (-20; -25 ºC minimum hőmérsékletek), amelynek következtében számos rügykezdemény elfagyott.

Az 1970-es évek végétől gyakoribbá váltak a meleg évek a Kárpát-medencében, amelyek mediterrán jelleget adnak a borvidéknek. Ebben az időszakban a rendkívül bő termő évek gyakorisága is megnőtt. Emellett, bizonyos szélsőséges időjárási események gyakorisága és extremitása is nőtt (Pongrácz és Bartholy, 2004, Mika és Lakatos, 2008). Ez utóbbi pedig magában foglalja a terméshozam növekvő kockázatát is (Jolánkai et al, 2004; Mika, 2004).

Számos modelltanulmány azt jelzi, hogy a NAO (North Atlantic Oscillation = Észak-atlanti Oszcilláció) megváltozhat. [Egy állandó alacsony nyomású rendszer Izland fölött (izlandi minimum) és egy állandó magasnyomású rendszer az Azori-szigetek fölött (azori maximum) szabályozza a nyugatias szelek erősségét és áramlásuk útvonalát Európa belseje felé. E rendszerek relatív erőssége és helyzete évről évre változik és ez a változás NAO néven ismert.] A legtöbb éghajlati modell a légnyomási gradiens emelkedő trendjét szimulálja nyomáscsökkenéssel az észak-atlanti régió legészakibb részén, továbbá nyomásemelkedéssel a közepes szélességeken (Hurrell, 2004). Az emelkedő légnyomási gradiens következtében megnövekszik a nyugatias szelek erőssége. Ez enyhítené a globális klímaváltozás hatására a Kárpát medence szárazabbá váló klímáját.

A jövőbeni klímaváltozás a termeszthetőség klimatikus határterületein található és kiemelkedő minőséget produkáló borvidékeken túl fogja lépni az éghajlati küszöbértéket oly módon, hogy adott minőség elérése nehezebbé válik. Ugyanakkor más régiókban a jövőbeni klímaváltozás kedvezőbb lehetőségeket teremthet a szőlő- és bortermesztéshez (Jones et al. 2005; White et al. 2006).

Az értekezés csupán a természeti hatótényezők egy szeletének (néhány meteorológiai paraméternek) a hatását vizsgálja a bormennyiség és a borminőség alakulására. A társadalmi hatótényezőket pedig – melyek némelyikét a föntiekben említettük – teljes egészében figyelmen kívül hagyja. Tehát mindezek miatt is a bormennyiség és a borminőség jó előrejelzéséhez nemcsak jó klíma-előrejelzésre, hanem a hiányzó természeti, illetve a teljes társadalmi hatótényezők lehető legátfogóbb ismeretére, adatbázisaikra van szükség.

10. KÖVETKEZTETÉSEK

Eredményeinket az alábbiakban foglaljuk össze.

A bormennyiség teljes 104 éves adatsorára szignifikáns trendet kaptunk a 95 %-os valószínűségi szinten. Ezenkívül a bormennyiség adatsorban mindössze néhány 3-4-elemű szignifikáns trend mutatható ki, melyek eloszlása sporadikus. Ugyanakkor a borminőség idősorban egyáltalán nem találtunk szignifikáns trendeket.

A Makra-próba segítségével a bormennyiség adatsorban 1916-1946 között egy 31 éves időtartamú szignifikáns pozitív részperiódust, illetve 1947-1971 között egy 25 éves időtartamú szignifikáns negatív részperiódust diagnosztizáltunk. Viszont a borminőség adatsorban csupán egyetlen törést észleltünk: egy 45 éves szignifikáns negatív részperiódust 1938-1982 között. A bormennyiség és a borminőség adatsorok szignifikáns részperiódusai eltérő hosszúságúak, s csak részben fedik egymást egy 11 év terjedelmű (1972-1982 közötti) szakaszon. Emiatt nem interpretálhatjuk úgy a szignifikáns törések e 11 éves közös szakaszát, hogy a szignifikánsan nagyobb bormennyiség egyértelműen a borminőség számottevő csökkenésével jár. A nagyobb bormennyiségnek általában lehet kapcsolata az alacsony borminőséggel, azonban e két változó között nincs egyértelmű összefüggés. Ezt jelzi a trendtől mentesített bormennyiség adatsor, illetve a borminőség adatsor közötti korrelációs együttható értéke (0,144), mely nem szignifikáns sem a 95 %-os, sem a 99 %-os valószínűségi szinten. E két bor paramétert nemcsak környezeti, hanem társadalmi tényezők is befolyásolhatják.

A Pearson-féle χ^2-próbát alkalmazva a bormennyiségnek, illetve a borminőségnek a vizsgált 18 meteorológiai paraméterre vonatkozó kontingencia táblázataira, azt kaptuk, hogy öt meteorológiai változó (a szeptemberi középhőmérséklet, az áprilisi, májusi, júniusi és a júliusi napfénytartam) mutat statisztikailag szignifikáns kapcsolatot a bormennyiséggel, továbbá egy változó (a májusi középhőmérséklet) jelez lényeges összefüggést a borminőséggel. Továbbá (alacsonyabb szignifikancia szinten) az áprilisi csapadékösszeg hat leginkább a bormennyiségre, illetve a májusi napfénytartam a borminőségre.

A bormennyiséggel, illetve a borminőséggel szignifikáns kapcsolatot mutató változók Lorenz-diagramjait elemezve megállapíthatjuk, hogy a bormennyiség csökken, ha mind a szeptemberi középhőmérséklet, mind pedig az áprilisi, májusi, júniusi és a júliusi napfénytartam (legkevésbé az áprilisi csapadék) közepes értékeket vesznek föl. Ugyanakkor a bormennyiség nő, ha ezeknek a paramétereknek (az áprilisi csapadék kivételével) magas az értékük. A borminőség csupán a májusi középhőmérséklettel és a májusi napfénytartammal (utóbbival csupán a 90 %-os valószínűségi szinten) mutat szignifikáns kapcsolatot. A Lorenz-diagramok szerint a borminőség alacsony, ha a májusi napfénytartam átlag körüli. Továbbá a borminőség akkor nő a legnagyobb mértékben, ha a mind a májusi középhőmérséklet, mind a májusi napfénytartam magas.

A speciális transzformáció alkalmazásával meghatároztuk a bormennyiséget és a borminőséget – mint célmennyiségeket – befolyásoló meteorológiai változók rangsorát. Eszerint a bormennyiséggel öt változó mutat szignifikáns kapcsolatot: fontossági sorrendben a májusi napfénytartam (+), az augusztusi napfénytartam (+), a júniusi csapadékösszeg (-), a júniusi napfénytartam (+) és a szeptemberi csapadék (+).A borminőséggel 7 változó jelez szignifikáns összefüggést: rangsor szerint a májusi napfénytartam (+), a júniusi csapadékösszeg (-), a májusi középhőmérséklet (+), a szeptemberi csapadékösszeg (+), a májusi csapadékösszeg (-), az augusztus napfénytartam (-) és a júliusi csapadékösszeg (-).

A célmennyiségek és az adott meteorológiai változók közötti korrelációs együttható négyzete jelzi, hogy a bormennyiség, illetve a borminőség változásainak mekkora hányada magyarázható az adott meteorológiai elemek változásaival. Ezek az értékek nem túl magasak, ami azt jelenti, hogy egyéb tényezők is jelentős szerepet játszanak a célmennyiségek alakulásában.

A Pearson-féle χ^2-próbát alkalmaztuk annak eldöntésére, hogy a bormennyiség, illetve a borminőség függenek-e az évjárat-típusoktól. Eredményül azt kaptuk, hogy a borminőség független az évjárat-típusoktól, ugyanakkor a bormennyiség évjárat-típus függése csak a 90 %-os megbízhatósági szinten teljesül.

A Pearson-féle χ^2-próba, a speciális transzformáció és az általánosított korreláció alapján megvizsgáltuk, hogy végső soron mely éghajlati változók befolyásolják szignifikánsan a bormennyiséget, illetve a borminőséget. Annak az éghajlati változónak a hatását fogadtuk el lényegesnek, amely legalább két módszer alapján jelez szignifikáns kapcsolatot a bor paraméterekkel: Eszerint a májusi, a júniusi, júliusi és az augusztusi napfénytartam, valamint a szeptemberi csapadékösszeg jelentősen befolyásolja a bormennyiséget, illetve a májusi középhőmérséklet, csapadék és napfénytartam, valamint a júliusi csapadék, s az augusztusi napfénytartam számottevő hatást gyakorol a borminőségre.

Megállapítottuk továbbá, hogy a faktoranalízis révén kapott sziginifikáns éghajlati változók jobban megmagyarázzák a köztük és az eredményváltozók közötti lineáris kapcsolatokat, mint a χ^2-próba révén kapott szignifikáns éghajlati változók. Ugyanakkor a függetlenség elvetése (χ^2-próba) bármilyen jellegű (nemcsak lineáris) kapcsolatra utal.

A legnagyobb bormennyiség az 5. évjárat-típusban fordul elő. Ez a bormennyiséget meghatározó legjellegzetesebb évjárat-típus, hiszen az őt jellemző hét meteorológiai paraméter közül háromnak jelentős szerepe van a bormennyiség alakulásában.

A legkisebb bormennyiség az 1. évjárat-típushoz kapcsolódik. Ez a típus egyáltalán nem karakteres, ugyanis az őt jellemző négy meteorológiai paraméter közül mindössze egy játszik lényeges szerepet a bormennyiség alakulásában.

A legjobb borminőség a 3. évjárat-típushoz köthető. Ennek a típusnak az az érdekessége, hogy jóllehet a legjobb borminőséget adja, mégis, az őt meghatározó három paraméter egyikének sincs jelentős szerepe a borminőség alakulásában.

A leggyengébb borminőség a 2. évjárat-típushoz kapcsolódik. Az erre a típusra jellemző hat meteorológiai paraméter közül csupán kettő karakterisztikus a borminőség szempontjából.

A vizsgált 104 éves időszakra vonatkozóan mindössze az 1. és az 5. évjárat-típusok játszanak fontos szerepet az átlagos bormennyiségek elkülönítésében. A borminőség nem tér el szignifikánsan az egyes évjárat-típusok között.

Az évjárat-típusoknak, mint a vizsgált éghajlati változók leginkább homogén csoportjainak osztályozása hatékonyabb volt a bormennyiség csoportok szerinti átlagértékeinek elkülönítésében, mint a borminőség hasonló osztályozásában. A kapott évjárat-típusok a vizsgált meteorológiai változók (magyarázó változók) leginkább homogén csoportjai. Szemben az egyváltozós közelítéssel, ahol egyetlen magyarázó változó és az eredményváltozó kapcsolatát elemezzük, az évjárat-típusokban a magyarázó változóknak az eredményváltozóra gyakorolt együttes hatását vizsgáljuk. Ezáltal komplexebb képet kapunk az eredményváltozó környezeti tényezőkkel való kapcsolatrendszerére.

A bormennyiség és borminőség (eredményváltozók) objektív évjárat-típusok szerinti osztályozása és analízise újszerűnek tekinthető a szakirodalomban, s mint új eszköz, javasolható adott terület környezeti kapcsolatrendszereit érintő ok-okozati kölcsönhatások értékelésére. Az eredmények felhasználhatók mennyiség- és minőségbecslési stratégiák készítésére is.

AZ ÉRTEKEZÉS FOLYTATÁSÁNAK NÉHÁNY LEHETSÉGES IRÁNYA

(1) Az e dolgozatban felhasznált havi középhőmérséklet, havi csapadékösszeg és havi napfénytartam óraösszeg adatok mellett egyéb meteorológiai paraméterek adatait is felhasználva a bormennyiség és a borminőség vizsgálata Tarcal térségére (ha beszerezhetők a borral kapcsolatos helyi adatok).

(2) A meteorológiai paraméterek mellett az egyéb természeti tényezők, illetve az összes elérhető társadalmi tényező paramétereinek figyelembe vételével egy lehető legszélesebb körű hasonló analízist elvégezni Tokaj-hegyalja térségére.

(3) Lehetőség szerint Magyarország összes történelmi borvidékére elvégezni az előző pontban említett feladatot, s az egyes borvidékekre kapott eredményeket összehasonlítani, elemezni és értékelni. Ez azonban igen nagy formátumú munkának tűnik, s nem valószínű, hogy egy ember ezt egyedül, rövid határidőn belül el tudja végezni.

(4) A karakteres Tokaj-hegyaljai borok kémiai összetételének analízise kellő hosszúságú adatsorok alapján

(4a) az adott év vizsgált természeti és társadalmi paramétereinek függvényében;

(4b) a tárolóegység (pl. hordó) anyagának megválasztása (pl. fa, fém), annak kora, a legutóbb benne tárolt bor minőségi paramétereinek, stb. függvényében;

(5) Az oxidatív és nem oxidatív borok kémiai összetételének komparatív analízise Tokaj-hegyalján; stb.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Megköszönöm Dr. habil. Tóth József professzor (Pécsi Tudományegyetem), a földrajztudomány doktora, intézetvezető egyetemi tanárnak (Pécsi Tudományegyetem, Földrajzi Intézet), a Földrajzi Intézet PhD Képzési Programja vezetőjének inspirációját, ösztönzését. Megköszönöm továbbá Tóth József professzor támogatását a témaválasztásban, továbbá az éveken át tartó személyes konzultációkat, valamint a dolgozat elkészítésében nyújtott értékes segítségét.

Köszönetet mondok témavezetőmnek, Dr. habil. Geresdi István professzor dékán (Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar), a meteorológiai tudomány doktora, tanszékvezető egyetemi tanár (Pécsi Tudományegyetem, Környezettudományi Intézet, Talajtani és Klimatológiai Tanszék) több éves szakmai támogatásáért, továbbá az értekezés elkészítésében nyújtott értékes tanácsaiért, javaslataiért.

Megköszönöm munkahelyi vezetőmnek, Dr. Gál András PhD (földrajztudomány), igazgatónak (Bocskai István Gimnázium és Szakközépiskola, Szerencs), hogy az érekezésem elkészítésében több éven keresztül mindenben támogatott, bátorított, oktatói-vezetői munkám mellett folyamatosan időt és lehetőséget biztosított az anyaggyűjtésre, a kutatómunkára, az értekezésem összeállítására, továbbá, hogy a dolgozatom elkészítésében értékes szakmai segítséget nyújtott.

HIVATKOZÁSOK

Alkonyi, L., 2000: Tokaj, a szabadság bora. Borbarát

Anderberg, M.R. 1973: *Cluster Analysis for Applications.* Academic Press, New York, 353 p.

Az EU életéből III., 2003: Az Európai Unió agrárgazdasága, 8. évfolyam, 5. szám

Bacigalova, K., Kacaniova, M., Toth, D., 2003: Fungal colonization on the walls in Slovak Tokay wine cellars – a case study. *Biologia,* **58,** 5-10, Suppl. 12

Bacsó, N., 1959: Magyarország éghajlata. Akadémiai Kiadó, Budapest, 302 p.

Balassa, I., 1991: Tokaj-Hegyalja szőleje és bora. (Vine and wine of Tokaj-Hegyalja.) Tokaj-Hegyaljai ÁG Borkombinát, Tokaj, 752 p. ISBN 963 02 9133 9

Balasubrahmanyam, V.R., Eifert, J., Diofasi, L., 1978: Nutrient reserves in grapevine canes as influenced by cropping levels. *Vitis,* **17(1),** 23-29.

Balasubrahmanyam, V.R., Eifert, J., Diofasi, L., 1979: Vine behavior and wine composition in Italian riesling grapes as influenced by differential cropping levels. *Vitis,* **18(2),** 122-126.

Bartholy, J., R. Pongracz, G. Gelybo, and Szabo, P. 2008. Analysis of expected climate change in the Carpathian Basin using the PRUDENCE results. *Idojaras,* **112(3-4),** 249-264.

Bartzokas, A., Metaxas, D.A., 1993: Covariability and climatic changes of the lower troposphere temperatures over the Northern Hemisphere. *Nuovo Cimento della Societa Italiana di Fisica C, Geophysics and Space Physics,* **16C,** 359-373.

Bartzokas, A., Metaxas, D.A., 1995: Factor Analysis of Some Climatological Elements in Athens, 1931-1992: Covariability and Climatic Change. *Theoretical and Applied Climatology,* **52,** 195-205.

Belliveau, S., Smit, B., Bradshaw, B., 2006: Multiple exposures and dynamic vulnerability: Evidence from the grape industry in the Okanagan Valley, Canada. Global Environmental *Change-Human and Policy Dimensions,* **16(4),** 364-378.

Bene, Zs., Magyar, I., 2002: Az élesztő és penészflóra összetétele és változása tokaji aszúbogyók felületén a 2000-es évjáratban. *Borászati Füzetek,* **14(1),** 1-4.

Bene, Zs., Magyar, I., 2002: Study on the yeast and mould biota of the botrytized grapes in Tokaj region in two years. *International Journal of Horticultural Science,* **8(3-4),** 61-65.

Bene, Zs., Magyar, I., 2003: A tárolás hatása a tokaji aszúbogyók élesztőflórájára. *Élelmezési Ipar,* **57,** 167-170.

Bene, Zs., Magyar, I., 2004: Characterization of yeast and mould biota of botrytized grapes in Tokaj wine region in the years 2000 and 2001. *Acta Alimentaria,* **33,** 259-267.

Berényi, D., 1958a: Az állományklímát kialakító tényezők. MTA Agrártudományok Osztálya Közleményei, **14(1-3),** 155-193.

Berényi, D., 1958b: Vita az állományklímáról. Földrajzi Értesítő. **7(1)**

Berényi, D., Justyák, J., 1956: Fenológiai felvételezés hegyvidéki szőlőállományban. *Időjárás,* **2,** 104-111.

Blanco-Ward, D., Queijeiro, J.M.G., Jones, G.V., 2007: Spatial climate variability and viticulture in the Mino River Valley of Spain. *Vitis,* **46(2),** 63-70.

Bodin, F., Morlat, R., 2006a: Characterization of viticultural terroirs using a simple field model based on soil depth I. Validation of the water supply regime, phenology and vine vigour, in the Anjou vineyard (France). *Plant and Soil,* **281(1-2),** 37-54.

Bolla, M., Krámli, A., 2005: Statisztikai következtetések elmélete. *Typotex Kft,* 407 p, ISBN 963 954 841 3

Boros, L., 1996: *Tokaj-Hegyalja szőlő- és borgazdaságának földrajzi alapjai és jellemzői.* Észak- és Kelet-Magyarországi Évkönyv 3. Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei Pedagógiai Intézet, Miskolc-Nyíregyháza, 322 p.

Boros, L., 1997: Tokaj és környéke. In: Dobány, Z. (szerk.) Észak- és Kelet-Magyarországi Évkönyv 4. Földrajzi tanulmányok. Tokaj-Nyíregyháza, 302 p.

Boros, L., 1999: *A Kárpát-medence szőlő- és borgazdaságának történeti földrajza.* Nyíregyháza, 304 p.

Botos, E.P., 2003: Szőlőültetvényeink állapota. Bor és Piac, 2. szám

Czelnai, R., Gandin, L.S., Zachariew, W.I., 1976: Statistische Struktur der Meteorologischen Felder. OMSZ Hivatalos Kiadványai, Budapest, XLI kötet, 364 p.

Csomos, E., Simon-Sarkadi, L., 2002: Characterisation of Tokaj wines based on free amino acids and biogenic amines using ion-exchange chromatography. *Chromatographia,* **56,** S185-S188, Suppl. S

Dami, I., Ferree, D., Prajitna, A., Scurlock, D., 2006: A five-year study on the effect of cluster thinning on yield and fruit composition of 'Chambourcin' grapevines. *Hortscience,* **41(3),** 586-588.

Deloire, A., Vaudour, E., Carey, V., Bonnardot, V., Van Leeuwen, C., 2005: Grapevine responses to terroir: A global approach. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin,* **39(4),** 149-162.

Diófási, L., 1975: *A minőségi borszőlő termesztés tudományos alapjai.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

Diófási, L., 1985: A minőségi borszőlőtermesztés tudományos alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 260 p. ISBN 963 231 991 5

Diofasi, L., Toma, G.B., Kinan, A.K., 2003: Results of grape improvement by clone selection in Pecs. Proceedings of the 8th International Conference on Grape Genetics and Breeding, *Acta Horticulturae,* **603,** 661-662.

Dionisio, A., Menezes, R., Mendes, D.A., 2004: Mutual information: a measure of dependency for nonlinear time series. *Physica A-Statistical Mechanics and its Applications,* **344(1-2),** 326-329.

dos Santos T.P., Lopes, C.M., Rodrigues, M.L., de Souza, C.R., Ricardo-da-Silva, J.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., Chaves, M.M., 2007: Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition of Moscatel field-grown grapevines. *Scientia Horticulturae,* **112(3),** 321-330.

Ezekiel, M., Fox, K.A., 1970: *Korreláció- és regresszó-analízis. Lineáris és nem-lineáris módszerek.* Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, K-2379, 594 p.

Fischer, G., Roppert, J., 1965: Ein Verfahren der Transformationsanalyse faktorenanalytischer Ergebnisse. *In: Lineare Strukturen in Mathematik und Statistik unter besonderer Berücksichtigung der Faktoren- und Transformationsanalyse*. Arbeiten aus dem Institut für höhere Studien und wissenschaftliche Forschung. *Wien Verlag Physica*, Wien-Würzburg, **1.**

Frisnyák, S., 2001: Tokaj-Hegyalja földhasznosítási övezetei a 16-19. században. In: *A táj változásai a Kárpát-medencében a történelmi események hatására.* Szent István Egyetem, Gödöllő, 101-107.

Gál, A., 2003: A hegyaljai szőlőkultúra történeti földrajza. *A Zempléni-hegység természeti és gazdasági földrajza. Konferencia. In: Szerencs és környéke*, Eds: Frisnyák, S. és Gál, A., pp. 155-171, Szerencs – Nyíregyháza, Szerencs, 2003. május 16-17.

Gál, A., 2004: A szőlőtermesztés természeti feltételei Tokaj-hegyalján, I. *Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok alkalmazása 3. Nemzetközi Konferencia,* Berzsenyi Dániel Főiskola, Szombathely, 2004. október 30. Abstracts, p. 52. (Ed. Puskás, J.), CD, Berzsenyi Dániel Főiskola, Ed: Puskás, J., Szombathely, 2004. október 30.

Gál, A., 2005a: Tokaj-Hegyalja pincéi. „Szerencs, Tokaj-Hegyalja kapuja". Tudományos konferencia, Szerencs, 2005. április 15-16. „Szerencs, Tokaj-Hegyalja kapuja". Konferencia kötet, Szerencs, 2005. (Eds: Frisnyák, S. és Gál, A.) pp. 195-203.

Gál, A., 2005b: A szőlőtermesztés természeti feltételei Tokaj-Hegyalján, II. *Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok alkalmazása 4. Nemzetközi Konferencia,* Berzsenyi Dániel Főiskola, Szombathely, 2005. május 28. Abstracts, p. 26. (Ed. Puskás, J.).

Garijo, P., Santamaria, P., Lopez, R., Sanz, S., Olarte, C., Gutierrez, A.R., 2008: The occurrence of fungi, yeasts and bacteria in the air of a Spanish winery during vintage. *International Journal of Food Microbiology,* **125(2),** 141-145.

Gini, C., 1921: Measurement of Inequality and Incomes. *The Economic Journal,* **31,** 124-126.

Granger, C.W., Maasoumi, E., Racine, J., 2004: A Dependence Metric for Possibly Nonlinear Processes. *Journal of Time Series Analysis,* **24,** 649-669.

Grifoni, D., Mancini, M., Maracchi, G., Orlandini, S., Zipoli, G., 2006: Analysis of Italian wine quality using freely available meteorological information. *American Journal of Enology and Viticulture,* **57(3),** 339-346.

Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L., Black, W.C., 1998: *Multivariate data analysis.* Prentice Hall (5th edition), New Jersey, 730 p.

Hajos, G., Sass-Kiss, A., Szerdahelyi, E., Bardocz, S., 2000: Changes in biogenic amine content of Tokai grapes, wines, and aszu-wines. *Journal of Food Science,* **65(7),** 1142-1144.

Holzapfel, B.P., Smith, J.P., Mandel, R.M., Keller, M., 2006: Manipulating the postharvest period and its impact on vine productivity of Semillon grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture,* **57(2),** 148-157. ISBN 978 963 7336 61 4

Hurrell, J. 2004. Climate Variability in the North Atlantic: Past, Present and Future. *In* The Influence of Climate Change on North Atlantic Fish Stocks. ICES Symposium, Bergen, Norway

Jackson, D.I., Lombard, P.B., 1993: Environmental and management-practices affecting grape composition and wine quality – a review. *American Journal of Enology and Viticulture,* **44(4),** 409-430.

Jahn, W., Vahle, H., 1968: Die Faktoranalyse und ihre Anwendung. *Verlag die Wirtschaft,* Berlin, 231 p.

Jolánkai, M., Láng, I., Csete L., 2004: Hatások és alkalmazkodás. In: *Klímaváltozás, hazai hatások.* Természet Világa 2004/II. Különszám, (szerk. Mika J.), p. 16-18.

Jolliffe, I.T., 1990: Principal component analysis: A beginner's guide – I. Introduction and application. *Weather,* **45,** 375-382.

Jolliffe, I.T., 1993: Principal component analysis: A beginner's guide – II. Pitfalls, myths and extensions. *Weather,* **48,** 246-253.

Jones, G.V., Davis, R.E., 2000: Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *American Journal of Enology and Viticulture,* **51(3),** 249-261.

Jones, G.V., Storchmann, K.H., 2001: Wine market prices and investment under uncertainty: an econometric model for Bordeaux Crus Classes. *Agricultural Economics,* **26(2),** 115-133.

Jones, G.V., White, M.A., Cooper, O.R., Storchmann, K., 2005: Climate change and global wine quality. *Climatic Change,* **73(3),** 319-343.

Justyák, J., 1960: *A művelési módok hatása a szőlő állományklímájára Tokaj-Hegyalján.* Kandidátusi értekezés, MTA, Budapest, 300 p.

Justyák, J., 1963: Contribution a l'etude du clirnat intereur des vignes en cultur haute au Tokaj-Hegyalja. *Acta Geographica, Geologica et Meteorologica Debrecina,* **9,** 45-65.

Justyák, J., 1964: terepklyímamérések a tokaji Nagy-Kopasz hegy déli lejtőjén. *Acta Geographica Debrecina,* **10-11,** 27-38.

Justyák, J., 1965a: A szőlőültetvény sugárzási viszonyait módosító eljárások. *Légkör,* **3**

Justyák, J., 1965b: Terepklímamérések a tokaji Nagy-Kopasz déli lejtőjén. *Acta Geographica Universitatis Debreceniensis,* **10(3),** 25-37.

Justyák, J., 1981: A makro-, mezo- és mikroklíma néhány jellemzője Tokajhegyalján. In: Geoökológiai viszonyok néhány jellemzője Tokajhegyalján. Budapest, pp. 13-47.

Justyák, J., 1981: A makro-, mezo- és mikroklíma néhány jellemzője Tokajhegyalján. In: *A geoökológiai viszonyok néhány jellemzője Tokajhegyalján.* Budapest, 13-47.

Justyák, J., 1985: Szőlőfajták növekedés analízise Tokaj-hegyalján. A klímapotenciál és az agrometeorológiai információk népgazdasági hasznosítása. Budapest, 337-360.

Justyák, J., 1992: *A tokaj-hegyaljai szőlőültetvények mezo- és mikroklimatikus jellemzői.* Akadémiai doktori értekezés, MTA, Budapest

Justyák, J., Martonné Erdős, K., 1978: A domborzatnak és a napsugárzásnak, mint termőhelyi tényezőknek alakulása a Bodrogkeresztúri félmedencében. *Földrajzi Értesítő,* **28,** 249-266.

Justyák, J., Tar, K., 1998: Climate of wine-districts in Hungary. *Horticultural Science,* **29(3-4),** 67-72.

Kádár, Gy., 1982: Borászat. Negyedik, átdolgozott és bővített kiadás. Mezőgazdasági Kiadó Budapest 576 p.

Kádár, Gy., 1982: *Borászat.* Negyedik, átdolgozott és bővített kiadás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 576 p.

Kakas, J. (ed.), 1957: Magyarország éghajlati atlasza, II. Adattár, Akadémiai Kiadó, Budapest, 263 p.

Kalkstein, L.S., Tan, G., Skindlov, J.A., 1987: An evaluation of three clustering procedures for use in synoptic classification. *Journal of Climate and Applied Meteorology,* **26,** 717-730.

Keleti, K., 1875: Magyarország szőlészeti statisztikája, 1860-1873. Budapest

King, W.I., 1912: *The Elements of Statistical Method.* New York, MacMillan

Kiss, A., 2009: Historical climatology in Hungary: Role of documentary evidence in the study of past climates and hydrometeorological extremes. *Időjárás,* **113(4),** 315-339.

Kiss, J., Sass-Kiss, A., 2005: Protection of Originality of Tokaji Aszú: Amines and Organic Acids in Botrytized Wines by High-Performance Liquid Chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* **53(26),** 10042-10050.

Koundouras, S., Marinos, V., Gkoulioti, A., Kotseridis, Y., van Leeuwen, C., 2006: Influence of vineyard location and vine water status on fruit maturation of nonirrigated cv. Agiorgitiko (Vitis vinifera L.). Effects on wine phenolic and aroma components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* **54(14),** 5077-5086.

Kozma, P., 1964: *Szőlőtermesztés I-II.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 562 p.

Laget, F., Tondut, J.L., Deloire, A., Kelly, M.T.. 2008: Climate trends in a specific Mediterranean viticultural area between 1950 and 2006. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin,* **42(3),** 113-123.

Lobell, D.B., K.N. Cahill, and C.B. Field. 2007. Historical effects of temperature and precipitation on California crop yields. *Climatic Change,* **81(2),** 187-203.

Lopes, C.A., Rodriguez, M.E., Sangorrin, M., Querol, A., Caballero, A.C., 2007: Patagonian wines: implantation of an indigenous strain of Saccharomyces cerevisiae in fermentations conducted in traditional and modern cellars. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology,* **34(2),** 139-149.

Lorenz, M.O., 1905: Methods of Measuring the Concentration of Wealth. *Quarterly Publications of the American Statistical Association,* **9 (New Series, No. 70),** 209-219.

Magyar, I., Bene, Zs., 2006: Morphological and taxonomic study on mycobiota of noble rotted grapes in the Tokaj Wine District. *Acta Alimentaria,* **35,** 237-246.

Magyar, I., Bene, Zs., Kardos, C., 2001: Az élesztő és penészflóra összetétele és változása tokaji aszúbogyók felületén két évjáratban. *Borászati Füzetek,* **13(2),** 1-4.

Magyar, I., Edelényi, M., Rousse, A., Strehaiano, P., 1999: Boréleszto törzsek izolálása és szelektálása spontán erjedő tokaji aszúborokból. *Borászati Füzetek,* **11(6),** 5-8.

Mahalanobis, P.C., 1936: On the generalized distance in statistics. *Proceedings of the National Institute of Science of India,* **12,** 49-55.

Makra, L., Mika, J., Bartzokas, A., Béczi, R., Borsos, E. and Sümeghy, Z., 2006: An objective classification system of air mass types for Szeged, Hungary with special interest to air pollution levels. *Meteorology and Atmospheric Physics,* **92/1-2,** 115-137.

Makra, L., Németh, Á., Vitányi, B., 2007: A Harangod, a Taktaköz a Bodrogköz és a Zempléni-hegység éghajlati viszonyainak összehasonlítása. In: Szerencs, Dél-Zemplén központja. A IV. Tájföldrajzi Konferencia előadásai, (Ed: Frisnyák, S. és Gál, A.), pp. 153-161. Szerencs, 2007. április 19-20.

Makra, L., Tar, K. and Horváth, Sz., 2000: Some statistical characteristics of the wind energy over the Great Hungarian Plain. *The International Journal of Ambient Energy,* **21(2),** 85-96.

Makra, L., Vitányi, B., 1983: A hőmérséklet függőleges gradiense az Északi-középhegységben. *Légkör,* **28/3,** 5-9.

Makra, L., Vitányi, B., Gál, A., Szentpéteri, M., 2008a: Tokaj-hegyalja szőlejének és borának művelődéstörténeti és környezeti összefüggései. I. rész. *A Földrajz Tanítása,* **16/4**, 20-28.

Makra, L., Vitányi, B., Gál, A., Szentpéteri, M., 2008b: Tokaj-hegyalja szőlejének és borának művelődéstörténeti és környezeti összefüggései. II. rész. *A Földrajz Tanítása,* **16/5**, 9-19.

Makra, L., Vitányi, B., Gál, A., Mika, J., Matyasovszky, I., Hirsch, T., 2009: Wine quantity and wine quality variations in relation to climatic factors in the wine-growing region of Tokaj, Hungary. *American Journal of Enology and Viticulture,* **60(3),** 312-321.

Mika, J. 2004. A klímaváltozás és hatásai Magyarországon. In: *Klímaváltozás, hazai hatások*. Természet Világa 2004/II. Különszám, (szerk. Mika J.), p. 80.

Mika, J., Lakatos, M, 2008: *Extreme weather tendencies in Hungary: One empirical and two model approaches.* In: *Regional Climatic Change and its Impacts* (Eds: J. Sigro, M. Brunet, E. Aguilar), Tarragona, 2008. Oct 8-11, pp. 521-531.

Miklos, I., Sipiczki, M., Benko, Z., 1994: Osmotolerant Yeasts Isolated From Tokaj Wines. *Journal of Basic Microbiology,* **34(6),** 379-385.

Miklosy, E., Kalmar, Z., Kerenyi, Z., 2004: Identification of some characteristic aroma compounds in noble rotted grape berries and Aszu wines from Tokaj by GC-MS. *Acta Alimentaria,* **33(3),** 215-226.

Miklosy, E., Kerenyi, Z., 2004: Comparison of the volatile aroma components in noble rotted grape berries from two different locations of the Tokaj wine district in Hungary. *Analytica Chimicva Acta,* **513(1),** 177-181.

Moller, M., Alchanatis, V., Cohen, Y., Meron, M., Tsipris, J., Naor, A., Ostrovsky, V., Sprintsin, M., Cohen, S., 2007: Use of thermal and visible imagery for estimating crop water status of irrigated grapevine. *Journal of Experimental Botany,* **58(4),** 827-838.

Morlat, R., Bodin, F., 2006b: Characterization of viticultural terroirs using a simple field model based on oil depth - II. Validation of the grape yield and berry quality in the Anjou vineyard (France). *Plant and Soil,* **28(1-2),** 55-69.

Nadal, M., Arola, L., 1995: Effects of limited irrigation on the composition of must and wine of cabernet-sauvignon under semiarid conditions. *Vitis,* **34(3),** 151-154.

Nadal, M., Lampreave, M., 2004: The effects of irrigation on the water relations of the grapevine, yield, grape and wine composition of Tempranillo CV in mediterranean climate. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin,* **38(1),** 75-80.

Nemani, R.R., White, M.A., Cayan, D.R., Jones, G.V., Running, S.W., Coughlan, J.C., Peterson, D.L., 2001: Asymmetric warming over coastal California and its impact on the premium wine industry. *Climate Research,* **19(1),** 25-34.

Nikfardjam, M.S.P., Laszlo, G., Dietrich, H., 2006: Resveratrol-derivatives and antioxidative capacity in wines made from botrytized grapes. *Food Chemistry,* **96(1),** 74-79.

Nyizsalovszki, R., 2003: *Tájökológiai vizsgálatok a Tállyai-félmedencében – különös tekintettel a szőlő termőhelyi adottságainak vizsgálatára.* Doktori értekezés, Debrecen, 146 p.

Nyizsalovszki, R., Forian, T., 2007: Human impact on the landscape in the Tokaj foothill region, Hungary. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria,* **30(2),** 219-224.

Nyizsalovszki, R., Virók, V., 2001: A területhasználat időbeni változásai és következményei egy tokaj-hegyaljai településen. *I. Magyar Földrajzi Konferencia, Földrajzi kutatások 2001.* A földrajz eredményei az új évezred küszöbén. CD-ROM, szerk: Dormány, G., Kovács, F., Péti, M., Rakonczai, J. A Szegedi Tudományegyetem TTK Természeti Földrajzi Tanszéke, ISBN 963 482 544 3; 13 p. Szeged, 2001. október 25-27.

Ocana, S.M., Guerrero, I.C., 2006: Comparison of analytical and on site temperature results on Spanish traditional wine cellars. *Applied Thermal Engineering,* **26(7),** 700-708.

Oszoli, Á. (ed.), 2003: Borfogyasztási szokások Magyarországon. OSZKŐ Tanácsadó Bt. – FVM Szőlészeti és Borászati Kutatóintézete, Kecskemét. Tanulmány, Budapest, 164 p.

Péczely, Gy., 1979: Éghajlattan. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 336 p.

Petrie, P.R., Clingeleffer, P.R., 2006: Crop thinning (hand versus mechanical), grape maturity and anthocyanin concentration: outcomes from irrigated Cabernet Sauvignon (Vitis vinifera L.) in a warm climate. *Australian Journal of Grape and Wine Research,* **12(1),** 21-29.

Pongrácz, R., Bartholy, J., 2004: Klímaváltozás: a szélsőségek eltolódása a XX. században. In: *Klímaváltozás, hazai hatások.* Természet Világa 2004/II. Különszám, (szerk. Mika, J.), pp. 51-54.

Prohászka, F., 2003: Szőlő és bor. 15. átdolgozott és bővített kiadás, Mezőgazda Kiadó, 344 p. ISBN 978 9632 860 404

Renouf, V., Strehaiano, P., Lonvaud-Funel, A., 2007: Yeast and bacteria analysis of grape, wine and cellar equipments by PCR-DGGE. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin,* **41(1),** 51-61.

Rodo, X., Comin, F.A., 2000: Links between large-scale anomalies, rainfall and wine quality in the Iberian Peninsula during the last three decades. *Global Change Biology,* **6(3),** 267-273.

Sangorrin, M.P., Lopes, C.A., Belloch, C., Querol, A., Caballero, A.C., 2007: Candida patagonica sp nov., a new species of yeast from cellar surfaces. *Antonie van Leeuwenhoek International Journal of General and Molecular Microbiology,* **92(1),** 77-81.

Sangorrin, M.P., Lopes, C.A., Jofre, V., Querol, A., Caballero, A.C., 2008: Spoilage yeasts from Patagonian cellars: characterization and potential biocontrol based on killer interactions. *World Journal of Microbiology & Biotechnology,* **24(7),** 945-953.

Sass-Kiss, A., Hajos, G., 2005: Characteristic biogenic amine composition of Tokaj aszu-wines. *Acta Alimentaria,* **34(3),** 227-235.

Silvia, M.O., Ignacio, C.G., 2005: Comparison of hygro-thermal conditions in underground wine cellars from a Spanish area. *Building and Environment,* **40(10),** 1384-1394.

Simeray, J., Mandin, D., Chaumont, J.P., 2000: Annual variations of airborne fungal propagules in two wine cellars in French Jura. *Cryptogamie Mycologie,* **21(3),** 163-169.

Sindosi, O.A., Katsoulis, B.D., Bartzokas, A., 2003: An objective definition of air mass types affecting Athens, Greece; the corresponding atmospheric pressure patterns and air pollution levels. *Environmental Technology,* **24,** 947-962.

Sipiczki, M., 2003: Candida zemplinina sp nov., an osmotolerant an psychrotolerant yeast that ferments sweet botrytized wines. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology,* **53,** 2079-2083.

Sipiczki, M., Romano, P., Lipani, G., Miklos, I., Antunovics, Z., 2001: Analysis of yeasts derived from natural fermentation in a Tokaj winery. *Antonie Van Leeuwenhoek International Journal of General and Molecular Microbiology,* **79(1),** 97-105.

Soar, C.J., V.O. Sadras, and P.R. Petrie. 2008. Climate drivers of red wine quality in four contrasting Australian wine regions. *Australian Journal of Grape and Vine Research,* **14(2),** 78-90.

Spellman, G., Field, K., 2002: The changed fortunes of United Kingdom viticulture? *Geography,* **87,** 324-330 Part 4

Steel, C.C., and D.H. Greer. 2008. Effect of climate on vine and bunch characteristics: Bunch rot disease susceptibility. Proceedings of the International Symposium on Grape Production and Processing. Book series: *Acta Horticulturae,* **785,** 253-262.

Stefanovits, P., Filep, Gy., Füleky, Gy., 1999: *Talajtan.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 470 p.

Tar, K., Makra, L., Lóki, J., 1998: A mathematical model of shading rows of plants. *International Journal of Ambient Energy,* **19(2),** 69-74.

Tarján, J., Kovács, I., Dinya, Z., N. Uhrin, H., Szatmáry, M., 2009: Az időjárás és a pinceklíma hatása a bor polifenol tartalmára. *1. Szőlő és klíma konferencia,* Kőszeg, 2009. április 25. CD megjelenés alatt

Tonietto, J., Carbonneau, A., 2004: A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology,* **124(1-2),** 81-97.

Tóth, T., Zellei, L., Bene, Zs., Magyar, I., 2007: A tárolási körülmények hatása a tokaji aszúbogyók felületi mikrobiótájára. *Borászati Füzetek,* **17(1),** 7-12.

Tóth-Márkus, M., Magyar, I., Kardos, K., Bánszky, L., Maráz, A., 2002: Study of Tokaji Aszú wine flavour by solid phase microextraction method. *Acta Alimentaria,* **31,** 343-354.

Tózsa, I. (ed.), 1973: Tokaj. Panoráma Kiadó, 2. kiadás, Budapest, 166 p.

Tukey, J.W., 1985: The problem of multiple comparisons (1953) (unpublished manuscript). In: *The Collected Works of John W. Tukey, Volume II: Time Series, 1965-1984.* Wadsworth Advanced Books & Software, Monterey, CA.

Vitányi, B., 2004a: Mikroklíma vizsgálatok Tokaj-hegyalján. *Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok alkalmazása 3. Nemzetközi Konferencia,* Berzsenyi Dániel Főiskola, Szombathely, 2004. október 30. Abstracts, p. 64. (Ed. Puskás, J.), CD, 5 p.

Vitányi, B., 2004b: A szőlő energiaháztartása Tokaj-hegyalján, I. *Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok alkalmazása 3. Nemzetközi Konferencia,* Berzsenyi Dániel Főiskola, Szombathely, 2004. október 30. Abstracts, p. 65. (Ed. Puskás, J.), CD, 7 p.

Vitányi, B., 2005: A szőlő energiaháztartása Tokaj-Hegyalján, II. *Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok alkalmazása 4. Nemzetközi Konferencia,* Berzsenyi Dániel Főiskola, Szombathely, 2005. május 28. Abstracts, p. 34. (Ed. Puskás, J.).

Vitányi, B., Gál, A., Makra, L., 2009: A tokaji bor mennyiségi és minőségi jellemzőinek alakulása az elmúlt 100 évben, kapcsolatuk az éghajlati változókkal. *1. Szőlő és Klíma Konferencia,* Kőszeg, 2009. április 24-25. Program és az előadások összefoglalói, p. 5-6. CD megjelenés alatt

Walker, R.R., Blackmore, D.H., Clingeleffer, P.R., Kerridge, G.H., Ruhl, E.H., Nicholas, P.R., 2005: Shiraz berry size in relation to seed number and implications for juice and wine composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research,* **11(1),** 2-8.

Wantuch-Dobi, I., 2002: Multi-dimensional stochastic modeling of daily meteorological datasets. PhD Thesis, Eötvös Loránd, University, Budapest, 84 p. (in Hungarian)

Wessa, P., 2008: Free Statistics Software, Office for Research Development and Education, version 1.1.22-r4, URL http://www.wessa.net/

White, M.A., Diffenbaugh, N.S., Jones, G.V., Pal, J.S., Giorgi, F., 2006: Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the 21st century. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,* **103(30),** 11217-11222.

Zilai, J., 2003: A tokaji: büszkeség és csalódottság. Bor és Piac, 2003. július-augusztus, 5. szám

A SZERZŐNEK AZ ÉRTEKEZÉSBEN FELHASZNÁLT MŰVEI

Makra, L., **Vitányi, B.,** 1983: A hőmérséklet függőleges gradiense az Északi-középhegységben. *Légkör*, **28/3,** 5-9.

Vitányi, B., 2004a: Mikroklíma vizsgálatok Tokaj-hegyalján. *Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok alkalmazása 3. Nemzetközi Konferencia,* Berzsenyi Dániel Főiskola, Szombathely, 2004. október 30. Abstracts, p. 64. (Ed. Puskás, J.), CD, Berzsenyi Dániel Főiskola, Ed: Puskás, J., Szombathely, 2004. október 30.

Vitányi, B., 2004b: A szőlő energiaháztartása Tokaj-hegyalján, I. *Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok alkalmazása 3. Nemzetközi Konferencia,* Berzsenyi Dániel Főiskola, Szombathely, 2004. október 30. Abstracts, p. 65. (Ed. Puskás, J.), CD, Berzsenyi Dániel Főiskola, Ed: Puskás, J., Szombathely, 2004. október 30.

Vitányi, B., 2005: A szőlő energiaháztartása Tokaj-hegyalján, II. *Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok alkalmazása 4. Nemzetközi Konferencia,* Berzsenyi Dániel Főiskola, Szombathely, 2005. május 28. Abstracts, p. 34. (Ed. Puskás, J.).

Makra, L., Németh, Á., **Vitányi, B.,** 2007: A Harangod, a Taktaköz a Bodrogköz és a Zempléni-hegység éghajlati viszonyainak összehasonlítása. In: Szerencs, Dél-Zemplén központja. (Ed: Frisnyák, S. és Gál, A.) 153-161. A IV. Tájföldrajzi Konferencia előadásai (Szerencs, 2007. április 19-20. Kiadó: Hanusz, Á. és Gál, A.

Makra, L., **Vitányi, B.,** Gál, A., Szentpéteri, M., 2008a: Tokaj-hegyalja szőlejének és borának művelődéstörténeti és környezeti összefüggései. I. rész. *A Földrajz Tanítása,* **16/4**, 20-28.

Makra, L., **Vitányi, B.,** Gál, A., Szentpéteri, M., 2008b: Tokaj-hegyalja szőlejének és borának művelődéstörténeti és környezeti összefüggései. II. rész. *A Földrajz Tanítása,* **16/5**, 9-19.

Vitányi, B., Gál, A., Makra, L., 2009: A tokaji bor mennyiségi és minőségi jellemzőinek alakulása az elmúlt 100 évben, kapcsolatuk az éghajlati változókkal. *1. Szőlő és Klíma Konferencia,* Kőszeg, 2009. április 24-25. Program és az előadások összefoglalói, p. 5-6.

Makra, L., **Vitányi, B.,** Gál, A., Mika, J., Matyasovszky, I., Hirsch, T., 2009: Wine quantity and wine quality variations in relation to climatic factors in the wine-growing region of Tokaj, Hungary. *American Journal of Enology and Viticulture,* **60(3),** 312-321.