



**Csókáné Szabados Ildikó**

**Az évgyűrűszélesség és egyes termőhelyi tényezők  
kapcsolata**

**Doktori (Ph.D.) értekezés**

**Témavezető:**

**Dr. HC. Dr. Szodfridt István**

**Nyugat-Magyarországi Egyetem**

**Erdőmérnöki Kar**

**Sopron**

**2002.**

**Az évgyúrúszélesség és egyes termóhelyi tényezók  
kapcsolata**

**értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében**

**a NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM DOKTORI ISKOLÁJA**

**ERDÉSZETI TUDOMÁNY programja ERDEI ÖKOSZISZTÉMÁK ÖKOLÓGIÁJA  
ÉS DIVERZITÁSA alprogramjához tartozóan**

**írta:**

**Csókáné Szabados Ildikó**

**Témavezető: Dr. HC. Dr. Szodfridt István**

**Elfogadásra javaslom: (igen/nem)**

.....

aláírás

**A jelölt a doktori szigorlaton ..... %-ot ért el,**

**Sopron,**

.....

a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem)

Első bíráló (Dr. ....)

(igen/nem)

.....

aláírás

Második bíráló (Dr. ....)

(igen/nem)

.....

aláírás

Esetleg harmadik bíráló (Dr. ....)

(igen/nem)

.....

aláírás

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján ..... %-ot ért el.

Sopron,

.....

a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése .....

.....

az EDT elnöke

## Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezetés</b>	6
<b>2. Az évgyűrű képződése és jellemzése</b>	8
<b>2.1. Az évgyűrű-hibák</b>	10
<b>2.2. Az évgyűrűk méretét befolyásoló tényezők</b>	11
<b>3. Az évgyűrűkutatás történelmi áttekintése</b>	16
<b>3.1. Első kísérletek</b>	16
<b>3.2. A dendrokronológia a kormeghatározás tudománya</b>	17
<b>3.3. A dendrokronológia önálló tudomány</b>	21
<b>3.4. A ma évgyűrűkutatása</b>	22
<b>3.5. Évgyűrű- és dendrométer-szalagos vizsgálatok hazánkban</b>	26
<b>4. Mintaválasztás, mintavétel, mérés és adatfeldolgozás</b>	30
<b>4.1. Általános mintaválasztás és mintavétel az évgyűrűelemzéshez</b>	31
<b>4.2. A mérés</b>	32
<b>4.3. Az általánosan alkalmazott matematikai és statisztikai módszerek</b>	34
<b>4.4. A növedékkiesés számításának módszere</b>	37
<b>4.4.1. A referenciaválasztás</b>	37
<b>4.4.2. Az indexelés és extrapolálás</b>	38
<b>4.4.3. Az egyes fák növedékkiesésének számítása</b>	40
<b>5. Az eljárás felhasználása:a tölgypusztulás okozta átmérő-növedékkiesés</b>	41
<b>5.1. Mintaválasztás a növedékkiesés-számításhoz</b>	42
<b>5.2. A referenciagörbe szükségességének vizsgálata</b>	43
<b>5.3. A betegség megjelenési időpontjának meghatározása</b>	43
<b>5.4. Az egészségi osztályozás</b>	44

<b>5.5. Részletes eredmények</b>	48
<b>5.5.1. Pomáz 75C</b>	48
<b>5.5.2. Szentendre 77E</b>	51
<b>5.5.3. Szendehely 14A</b>	54
<b>5.5.4. Pilismarót 129A</b>	57
<b>5.5.5. Pilisszentkereszt 46A</b>	60
<b>5.5.6. Szentendre 75H</b>	63
<b>5.6. A tölgypusztulás növedékvizsgálatának összefoglalása</b>	66
<b>6. Az évgyűrűszélesség és a csapadék kapcsolata</b>	72
<b>6.1. Az érzékenység</b>	72
<b>6.2. A mintaterületek korrelációs kapcsolata</b>	74
<b>6.3. Az autókorreláció</b>	75
<b>6.4. Az évgyűrűk és a különféle csapadékösszegek kapcsolata</b>	76
<b>6.4.1. Szentendre 1940-94.</b>	77
<b>6.4.2. Pilismarót 1954-91.</b>	80
<b>6.4.3. Pomáz 1957-94</b>	81
<b>6.4.4. Pilisszentkereszt 46A 1930-88</b>	85
<b>6.5. Az évgyűrűk és a csapadék kapcsolatának összefoglalása</b>	83
<b>7. A kutatási eredmények összefoglalása</b>	88
<b>8. A kutatás jövőbeni folytatása</b>	89
<b>Köszönetnyilvánítás</b>	91
<b>Irodalomjegyzék</b>	92
<b>Mellékletek</b>	102

**„... a természet csendes, csodaszerű, s legszabatosabb ténykedését közelebbről kell szemügyre vennünk, hogy fogalmat szerezhessünk arról, vajjon mikor, hogyan, mily arányokban keletkezik az évgyűrű?”(Geisinger)**

## **1. Bevezetés**

A fák növekedése az erdészet kialakulásának kezdeteitől foglalkoztatta a kutatókat és a gyakorlati szakembereket. Elsősorban arra a kérdésre keresték a választ, hogy adott körülmények között meddig és milyen gyorsan növekszenek az egyes fafajok egyedei, mert ezen ismeretek alapján nagyobb sikerrel lehetett az erdőgazdálkodás helyes gyakorlatát kialakítani. Az elmúlt évtizedekben azonban a természetes környezetben – elsősorban az emberi tevékenység káros mellékhatásai nyomán – beálló kedvezőtlen változások a régóta vizsgált kérdés új megfogalmazását igényelték. Fontossá vált annak ismerete, hogy mely tényezők, milyen mértékben befolyásolják a környezeti rendszerek működését, milyen hatással vannak az egyes fajokra, egyedekre.

A természetben nincsen folyamatos, egyirányú fejlődésmenet, nincs szervezet, amely töretlenül nőne, általában periodikus és aperiodikus szakaszok váltják egymást. Előbb vagy utóbb - ezek lehetnek másodpercek vagy akár évek is - a növekedést külső vagy belső tényezők behatárolják. A növekedés ingadozása legtöbbször szabálytalan, és csak ritkán felel meg csillagászatilag megállapított ciklusoknak, mint amilyen a napok vagy évszakok váltakozása. Ráadásul a szervezetek többsége gyakran rövid életű, fejlődésük csak ritka esetben több mint néhány év, ezért szerkezetükben az ökológiai események csak korlátozottan tükröződnek vissza. A fák a maguk hosszú, esetenként több száz, esetleg több mint ezer éves korával kivételt jelentenek.

A mérsékelt és boreális égövi fáknek elsősorban az éghajlati hatások miatt az a különleges sajátossága alakult ki, hogy növekedésük ciklikusan zajlik és ez testük belső felépítésében is nyomon követhető. Maga a jelenség nem egyedülálló az élővilágban, hiszen hasonló ciklikus növekedés figyelhető meg pl. egy kagylón, egy szarvon, egy korallon, de előfordul az élettelen környezetben is, például kristályok esetében is.

A fák növekedésének üteme visszatükrözi az adott termőhely jóságát (azaz az adott faj igényeinek való megfelelését), valamint mindazon hatásokat, melyek az egyedeket

életük során érik, akár közvetlenül befolyásolva az életfolyamatokat (pl. károsítások), akár a környezeti viszonyok változásán keresztül (pl. csapadékviszonyok változása). Ma már azonban nem csak a növekedést gátló folyamatokra kell gondolni, hiszen a növekedéssel foglalkozó egyes újabb kutatások arról is beszámoltak, hogy a növekvő hőmérséklet, a levegő fokozódó széndioxid- és nitrogénvegyület-tartalma miatt felgyorsult a fák növekedése, főleg azokon a területeken, ahol a klíma módosulása elsősorban a csapadék mennyiségének emelkedésében nyilvánul meg.

A növekedés mértékének meghatározására alapvetően két tényezőt szokás figyelembe venni, a magassági és vastagsági növekedést. Csupán növekedési értékekkel természetesen nem jellemezhető egy faállomány, de a faanyag felhasználhatósága és értéke szempontjából nagyon fontosak e mutatók, így gazdálkodási szempontból nem mellékes, hogy külső hatásoknak mennyi veszteséget, esetleg többletet lehet tulajdonítani.

A vastagsági növekedés mérése önmagában semmiféle új elméleti megoldást nem hordoz magában, de azáltal, hogy a mért adatok elemzéseibe új tényezőket kapcsolunk be, akár régi mérési sorozatokat is új tartalommal lehet megtölteni. Az ökológiai szemlélet térhódítása és a környezet állapotának változása jelentősen felértékelte az összefüggések feltárását célzó kutatásokat, és az e kutatásokat lehetővé tevő olyan integrált információhordozókat is, mint amilyen az évgyűrű. Jelen értekezés arra vállalkozik, hogy egy ilyen kölcsönhatás-sorozat vizsgálatba illessze be az egyes fák vastagodását leíró adatsorokat. Az évgyűrűmérés felhasználhatósága bemutatásra kerül néhány mérési sorral illusztrálva, és kitérve arra, milyen következtetések vonhatók le a növekedésre nézve a károsítások és a csapadék váltakozása nyomán.

Az értekezésben ismertetett vizsgálat olyan környezeti elemek hatására létrejött változásokra koncentrál, amelyek a hazai erdőgazdálkodásban kiemelt jelentőséggel bírnak. Az egyik ilyen hatás a tölgypusztulás, mely egyik legfontosabb őshonos fafajunkat igen jelentős mértékben érintette, s bár biotikus károsításnak tekintendő, kialakulásában termőhelyi elemek minden bizonnyal szerepet játszottak. Évgyűrűvizsgálatokkal kimutatható a betegség megjelenése és a fák növekedésére gyakorolt hatása, valamint meghatározható az a növedékveszteség, mely nem öltött testet a fák pusztulásában, és egyébként közvetlenül egyetlen erdőleltári adat, sem semmilyen más adat nem szolgáltat közvetlen ismereteket róla. A növedékveszteség meghatározásának módszere nemcsak a biotikus károsítók okozta veszteségek becslésére alkalmas, hanem bármely korú és bármely

termőhelyen álló aszálykár meghatározására is, amelyre eddig más módszer nem állt rendelkezésre. Igényként jelentkezett a 90-es évek elején fellépő aszályos időszak okozta veszteségek meghatározása (*Führer 1995a, Járó-Führer 1996*), és ez az elvárás napjainkban egyre inkább fokozódik a klímaváltozás várható hatásainak előrejelzésénél is. Ehhez a kérdéshez kapcsolódóan válik egyre fontosabbá, hogy az egyes növekedési vagy naptári időszakok csapadékának szerepével foglalkozzam.

A két fő kérdéscsoport mellett a mérési adatsorok olyan újabb kérdéseket is felvetettek, amelyek megválaszolása további kutatásokat igényelnek, és meghaladják a munka kereteit.

## 2. Az évgyűrű képződése és jellemzése

Az évgyűrűk információhordozó tulajdonságára magyarázatul szolgál kialakulásuk folyamata és azok a tényezők, amelyek a méretét befolyásolják. Elsőként ennek a folyamatnak és a külső tényezők felsorolásszerű áttekintésére kerül sor.

Az évgyűrű definícióját a mérsékelt égövi klímában általában egyértelműen meg lehet adni az évről évre egymásra rakódó fatestként, de a trópusi éghajlati övben már közel sem ilyen egyszerű. A trópusokon egész éven át tart a tenyészidő, így az ottani fafajok évgyűrűket nem fejlesztenek, hanem csak a szárazabb és nedvesebb periódusok váltakozása okoz az évgyűrűhöz hasonló szöveti eltéréseket, vagyis ezek már nem évgyűrűk (Jahrring), hanem „fagyűrűk” (tree ring). (*Butterfield és ts. 1997*) Előfordul néhány olyan trópusi fafaj is, amelynél - az egész évi kedvező feltételek ellenére - az éves ciklusban nyugalmi periódus is található. A gyűrűs szerkezet kialakul a szavannák fáiban is, vagy a mangrove erdőkben, vagy akár az Amazonas árterületén. Az évgyűrűt egyszerre lehet definiálni az ökológiai leképezések által létrejött információs adatbankként, de ugyanakkor egy fiziológiai „fekete doboz” is, hisz annyi ismeretlen fiziológiai folyamat határozza meg méretét és főleg szerkezetét, amelyekről még közel sincs teljes képünk.

A mérsékelt égöv fáiban a vegetációs idő befejeztével a kambium működése leáll, tehát a sejtek szaporodása, a szövetek kialakulása csak egy bizonyos periódusra korlátozódik. A mérsékelt és boreális övben a lombosfák évgyűrűiben tavasszal egy ritkább, majd később egy sűrűbb szövetű réteg jön létre. Ennek az az oka, hogy tavasszal a fejlődésnek induló lombkorona (a fenyőknél az új hajtások létrejötte) hirtelen nagy



vízigényt támaszt, ezért több és nagyobb átmérőjű szállítóelem keletkezik. Később, amikor már a teljes levélzet kialakult és az ehhez szükséges szállítófelület rendelkezésre áll, az évgyűrű további részében inkább szilárdító, kisebb üregű és vastagabb falú elemek keletkeznek. Ezért különíthető el az évgyűrűkben két pászta: a tavaszi (vagy korai, Frühholz, early-wood) és a nyári pászta (vagy kései, Spätholz, late-wood). A fatestben az évgyűrűket elválasztó határvonal abból adódik, hogy a késői pásztának az utolsó sejtsorai ellaposodnak, és tömör szövetet képeznek. A szöveti különbségek miatt az évgyűrűhatárok élesen elválnak.

A fatest műszaki tulajdonságai szempontjából nagy jelentősége van a kései pászta arányának. A gyűrűs likacsú lombos fáknál az évgyűrűszélesség változását a kései pászta határozza meg, mivel a tavasszal kialakuló korai pászta szélessége közel állandó (0,4-0,6 mm). Például a kocsányos tölgy késői pászta aránya 65%, a kőrisé 70%, az akácé 85%. A fenyőknél az évgyűrűszélesség változásait főleg a korai pászta határozza meg, a kései pászta változékonysága kisebb (*Molnár 2000*).

A fatest a szállítási folyamatokban való aktív részvétele alapján gesztre és szijácsra bontható. Ez a fiziológiai elkülönülés számos esetben színben is megjelenik. A szijács a másodlagos fásszár azon részeit jelenti, amelyben a szállító sejtek aktívan szállítanak. A szijács általában kisebb cserzőanyag- és gyantatartalmú, ezért a károsítókkal szemben kevésbé ellenálló, az itt található egyszerűbb szénhidrátok pedig kedvezőbb tápanyagot nyújtanak a rovar és gombakárosítók számára. Ezen tulajdonságok alapján számos fafeldolgozási folyamat során eltávolítják. Mizald Antal így vélekedett „Kerti dolgoknak leírása” (Kolozsvár, 1669.) című munkájában a szijácsról: „... legalább való és lágyabb része a fa testének, mivel könnyen megrothad, és a szű is felette bántya. A mely miá mintegy megaszásra hajlandó lévén, az épületekre való fában ki kell vágni, hogy jobb része is miatta el ne vesszen.” Ez a több mint háromszáz éves idézet régi faanyagok kormeghatározásánál válik fontossá, hiszen a geszt évgyűrűihez még hozzá kell adni a szijács elméleti évgyűrűszámát.

A fatest többnyire sötétebb színű, elhalt része a geszt. A gesztesedési folyamatok során ún. gesztesítő anyagok (pl. cserző-, festőanyagok, gyanták, latex) rakódnak a sejtekbe, míg egyes lombos fák esetében felgyorsul a tíliazképződés. Végülis minden élő sejt elhal, vagyis a geszt fiziológiailag elhalt növényi szövetrendszer. A fatest két része között nemcsak színbeli, hanem víztartalombeli különbség is van, a geszt víztartalma

átlagosan lényegesen alacsonyabb a szijácsénál, de néhány fafajnál (pl. éger, gyertyán) nincs ilyen különbség (Kovács 1979). A hivatkozott könyvben utalás található - a pontos forrás megjelölése nélkül - erdeifenyő vizsgálatokra, amely szerint a szijács a korral nő. Ennek ellentmond az az állítás, amely szerint a geszt és a szijács aránya a fajtól és a külső körülményektől függ, de termőhelyi térségekre mindenképpen jellemző érték. Érdekesek azok az irodalmi adatok, amelyek szerint nyugatról kelet felé csökken a tölgyeken a szijács évgyűrűinek száma: Írországbán 32 év, Angliában 25 év, Németországban 20 év, Lengyelországban 15 év, Finnországban 14 év. (Hollstein 1965)

A geszt-szijács kérdéskör az évgyűrűkutatásban a pusztá adatokon túl fontos szakmai probléma. A kormeghatározás pontosságát biztosítja azáltal, hogy a faanyag korához még a szijács évgyűrűinek számát is hozzá kell adni, ha a kivágás évet akarjuk meghatározni.

## 2.1. Évgyűrű-hibák

Egyes évgyűrűkön belül ún. szemeszter vagy álévgyűrűket is felfedezhetünk. Ezekre az jellemző, hogy egyrészt a határvonaluk nem teljes kör, másrészt pedig nem olyan éles. A normális évgyűrűben a késői pászta sejtjei szabályosan és fokozatosan laposodnak el, így a következő évgyűrű tavaszi pásztája előtt egy zárt, éles határt képeznek. Az álévgyűrűk esetében nem ilyen éles a különbség, és a határ is szabálytalan.

Az álévgyűrű képződésre sokféle magyarázat ismeretes. Az álévgyűrű akkor jön létre, ha valamilyen ok folytán (pl. rovarrágás, tűz- vagy fagyhatás) a lombkorona elpusztul, és a növény újra kihajt. Álévgyűrű keletkezhet továbbá akkor is, ha valamilyen élettani zavar lép fel (pl. gombakárosítás, szárazság) és a kambium olyan sejteket választ le, ill. a leválasztott sejtek úgy alakulnak át, hogy védelmül szolgáljanak. Egyrészt vastagabb falúak lesznek, másrészt konzerváló anyagot választanak ki. Ilyen álévgyűrűs pásztákban a gyantaberakódásokat és a gombafonalakat is ki lehetett mutatni.

Nemcsak az évgyűrű megkettőződésével lehet találkozni, hanem az évgyűrűképződés elmaradásával is. Ez kedvezőtlen feltételek esetén következik be, amikor gyenge a hajtásképződés és kicsi a korona. Különösen az állományban tartósan alászorult egyedek törzsének alsó szakaszán fordul elő. (Hartig 1869, Reukema 1959) De hiányozhat az évgyűrű légszennyezés hatására is (Athari 1981).

Találkozni lehet még ún. light évgyűrűvel, amely azt jelenti, hogy az évgyűrűnek nincs kései pásztája. (*Kaennel-Schweingruber 1995*) Ezek a módosulatok akkor keletkezhetnek, amikor a kései pászta képződésének időszakában valamilyen külső tényező akadályozza az asszimilációt. Leggyakrabban az északi és szubalpin erdőhatáron találkozni vele, de ilyen jelenséget figyeltek meg a kamcsatkai Katmai (Novarupta) vulkán 1912. június 6-i kitörésének hatására. A kitörés során a légkörbe került gázok és porok mennyiségének jellemzésére használt hamufátyol-index alapján az egyik legnagyobb vulkanikus tevékenység játszódott le, amely akadályozta a növények fiziológiai működését, és végül a kései pászta teljes hiányához vezetett (*Filion 1986.*) Ellenkezője a dark évgyűrű, ahol a korai pászta hiányzik. Ebben az esetben a tavaszi szövetképződés feltételei teljesen hiányoznak.

Az évgyűrűk szabálytalansága fakadhat még a külpontos bélelhelyezkedésből, amely állandó szél hatására, vagy aszimmetrikus korona hatásaként alakulhat ki. Elváltozásokat okozhatnak még a különböző benövések, göcsök, zárványok és repedések, amelyek a mérés során kiküszöbölhetők.

## **2.2. Az évgyűrűk méretét befolyásoló tényezők**

### **1. A fafaj**

A fajtától függő, örökletes tulajdonságok megszabják a várható életkort, a növekedés gyorsaságát a fa egész élete folyamán és annak egyes életszakaszaiban is. A lassan növekvő fajok élete hosszabb, az évgyűrűk méretében nem található nagy kulminációs csúcs, mindvégig kiegyenlítettebb szerkezetet mutatnak. A gyorsan növekvő fajok - főleg a kezdeti években - szélesebb évgyűrűket képeznek, növekedési erélyük azonban viszonylag hamar csökken. Az évgyűrűszerkezetben jelentős eltérések mutatkoznak a fénykedvelő és az árnyéktűrő fajok esetében, főleg életük korai szakaszában.

### **2. A kor**

Általános tendencia, hogy a növekedési erély fiatal korban a legnagyobb, majd hosszú időn keresztül mérsékeltebb szinten állandósul, végül idős korban fokozatosan csökken. (Az évgyűrű-szélességek elemzésekor ezt az intenzív, juvenilis szakaszt ki is kell hagyni, tölgyeknél általánosan az első tizenöt év elhagyását javasolják.)

### 3. A törzsön elfoglalt helyzet

A lombkorona meghatározott vízigényt támaszt a szállító rendszerrel szemben, és ennek a vízmennyiségnek végig kell áramlania a törzs változó keresztmetszetén. A törzs alsó részén az évgyűrű kerülete nagyobb, tehát ugyanahhoz a keresztmetszethez elégséges a keskenyebb volta. Ezen elv szerint felfelé haladva az azonos évgyűrűk egyre vastagabbá válnak.

### 4. Az állományszerkezet

Az állományban elfoglalt helyzettől függ, hogy az adott egyednek mekkora élettér jut, és ettől függően különböző nagyságú koronát fejleszt. Az évgyűrű szélességére pedig a korona mérete jelentős hatással van. A nagy korona ugyanis képes annyi szerves anyagot termelni, hogy az évgyűrűknek nemcsak a szállító, hanem a szilárdító keresztmetszetét is növelni tudja. A kis korona nem tud elég tápanyagot termelni, így elsősorban a törzs felső részén lévő fapalást növekedését tudja elősegíteni. Szélsőséges esetben az alászorult és közbeszorult egyedek koronája olyan kicsi lehet, hogy a törzs alsó részén lévő évgyűrűk létre sem jönnek, hanem egyszerűen kimaradnak.

Az ember gazdálkodási tevékenysége során is jelentősen beavatkozik a faállományok fejlődésébe, tisztításokkal és gyérítésekkel megváltoztatja az egyes fák életterét, állományon belüli elhelyezkedését, fényviszonyait, melyek végső soron mind kihatnak az évgyűrűk alakulására.

### 5. Az élőlények társuláson belüli együttélése

A társulás tagjai kölcsönösen befolyásolják egymást: a növényi résztvevők - legyenek a lágyszárú vagy a cserjeszintben élők - gyökérkonkurenciájuk révén állandó harcot vívnek a vízéért vagy a napfényért, egyesek pedig parazitaként vagy félparazitaként élnek. A károsító rovarok vagy gombák tevékenysége a lombozat vagy a szállítószöveti rendszer degradálódását okozzák, és ezáltal hatással vannak az évgyűrűk méretére is. Külön említést érdemel a vadragás. A magassági növekedés vizsgálatára a törzs különböző magasságában végzett évgyűrűelemzések akár éveken keresztül is azt mutathatják, hogy a tőkorong vastagsági növekedéséhez nem tartozik magassági növekedés, ami a vad által történt állandó lerágásra utalhat. Kisebb emlősök vagy madarak is okozhatnak olyan mechanikai sérüléseket a fák törzsén, amelyek a későbbiekben elfertőződhetnek, vagy évgyűrűtorzulások jelenhetnek itt meg.

## 6. A termőhelyi tényezők

A termőhelyi tényezők valamennyi hidrológiai, talaj és meteorológiai hatásokat magukban foglalják. A legjelentősebb évgűrűméreteket befolyásoló környezeti tényezők közé a következők tartoznak:

- Földrajzi elhelyezkedés:
  - o földrajzi szélesség: alapvetően meghatározza azt a hőösszeget, amely a faj földrajzi elterjedését korlátozza, és a csapadékkal együtt a növekedést befolyásolja.
  - o tengerszint feletti magasság: emelkedésével a klimatikus körülmények gyorsan változnak, csökken a hőmérséklet, nő a sugárzás, nő a csapadékmennyisége és változik annak formája, fokozódik a szélhatás és rövidül a vegetációs idő hossza
- Topográfiai helyzet (kitettség, lejtésfok): tengerszint feletti magasságtól függően különböző mértékben módosítja a napfénytartam, páratartalom és csapadékmennyiség értékeit.
- Klíma és időjárás (hőmérséklet, csapadék, páratartalom...) (1. ábra)
- Vízrajzi viszonyok: A csapadékon kívüli egyéb vízforrások nagymértékben befolyásolják a növekedést, főleg, ha a csapadék önmagában nem elégséges az adott talajon a fák számára. Az asszimilációhoz szükséges vízen kívül annak más szerepe is lehet:
  - o A folyóvizek elöntéseikkel meghatározzák az árterek talajait, biztosítják a rendszeres tápanyag-utánpótlást és a talajok vízzel való telítését, elpusztítják a kártevők egy részét.
  - o Az áradások a fák pusztulását vagy sérülését is okozhatják, főleg a jeges ár okozhat számottevő kárt.
  - o A hordalékszállítás során a fák gyökere szabadra kerülhet, vagy ellenkezően a hordalék betakarja a fákat. Nagyobb terület esetén megszűnhet a fák számára alkalmas termőhely vagy új is keletkezhet.
  - o Sík területeken fontos szerep jut a talajvíznek, ha annak felső tükre a gyökérzet számára elérhető. A csatornázás, bányászat vagy vízkivétel miatt csökkenő talajvízszint jól nyomon követhető az évgűrűszerkezetben, különösen a szárazságra érzékeny fajoknál.

- Talaj tápanyagtartalma, levegőháztartása és víztartókéessége szerint a növekedés számára kedvező vagy kedvezőtlen körülményeket teremthet
- Mechanikai hatások: az állandó egyirányú szél befolyásolja a törzs alakját, szélsőséges esetekben törpenövést okozhat. Időnkénti szélviharok eltemethetik a fatörzs egy részét, vagy levegőre kerülhet a gyökérzetük az elhordott talaj miatt. Heves szélviharok nagy területen okozhatják akár teljes állományok letarolását is. A mechanikai hatások legfőbb okozója az ember a törések, áglevágások, nyesések, szögelések stb. által.
- Hó: bár hazánkban általában csak kisebb jelentőségű hótörések fordulnak elő, másutt azonban gyakori esemény a lavinák erdőpusztítása. A hó szerepe nálunk a talajok vízháztartásában játszik fontos szerepet..
- Vulkáni tevékenységek: nagy térségre kiterjedő időjárást módosító hatásuk révén jelentkeznek az évgyűrűszerkezetben.
- Különböző légköri szennyező anyagok, illetve azok reakciótermékei: gátolják az fiziológiai folyamatokat.

A közelmúlt kutatásai alapján nem hagyhatók figyelmen kívül az olyan extraterresztrikus tényezők sem, mint a naptevékenység és a kozmikus sugárzás.

Ezek a külső környezeti tényezők egymással is szoros kapcsolatban állnak, és előjelesen összegződnek az évgyűrűképződés normális ütemében. A korona, a törzs és a gyökérzet közvetlenül reagál a környezeti faktorokra, és azokat több évtizeden vagy évszázadon keresztül integrálja növekedési menetében.

Összefoglalva elmondható, hogy minden fa évgyűrűiben hordozza e sokirányú hatásrendszer eredőjét, azaz a környezeti változások összességét. Az egymásutáni évgyűrűméretek sorozatát **kronológiának** nevezzük. Az adott naptári évben keletkezett évgyűrűnek más tényezőkkel való kapcsolatának feltárásával foglalkozó tudományágat **dendrokronológiának** hívjuk. Ha ez a kapcsolat a klímára vagy meteorológiai tényezőkre vonatkozik, akkor dendroklimatológiáról beszélhetünk. A tudományágak elnevezési köre folyamatosan bővül annak megfelelően, hogy az évgyűrűket milyen egyéb tényezőkkel kívánják kapcsolatba hozni, vagy mire kívánják felhasználni, így ma már beszélhetünk dendrogeomorfológiáról, dendrotektonikáról, dendroglaciológiáról, dendrovulkanológiáról, dendroniveológiáról stb.



### 3. Az évgyűrűkutatás történelmi áttekintése

Ha valaki a világban folyó évgyűrűkutatások részletes történetét meg akarná írni, már az évgyűrűelemzési publikációk bibliográfiája több kötetet töltene ki. Miután hazánkban kevésbé ismert tudományágnak számít, ezért fontosnak ítélem meg egy részletesebb történelmi áttekintés közreadását.

A kutatás történetében alapvetően a következő periódusok ismerhetők fel (*Schweingruber 1983*):

Időszak	Kutatási terület	módszer
első kísérletek	klimatológia	évgyűrűszélesség-mérés lupéval és mikroszkóppal
	erdészeti botanika	
	csillagászat	
kormeghatározás	történelem	évgyűrűszélesség-mérő berendezés
	régészet	
önálló tudomány	történelem	évgyűrűszélesség-mérő berendezés komputer röntgensugaras képelemző izotópvizsgálat
	régészet	
	klimatológia	
	geomorfológia	
	ökológia	

#### 3.1. Első kísérletek

Az évgyűrűkutatásnak Európában régi hagyományai vannak. Már Leonardo da Vincinél megtalálhatjuk az első írásos utalást az évgyűrűk megfigyeléséről, aki a XV. században már felismerte, hogy van összefüggés az évgyűrű és a vegetációs időszak csapadéka között (Stallings 1937). Az olasz Marcello Malpighi és az angol Nehemiah Grew, köszönet a mikroszkóp felfedezésének, megalkotta az évgyűrűelemzés anatómiai alapjait. Fő műveik a növényanatómiáról 1682-ben jelentek meg.

1758-ban Franzose Duhamel de Monceau 1770-ben publikálta „A fa szerkezete” című művét, amelyben már az évszakok ciklikusságát, tehát a korai és a késői pásztát is megkülönböztette. A kambium jelentőségét azonban csak 1828-ban értette meg Ch. F. Mirbel. A 19. század első felében az anatómiai és fiziológiai ismeretek fejlődésével



Theodor Hartignak már világos elképzelései lehettek az évgyűrű fejlődéséről. 1869-1901 között 34 cikket publikált az évgyűrű anatómiájáról és ökológiájáról Megállapította, hogy az évgyűrűképződés kezdete és vége - vagyis a kambium aktivitása - a fa különböző magasságaiban eltérő. A kambium működése a fa csúcsán akár 1 hónappal előbb is megindulhat, mint a mellmagasságban és főleg, mint a gyökérben. A század végén a fák jégveréses, erdei és rovarkáraitól is beszámolt. Ezeket a tanulmányokat az Erdészeti Lapok rendszeresen magyar nyelven is közölte. (*Hartig 1882*)

A sajátos dendroklimatológiai és dendrokronológiai munkák, amelyekben az évgyűrű-sorrendet a sok éves időjárási feljegyzésekkel hasonlították össze, 1920-ig ritkák voltak. Jacob Keuchler, aki 1859-ben Németországból Texasba vándorolt, az iránt érdeklődött, vajon hogyan tudja azt megállapítani, hogy a korábbi szárazság egy egyszeri esemény, vagy számolnia kell-e azzal, hogy az új otthonát periodikus vízhiány veszélyezteti (*Stallings 1937.*). Ezt a kérdést a fák évgyűrűi alapján próbálta megmagyarázni.

1869-ben a német Pokorny tíz éves átlagévgyűrűket hasonlított össze a megfelelő időjárási értékekkel, és igazán nagy összhangot talált. (*Pokorny 1869*) 1892-ben az orosz Sedov az akác évgyűrű-szélessége és a csapadékértékek között tiszta összefüggést állapított meg, és megjegyezte, hogy a különböző helyi termőhelyi tényezők befolyásolják a növekedést. (*Sedov 1892*) Hollandiában Kaptein az évgyűrű és az időjárás közötti összefüggést vizsgálta. A skandináv területeken az első dendroklimatológiai munkákat Eide (*1926*) és Laitakari (*1920*) után Hoeg végezte. (*Hoeg 1956*)

### **3.2. A dendrokronológia a kormeghatározás tudománya**

A dendrokronológia atyjának kétségtelenül az amerikai A. E. Douglasst tekintjük, ő rendelkezett olyan széleskörű ismeretekkel, amelyek lehetővé tették számára, hogy az egyszerű dendrokronológiai alapokat a történelemkutatás, klimatológia és az asztronómia szolgálatába állítsa.

A. E. Douglass (1867-1962):

Alig van még egy olyan tudomány, amely egyetlen személyiség által alakult volna ki. A fiatal asztrológus, mint a Lowell Csillagászati Obszervatórium asszisztense, az arizoniai Flagstaff-ben összefüggést keresett a naptevékenység és a föld éghajlata között. Akkoriban

ezen a területen még nem voltak hosszú, sok éves időjárási feljegyzések, és remélte, hogy az évgyűrűsorrendben egy élő időjárási könyvet talál. Feltételezte, hogy:

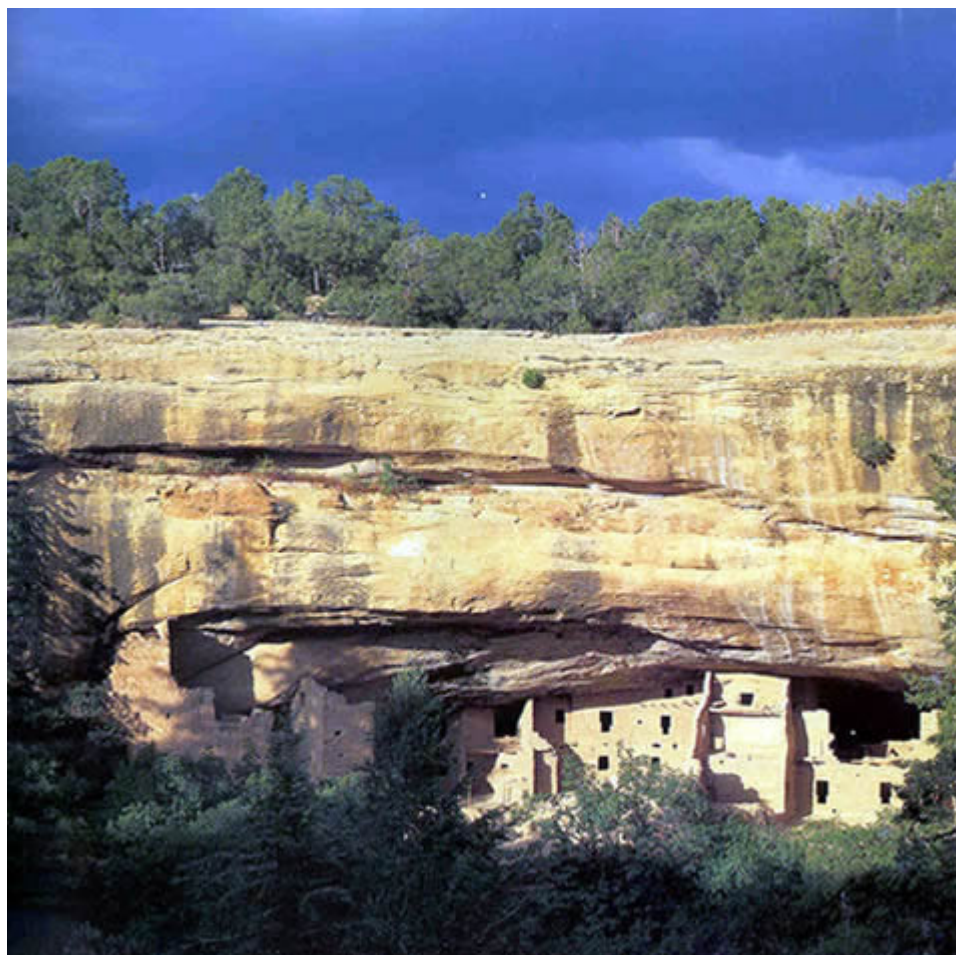
- Az évgyűrűk a növekedésben szerepet játszó tápanyagmennyiségek kifejezői.
- A tápanyagok felvehetősége erősen összefügg a rendelkezésre álló víztől.
- Az évgyűrűnek utalnia kell a csapadék mennyiségére.

Hogy ezt a hipotézist kipróbálja, 350-500 éves fenyőket (*Pinus ponderosa* Laws.) vizsgált. Hamarosan megállapította, hogy a különösen száraz években minden fa keskeny évgyűrűt képez. Ma ezeket, mint „mutató évek”-et említjük. Ismerve a térség tipikus évgyűrűmenetét, egyetlen fatörzs esetében is meghatározhatóvá vált a kivágás kora. 1911-ben egy további fontos felismerést tett: a fák nagyobb földrajzi területen is hasonló évgyűrűmeneteket mutatnak, így az adatokból felépített egy 500 éves kronológiát. Egyszerű statisztikai módszerrel megállapította, hogy mindenekelőtt a vegetációs periódust megelőző csapadék befolyásolja a növekedést. Ezen hosszú sorozatok nyomán szabályos meteorológiai ciklusokat keresett, de sem ő, sem sok követője nem találtak ilyen egyértelmű ciklust. A ciklus kutatás mellékterméke azonban az volt, hogy lefektette a dendrokronológia alapjait.

Izgalmas volt a dél-nyugat amerikai indián negyed kormeghatározásának története is. Clark Wissler archeológus - Douglass egy washingtoni előadása alapján - felfigyelt az évgyűrűkutatásra, vajon nem lehetne-e a régészeti leletekként talált fákat is datálni. (Datálás alatt kormeghatározást értünk, elsősorban a régészetben használatos fogalom.) Wissler néhány gerendametszetet küldött Douglassnak az új-mexikói azték romokból. Első próbálkozásra sikerült ezeket a mintákat egy 139 éves kronológiával szinkronba hozni, de sajnos nem illeszkedtek a flagstaffi kronológiához. Ez volt tehát az első lebegő kronológia (floating cronology) amely alatt az értendő, hogy több minta évgyűrű-rajzolata bizonyos időszakokban megegyezik, vagyis a keletkezési éveik megegyeznek, de azt nem tudni, hogy melyek ezek a naptári évek. 1920-ban azonban sikerült Douglassnak ugyanannak a Pueblo Bonito-i azték romnak a szinkronizálását elvégeznie. Az archeológusok számára az eredmény szenzációs volt, mert Douglass arról számolt be, hogy Pueblo Bonito lakosai telepüket 39 évvel a méltán csodált azték város előtt építették. A dátumot egy év pontossággal határozta meg több száz év távlatából! (*Douglass 1935*)

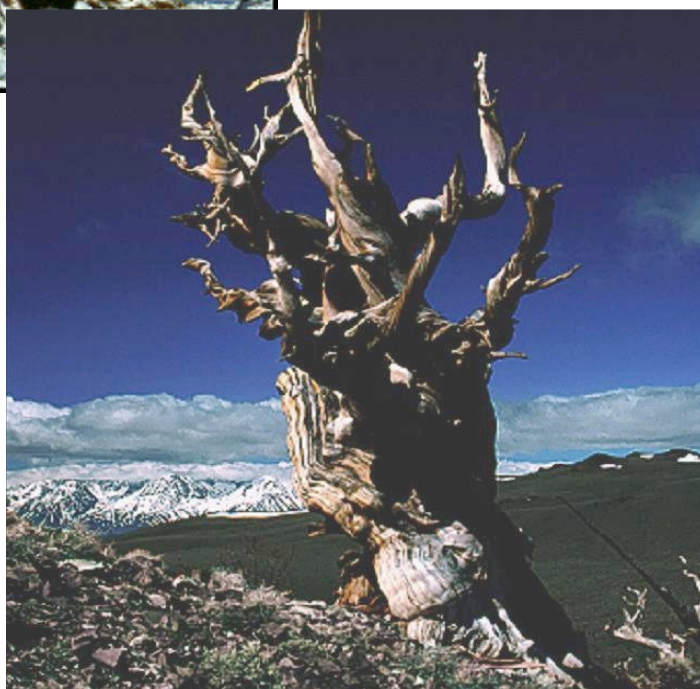
Az elért eredményeken fellelkesülve 1923-ban a National Geographic Society újabb expedíció megindítását támogatta, és ezzel a kormeghatározás intenzív szakasza vette

kezdetét. A következő öt év folyamán sikerült az abszolút kronológiát 1260-ig visszafelé meghosszabbítani, és egy 580 éves lebegő kronológiát létrehozni. Abszolút kronológia alatt azt az idősort értjük, ahol minden évgyűrű képződésének naptári éve ismert. Hargrave és E. Haury régészek a megcélzott régészeti ásatásokban a két sort összekötő kapocs után kutattak. 1929. jún. 22-én előkerült a Rozetta-kő az arizonai Showlow telep elszenesedett gerendájának alakjában. Ez a darab (HH39) kötötte össze az abszolút és a relatív kronológiát. Ezzel egy csapásra datálták az egész telepet, köztük a híres Mesa Verde sziklatelepet. (*Douglass 1929*) A HH39 minta évgyűrűi voltak a dél-nyugat titkának kulcsai. Ezek az évgyűrű-menetek tették lehetővé 40 indián település kormeghatározását az 1260-as évekből.



*1.kép A Mesa Verde sziklatelep*

8 évvel ezután az eredmény után megalapították az arizonai Tucsonban az évgyűrű-vizsgáló laboratóriumot, amelynek igazgatója 1958-ig Douglass volt. Az őt követő tudósok a kronológiát már Krisztus előtt 322-ig ki tudták terjeszteni. Majd 1954-ben Schulmann a kaliforniai White Mountains-ban a hegységi erdőhatáron felfedezte a több, mint 4500 éves bristelcone fenyőt (*Pinus longaeva* D.K.Bailey). Ezzel elindított egy új kutatási projektet, amely nagyságrendjében jóval meghaladta az előzőket. (*Schulmann 1958*)



2. kép *Pinus longaeva*, a legöregebbként ismert élőlények a Földön

## A dendrokronológia Európában

Bruno Huber (1899-1969) sokoldalú érdeklődésének köszönhetően mindent átvett Douglasstól, a kérdésselvetést éppúgy, mint a módszereket, majd kipróbálta azokat Közép-Európában. 1941-ben a német erdészeti akadémián tartott előadásában beszámolt egy 250 éves recens sor felépítéséről, és bronzkori cölöpök szinkronizációjáról. (*Huber 1941*) Szisztematikusan építette ki a következő években az abszolút és a lebegő kronológiákat. Sok dél-német objektum abszolút kormeghatározása után sikerült 1963-ban három svájci tóparti település cölöpépítkezései között időbeni összefüggést megállapítania.

### 3.3. A dendrokronológia önálló tudomány

A. E. Douglass és B. Huber lerakták a modern dendrokronológia alapjait. Az ő ötletük nyomán 1950-től Európa különböző helyein új kutató helyeket hoztak létre. Napjainkban Európában már több, mint 20 laboratórium található. Oroszországban keleten és nyugaton is több laboratórium foglalkozik az évgyűrűelemzéssel. Az évgyűrű-kutatás jelentősége a föld- és történettudományokban minden kontinensen ismert lett.

Napjainkban kutatásának két jelentős esemény adott lökést:

- Harold Fritts az arizonai Tucsonból bevezette a dendroklimatológiába a számítógéppel támogatott modern statisztikai módszereket. Ismereteit ma, részben megváltozott formában, minden laboratóriumban használják. (Fritts 1976a, Fritts 1976b)
- Hubert Polge a francia Nancyban 1963-ban röntgensugarak segítségével felfedezte a fa tömörségének meghatározási módszerét. Hamarosan bebizonyosodott, hogy a mérsékelt és boreális területek fáiban az éghajlatról mindenekelőtt a kései pászta tömörsége tartalmaz információt. (*Polge 1966*)

A legfejlettebb laboratóriumok ma az USA-ban (Arizona, Tucson), Németországban (Göttingen, Hamburg), Svájcban (Basel) és Oroszországban (Krasznojarszk) állnak a kutatók rendelkezésére.

### 3.4. A ma évgyűrűkutatása

Napjaink dendrokronológiai kutatásai - interdiszciplináris jellegüknél fogva – olyan szerteágazók, hogy önálló tudományágak alakultak ki. Az évgyűrű egy tulajdonképpeni információs tár, de fekete doboz is egyben. A jelenlegi fő kutatási irányokat az alábbiakban lehet összefoglalni:

- *A fa szöveti és molekuláris szerkezete valamint működése:* A szöveti elemek, sejtek méretei összekapcsolhatók a környezeti tényezők hatásával. Így kimutatható volt, hogy a légszennyezés hatására a gyantajáratok többszörösére nőttek, a korai pásztaban csökkent a fibrillák mérete stb. (Wimmer 2001) A klíma változására is utalhatnak szöveti elváltozás jelei: a hőmérséklet emelkedésére nő a gyantajáratok száma, kevés májusi csapadék hatására nő az álévgyűrűk gyakorisága. A közeljövőben a szerkezeti elemek méreteinek méréséről egyre inkább áttevődik a hangsúly a fiziológiai mechanizmusok kutatására, amelyhez a kambiumaktivitás és a fotoszintézis alaposabb megismerése szükséges. A kambium működése mellett nagy fontosságot – sőt egyes kutatók elsődleges fontosságot - tulajdonítanak a hormonmennyiségnek, a hormonok áramlásának és aktivitásának. Főleg az auxin szerepének tisztázása elengedhetetlen.(Downess 2001) Kiemelkedő kutatási területnek tűnik a jövőben a DNS és környezetének viszonyában rejlő kapcsolatrendszer felderítése, ahol a környezet alatt elsődlegesen belső környezetet kell érteni, úgymint belső hőmérsékletet, kémhatást, enzimek jelenlétét stb.(Gartner 2001)

- *Légszennyezés és környezetkémia:* 1960-tól drasztikusan csökkent a faanyag sűrűségi indexe, a melegebb nyarak hatására csökkent a szénhidrátok beépülése mivel megnőtt a sötét respiráció. Ca trágyázás hatására csökkentek ezek a negatív hatások. A légszennyezés hatása a magasabb hegyekben érzékelhetőbb változásokat idézett elő: a faanyagban megváltozott a Ca/Mg, Ca/Al arány, és csökkenő növekedés mellett megnőtt a Fe, Al és S mennyisége. A savas depozíció mozgósította a talaj Ca tartalmát. A stroncium aránya jól követte az 1955 utáni évek atombomba-robbantásait, de kimutathatók az ózon és széndioxid változások is. (Mc Laughin 2001)

- *Archeológia:* A régészetben jól alkalmazható módszer a dendrokronológiai kormeghatározás, amennyiben megfelelő hosszúságú kronológiával rendelkeznek az adott fajokra és területre. (Kuniholm 2001) A módszer nagy előnye más izotópos vizsgálattal szemben, hogy éves pontosságú akár több évezreden keresztül is. Jelenleg 14 olyan fafajt

tartanak nyilván a világ évgyűrű-adatbankjában, amelynek egy-egy példányai meghaladták az 1000 éves kort: ([web.utk.edu/~grissino](http://web.utk.edu/~grissino))

1. *Pinus longaeva* (D.K: Bailey) 4844 éves
2. *Fritzroya cupressoides* (Molina) 3620 éves
3. *Sequoiadendron giganteum* (Lindl) 3300 éves
4. *Juniperus occidentalis* (Hook) 2675 éves
5. *Pinus aristata* (Engelm) 2425 éves
6. *Sequia sempervirens* (D.Don) 2200 éves
7. *Pinus balfourana* (Grev Balf) 2110 éves
8. *Pinus flexilis* (James) 1670 éves
9. *Juniperus scopulorum* (Sarg.) 1889 éves
10. *Chamaecyparis nootkatensis* (D.Don) 1636 éves
11. *Taxodium distichum* (Rich.) 1622 éves
12. *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) 1275 éves
13. *Lagarostrobus franklini* (C.J.Quinn) 1089 éves
14. *Thuja occidentalis* (L.) 1032 éves

Egyes, főleg ismeretterjesztő könyvek magasabb életkorokról is beszámolnak mértékadó források megjelölése nélkül.

Európában a legjobb és leghosszabb kronológiák a borókára, tölgyre, cédrusra és különböző fenyőfélékre készültek. (A fafajonkénti megbontás nem botanikai értelemben vett fafajokat jelent, hanem általában fafajcsoportokat). Jelenleg az eddig fehér foltnak tekinthető fás területeken folynak a kronológia-építések: Lapföld (*Lindholm 1999*), Szibéria (*Hughes-Vaganov 1999*), Tibet (*Jakoby 1999*), Himalája (*Brauning 1999*, *Borgaonkar és ts. 1999*), Japán (*Abrams és ts. 1999*) Tűzföld, szubtrópusi, trópusi (*Bhattacharyya és ts. 1999*, *Stahle 1999*) területek klímaérzékeny fajai. A kormeghatározás mellett olyan kérdések is felvethetők, hogy milyen faanyag-szállítási útvonalak léteztek a múltban, vagy milyen időjárási események előzhettek meg egy nagy járvány kialakulását, esetleg egy forradalom kitörését az elégtelen termés miatti éhínség okán, vagy egy településen i.e. 3200 körül megváltozott az épületek tájolása, mert megváltozott a szélirány. (*Hughes 2001*)

Az évgyűrűmenetben az 1800-as évekig hasonló menet figyelhető meg a Földön, utána azonban élesen jelenik meg a fejlett és kevésbé fejlett világ évgyűrűméreteinek szétválása a légszennyezés miatt. (*Athari 1981, 1983, Greve 1986*)

- *Klimatológia*: A klimatológia elsősorban az éghajlat-rekonstrukcióhoz használja fel az évgyűrűkutatás eredményeit, és itt szoros a kapcsolat a régészettel is. (*Woodhouse 1999, Graybill 1982, Rácz 2001*) Folyamatos meteorológiai mérések csak mintegy 100-150 évre nyúlnak vissza, de ilyen adatsorok is csak a Föld kevés helyéről állnak rendelkezésre. A globális éghajlat kutatásához – amelynek megváltozásáról 1990-től jelentek meg az első publikációk – szükség van a korábbi mérőhelyek sokkal kiterjedtebb rendszerére és nagyságrendileg sokszoros hosszúságára ahhoz, hogy periodikusságok megállapíthatók lehessenek. (*Hughes 2001*)

Ehhez a témakörhöz tartozik még a gleccserek, folyók vízjárása és áradásai történetének a megismerése, de a napfolttevékenységek hatásai is (*LaMarche ts. 1972*). A vulkánkitörések időjárás-módosító hatásaival akár nagy történelmi események is kapcsolatba hozhatók (*Gore 1993*). A Santorini vulkán i.e. 1600 körüli felrobbanása vezethetett talán a minoszi civilizáció hirtelen eltűnéséhez. A Tambora tűzhányó kitörése 1815-ben nemcsak közvetlen emberáldozatokat követelt, hanem Nyugat-Európában lehetetlenné tette a mezőgazdasági termelést, éhínséget, forradalmi hangulatot keltett. A történelem egyik leghevesebb kitörését produkáló Asama vulkán szerepet játszott az 1780-as évek közepének szokatlanul hideg éveinek kialakulásában és a rossz termés által szított társadalmi elégedetlenségekben, amely végül a francia forradalomban tetőzött.

A svájci Villigen Izotóp Laboratóriumában tömegspektrométeres méréseket is végeznek, amelynek alapja, hogy stabil izotópok ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) mennyiségét mérik évgyűrűnként. (*Rebetez ts. 2001*) Az asszimilációs folyamatok során a szén izotópok normál körülmények között nehezen épülnek be, míg szárazság esetén, zárt sztómák mellett megindul ezek beépülése is. A faanyagban ilyenkor megnő az izotópok mennyisége, vagyis azok mennyisége szoros kapcsolatban áll a száraz periódusokkal. Az izotópvizsgálatoktól száraz termőhelyeken várhatunk igazán jó eredményeket. Hasonló a helyzet az oxigén izotóppal, amely a vízháztartás megítélésében játszik fontos szerepet. A kapott eredmények a klímarekonstrukcióhoz szolgáltatnak adatokat. Az eljárást azonban műszakilag megnehezíti és megdrágítja, hogy a mérések csak gáz állapotban végezhetők el, tehát külön minden évgyűrű gázzá alakítását el kell végezni.

Napjaink divatos témaköre még a potenciális klímaváltozás. (*Li ts. 2000*) és az ENSO-jelenség (*Parker 2001*) tanulmányozása az évgyűrűk tükrében.



- *Erdészeti ökológia és gazdálkodás* keretén belül kutatják az erdőhatár változásának mértékét és okát a magashegységekben és a földrajzi szélességnek megfelelő természetes erdőhatáron. (*Paulsen és ts. 2000*) Különösen nagy lendületet vett a szibériai erdőhatár mozgásának kutatása a klímaváltozással kapcsolatban. Ehhez a témakörhöz kapcsolódó feladatként merült föl az erdei ökoszisztéma dinamikájának és a természetes vagy mesterséges beavatkozások hatásának rekonstruálása is. Földi méreteken a leggyakoribb zavarás a tűz, amely lehet mesterséges, de természetes is, hatása pedig óriási: részben nagy mennyiségű faanyag megy veszendőbe, részben pedig ökológiai feltétele lehet egyes fajok szaporodásának. Míg a Mediterráneumban szoros kapcsolatban áll az erdőtüzek gyakorisága az aszályos időszakok gyakoriságával, hosszával és erősségével, addig ez nem mindenütt egyértelműen igaz. Egy svéd vizsgálat során boreális területen évgyűrűvizsgálattal megállapították a tüzek idejét és kiterjedését, és kapcsolatot kerestek a hőmérséklettel. A várható eredménnyel ellentétben a vizsgálat végső konklúziójaként azonban azt állapították meg, hogy a tüzek gyakorisága olyannyira nem állt korrelációban a hőmérséklettel, hogy inkább emberi tűzokozás vélelmezhető. (*Bergeron 2001*) (Ez az eredmény is felhívja a figyelmet arra, hogy a szakirodalmi adatokat csak a termőhely pontos ismerete mellett szabad értékelni).

Az elmúlt években komoly szakmai visszhangot keltett az az EFI-jelentés, amely számottevő növekedés-gyorsulásról számol be Európa legtöbb országának területéről. (*Spiecker ts. 1996, Schuck ts. 2000*) A mérések részben évgyűrűvizsgálatokon alapultak erdeifenyő, lucfenyő és bükk esetében. A sugárirányú növekedésen kívül a magassági növekedést is vizsgálták, és általában ők is szorosabb kapcsolatot mutattak ki a magassági növekedés és a termőhelyi tényezők között, mint a vastagsági növekedésben. Megállapították továbbá azt is, hogy magasabb korosztályokban a növedék gyorsabb ütemben nőtt, mint fiatalabb korban. Jelenleg a legfontosabb feladat a gyorsuló növekedés okainak megállapítása, amelyek a legnagyobb valószínűséggel a következő tényezőkből állhatnak: antropogén nitrogénbevitel, a légkörben növekvő CO<sub>2</sub> koncentráció és a klímaváltozás részeként a hőmérséklet és a csapadék eloszlásának változása. A készülő modellnek a növekedés időbeni és térbeni folyamatát kell elemeznie és leírnia, és a jövőben várható alakulásra kell előrejelzést adnia. Az eredménynek messzemenő hatása van az erdőgazdálkodás jövőbeni stratégiai tervezésére éppúgy, mint az erdészeti és környezetvédelmi politikára.

Az európai szakirodalomban sokat foglalkoznak még a tengerszintfeletti magasság és a kitettség évgyűrűszélességre gyakorolt hatásával. (Rolland ts. 2000, Neumann 1993, Makinen ts. 2001) valamint a különböző fafajok időjárás érzékenységével. Természetes, hogy ez a témakör most került előtérbe, amikor a feltételezett klímaváltozás esetleges következményeire az erdészeknek is fel kell készülni, egyelőre legalább annyival, hogy a szükséges tudást meg kell szerezni, és ez kiterjed a fafaj-megválasztásnál a különféle környezeti hatásokra való érzékenység, tűrőképesség ismeretére, az erdőnevelési munkák ütemezésének és erélyének hatásaira. (Innes 1991)

Az évgyűrűmérések ugyan hosszú adatsorokat szolgáltatnak akár ezer évekre visszamenőlegesen is, de kevés információt tartalmaznak a rövid időszakokra, hetekre, napokra, órákra stb. Ha azokat a részleteket akarjuk megismerni, hogy hogyan és miért alakult ki egy adott évben egy adott évgyűrűszélesség vagy struktúra, akkor más mérésekhez kell fordulni, ilyenek lehetnek a dendrométer-szalagos kerületmérések is. Maga a módszer elve nem új, már a XVIII-XIX. századi szakirodalom is említ ilyen méréseket, újdonsága legfőképpen abban rejlik, hogy mire használjuk fel. Míg a mérések korábbi célja a növekedés jellegének megismerése volt (pl. a napon belüli növekedésváltozás: délután a legalacsonyabb és napkeltéig folyamatosan nő, a csúcot elérve délutánig csökken), addig mára a hangsúly a környezeti tényezőkkel való kapcsolat, a víz- és tápanyagháztartás szerepének megismerésére tevődött át. A vizsgálat mélysége azonban még itt sem állt meg, hanem már érinti a növények szöveti működésének, hormonháztartásának és sejtképzésének szintjét is. A folyamatos kerületadatokat az auxin mennyiségével és elhelyezkedésével hozzák kapcsolatba. Sőt e vizsgálatok alapján olyan eredmények is napvilágra kerültek, hogy az auxin szerepe meghaladja minden más környezeti faktor hatását. (Downess 2001) (Persze, ez nem zárja ki, hogy a környezeti hatások közvetlenül az auxinban jussanak érvényre, és a növekedésben csak indirekt módon.)

### **3.5. Évgyűrű- és dendrométer szalagos vizsgálatok hazánkban**

Az éven belüli kerületmérésnek hazánkban nagy hagyományai vannak, már az 1880-as évek Erdészeti Lapok hasábjain is beszámoltak havonkénti kerületmérésről. Geisinger (1880) által „az évgyűrű képződésére világot vető havi növekedés 1879. május havában észleltetett”, és cikkében kifejtette, hogy a különböző fafajok eltérő ritmusban

vastagodnak, a fatörzs középső és felső részén nagyobb a növekedés, mint az alsóbb szakaszon. Két évvel később már a napi növekedésről olvashattak az érdeklődők, és megtudhatták, hogy a növekedés reggeltől délutánig csökken, majd nő és alkonyatkor elér egy kisebb maximumot, amit enyhe csökkenés után egy intenzívebb növekedés követ hajnalig. Kaiser (1882) tollából olvasható, hogy a hőmérséklet és az átmérő némi időeltolódással fordítva aránylanak egymáshoz.

A kerületméréssel kapcsolatos vizsgálatok az 1960-as évektől vettek ismét nagyobb lendületet, a vizsgálatok fő célkitűzéseként a vastagodás és egyes környezeti tényezők kapcsolatának felderítését határozták meg. Foglalkoztak a különböző fafajok tavaszi megindulásának hőmérsékleti feltételeivel, a vastagodás dinamikájával. Szőnyi (1962) mérései szerint a szürkenyár május végére az éves növekedés 75%-át már elérte, és a vastagodás jellegét szeszélyesnek írta le. Halupáné (1967) mikrodendrométeres mérései szerint szikes talajokon a kocsányos tölgy évi vastagsági növekedésének mintegy 80-87%-a július végéig jön létre. Járó (1984) a gödöllői arborétumban tíz éven át végzett méréseket a módosított Liming-szalaggal 12 fafajon. Ezekkel a megfigyelésekkel jellemezte azok legfőbb növekedési tulajdonságait a kezdeti, fő- és befejezési növekedési szakaszban. Felvetette további vizsgálat szükségességét a folyónövedék és a relatív kerületnövedék kapcsolatának tisztázására. Az ERTI keretein belül az ökológiai bázisterületeken közel tíz éve folynak hasonló jellegű mérések a meteorológiai adatok és vastagsági növekedés kapcsolatának elemzésére (Führer 1994, 1995b, Hirka 1995). 15 éves múltra tekintenek vissza a Szigetközben folyó mérések, amelyek célja a Duna elterelése következtében megváltozott hidrológiai viszonyok nyomon követése a fák növekedésében. (Halupa 1994, Csókáné ts. 1997, 1998, 1999)

Az első évgyűrűvizsgálatok és kambium-működési leírások már az Erdészeti Lapok induló számaiban is megtalálhatók. Fekete Zoltán (1951) Erdőbecsléstan könyve részletes útmutatást ad az évgyűrűmérésen alapuló törzselemzésre, és ennek felhasználásával a fatérfgogat meghatározására. E módszer felhasználásával készültek később a fatermési táblák is. Az Erdészeti Tudományos Intézet és a soproni egyetem faterméstannal foglalkozó kutatói számos évgyűrű- és törzselemzést végeztek az elmúlt évtizedek során. Sajnos, önálló témaként csak csekély részük került publikálásra. (Király ts. 1983, Solymos 1963) Szántó (1984) idős legelőerdőkből származó törzseket vizsgált, igyekezett a korukat - a korhadások ellenére - a legpontosabban meghatározni. Évgyűrűméréseket azonban

nemcsak a faterméstannal kapcsolatosan végeztek hazánkban, hanem ezeket az adatokat igyekeztek más környezeti hatásokkal is kapcsolatba hozni.

Májér (1972) a Bakonyban végzett méréseket bükkön, és adta talán eddig a legkomplexebb összefoglalását az évgyűrű és környezeti tényezők kapcsolatának. Közreadta a törzsön belüli évgyűrűszélesség változásairól szerzett tapasztalatait, a csapadékkal és a hőmérséklettel számított korreláció eredményeit. Eszerint a vegetációs időszak csapadéka 19,5 %-ban, a május-június hónapok csapadéka 15,2%-ban felelős a bükk mellmagassági évgyűrűszélességeiért. A tisztítások, gyérítések hatása érződik az évgyűrűszerkezetben, de nem a beavatkozást követő évben, hanem csak 2-5 évvel később. Fontos megállapítása még, hogy a termés utáni esztendőben csökken az évgyűrűvastagodás. Ugyanilyen metodikájú vizsgálatokat végzett Rédei (1983) a Duna-Tisza közti homokhát akácállományában egy kiválasztott törzsön annak megállapítására, hogy az erdő számára legkedvezőtlenebbnek ítélt erdőssztyepp klímában milyen hatással vannak az akác évenkénti vastagsági növekedésére a legfontosabb éghajlati elemek, mint a vegetációs időszak csapadékösszege, átlaghőmérséklete, napfénytartama és a nedvességmutató. Legszorosabb kapcsolatot (18,5%) a nedvességi mutatóval kapta.

A nem erdészeti évgyűrűkutatás központja a 1970-80-as években a Faipari Kutató Intézetben volt Babos Károly vezetésével. Összehasonlító évgyűrűszélességi vizsgálatokat végzett 33 db *Quercus cerris* var. *cerris* Loud. és 24 db *Quercus cerris* var. *austriaca* (Willd.) Loud. törzseken, az ily módon történő elkülöníthetőségükre (Babos K. 1978). Az évgyűrűszélességek gyakorisági eloszlásában talált különbséget, a var. *austriaca* gyorsabb növekedést mutatott. A vizsgálatok később xilotómiai (pászták, edénytagok, bélsugár, rostok hosszparenchima métere és/vagy száma) összehasonlításra is kiterjedtek (Babos K. 1980), de a cser két változatának fateste ilyen alapon megnyugtató módon nem különíthető el a meglévő méretkülönbségek ellenére sem. Vizsgálta különböző fafajok évgyűrűszélesség-csapadék kapcsolatát, és akácnál a gödöllői arborétumban szignifikáns összefüggést talált, az éves és a vegetációs időszaki csapadék szerepét 17-46%-ban határozta meg, másutt és más fafajoknál nagyon változatos korrelációs kapcsolatot számított, sok esetben annak hiánya fordult elő. (Babos K. 1984, 1986)

Valamennyi említett kutatás értékét emelte volna, ha nagyobb mintaszámmal készültek volna a vizsgálatok.

Az évgyűrűelemzésnek teljesen más területhez kötődő felhasználásai is megjelentek ebben az időben. Ilyen érdekes kapcsolat a napfolttevékenység ciklusával vagy a nagy vulkánkitörésekkel való összevetés (*Babos K.-Filló 1972, Babos K. 1983, 1987-88 Papp 1984, 1986*). Az elemzésekben nem találtak egyértelmű összefüggést a naptevékenység hatásával, de több esetben megfigyelhető volt, hogy az intenzív naptevékenység idősebb korban a kambium működésének fokozódását válthatja ki. A jelentősebb vulkánkitöréseknek elsősorban áttételes szerepük van az évgyűrűk méreteiben, amennyiben a légkörbe kerülő nagy mennyiségű vulkáni gáz és por átmeneti jelleggel megváltoztatja az időjárást. A felső légkörbe került vulkáni anyagok a napsugárzás egy részét visszaverik, elnyelik, ezáltal megváltoztatják a szélrendszerek energiamérlegét, amely egyidejűleg módosítja az időjárási jellemzőket.

Babos K. néhány kutatását leszámítva az eddigi publikációk alacsony mintaszámról szóltak, az esetek zömében az adatok egyetlen fáról származtak, de a munkák értékét mindenképpen emeli úttörő jellegük. Papp vulkáni és napfolttevékenységgel kapcsolatos munkáinak erdészeti jelentősége ugyan kicsi, de a felhasznált matematikai módszerei a legalkalmasabbak a kapcsolatok meghatározására. Cikkeiben már nemcsak az évgyűrűszélességi adatokat, hanem a kor változásából fakadó tendenciák kiküszöbölésére alkalmas indexértékeket is bevezette a statisztikájába. Ezek a viszonyszámok az egyes évekre olyan jellemző értékeket adnak, amelyek függetlenek a kortól, ezáltal lehetővé válik különböző korú mintafák adott évi értékeinek összevetése vagy átlagolása. A módszer és lényege a D.3. fejezetben részletesebb tárgyalásra kerül. Az indexelést Somogyi is alkalmazta (*Somogyi 1987, 1988a,b*), és ő készítette el az évekig használatos DIPOS programcsomagot, amely a dendrokronológiában használatos gyakoribb statisztikai elemzéseket elvégezte.

Az erdészeti évgyűrűelemzés jelentősége a tölgypusztulással és egyéb környezeti károkkal kapcsolatosan értékelődött fel újra. Igmándy és társai a Bükk-hegységben mérték egészséges és elpusztult törzseken az évgyűrűszélességeket, valamint a korai és kései pászta méreteit. (*Igmándy ts. 1986*). Megállapították, hogy a pusztulás évében a fa még képez korai pásztát, késeit azonban már nem. Somogyi (*1991a,b*) a Bükk-, Mátra- és Soproni-hegységben végzett elemzéseket egészséges, beteg és elpusztult fákon.

A hazai dendrokronológiai kutatásokban kiemelkedik Grynaeus munkája, aki az ELTE Régészeti Tanszékén hazai tölgykronológiákat épített az ország különböző

területeiről származó recens anyagból, és lebegő sorokat rakott össze őskori, Római-kori, középkori régészeti leletekből. (*Gryneaus 1994, 1997*) Az elmúlt 100 évre vonatkozó adatokat összehasonlította a szomszédos vagy közeli országokban felállított kronológiákkal. Az összehasonlítás eredménye negatív volt, ami azt jelenti számunkra, hogy egyetlen szomszédos terület kronológiája sem hasonlít a miénkre, így azok nem is vehetők át. A Kárpát-medence önálló dendrokronológiai zónát alkot, vagyis a tölgyeink növekedése teljesen sajátos, így saját kronológiát kell felépíteni. Ugyanakkor kérdéses még az is, hogy hazánk területe egyetlen kronológiával lefedhető-e, vagy egyes térségeket elkülönülten kell kezelni, és ha igen, akkor hol vannak a határok. Vizsgálta még a hazai tölgyek geszt-szijács viszonyait is, erre vonatkozóan kocsányos- és kocsánytalantölgnél is 17 évet kapott, +2 és -5 éves lehetséges eltéréssel.

#### **4. Mintaválasztás, mintavétel, mérés és adatfeldolgozás**

Az észlelések szempontjából a vastagsági növekedés mérésének kétségtelen előnyei vannak a magassági növekedéssel szemben: a mintafák pusztulását okozó roncsolás nélkül, egyetlen mintavétellel olyan információhordozó nyerhető, mely a fa egész élete során jelentkező hatások integrált leírását tartalmazza, vagy kerületméréssel viszonylag egyszerű eszközökkel biztosítható a folyamatos észlelés.

Az átmérő-növekedésben bekövetkezett károk vagy növedékkiesések alapvetően két módszerrel mérhetők: az egyik mód az évgűrű-elemzés, a másik a dendrométer-szalagos kerületnövekedés-mérés. Mindkét mérési technikának az alapja az évgűrű növekedésének nyomon követése, elviekben nem különböznek tehát egymástól, csak az időintervallumok rövidülhetnek le akár a folyamatos mérés szintjéig a kerületmérés esetén, amely pontosan írja le az integrál fogalmát, amikor a növedékek összege megegyezik az évgűrű szélességével, ha az időintervallumot közelítjük a nullához.

Természetesen mindkét mérés technikának megvan az előnye és hátránya. Évgűrű-elemzéssel visszamenőlegesen nagyon hosszú időszakokra és éves pontossággal határozhatók meg a növekedés értékei. Évgűrűmérést főleg akkor alkalmazzunk, ha nincs referencia-időszak és rövidebb időszak áll rendelkezésre a vizsgálat elvégzéséhez, továbbá nagyobb területet kívánunk bevonni az értékelésbe. A dendrométer-szalaggal történő méréseknél hosszú mérési sorozatot kell beállítani, és az eredményekre éveket kell várni. Egy külső

behatás következményeinek vizsgálatához ritkán van lehetőség a referencia-időszak méréseinek elvégzésére, hiszen a károsító vagy károsítás bekövetkezésének időpontja általában előre nem ismert. De ilyen méréseket sikerült beállítanunk a Bős-Nagymaros Vízerőműrendszer hatásvizsgálatára még annak üzembe helyezése előtt 5 évvel. Kétségteljes előnye ennek a mérésnek, hogy az éven belüli ingadozásokat is követni lehet, és egyértelműbb statisztikai kapcsolatot lehet keresni, mint az éves átlagadatokkal. Adott helyen, adott kérdésre pontosabb válasz adható a kerületméréssel, amely azonban idő- és munkaiigényes.

#### **4.1. Általános mintaválasztás és mintavétel az évgyűrűelemzéshez**

A mintavételnél az egészséges, kimagasló vagy uralkodó magassági osztályú fákból választjuk ki a mintafákat, ezzel kiszűrhető a konkurenciából adódó eleve hátrányos helyzet. Természetesen a vizsgálat célja más szempontokat is megkövetelhet a mintaválasztásnál.

Az évgyűrűelemzéshez a szükséges minták általában az alábbi módon nyerhetők:

*a./ Az élő fákból vett növedékcsapokból:* vékony, 3,5-5 mm átmérőjű növedékfúróval a fa mellmagasságából (1,3 m) két egymással ellentétes irányból (észak és dél) vettük a csapokat, ügyelve arra, hogy a mintavétel iránya lehetőleg a bél felé mutasson, a lehető leghosszabb legyen, és ne törjön el. A növedékcsapokat pontosan feliratozott kémcsövekben szállítottuk. Az azonnali mérésre nem mindig volt lehetőség, ezért különféle tárolási formákkal is foglalkoztunk. Legsikeresebbnek a nyitott kémcsövek normál hűtőszekrényben való tárolása bizonyult, ily módon minimálisra csökkenthető volt az összeszáradás, a csapok deformálódása, szétesése és penészedése. A mintavétel helyén keletkezett lyukakat Arborzid gombaölő szerrel kezeltük és gyurmával dugaszoltuk be az esetleges fertőzések elkerülése végett. Külföldi szakirodalmi adatok bizonyítják, hogy ezek a sebek nyolc-tíz éven belül begyógyulnak, és nem jelentenek a faanyag szempontjából értékcsökkenést. A fenyők esetén nem javasolt a lyukak betömése, mert fokozott gyantatermeléssel gyorsan képesek a sérülés helyét lezárni. Hogy a nagy számú mintavételhez ne kelljen a tölgypusztulással amúgyis sújtott állományban a fákat kivágni, a növedékveszteség meghatározásához a mintavételnek ezt a módját választottam.



3. kép Növedécsapok szinkronizálása

*b/.* Ismert időpontban kitermelt fák korongjaiból nyerhető a vizsgálatok szempontjából az optimális minta, mert az évgűrűk rajzolata a teljes felületen ismert. Egyes anomáliák (álévgűrűk) csak a korongon vehetők észre. A fűrészelt felület további finomításra szorul, gyalulással lehet az évgűrűhatárokat és az edényeket láthatóvá tenni. Nagyobb külföldi laboratóriumokban önálló előkészítő műhelyben polírozott felületű minták állnak a kutatók rendelkezésére, de egy ilyen műhelynek a fenntartása csak hatalmas mennyiségű minta feldolgozása esetén gazdaságos, és feltétlenül csak az automatizált műszerek alkalmazása esetén szükséges.

#### 4.2. A mérés

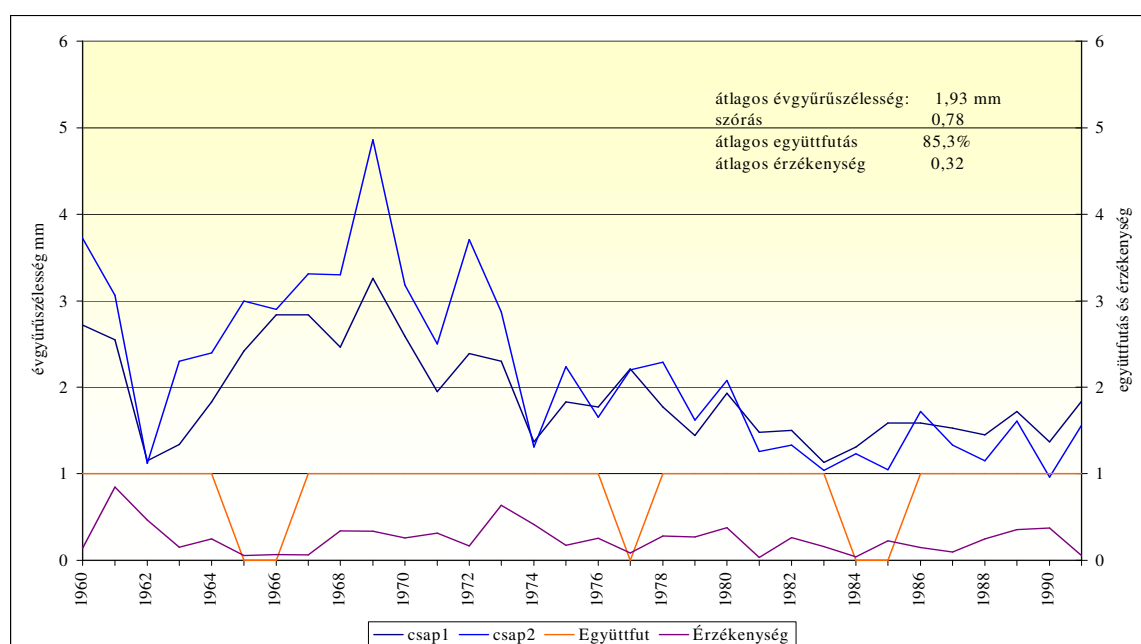
*Az évgűrűszélesség mérése:* Az Erdészeti Tudományos Intézetben (ERTI) rendelkezésre áll egy osztrák gyártmányú évgűrűelemző berendezés (Johann-féle Digitalpositionmeter 1986). A műszer része egy 20- és 40-szeres nagyítást lehetővé tevő sztereomikroszkóp, egy 0.01 mm pontosságú mérőberendezés monitorral és egy ezekkel online kapcsolatban álló számítógép. (Johann 1986) A jól előkészített anyagon ilyen nagyítás mellett jól láthatók az évgűrűk, a pászták és az edények, ugyanakkor szöveti elemek mérésére már nem alkalmas. Az azonos fából származó csapok esetében a



különböző irányoknál az azonos korú évgyűrűk méretben akár lényegesen is eltérhetnek egymástól.

A számítógép jelenleg alkalmazott programja (DAS,1997.) rögzíti a legfontosabb jellemzőket parcelláról és a mintafáról, valamint az évgyűrű-szélességi adatokat és grafikont készít annak időbeli futásáról.

A mérési folyamat részének kell tekinteni a folyamatos ellenőrzést is. Tekintettel arra, hogy az évgyűrűk azonosításában és helyzetük meghatározásában sok hibalehetőség van, feltétlenül szükséges, hogy az azonos helyről származó évgyűrűadatok szélsőérték-helyei, elsősorban minimumhelyei azonos években (mutató években) legyenek, vagyis a görbék szinkronban fussanak. (3. kép) A mutatóéveknek különösen a kormeghatározásban (szinkronizálásban) van nagy szerepe, hiszen ismeretlen korú adatsorok ezek alapján kapcsolhatók össze a legjobban. (Gärtner 1990, Bridge 1996) Mivel az egyes fákat megközelítőleg azonos külső környezeti hatások érték, ennek az évgyűrű-szerkezetben is azonos módon kell megnyilvánulnia.



2. ábra Egy mintafából származó két csap évgyűrűszélessége, érzékenysége és együttfutása

Két görbe azonosnak tekinthető, ha az egymást követő években az értékek azonos tendenciák szerint futnak, függetlenül az érték abszolút nagyságától. Az együttfutási értékkel statisztikailag is megfogalmazható két görbe egyezésének mértéke, amely %-os formában fejezi ki, hogy az előző szélességhez képest a következő érték emelkedése vagy

csökkenése milyen arányban egyezett meg. Ha a két görbe mozgása teljesen megegyezik, akkor az együttfutás 1, ha az egyik adott években az előzőhöz képest nagyobb lesz, a másik pedig ellenkező, akkor 0. (2.ábra)(Schweingruber 1983) Több görbe összevetését páronkénti korrelációs indexek számításával lehet elvégezni. Előfordulhat, hogy egy mintával a megfelelő szintű egyezést nem lehet biztosítani, akkor azt ki kell hagyni.

Egy mérés sor megkezdése után, 4-5 minta összehasonlításával megalkotható az a mestergörbe, amelyhez az összes többi adat hasonlítható és igazítható. (Az első mintáknak ezért a legkevésbé problémásakat célszerű kiválasztani.)

Hazánkban jelenleg az évgyűrűségeit különböző technikával bemutató berendezések fordulnak elő. A lehetséges nagyítási módok a következők: mikroszkóp, fotózás vagy scannelés utáni digitális képelemzés. Ezenkívül a Nyugat-Magyarországi Egyetemen használják még az Arbotom elnevezésű impulzus-tomográfot, amely azonban előnyösebben használható fel a fatörzs állapotának, stabilitásának megítélésénél. Az elektromos hullámok visszaverődésével jól lehatárolhatók a korhadások, odúk, de az évgyűrűhatárok megállapítását is el lehet vele végezni.

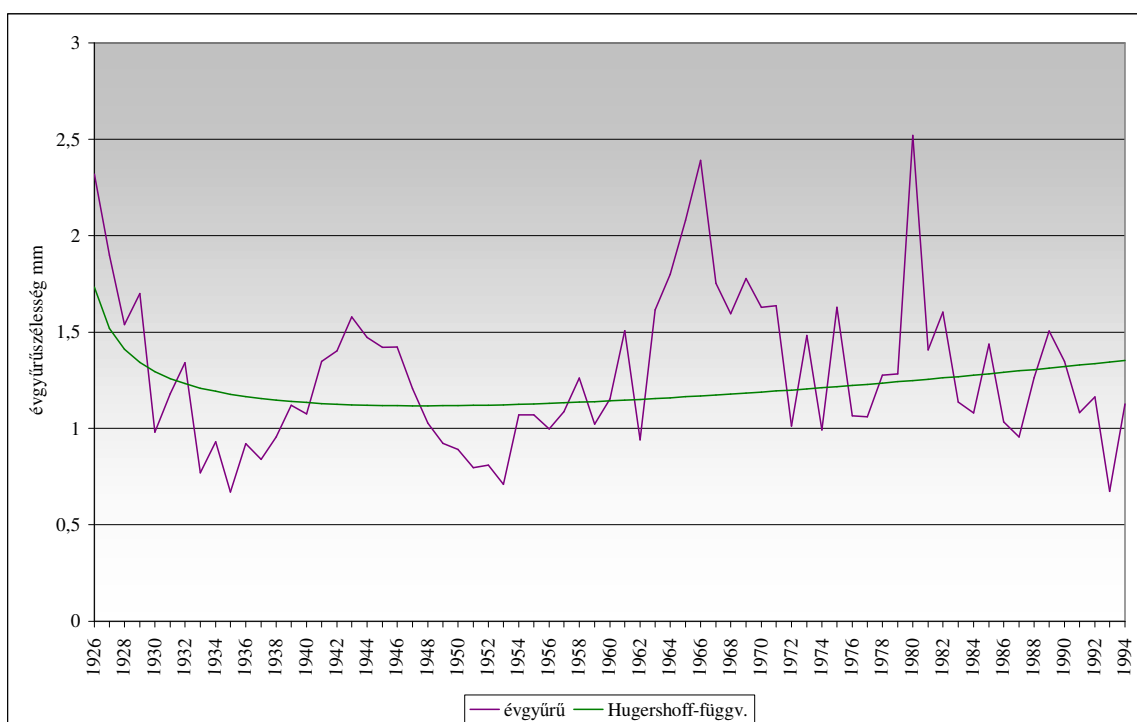
Korszerűbb technikának felel meg a külföldön egyes laboratóriumokban működő röntgensugárral történő sűrűségvizelés. A mérés lényege itt, hogy a megfelelően előkészített metszeten röntgensugarat bocsátanak át, amely a különböző sűrűségű szöveteken eltérő módon nyelődik el, és a kapott képen elkülöníthetők az egyes évgyűrűk, valamint a pászta. A sűrűségi értékek pontosabb információkat hordoznak a szélességi adatoknál, és a dendroklimatológiában jobban használhatók.(Labourgeois 2000) Nagy beruházási és üzemeltetési költsége miatt nem sok ilyen berendezés üzemel a világon.

### **4.3. Az általánosan alkalmazott matematikai és statisztikai módszerek**

Már a mérések során is használjuk az alapvető statisztikai jellemzőket annak érdekében, hogy a mérés folyamatos jószágát ellenőrizzük. De egyetlen minta mérése során akár több száz adatot is kaphatunk, (egy 100 éves fa esetében 100 évgyűrűméret több irányból), több minta esetén az adatállomány mennyisége gyorsan eléri a tízezres, százezres nagyságrendet, vagyis elengedhetetlenül szükség van összetettebb matematikai statisztikai megközelítésre.

Az évgyűrűelemzésnél figyelembe kell venni azt, hogy az adataink egyáltalán nem homogének, ami alatt azt kell érteni, hogy az évgyűrűk szélességének jellemzésére a közvetlenül mért szélesség nem alkalmas, hiszen egyetlen mintán, egyetlen fán belül is nagyon változó értékeket ad. Ezeket a hatásokat tehát ki kell szűrni! Erre a célra az indexelés módszerét használjuk. (Fritts 1976a,b)

Mindenegyed évgyűrűszélesség adatsorára fektethető egy olyan függvénygörbe, amely a faegyed egész életének, de legalábbis a mért szakasznak, növekedési trendjét leírja. (3.ábra) Általában exponenciális függvény ( $y = a e^t$ ) vagy a növekedés jellegét jobban leíró Hegershoff-függvény ( $y = a t^b e^{ct}$ , ahol  $t$  a kor,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  pedig konstansok) használatos. (Schweingruber 1983) Ez utóbbi függvény a polinom és az exponenciális függvény kombinációja, a legjobban közelíti meg a fiatal és az idősebb kori növekedési trendet. A továbbiakban a kiválasztott függvényre, mint X- tengelyre vetítjük %-os formában a mért évgyűrűadatokat, vagyis az így nyert mindenegyed indexérték azt fejezi ki, hogy a várható értékhez képest valójában annak hány százaléka realizálódott. (4. ábra)

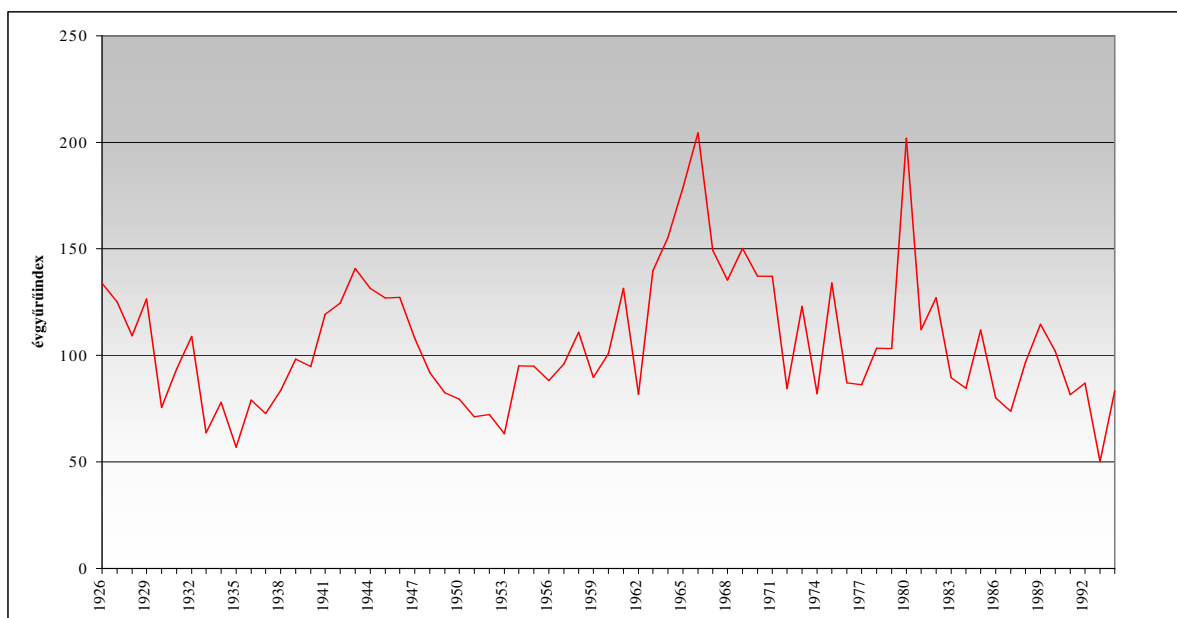


3. ábra. Egy faegyed évenkénti évgyűrűszélessége és az illeszkedő függvény

$I_i = 100 * X_i / X_i^0$ , ahol  $I_i$  az i-dik év indexe

$X_i$  az i-dik év mért évgyűrűszélessége

$X_i^0$  az i-dik évhez tartozó függvényérték



4. ábra. Ugyanazon faegyed indexgörbéje

Ezek az indexértékek már kortól függetlenek, vagyis belőlük átlag is képezhető. Adott évre jellemző indexátlagokból rajzolt indexgörbe az adott termőhelyre és adott időszakra jellemző görbe lesz. Egy aszályos évben keskenyebb évgyűrűk képződnek, de a kérdés az, hogy mihez képest keskenyebbek. A viszonyítási alap lehetne ugyanazon fa előző évi adata is, de lehet az a függvény is, amelynek megfelelően a fa nőtt. Az első esetben két egymást követő aszályos évnél a második évre már nem jelenne meg a csökkent növekedés, míg a függvénynél azt kapjuk, hogy adott %-kal elmaradt a várt értéktől, és ez a százalékos forma már az adott termőhely minden azonos szociális helyzetű és fafajú fájára igaz. (Különböző fafajoknál általában hasonló jellegűek a görbék, az eltérések éppen abból adódnak, hogy a fajok különböző módon érzékenyek a környezeti hatásokra.)

Az indexelés alkalmazásának nincs nagy hazai múltja. Papp még egyenesen használt a növekedést leíró függvényként, a számítástechnika fejlődése azonban utat nyitott sokkal bonyolultabb – exponenciális, polinomiális - függvények felhasználására is. (Somogyi 1989.) Dolgozatomban exponenciális függvényt és Hegershoff-függvényt alkalmaztam, ez

utóbbi biológiailag pontosabb megközelítést ad a növekedés jellegére, vagyis a mérési időszakban nagy pontossággal meghatározza az adott fa korszerinti vastagsági növekedését. A függvénynek hazai alkalmazásával eddig nem találkoztam.

**Együttfutás** a két idősor adatainak hasonlóságát fejezi ki aszerint, hogy időegységek alatt azonosan csökkenő vagy növekvő trend áll-e fenn.

**Intervallumtrend:** több adatsorra, de évente meghatározza az azonos tendenciák gyakoriságát, és számszerűen meghatározza a mutatóéveket.

**Érzékenység** kifejezi, hogy két egymást követő értékek mennyire változatosak, és meghatározza, hogy az egyes fafajok növekedését adott termőhelyen mennyiben befolyásolják a környezeti tényezők, illetve ezek hatása milyen periódusokban érződik jobban, melyikben gyengébben.

**Autókorreláció:** Az évgyűrűk egymást követő sorozatában az elemek statisztikailag nem függetlenek, hanem egy év hatása a következő néhányban is megjelenik még, bár csökkenő mértékben. Az autókorrelációs koefficiens azt adja meg, hogy a megelőző 1, 2, stb. évek évgyűrűszélességei mennyiben határozták meg az adott évit. (*Fritts 1976, Somogyi 1989*)

**Cluster-analízis** fastruktúra-szerűen csoportosítja a változókat attól függően, hogy azok mennyire hasonlítanak vagy különböznek egymástól. (*Somogyi 1989, Leuschner 1992, DAS97*)

**Korrelációs számítással** meghatározható, hogy az évgyűrű-paraméterek valamely termőhelyi tényezővel kapcsolatban állnak-e, ez a kapcsolat mennyiben tekinthető szorosnak, és a független tényező milyen mértékben határozza meg azok méreteit.

A bevezetésben felvázolt növedékveszteség kérdésének vizsgálata és az adatok elemzési módszerei az általános módszereken túl eltérő metodikát is megkövetelnek, ezt az alábbiakban mutatom be.

#### **4.4. A növedékkiesés számításának módszere**

##### **4.4.1. Referenciaválasztás**

A növedékveszteségek meghatározásánál fontos kérdés annak eldöntése, hogy mi legyen az a viszonyítási szint, amihez képest a hiányt becsülni kívánjuk. Felhasználható

lehetne ehhez az országos fatermési tábla. Ez a modell azonban országos átlagadatokat tartalmaz faállomány szinten, átlagos, kisimított növekedést reprezentál, így nem a legmegbízhatóbb kiindulási alap lokális veszteségek mérésére. Helyette inkább az adott termőhelyen egészségesen álló fák növekedését célszerű alapul venni, vagyis a beteg állományok növedékviszonyainak a megítéléséhez egy ún. referencia növekedésmenttel való összehasonlítás szükséges. Ez a "normál" fejlődést mutatja, vagyis azt, hogy károsodás fellépése nélkül mekkora lehetett volna a növedék.

A referenciaképzés kihasználja azt a tényt, hogy a legtöbb esetben még ellenállóképes minták találhatók, amelyek relatíve jó egészségi állapotban vannak, és mint referencia fák jeleníthetők meg. Ez abból a feltételezésből adódik, hogy kárhatás nélkül a károsodott és nem károsodott fák növedékgörbéjének helyzete egymáshoz képest ma is ugyanolyan lenne, mint a károsodás kezdete előtt.

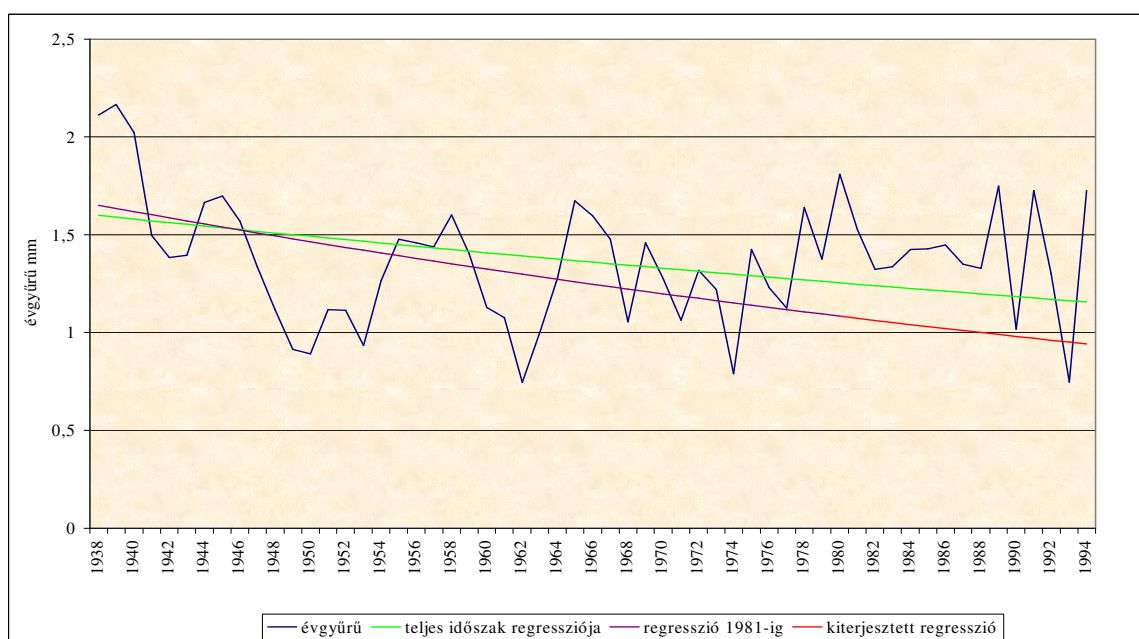
A növekedési modellre (fatermési tábla) irányuló eljárással szemben a fenti eljárás akkor is alkalmazható, ha a körülmények változására adott reakció rövid idejű és gyenge. Különösen igaz ez akkor, ha valamilyen kisebb károsodás hatására van veszteség, de a növedék összességében mégis nő. Kedvező időjárási viszonyok hatására egy adott évben magas növekedés várható, de ezt a mértéket némileg csökkenti egy kisebb rovarrágás, akkor egy még jónak mondható növedékben nem kimutatható a rovarkár hatása. Hasonlóan nem ítélné meg a veszteség, ha az átmérőadatok a fatermési tábla értékei alatt vagy felett helyezkednek el.

A növedéktrend-eljárás tehát más eljárásokkal ellentétben, amelyek a fatermési táblára támaszkodnak, problémaorientált, mert a referencia kialakításánál figyelembe veszi a vizsgálati terület speciális növekedési viszonyait.

#### **4.4.2. Az indexelés és extrapolálás**

Az évgyűrűképződést befolyásoló tényezők hatásait a mintaválasztásnál igyekeztünk ugyan csökkenteni, de valamennyit kiküszöbölni, és hatásuktól eltekinteni nem lehet. Figyelembe kell venni, hogy a referencia fák és a beteg fák esetleg már a károsodás fellépése előtt is különböző módon nőttek. Ennek a különbségnek a meghatározása a betegség fellépése előtti ún. referencia időszak jellemző növekedésmentének a leírását követeli meg. A kiválasztott, vélhetőleg károsodással még nem sújtott időintervallumban -

az adatsor kezdetétől a betegség vélt fellépéséig – meghatározzuk az évgyűrűszélességek regressziós görbéjét, majd ezt a függvényt kiterjesztjük (extrapoláljuk) a betegség időszakára is. (5. ábra) Fontos, hogy mindét csoportnál csak ezt a betegség előtti időszakot vegyük figyelembe a függvényesítéshez, mert csak így biztosítható az azonos kiindulási alap.



5. ábra Kiterjesztett regressziós függvény

Az egészséges fákra azért nem a teljes időszakot veszem figyelembe a regresszióhoz, mert ha pl. egy kedvező növekedést állapítok meg a betegség előtt, akkor ennek a következő évekre való kiterjesztése is kedvező lesz, ugyanezt a kedvező helyzetet állapítom meg a később megbetegedőknél is. Ha közben mégis kedvezőtlen feltételek gátolnák a növekedést, akkor ezt a hatást az egyik esetben figyelembe venném, a másikban pedig nem. Ha a veszteséget azonos referenciaszinthez viszonyítom, akkor azonos kiindulási feltételt biztosítok mindkét csoport számára, még akkor is, ha a modell - később látható módon - nem a tényleges növekedést írta le, de a növedékkülönbségre helyes értéket ad. Az előrevetített regresszió és a tényleges mérési időre illesztett regresszió különböző irányban eltérhet egymástól, vagyis alá- vagy fölébecsülöm a tényleges növekedést. Ez az érték a veszteségszámítást nem érinti, utalhat ugyanakkor arra, hogy a mintafák növekedése csökkenő vagy növekvő tendenciát mutat, kisebbet vagy nagyobbat, mint az várható lehetett volna.

A függvényesítést követi az indexelés, amelynek eredményeképpen megkapjuk, hogy a külső körülmények hatására az egészséges fák éves növedékei milyen arányban módosulnak. Az egyes években a mért értékek a függvényértékektől különböző irányban és különböző mértékben térnek el. A két érték viszonya, az ún. index ( $100 \cdot \text{mért} / \text{számított}$  évgyűrűszélesség) azt fejezi ki, hogy az elméletileg várható értéknek hány százaléka realizálódott ténylegesen egy adott évben.

#### 4.4.3. Az egyes fák növedékkiesésének számítása

A növedékkiesés az egészséges és beteg fák eltérő növekedésmenetéből adódik. A továbbiakban feltételezhető, hogy a megbetegedett fákra is ugyanolyan indexek vonatkoztak volna, mint az egészségesekre, ha nem betegszenek meg. Vagyis a környezeti tényezők rájuk is éppen olyan arányban hatottak volna, mint az egészségesekre. A megbetegedés mértéke tehát a két index különbségéből adódik.

A részletes számítás lépései a következők:

a./ Minden egyes fára külön a mérés kezdetétől a betegség fellépéséig ('k' időpontig) tartó intervallumban a növekedés jellegét leíró regressziós függvény meghatározása. (Az egyszerűsítés érdekében minden esetben Hegershoff-függvényt alkalmaztam.)

b./ A függvény kiterjesztése a betegség időszakára, a függvényértékek kiszámítása  $k+1$  évtől a mérés végső időpontjáig.

c./ Indexelés: mért évgyűrűszélesség a számított függvényérték százalékában:

$$i_j = 100 \cdot r_j / f_j, \quad \text{ahol} \quad \begin{array}{ll} i_j: & \text{index a } j\text{-dik évben} \\ r_j: & \text{j-dik év évgyűrűszélessége} \\ f_j: & \text{j-dik évhez tartozó függvényérték} \end{array}$$

d./ Egy-egy parcellán az azonos egészségi osztályú fák indexeinek átlagolása.

e./ Az évenkénti átmérő-növedékveszteség mértékének meghatározása százalékos formában:

$$nv_j \% = 100 \cdot (1 - (i_{j\text{átlb}} / i_{j\text{átle}})),$$

ahol:  $nv_j\%$ : j -dik év növedékvesztesége %-ban

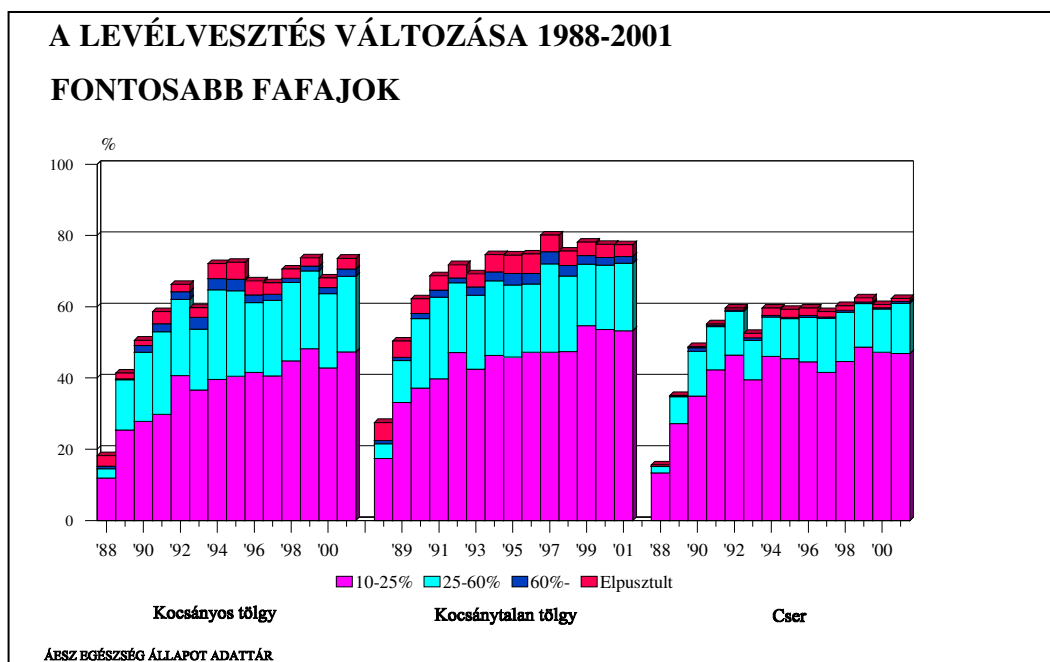


$i_{j\text{átb}}$ : beteg fák j-dik évi átlagindexe

$i_{j\text{átle}}$ : egészséges fák j-dik évi átlagindexe.

## 5. Az eljárás felhasználása: a tölgypusztulás okozta átmérő-növedékkiesés

A hazánk erdőterületének jelentős részét, mintegy 12%-át elfoglaló kocsánytalan tölgy állományokban az elmúlt közel két évtizedben jelentős mértékű károsodás lépett fel. A jelenség nemcsak az egyik legértékesebb ökoszisztémánk degradációjával fenyegetett, hanem az erdészetet, mint gazdasági ágazatot is jelentősen érintette. Jelentős mennyiségű faanyag ment veszendőbe a fák kiszáradása folytán, és jelentős volt az a faanyagmennyiség is, amelynek a képződése elmaradt.



6. ábra A tölgyek egészségi állapotának változása

Az évgyűrűméréssel arra a kérdésre próbáltam választ kapni, hogy mikor kezdődött a károsodás, esetleg mennyi ideig tartott, milyen volt a lefolyása, és mekkora vastagsági növedékveszteség becsülhető évente. Az elemzés kizárólag a bekövetkezett növedékmódosulásokkal foglalkozik, és nem érinti kialakulásának okait, körülményeit és a pusztulás következményeként fellépő ökológiai károkat.

A károsodások jellegére és a kieső növedék meghatározására irányuló vizsgálatokat az elmúlt időszakban már Európa számos országában végeztek mind az új típusú erdőkárokkal, mind pedig a légszennyezés hatásával összefüggésben. (*Greve ts. 1986, Pretzsch ts. 1989,*) Hazánkban is történtek a tölgypusztuláshoz kapcsolódó évgyűrűelemzések, amelyek elsősorban a betegség jellegének leírására és a károsodás okának keresésére irányultak.

### **5.1. Mintaválasztás a növedékkiesés-számításhoz**

A bemutatásra kerülő eredmények a 41. számú erdőgazdasági tájhoz tartozó Dunazug-hegységben és a Börzsönyben található, ERTI által fenntartott hosszúlejáratú fatermési és erdőnevelési mintaterületek kimagasló és uralkodó magassági osztályú fáin elvégzett vizsgálat alapján születtek. A többi magassági osztályban az egyedek közti konkurencia olyan jelentős és nehezen kiszűrhető növekedési hatásokat okoz, hogy célszerűnek látszott teljes elhagyásuk.

A könnyebb összehasonlíthatóság érdekében valamennyi mintaterülettől elvárt volt, hogy az általános termőhelyi jellemzőik megegyezzenek, így tartozzanak a gyertyános tölgyes klímába, hidrológiai viszonyaik legyenek többletvízhatástól függetlenek, és agyagbemosódásos barnaerdőtalanon álljanak. A hat parcella kiválasztását az is indokolta, hogy legyenek egymás közelében azonos korú és eltérő korú, távolabb lévő idősebb és fiatalabb, valamint nagyobb távolságban lévő állományok.

A mintavétellel kapcsolatban fontos hangsúlyozni, hogy a legfőbb szempont nem a parcella vagy erdőrészlet reprezentálása (vagyis a mintában előforduló egyes kárfokok aránya nem feltétlenül egyezik meg a parcellán belüli arányokkal), hanem lehetőség szerint az adott megbízhatósági szinten szükséges elemszám biztosítása volt. A 11 mintaparcellán összesen 116 darab fából, két-két irányból növedékcsapot gyűjtöttünk be. A növedékcsapok hossza átlagosan 8-10 cm volt, ez a hosszúság 30-70 éves növekedési időszakot ölelt fel. A mérések befejeztével így összesen mintegy 10.000 évgyűrű szélességi adata és keletkezési éve állt rendelkezésünkre 3 egészségi osztályban. Az alkalmazott egészségi állapotkódok (*Igmándy és ts. 1986, Csóka 1992, Béky 1988, 1990*) az alábbiak voltak: 5: tünetmentes, 4: kezdeti betegségi tünetek, kisebb világosabb levelek, ritkább korona, 34: beteg, de még életképes fa, 32: beteg, pusztuló fa, 2: vizsgálat évében

elpusztult fa. Az egyes csoportokban az értékelhető mintaszám számos esetben nem érte el a szükséges elemszámot, valamint az évgyűrűkben a 34-es és 32-es osztály nem bizonyult jól elkülöníthetőnek, ezért két-két csoport összevonásra került: 4-es 34-essel, valamint 32 és 2 –el.

<b>Község</b>	<b>Tag, erdőrészlet</b>	<b>Kor (év)</b>	<b>Minták száma (db)</b>
Pilismarót	129A	56	10
Pomáz	75C	55	11
Pilisszentkereszt 2 parc.	46A	91	16
Szentendre	75H	83	11
Szentendre	77E	85	26
Szendehely 5 parcella	14A	46	54

1.táblázat A mintafák helye és száma

## 5.2. A referenciagörbe szükségességének vizsgálata

A fatermési tábla helyi alkalmazhatóságának vizsgálatához a Béky-féle mag eredetű kocsánytalantölgy fatermési tábla adatait használtam fel. (Béky 1981) A hat fatermési osztály főállományának átmérőadatait sugárirányú növekedéssé alakítva exponenciális függvénnyel kiegyenlítettem, és ehhez viszonyítottam az egészséges fák növekedését. A megfigyelési parcellákon külön bemutatom, hogy az egészséges és kimagasló vagy uralkodó egyedek vastagsági növekedése mennyiben felel meg vagy tér el a fatermési táblában megjelenített növekedéstől, vagyis van-e létalapja a helyi referencia alkalmazásának.

## 5.3. A betegség megjelenési időpontjának meghatározása

Intézetünk Erdőművelési Osztályának a tölgyek egészségi állapotát leíró évenkénti megfigyelései a Dunazug-hegységben és a Börzsönyben 1985-ben kezdődtek meg. Az egészségi állapot változása így évről-évre, egyed szinten figyelemmel kísérhető. A károsodás megjelenésének időpontját ők 1981-re teszik. (Béky1986) A korábbi időszakokból annyi bizonyos, hogy nagy mértékű károsodás nem volt, ami azonban nem zárja ki azt, hogy egy esetleges károsodási folyamat már korábban is megindulhatott. Az

évgyűrűelemzés biztosítja, hogy egy kárjelenség fellépésének időpontját évnvi pontossággal datáljuk. Lehetőség van tehát arra, hogy akár egyedenként is megállapítsam a kár megjelenésének dátumát.

A legegyszerűbb megoldásként az azonos parcelláról származó (tehát azonos korú és termőhelyű) egészséges és beteg fák évgyűrűmenetében keresem azt az időpontot, ahol a görbék egyértelműen szétválnak. A gyengültségi állapot fellépése természetesen nem mindig ugyanabban az évben jelentkezett, akár az egyes fákat nézzük, akár a mintaterületek átlagát. A különböző egészségi csoportok szétválásának időpontját a 2. táblázat foglalja össze, amelynek alapján megállapítható, hogy **az évgyűrűelemzések nem mutattak egyértelmű időpontot a károsodás fellépésének időpontját illetően, a szórás 1962-től 1983-ig terjedt.**

Község	Tag, Részlet	4. és 34.	32. és 2 .
		egészségi osztály megjelenése az évgyűrűszélesség alapján	
Pilismarót	129A	1981.	1966.
Pomáz	75C	1976.	1962.
Pilisszentkereszt	46A	1965.	1962.
Szentendre	75H	1963.	1983.
Szentendre	77E	1981.	1981.
Szendehegy	14A	1981.	1966.

2. táblázat. A csökkent évgyűrűszélességek jellemző megjelenési időpontja

A tölgypusztulás fellépésének ismert időpontoktól lényegesen korábbi elkülönülései arra utalnak, hogy a tölgypusztulás megjelenését megelőzően is a később megbetegedett fák növekedésében törésszerű és tartós csökkenés lépett fel. Bár vizsgálatok igazolják, hogy a tölgypusztulás megjelenésének nincs kapcsolata az alacsony hőmérséklettel vagy csapadékmennyiséggel (Führer 1992), de érdemes már itt felfigyelni az 1962-es és azt követő néhány év előfordulási gyakoriságára, amelyekről a későbbiekben még többször szó lesz.

#### 5.4. Az egészségi osztályozás

Az osztályba sorolás kapcsán első kérdésként az merült fel, hogy a külső jegyek alapján történő osztályozás mennyiben egyezik meg az évgyűrűk futásából következtethető egészségi minősítéssel.

Az évgyűrűelemzés mellett folyamatosan rendelkezésre állt minden egyes fa egészségi osztályozása 1985 óta, így összevethető volt, hogy az évgyűrűk méretükkel mennyire igazolják a külső jegyek alapján történő, esetlegesen szubjektív osztályozást. Az esetek kb. 5%-ban fordult elő nagyobb eltérés a két besorolás között, itt a betegség kezdeti jeleit mutató (4) egészségi minősítésű fák csak legfeljebb pusztulók (32) lehettek volna az évgyűrűk alapján. A következő év osztályozásai itt igazolták azt az előrejelzést, hogy a fa hamarosan megbetegszik. A nagyfokú egyezések alapján azonban mindenképpen megfelelő megbízhatóságúnak ítélnélhető a külső jegyek alapján történő besorolás.

Cluster elemzéssel is megpróbáltam az egészségi osztályok szétválogatását a betegség fellépését követő időszakra. Szentendre 77 E adatoknál egyértelműen elvált az egészséges és károsodott osztály, hibás besorolás csak ott történt, ahol az utolsó egy évben történt hirtelen megbetegedés. Ilyen az egészségesek közé sorolt 232. számú törzs, amely 1992-ig egészséges volt, és váratlanul a következő évben kipusztult. Hasonló eset lépett fel az 57, 164, 221. számú törzseknél, egészségi állapotuk egyik évről a másikra romlott 4-ről 2-re. A 252. számú fa besorolására nem találtam magyarázatot, 4 minősítéssel a 2-ek között szerepel, és az évgyűrűgörbéje alapján is 4-es besorolású. Érdekes még a 118. számú minta elhelyezkedése, szinte önálló életet él az évgyűrűméreteit tekintve. Az egészséges csoporttól távolabb áll, mint a 4-es és 2-es egymástól. (6.ábra) Ha megnézzük néhány egészséges fa évgyűrűadatait a 118. számúval összehasonlítva, akkor igazolva is látszik ez a nagyfokú eltérés. A kiugró növekedés 1977 óta tart. Ebből az időszakból nincs tudomásunk erdőnevelési beavatkozásról, de a mintavétel idején már a törzs átmérője és a korona mérete feltűnően nagy volt, korbelti eltérés nem volt megállapítható, így vélelmezhető, hogy a fa növétere változott meg a szomszédos fák elhalásával. Bár a görbe minimumhelyeit tekintve követi a többi fáét, az értékek nagysága olyan torzulásokat okozna a növedék megítélésében, hogy a mintából ki kell zárni. A cluster-elemzésen alapuló egészségügyi besorolás a fenti példa alapján reményteljesnek tűnt, a többi parcellán azonban nagyobb tévedéseket tartalmazott, ezért automatikus alkalmazása óvatosságra int.

Az egészségi osztályozást 2001 őszén újra elvégeztem annak érdekében, hogy lássam, milyen változások következtek be az eltelt 7 év alatt. Van-e a témának még aktualitása, és akkor érdemes még foglalkozni a növedékveszteség mérésének módszerén túl egyéb tényezők hatásaival is, vagy a témáról a kísérleti parcellákon már csak múlt időben lehet beszélni, és egy lezajlott folyamatot leírni.



*4. kép 4. osztályú kocsánytalantölgy*

Mindenhol kigyűjtöttem a mutatóéveket is, vagyis azokat az éveket, ahol egyöntetű volt a növekedés megugrása, vagy hirtelen csökkenése. Különösen a negatív évek eseményeinek lehet jelentősége abban, hogy megpróbáljam elönteneni, mi okozhatott rövid vagy hosszú távú növedékkiesést. Ezek az évek egyébként mérés közben segítenek azonosítani az egyes évgyűrűket is.

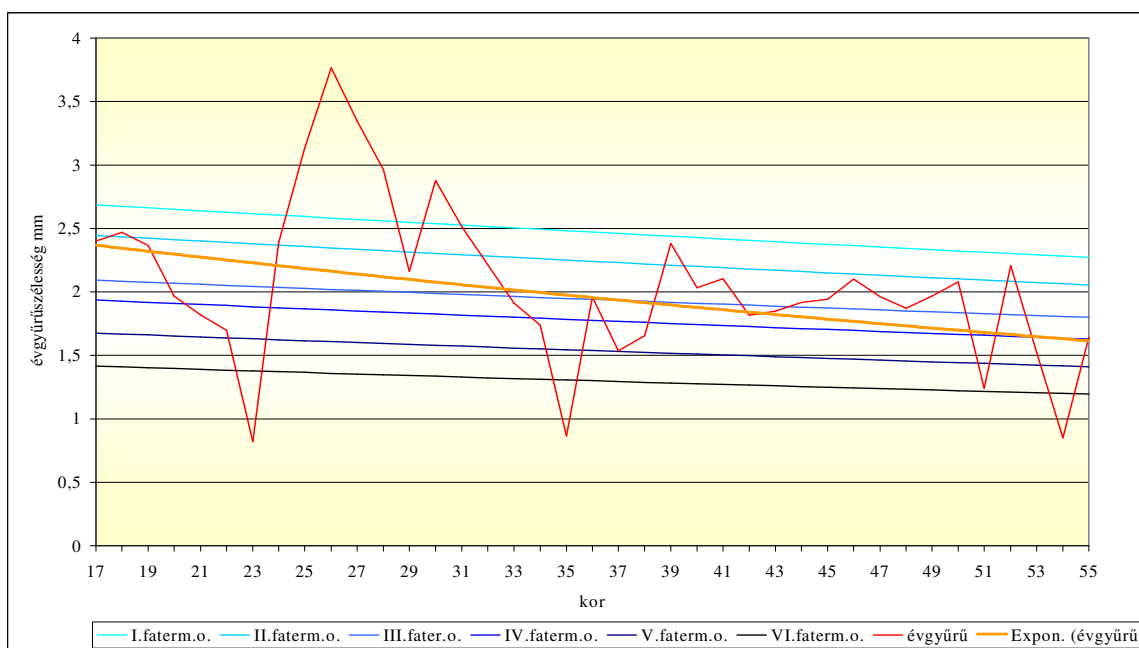
**Cluster7. ábra**

## 5.5. Részletes eredmények:

### 5.5.1. Pomáz 75C

A termőhely jellemzése: gyertyános tölgyes klíma, többletvízhatástól független hidrológiai viszonyok, 400 méteres tengerszint feletti magasság, keleti kitétség, 10 °-os lejtés, genetikai talajtípusa agyagbemosódásos barnaerdőtalaj közép mély termőréteggel és vályogos fizikai talajféleséggel. A területet 1962-ben jelölte ki a Fatermési Osztály törzskiválasztó gyérintések vizsgálata céljából. (Solymos 1965)

Növekedés a fatermési táblához képest: Az egészséges fák vastagsági növekedése a II. fatermési osztályra jellemző sugárirányú növekedéstől folyamatosan csökkenő tendenciát mutatva 55 éves korra az IV. osztálynak megfelelő módon nő, holott a fatermési osztálya II. besorolású. (8. ábra)



8. ábra Pomáz 75 C mintafáinak évgűrűszélessége a fatermési táblához képest

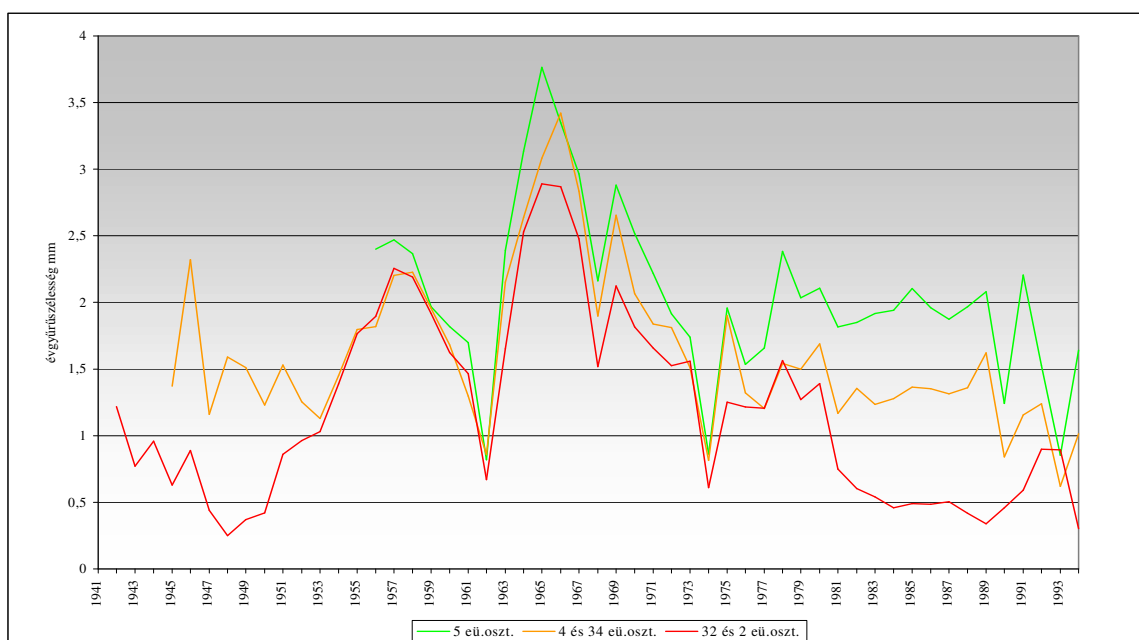
Nevelővágás ideje: 1962, 1971, 1991. Az 1962-es nevelővágásnak valószínűsíthetően pozitív hatása volt a következő évek vastagodására, de hasonló felfutás figyelhető meg más kísérleti parcellákon is 1962-t követően, ahol semmiféle beavatkozás nem történt. Így egyértelmű kijelentés nem tehető arra vonatkozóan, hogy a nagyobb növekedés egyedül az állományba való belenyúlás következménye. Az 1971-es belenyúlásnak látszólagosan negatív hatása lehetne, ha eltekintenénk az időjárási viszonyoktól, amelyek éppen ebben az



időszakban kedvezőtlenek voltak, vagyis a növekedést két ellentétesen ható tényező befolyásolta, amelyek eredője lett végülis az adott évek keskenyebb évgyűrűszélessége.

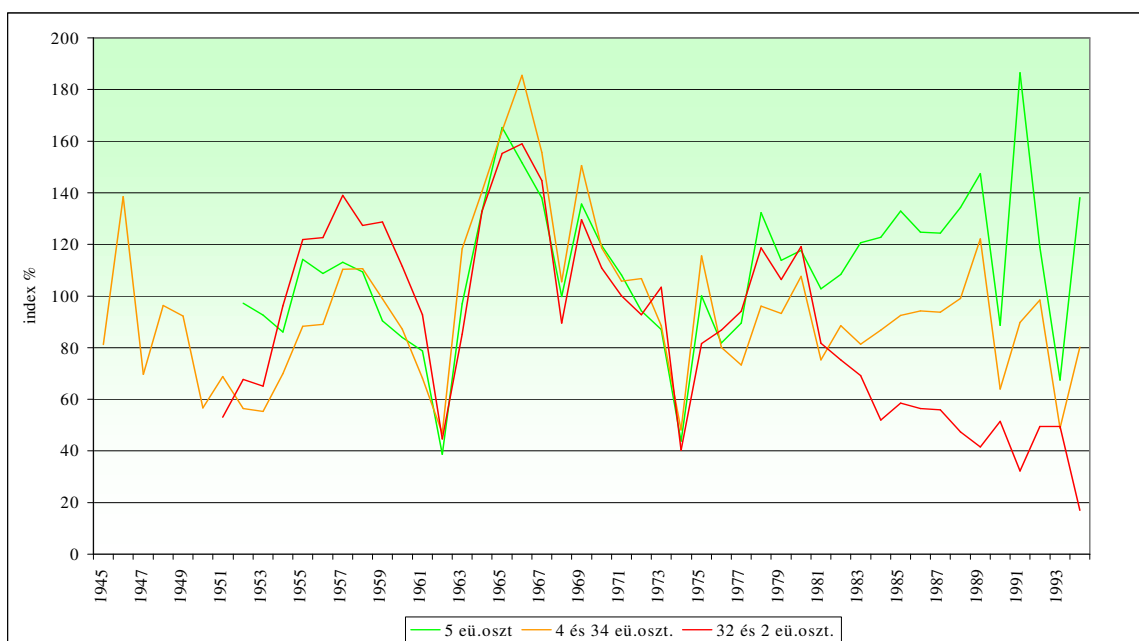
Az egészséges fák tényleges vastagodása az előre jelzethez képest: Az 1981-ig számított regressziós görbe értékei 1981-1994 között magasabb értékeket adtak, mintha a teljes időtartamra számítjuk a regressziót, vagyis a tényleges értékek elmaradtak a várhatótól, átlagosan 14%-kal.

A különböző egészségi osztály évgyűrűinek futása: A 2-es egészségi osztályú görbe az 5-östől egyértelműen 1962-től vált el, míg a 4-es az 5-östől 1976-tól. (9-10.ábra) Az évgyűrűfutásoknál az egészségesekeket a többiek soha nem múlták felül, a minta alapján a jobb növekedésűek maradtak egészségesekek.



9. ábra Pomáz 75C különböző egészségi állapotú fájának évgyűrűszélessége

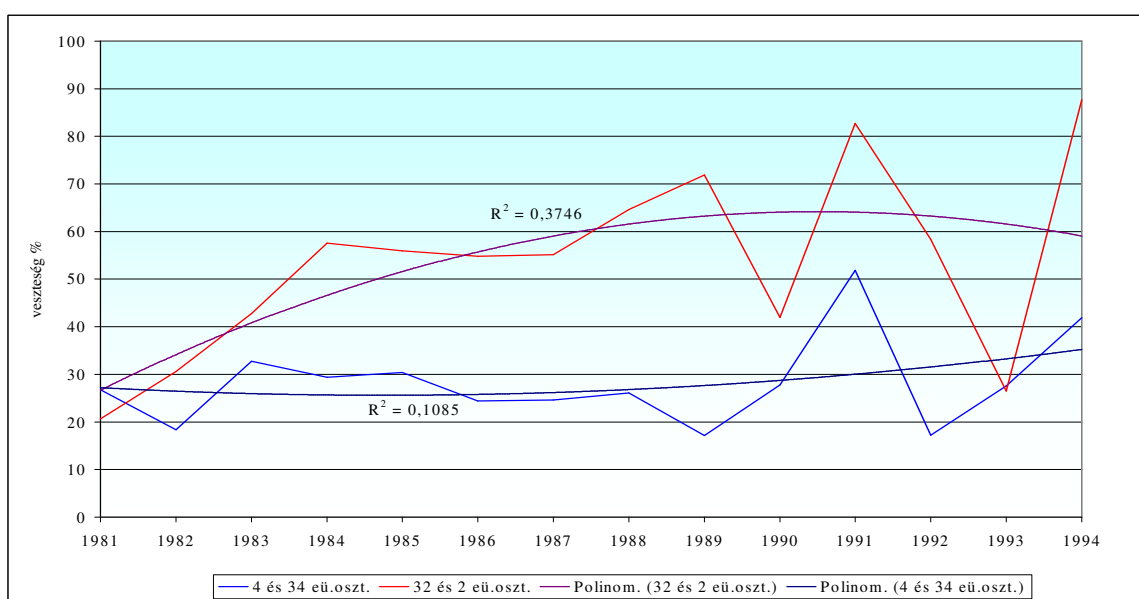
Mutató évek:           - 1962, 1968, 1974  
                               + 1957, 1966, 1969, 1978



10. ábra Pomáz 75C különböző egészségi állapotú fájának évgyűrűindexe

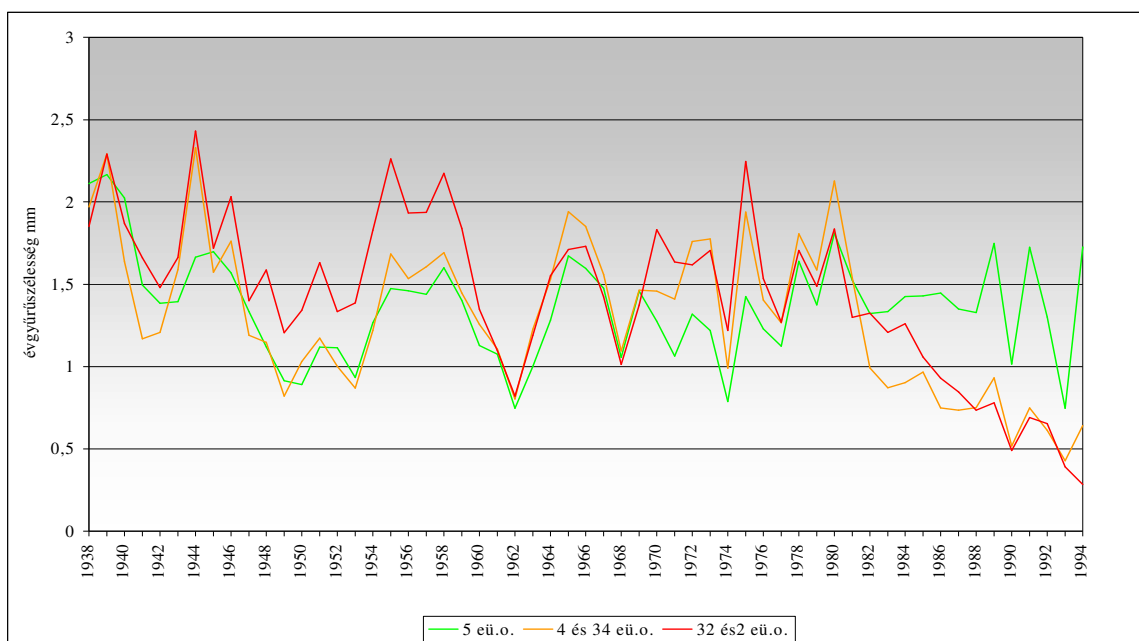
A növedékkiesés mértéke és tendenciája: A vizsgált faegyedeken 14 év átlagában, egészségi osztályonként az alábbi átlagos átmérőcsökkenést mértem és számítottam: (Évenkénti részletezés a 3. táblázatban, 11.ábra)

4 és 34 egészségi osztályban: **28.3 %**, (17.2-51.8 %, szórás 9.4 %), tendenciája kissé emelkedő, a legnagyobb veszteségek az 1991. és 1994. években fordultak elő.



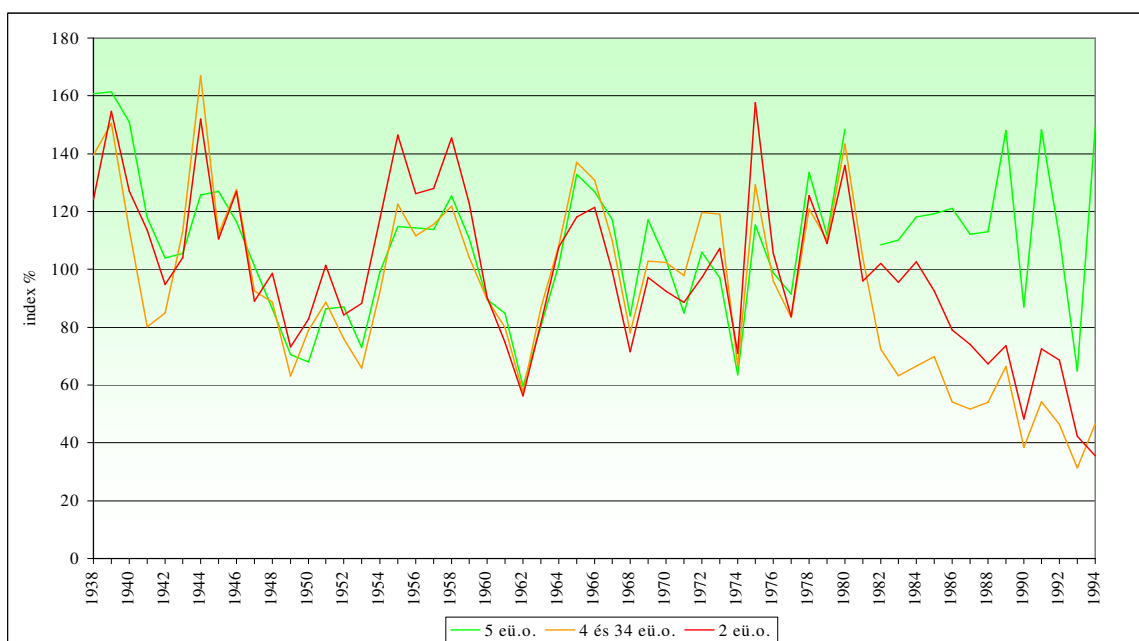
11. ábra Pomáz 75C különböző egészségi állapotú fájának vastagsági növedékvesztése





12. ábra Szentendre 77E különböző egészségi állapotú fáinak évyűrűszélessége

A növedékkiesés mértéke és tendenciája: A vizsgált faegyedeken 14 év átlagában, egészségi osztályonként az alábbi átlagos átmérőcsökkenést mértem és számítottam. (Évenkénti részletezés a 3. táblázatban és 14. ábra)

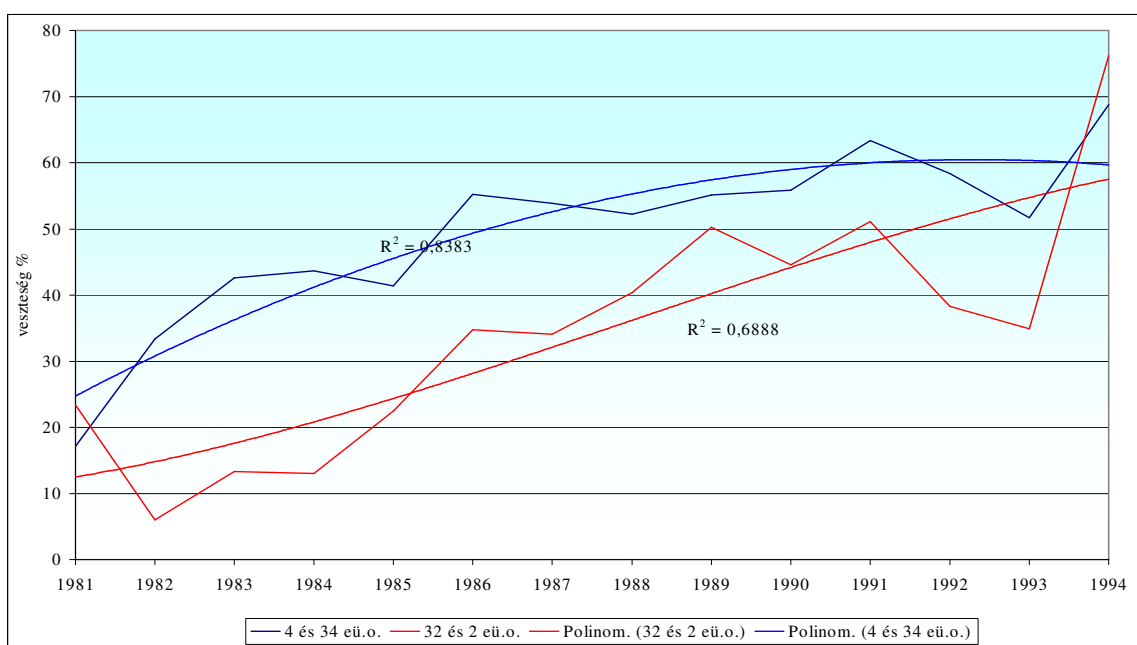


13. ábra Szentendre 77E különböző egészségi állapotú fáinak évyűrűindexe

4 és 34 egészségi osztályban: **49.5 %**, (17.2-68.8%, szórás 13.1%), tendenciája jelentősen emelkedő.

32 és 2 egészségi osztályban: **34.5 %**, (6.0-76.2 %, szórás 18.4%), emelkedő jellegű.

A veszteségek mindkét kategóriában és minden évben nagyon magasak, de külön kiemelhetők az 1989-1991. és 1994. évek az 50% körüli vagy azt meghaladó veszteséggel. A két csoport kárai közötti látszólagos ellentmondást az okozza, hogy az 1994-es minősítési adatok alapján történt az osztályba sorolás, pedig a megelőző években általában a 4-es egészségi osztály volt a gyengébb.



14. ábra Szentendre 77E különböző egészségi állapotú fájnak vastagsági növedékvesztése

Újrafelvétel 2001-ben: A vizsgált 26 mintafából 1994-ben 10 darab volt egészséges, ezekből 4 az első, 6 pedig a második magassági osztályba tartozott. Ezekből 2001-re 5 darab kapott rosszabb egészségi minősítést, a többi maradt egészséges. A 16 darab károsodott fa közül 3 esetben nem történt változás, 10 fa állapota romlott, sőt ebből hat elpusztult, további hármat egészségi termelés során kivágtak. Összességében csak a fák 30%-ban nem történt változás, a többi esetben viszont romlott.

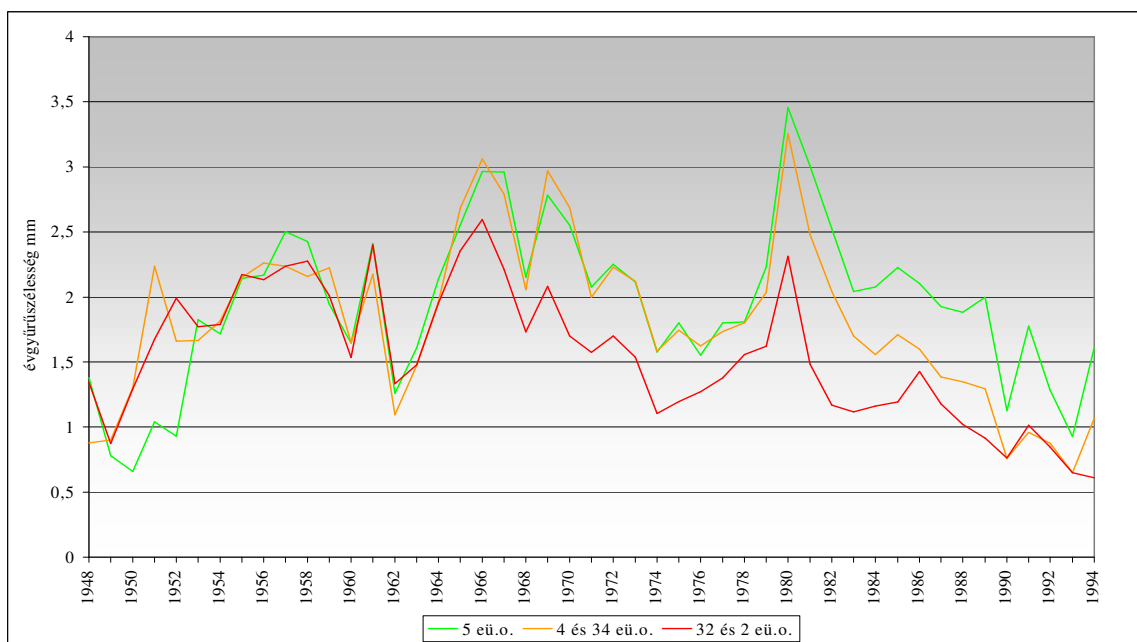
### 5.5.3. Szendehely 14A

A termőhely jellemzése: gyertyános tölgyes klíma, többletvízhatástól független hidrológiai viszonyok, 300 méteres tengerszint feletti magasság, fekvése hegytető, genetikai talajtípusa agyagbemosódásos barnaerdőtalaj mély termőréteggel és vályogos fizikai talajféleséggel.

Növekedés a fatermési táblához képest: Az egészséges fák vastagsági növekedése a vizsgált ciklus egészén belül is, de különösen az utolsó 15 évben csökkenő jelleget mutat. A tendencia ellenére kiugró maximumhelyek is megfigyelhetők az 1955-60 és 1980-83. időszakokban, de különösen az utóbbi időpont növekedése kiugró, és azóta folyamatos csökkenés figyelhető meg. A jelenlegi növekedése messze elmarad a parcella kitűzésekor megállapított I. fatermési osztálytól.(2.melléklet)

Nevelővágás ideje: 1978-ban, az állomány 30 éves korában történt. Talán itt figyelhető meg legjobban a nevelővágás vastagodás növelésében betöltött szerepe. Egészségügyi termelés történt még 1996-ban.

Az egészséges fák tényleges vastagodása az előre jelzethez képest: Az 1981-ig számított regressziós görbe kiterjesztése 1981-1994 között alacsonyabb értéket adott, mint ha a teljes időtartamra számítjuk a regressziót, vagyis a tényleges értékek némileg (átlagosan 8.5%-kal) magasabbak lettek a várható értéknél.



15. ábra Szendehely 14A különböző egészségi állapotú fák évgűrűszélessége

Dátum	Pilismarót	Pomáz	Pilisszent-kereszt.	Szt.endre75	Szt.endre77	Szendehely	Éves átlag
	<i>4 és 34 eü. oszt. %-os növekedésváltozása az átmérőben</i>						
1981	6.3	26.8	-1.8	2.7	17.2	15.1	11.0
1982	15.2	18.4	14.9	-16.4	33.4	15.6	13.5
1983	19.8	32.7	28.1	0.7	42.6	12.5	22.7
1984	22.9	29.4	13.9	-0.8	43.7	21.1	21,7
1985	18.7	30.4	4.7	13.7	41.4	18.1	21.2
1986	31.6	24.5	-1.1	23.6	55.2	17.9	25.3
1987	26.6	24.6	-4.4	19.5	53.9	19.8	23.3
1988	23.9	26.1	4.6	19.7	52.2	21.4	24.6
1989	38.6	17.2	13.4	17.0	55.1	32.0	28.9
1990	39.9	27.8	23.2	-5.3	55.8	28.7	28.4
1991	46.1	51.8	44.0	10.1	63.4	42.2	42.9
1992	45.1	17.3	31.2	18.2	58.4	27.0	32.9
1993	39.0	27.6	27.4	3.1	51.7	24.3	28.9
1994	51.2	41.9	27.0	11.4	68.8	27.8	38.0
<b>parc.átl.</b>	<b>30.3</b>	<b>28.3</b>	<b>16.1</b>	<b>8.4</b>	<b>49.5</b>	<b>23.1</b>	<b>26.1</b>

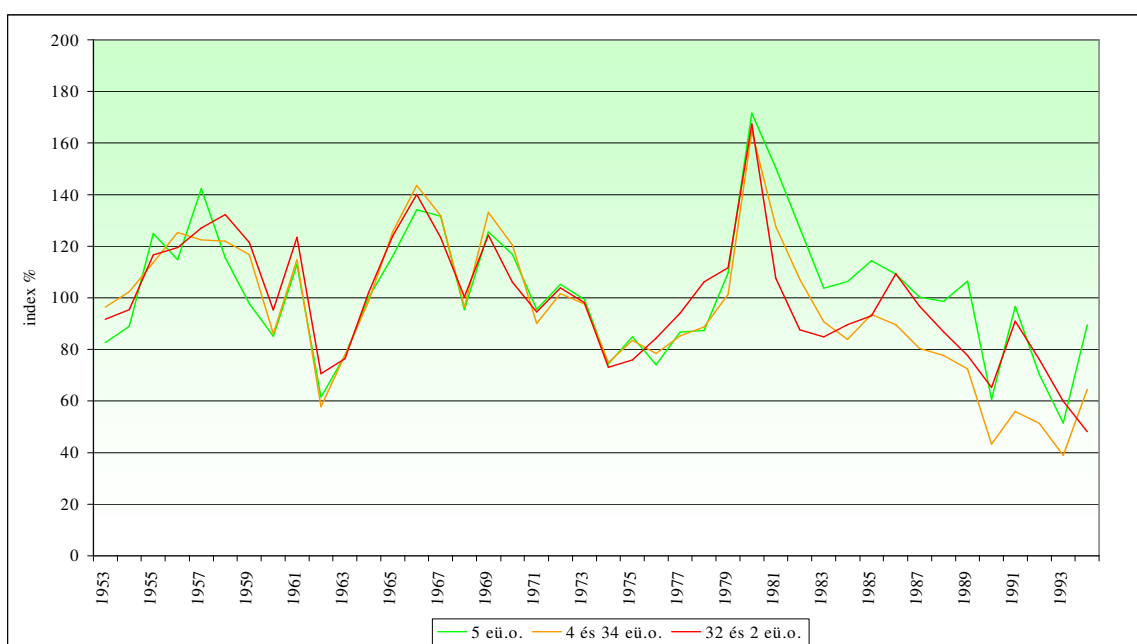
Dátum	Pilismarót	Pomáz	Pilisszent-kereszt	Szt.endre75	Szt.endre77	Szendehely	Éves átlag
	<i>32 és 2 eü. oszt. %-os növekedésváltozása az átmérőben</i>						
1981	14.3	20.7	0.0	-24.3	23.4	28.4	10.4
1982	27.5	30.6	35.0	-20.4	6.4	31.0	18.3
1983	31.6	42.7	21.7	-14.0	13.3	18.3	18.9
1984	47.9	57.6	18.7	-6.0	13.0	15.8	24.5
1985	57.5	56.0	21.8	11.6	22.4	18.6	31.3
1986	51.0	54.8	20.7	-3.2	34.7	-0.1	26.3
1987	40.0	55.2	-7.5	19.9	34.1	3.5	24.2
1988	47.5	64.7	23.0	17.5	40.4	12.0	34.2
1989	26.8	71.9	49.1	22.9	50.2	27.0	41.3
1990	62.1	42.0	59.0	27.7	44.6	-7.6	38.0
1991	69.0	82.7	61.1	20.3	51.1	5.9	48.4
1992	57.2	58.4	54.2	13.6	38.3	-8.2	35.6
1993	26.5	26.5	56.5	-10.1	34.9	-16.4	19.7
1994	26.4	87.7	64.1	58.7	76.2	46.1	59.9
<b>parc.átl.</b>	<b>41.8</b>	<b>53.7</b>	<b>34.1</b>	<b>8.2</b>	<b>34.5</b>	<b>12.5</b>	<b>30.0</b>

3. táblázat. Évenkénti vastagsági növekedésváltozás százalékos formában

A különböző egészségi osztály évgyűrűinek futása: A 4-es egészségi osztályú görbe az 5-östől egyértelműen 1981-től vált el, a 2-es 1966-tól ill. 1981-től. A tölgypusztulás itt nem választható le egyértelműen egy korábbi csökkent növekedéstől, ezért a tölgypusztulás számlájára írható veszteséget 1981-től számolom. (15-16. ábra)

Mutatóévek: - 1960, 1962, 1968, 1971, 1974, 1990, 1993

+ 1961, 1966, 1969, 1980, 1991



16. ábra Szendehely 14A különböző egészségi állapotú fáinak évgyűrűindexe

A növedékkiesés mértéke és tendenciája: A vizsgált faegyedeken 14 átlagában, egészségi osztályonként az alábbi átmérőcsökkenést mértem és számítottam: (Évenkénti részletezés a 3. táblázatban és 17. ábra)

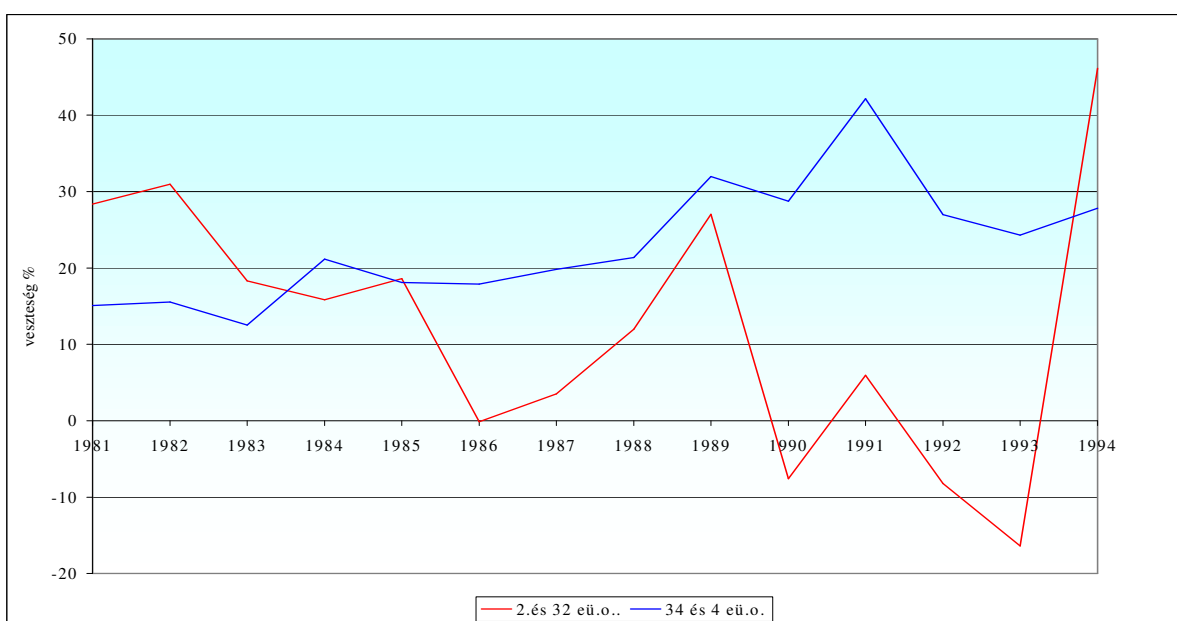
4 és 34 egészségi osztályban: **23.1 %**, (12.5-42.2%, szórás 7.9 %) tendenciája emelkedő, a legnagyobb veszteségek 1991-ben és 1989-ben jelentkeztek.

32 és 2 egészségi osztályban: **12.5 %**, (-16.4-46.1 %, szórás 17.5%), erősen ingadozó, tendencia nem állapítható meg, pozitív és negatív értékek egyaránt előfordulnak, ezért az átlag is kedvezőbb, mint a 4 és 34 egészségi osztályé. Az ellentmondásos viszonyok abból fakadnak, hogy a 32-2 egészségi osztály növekedése már a 60-as évek



közepétől jelentősen lelassult, és ehhez a csökkent növekedéshez viszonyítva kisebbek a károk 1981-től, és relatíve nagyobbak a korábban jó növekedésű 4 osztályban.

Újrafelvétel 2001-ben: A vizsgált 51 mintafából 1994-ben 23 darab volt egészséges, ezekből 12 az első, 11 pedig a második magassági osztályba tartozott. 2001-re 6 darab kapott 4 egészségi minősítést, egyet kivágtak, a többi egészséges maradt. A 28 darab károsodott fa közül 16 esetben nem történt változás, 3 fa 4-es minősítése javult 5-re, 1 fa állapota romlott, és hét elpusztult. Így összesen a fák 27 %-nak állapota romlott, sőt 14% teljesen elpusztult.



17. ábra Szendehely 14A különböző egészségi állapotú fájának vastagsági növekedésváltozása

#### 5.5.4. Pilismarót 129A

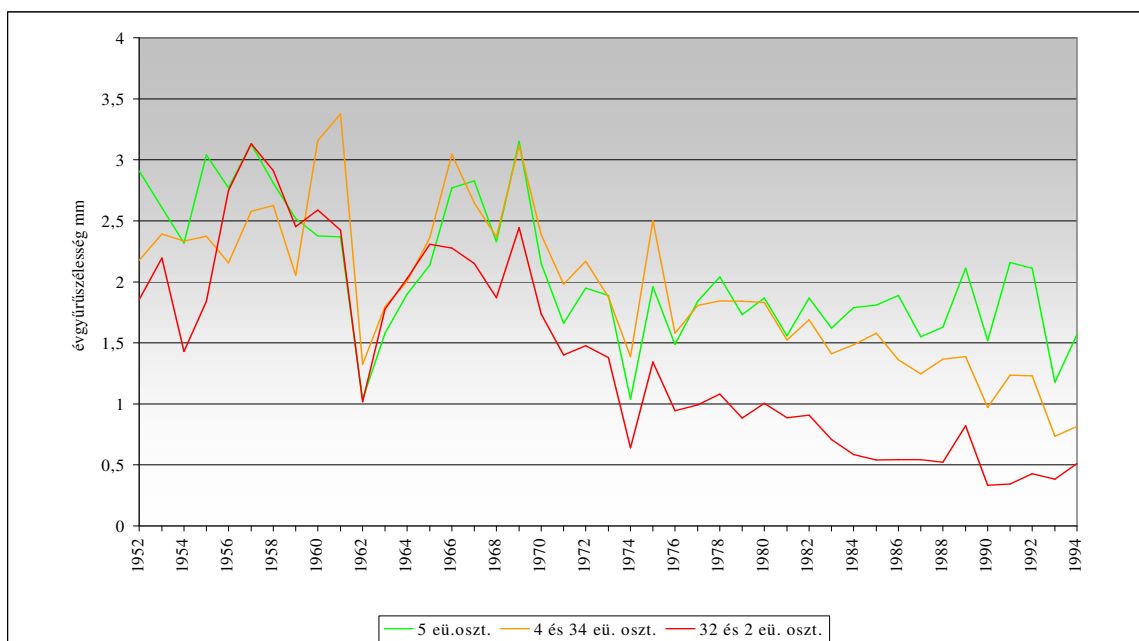
A termőhely jellemzése: gyertyános tölgyes klíma, többletvízhatástól független hidrológiai viszonyok, 400 méteres tengerszint feletti magasság, nyugati kiettség, 15 °-os lejtés, genetikai talajtípusa agyagbemosódásos barnaerdőtölgy mély termőréteggel és vályogos fizikai talajféleséggel.

Növekedés a fatermési táblához képest (3. melléklet): Az 5-ös egészségi osztályba tartozó fák vastagsági növekedési görbéje a fiatalkori ígéretes növekedés után a II-től a IV. fatermési osztály görbéjéig folyamatosan csökkenő tendenciájú, enyhe emelkedés csak az utolsó 5 évben figyelhető meg. Az erdőrészlet fatermési osztálya III.

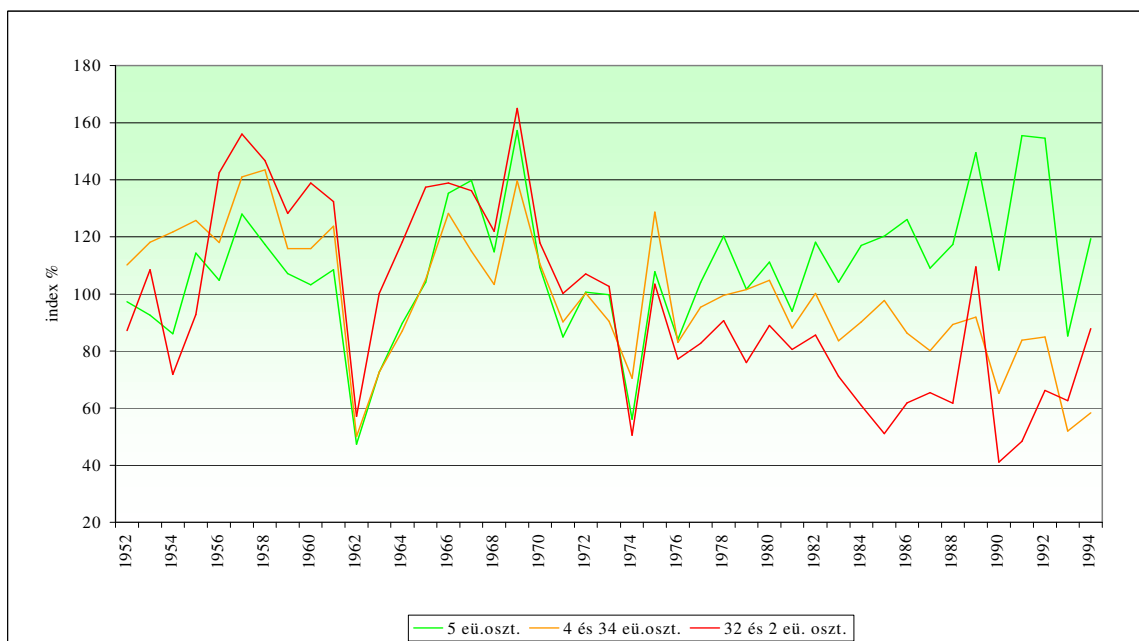
Nevelővágás ideje: 1985-ben, 2000-ben száradéktermelés

Az egészséges fák tényleges vastagodása az előre jelzethez képest: Az 1981-ig számított regressziós görbe értékei 1981-1994 között magasabb értékeket adtak, mintha a teljes időtartamra számítjuk a regressziót. Ez az eredmény azt mutatja, hogy az 1981-ben előrevetített modellel az egészséges fák növekedését mintegy 14%-kal fölébecsültem.

A különböző egészségi osztály évgyűrűinek futása (18-19. ábra): A 2-es egészségi osztályú görbe a többitől egyértelműen 1966-ben vált el, a 4-es az 5-től 1981-től.



18. ábra Pilismarót 129A különböző egészségi állapotú fájának évgyűrűszélessége



19. ábra Pilismarót 129A különböző egészségi állapotú fájának évgyűrűindexe

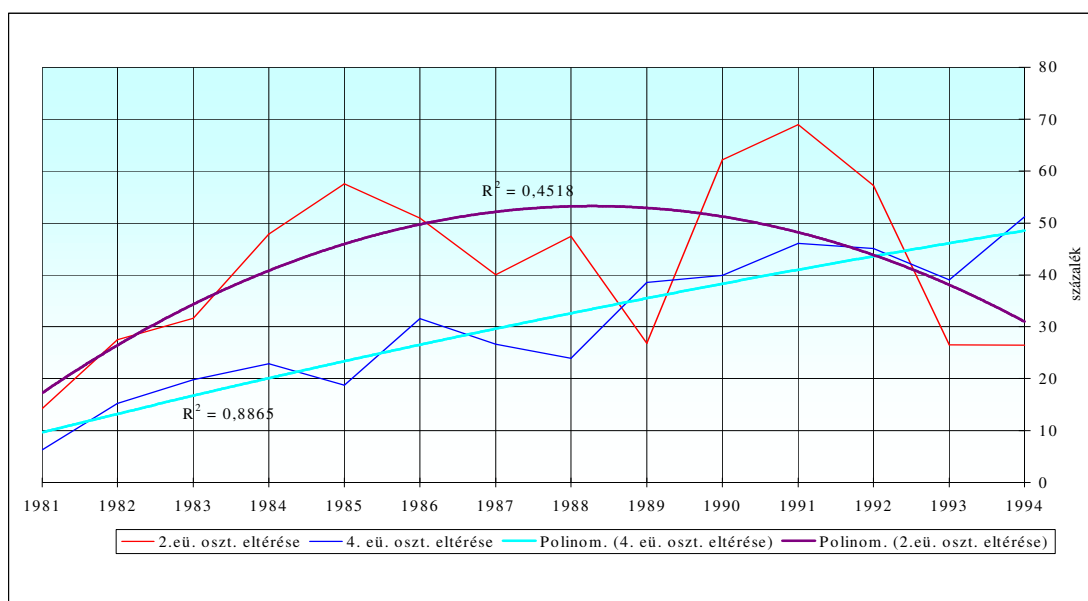
Mutató évek: - 1962, 1968, 1971, 1974, 1976, 1981, 1990  
 + 1957, 1969, 1975, 1989

A növedékkiesés mértéke és tendenciája (20. ábra): A vizsgált faegyedeken az utolsó 14 év átlagában, egészségi osztályonként az alábbi átlagos átmérőcsökkenést mértem és számítottam: (Évenkénti részletezés a 3. táblázatban)

4 és 34 egészségi osztályban: **30.3 %**, (6.3-51.2%), a veszteség növekvő tendenciájú.

32 és 2 egészségi osztályban: **41.8 %**, (14.3-69%, szórás 16.5%), erősen ingadozó.

A legnagyobb veszteségek mindkét károsztályban az 1990-92 években fordultak elő.



20. ábra Pilismarót 129A különböző egészségi állapotú fájának vastagsági növedékvesztésége

Miután a 2-es egészségi osztálynak már 1966 óta jelentős növekedési elmaradása volt, így az 1966-tól 1981-ig terjedő időszak csökkent növekedése nem szerepel veszteségként, mert azt feltételeztem, hogy nem a tölgypusztulásból származik. Ellenben nem zárható ki a kapcsolat ezen visszaesett növekedés és a tölgypusztulás között. Sőt ezen a görbén a későbbiekben semmi olyan jel nem észlelhető, amely a 80-as évek körüli betegség fellépésére utalna, ezek a jelek a hatvanas években bukkantak fel. Mindezt csak

egy jelzésnek szánom, mert dolgozatomnak nem feladata magával a tölgypusztulással és kialakulási okaival foglalkozni. Az évgyűrűkben hordozott jelek azonban figyelemfelkeltők.

Újrafelvétel 2001-ben: A vizsgált 10 mintafából 1994-ben 6 darab volt egészséges. Ezekből 2001-re 4 darab maradt változatlan, egy kapott 4 egészségi minősítést, egyet kivágtak. A 4 darab károsodott fa közül 1 fa 4-es minősítése javult 5-re, egy változatlan maradt, kettőt pedig kivágtak. Érdemi változás nem állapítható meg.

#### **5.5.5. Pilisszentkereszt 46A**

A termőhely jellemzése: gyertyános tölgyes klíma, többletvízhatástól független hidrológiai viszonyok, 600 méteres tengerszint feletti magasság, déli kitettség, 15°-os lejtés, genetikai talajtípusa agyagbemosódásos barnaerdőtalaj közép mély termőréteggel és vályogos fizikai talajféleséggel.

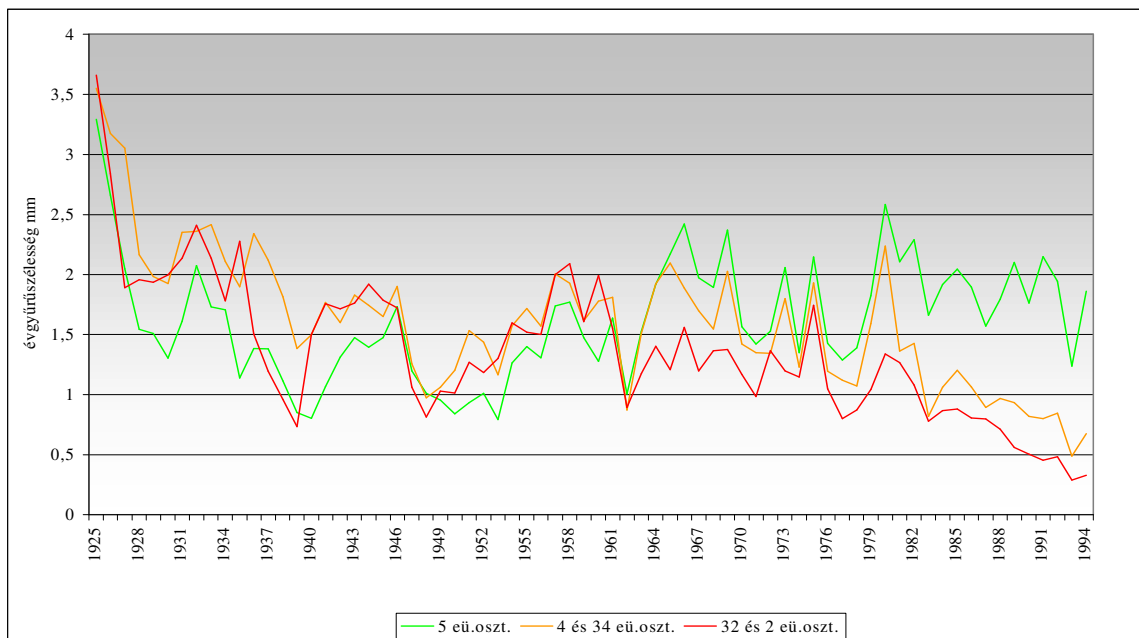
Növekedés a fatermési táblához képest: Az egészséges fák vastagsági növekedése 20 éves kortól hullámzó görbét követ, 20-tól 56 éves (1962.) korig nagyon gyenge növekedést mutat, azt követően azonban emelkedő tendenciájú. (4.melléklet), a pillanatnyi vastagodása a II-nak felel meg, pedig 30-40 éves korában volt már a VI-ra jellemző értékeken is.

Az erdőrészlet nyilvántartott besorolása a III. fatermési osztály. Mindez azt mutatja, hogy a fák életük folyamán – csak az átmérőt figyelembe véve - fatermési osztályokat léphetnek át. Kérdés lehet, hogy mi az a körülmény, amely fákat 55 és 88 éves kora között fokozott növekedésre készítet.

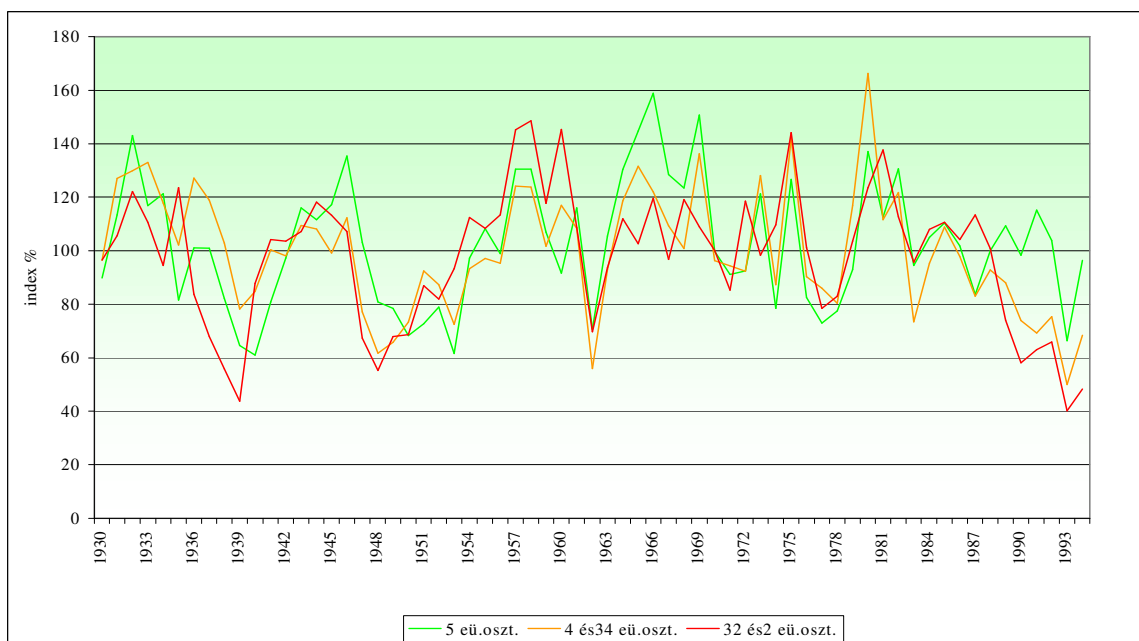
Az egészséges fák tényleges vastagodása az előre jelzethez képest: A számított regressziós görbe értékei némileg (átlagosan 0.4%-kal) alacsonyabb értékeket adtak, mint ha a teljes időtartamra számítjuk a regressziót, vagyis a tényleges értékek felülmúlták a várható. A 60-as évektől a növekedésük nagy lendületet vett, és ez tartósnak is bizonyult. Ez az egyetlen terület, ahol hosszú időszakot figyelembe véve emelkedő növekedés figyelhető meg!

A különböző egészségi osztály évgyűrűinek futása (21-22. ábra): A 2-es egészségi osztályú görbe az 5-östől egyértelműen 1962-től vált el, míg a 4-es az 5-östől 1965-től, és tartott ez az időszak 1974-ig, majd egy kiegyenlített növekedés után újra szétváltak 1977-

tól. Az évgyűrűmenetben 1962 után az egészséges fák növekedése mindig meghaladta a később károsodottakét, míg 1962 előtt az egészséges fák nőttek lassabban.



21. ábra Pilisszentkereszt 46A különböző egészségi állapotú fáinak évgyűrűszélessége



22. ábra A Pilisszentkereszt 46A különböző egészségi állapotú fáinak évgyűrűindexe

Mutatóévek: - 1962, 1977, 1983, 1993,

+ 1958, 1975, 1985

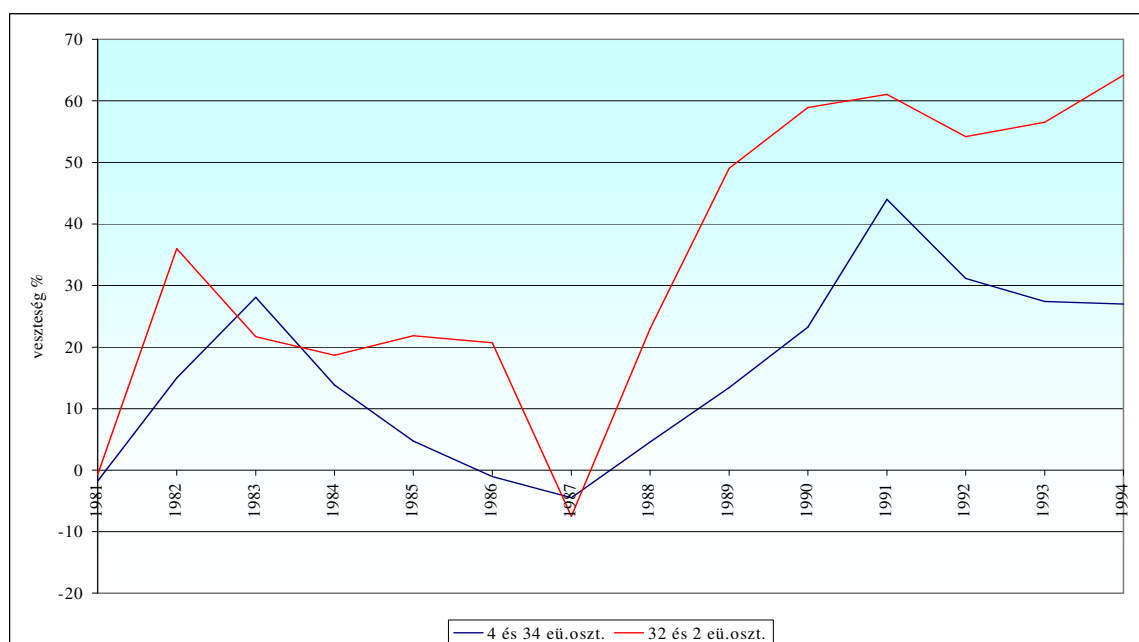
A növedékkiesés mértéke és tendenciája: A vizsgált faegyedeken 14 év átlagában, egészségi osztályonként az alábbi átlagos átmérőcsökkenést mértem és számítottam a regressziós függvényt 1964-ig meghatározva: (Évenkénti részletezés a 3. táblázatban, 23.ábra) Mivel a differenciálódás annyira egyértelmű időponthoz kapcsolódik, itt semmiképpen nem vehetők számításba a betegség megjelenéseként a 80-as évek.

4 és 34 egészségi osztályban: **16.1 %**, (-4.4 – 44.0 %, szórás 14.6%), tendenciája időben változó.

32 és 2 egészségi osztályban: **34.1 %**, (-7.5 – 64.1 %, szórás 23.4%), 1987-től erősen emelkedő jellegű.

A legnagyobb veszteségeket 1991-ben regisztráltam, de említésre méltó, hogy 1987-ben a fák többletnövekedést produkáltak a tőlük elvárható szinthez képest.

Újrafelvétel 2001-ben: A vizsgált 16 mintafából 1994-ben 6 darab volt egészséges, ezekből 3 az első, 3 pedig a második magassági osztályba tartozott. Ezekből 2001-re 1 darab kapott 4 egészségi minősítést koronatorés miatt, a többi egészséges maradt. A 10 darab károsodott fa közül 4 esetben nem történt változás, 1 fa 4-es minősítése javult 5-re, 5 fa állapota romlott, illetve ebből hármat egészségi termelés során kivágtak. Az összes fa harmadának állapotában történt állapotromlás.



23. ábra Pilisszentkereszt 46A különböző egészségi állapotú fának vastagsági növedékvesztése

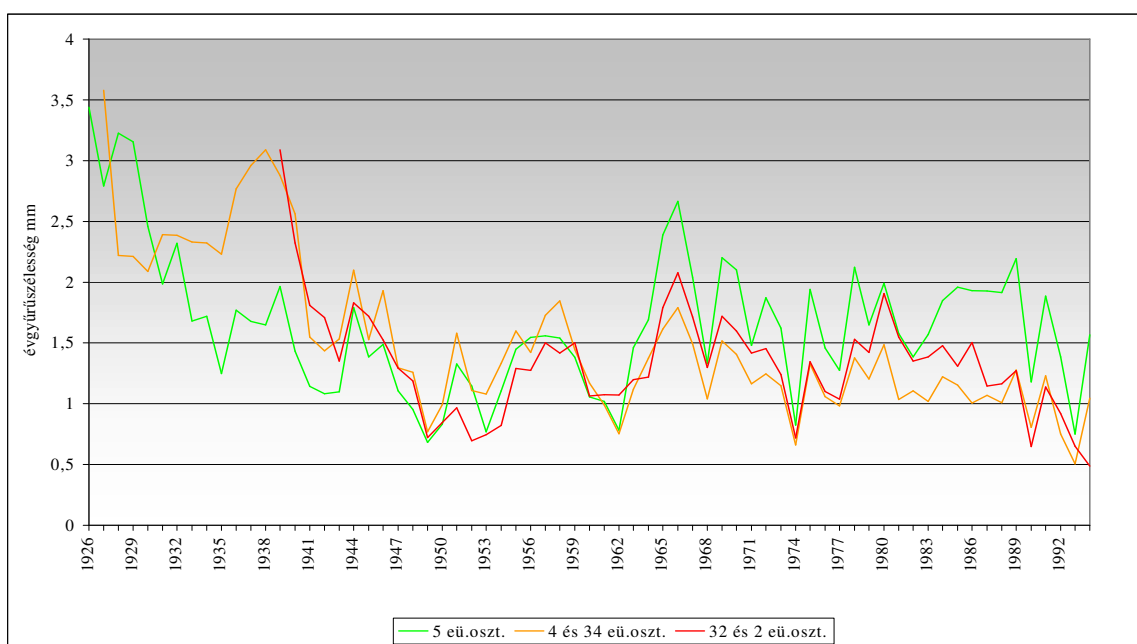
### 5.5.6. SZENTENDRE 75H

A termőhely jellemzése: gyertyános tölgyes klíma, többletvízhatástól független hidrológiai viszonyok, 300 méteres tengerszint feletti magasság, keleti kiettség, 10 °-os lejtés, genetikai talajtípusa agyagbemosódásos barnaerdőtalaj közép mély termőréteggel és vályogos fizikai talajféleséggel.

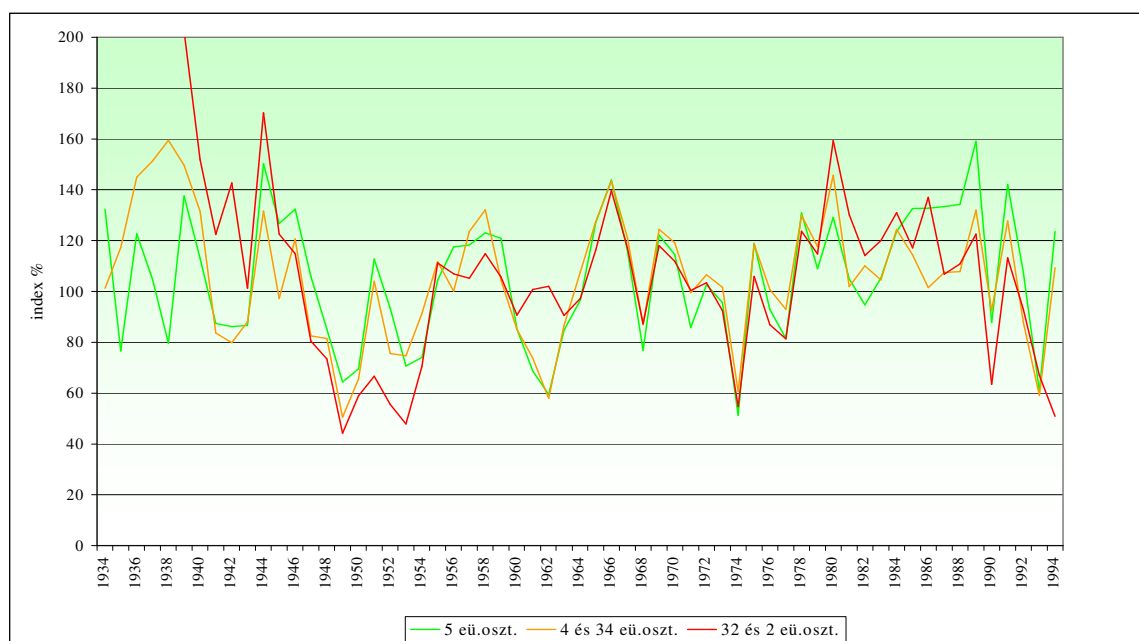
Növekedés a fatermési táblához képest: Az egészséges fák vastagsági növekedése alapvetően két időszakra bontható a mérési intervallum alatt: 20-tól 50 éves korig gyenge (VI), csökkenő tendenciájú, majd hirtelen megugrás után ismét enyhén csökkenő görbét követ, de már a III. fatermési osztály szerint. A fák átlagos átmérője 85 éves korban 27.7 cm, átlagmagassága 23.1 m, ami a IV. fatermési osztálynak felel meg, nyilvántartott besorolása III. (5.melléklet)

Nevelővágás ideje: 1983-ban, korábbi adat nem ismert, de vélelmezhető, hogy 1960-62 körül történt az állományban egy gyérítés.

Az egészséges fák tényleges vastagodása az előre jelzethez képest: Az 1981-ig számított regressziós görbe értékei 1981-1994 között magasabb értékeket adtak, mint ha a teljes időtartamra számítjuk a regressziót, vagyis a tényleges értékek elmaradtak a prognosztizálttól. Az eltérés a 14 éves időszakra átlagosan 10.5 %.



24. ábra Szentendre 75H különböző egészségi állapotú fák évgűrűszélessége



25. ábra Szentendre 75H különböző egészségi állapotú fáinak évgyűrűindexe

A különböző egészségi osztály évgyűrűinek futása (24-25. ábra): A 2-es egészségi osztályú görbe az 5-östől egyértelműen 1983-tól vált el, míg a 4-es az 5-östől 1982-től. Érdekes, hogy 1981-ben az évgyűrűk még vegyes növekedési képet mutatnak.

Mutatóévek: 1949, 1953, 1968, 1974, 1977, 1979, 1990,

+ 1966, 1975, 1980, 1991.

A növedékkiesés mértéke és tendenciája: A vizsgált faegyedeken, egészségi osztályonként az alábbi átmérőcsökkenést mértem és számítottam: (Évenkénti részletezés a 3. táblázatban, 26. ábra)

4 és 34 egészségi osztály: **8.4 %**, (-16.4-23.6 %, szórás 11.4%),

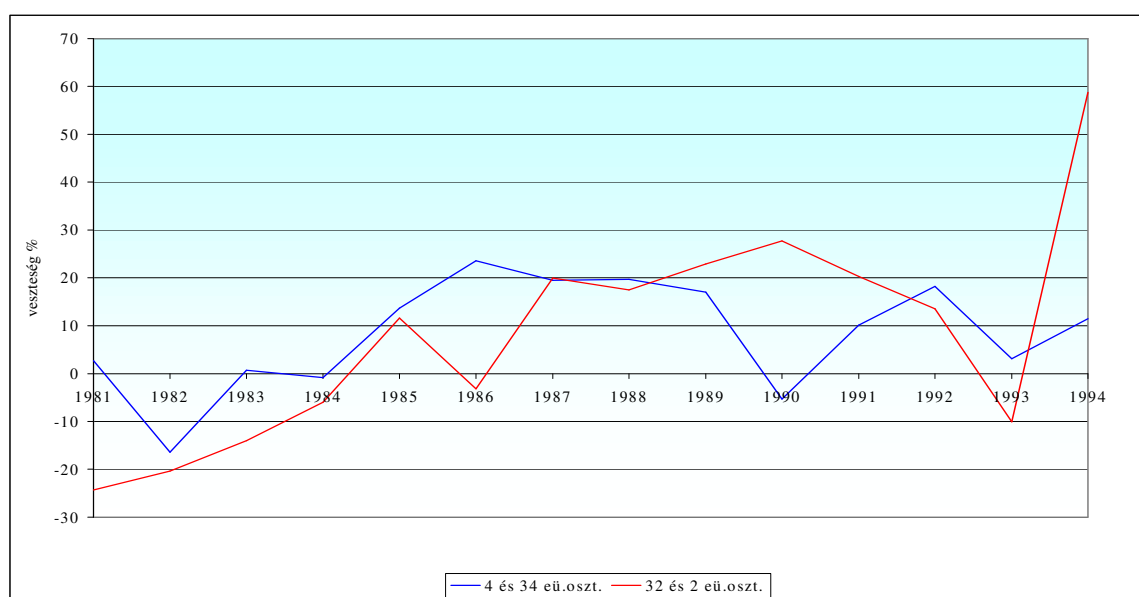
32 és 2 egészségi osztály: **8.2 %**, (-24.3-58.7 %, szórás 18.4%), tendencia egyik esetben sem ismerhető fel.

Az évgyűrű-ábráról első ránézésre az lenne várható, hogy a 4-es osztályban még nagyobbak lesznek a veszteségek, de ez nem így van, mert míg az 5-ös és 2-es egészségi osztály növekedése 1981 előtt nagyon enyhén csökkenő, szinte konstans, addig a 4-es osztályé viszonylag meredeken csökken. Ennek a csökkenő tendenciának a megtartását feltételezve lesz relatíve kisebb a veszteség.



Egy próbaszámítást is végeztem, hogy milyen veszteséggel kellene számolnunk akkor, ha a tényleges gyengültségi időszakra vizsgálnám a veszteséget. A regressziós görbét 1975-ig számolva azt kaptam, hogy a 4-es egészségi osztályban 1976-tól 1994-ig átlagosan 18.2%-os a veszteséget, és ebből 1981-től 1994-ig 25.9 %. Miután a gyengültségi állapot megjelenése és a tölgypusztulás felbukkanása – amennyiben két különböző eseményről van szó – nem különíthető el, így egységesen mindenütt csak az 1981 után észlelhető károkat számoltam.

Újrafelvétel 2001-ben: A vizsgált 11 mintafából 1994-ben 4 darab volt egészséges, ezekből 3 az első, 1 pedig a második magassági osztályba tartozott. Ezekből 2001-re 3 darab maradt egészséges, egy pedig 34 egészségi minősítést kapott. A 7 darab károsodott fa közül 3 esetben nem történt változás, a többi azonban elpusztult. Az esetek 45%-ban következett be romlás az egészségi állapotban.



26. ábra Szentendre 75H különböző egészségi állapotú fák vastagsági növekedésváltozása

## 5.6. A tölgypusztulás növedékvizsgálatának összevont értékelése

A tölgypusztulással érintett területek és mintafák évgyűrűvizsgálatával és annak elemzésével az volt az elsődleges célom, hogy bemutassak egy módszert és annak nagyon sokféle felhasználási lehetőségét, amely alkalmas arra, hogy gyengültségi helyzetben lévő fafajokat, faállományokat detektáljunk, felhívva ezzel a figyelmet egy esetleges veszélyforrásra. A tölgypusztulásról ugyan manapság már kevés szó esik, de ez nem jelenti azt, hogy a kocsánytalantölgyek egészségi állapotával minden rendben van. Ha újabb megbetegedések ritkábban fordulnak is elő, és az elpusztult fák aránya már nem olyan látványosan sok, attól még nagyon magas a kieső növedék aránya, amely évről évre komoly kiesést jelent a gazdálkodónak vagy tulajdonosnak, csak éppen nem tudnak róla.

Megállapítható egy kár vagy gyengültség megjelenésének időpontja is esetleg még az előtt, hogy a betegségnek szemmel látható jelei lennének. Ekkor egy ilyen időpontnak a kimutatása segítheti a kutatást abban, hogy az okok keresésének időszakára javaslatot tesz.

Ugyancsak régi probléma a növedékek alakulásának kérdése is, amely időről időre felmerül, hol az erdőrendezésben, hol a gazdálkodók napi életében, napjainkban pedig a klíma feltételezett változásával kapcsolatosan értékelődött fel újra a szerepe.

A következőkben szereplő megállapítások a kísérleti parcellák mintái segítségével gyűjtött tapasztalatokat foglalják össze. Miután ezek földrajzilag kis távolságban helyezkednek el egymástól, az értékelés is csak erre a kis térségre érvényes, és egyáltalán nem biztos, hogy az ország más pontjaira is igaz, ez azonban nem befolyásolja a módszer felhasználási lehetőségével kapcsolatban mondottakat.

**1. A referencia-görbe használatának szükségességéről** meggyőzőek azok az ábrák (8. ábra és 1-5. melléklet), amelyek éppen a pillanatnyi vastagsági növekedést mutatják be a fatermési tábla adataihoz képest. **A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy az egészséges fák növekedése – főként a belenyúlások és az időjárás következményeként – meglehetősen változatos.** A fatermési osztályokra jellemző főállományi átmérőértékektől eltávolodtak, előfordult, hogy a vizsgált időszakban mind a hat osztályt megjárták. A mérések egyes fákra vonatkoztak, ebből az egész faállományra nem lehet egyértelműen következtetni. Annyi azonban elmondható, hogy mindenképpen magasabb növekedés lett volna elvárható az egyes kiválogatott fáktól, hiszen ezek mind kimagasló vagy uralkodó szociális helyzetűek voltak, mint az állományi átlag. A mintaválasztás jellegéből adódóan a

vizsgált időszak végére eggyel-kettővel magasabb fatermési osztályú besorolás is várható lett volna, ezzel szemben öt helyen romlott az átmérő-növekedés a fatermési osztálynak megfelelő besoroláshoz képest (Szendehely, Pomáz, Szentendre 75H, 77E, Pilismarót), egyedül Pilisszentkereszten tapasztaltam a fatermési osztályánál jobb növekedést.

A vastagsági növedékek hosszú távú időszora egy csökkenő trendet rajzol ki, amely összevág azzal az alaptézissel, hogy a kor előrehaladtával csökken az átmérő növekedési üteme. Két kivétellel azonban találkoztam: Pilisszentkereszten az átmérőnövedék a mintafák 22-től 91 éves koráig emelkedő tendenciát mutat, és főleg az utolsó 30 évben. Változatos növekedési tendencia jellemzi a Szendehely 14A 46 éves állomány mintafáit. A teljes mérési időre ugyan emelkedés mutatható ki, amely főleg két csúcsból adódik, az egyik 1964-től 1973-ig tart, a másik 1979-től 1983-ig, az utolsó tíz évben azonban erőteljes visszaesés volt tapasztalható. Másutt sem dönthető el egyértelműen, hogy időben hogyan változnak a növedékek egy kis térségben, hiszen a változásnak nagyon sok összetevője van. (*Untheim 1993*) Ausztriában a tengerszint feletti magasság, a fafaj és a kor függvényében vizsgálták a növedék változásának tendenciáját, és annyit tudtak kimutatni, hogy idősebb korban, 300m alatti és 1500m feletti tengerszint feletti magasságban a luc, a vörösfenyő és a jegenyefenyő az elmúlt évtizedben gyorsabban nőtt. Ez a megállapítás azonban az erdei fenyőre már nem állt fenn. (*Neumann 1996*) Az EFI gyorsuló növekedésről szóló tanulmánya sem foglalkozott a tölgyekkel, a lombos fák közül csak a bükk fafajjal, amelyre 10-12% növekedést mutattak ki (*Spiecker ts. 1996*). A szerző később maga is utalt arra, hogy óvatosan kell bánni a magyarázattal, a referenciától való eltéréseket kell megkeresni, a referencia pedig nem más, mint statisztikai adatok. (*Spiecker 2001*)

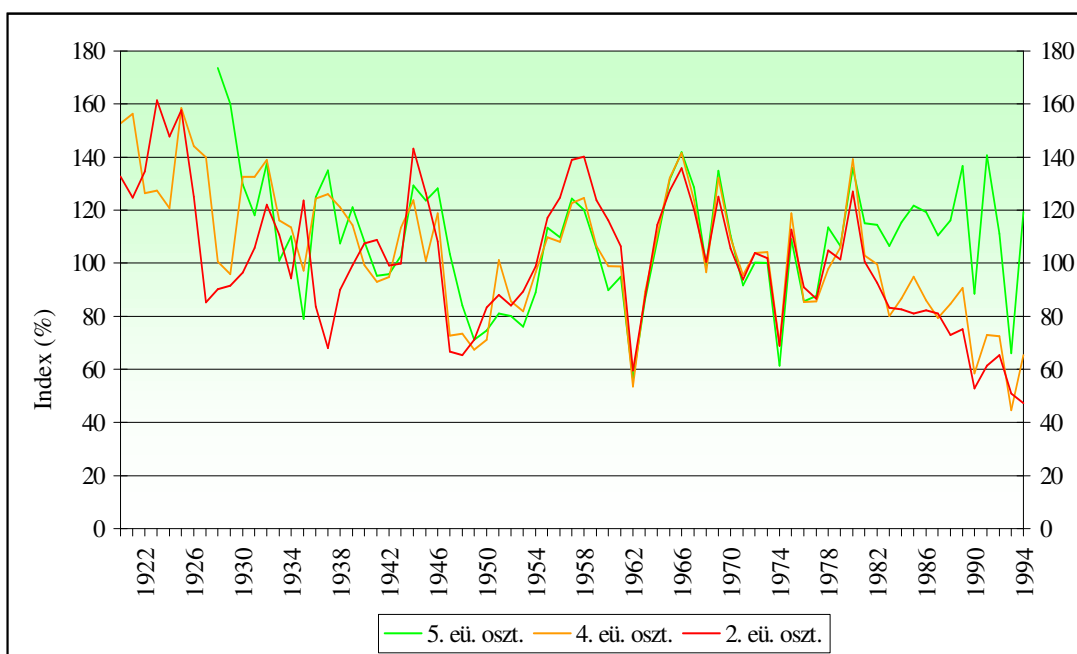
2. Az egészségi állapot vizsgálata során, a 2001. évi újbóli bejárás alapján megállapítottam, hogy az egészséges fák 64%-nál nem történt változás, 31%-nál az 5 minősítés 4-re változott, és mindössze 5%-nál fordult elő, hogy a fa elpusztult vagy kivágták.

A valamilyen mértékig károsodott fák állapota nyolc év alatt jobban megváltozott: 57% maradt eredeti állapotában, 25%-nál történt romlás az egészségi állapotukban, 7% elpusztult vagy kivágták, és 3 fa esetén, 10%-ban történt javulás. A javulás minden esetben 4 minősítésről történt 5-re. A vizsgálat alapján rosszabb osztályozású mintafák soha nem váltak teljesen egészségessé.

Valamennyi egyedet figyelembe véve 1994 és 2001 között harmaduk egészségi állapota lett rosszabb, ugyanakkor csak minimális javulás figyelhető meg, a téma tehát még mindig **aktuális**.

**3. A növedékkiesési értékek** csak az egyes egészségi osztályok mintafáira vonatkoznak, és nem tükrözik az állomány egészében bekövetkezett változásokat, amelyek azonban a károsztályokba tartozó mintafák arányaiból számíthatók, és a teljes veszteségre is következtetni lehet.

a./ A parcellák földrajzi elhelyezkedése és termőhelye között lényeges különbségek nincsenek, a korkülönbséget pedig az indexeléssel kiszűrtem, ezért adódott a lehetőség, hogy valamennyi parcella egészségi osztályonkénti indexadatát átlagoljam. (27. ábra)



27. ábra Valamennyi mintaterület évgyűrűindexei egészségi osztályonként

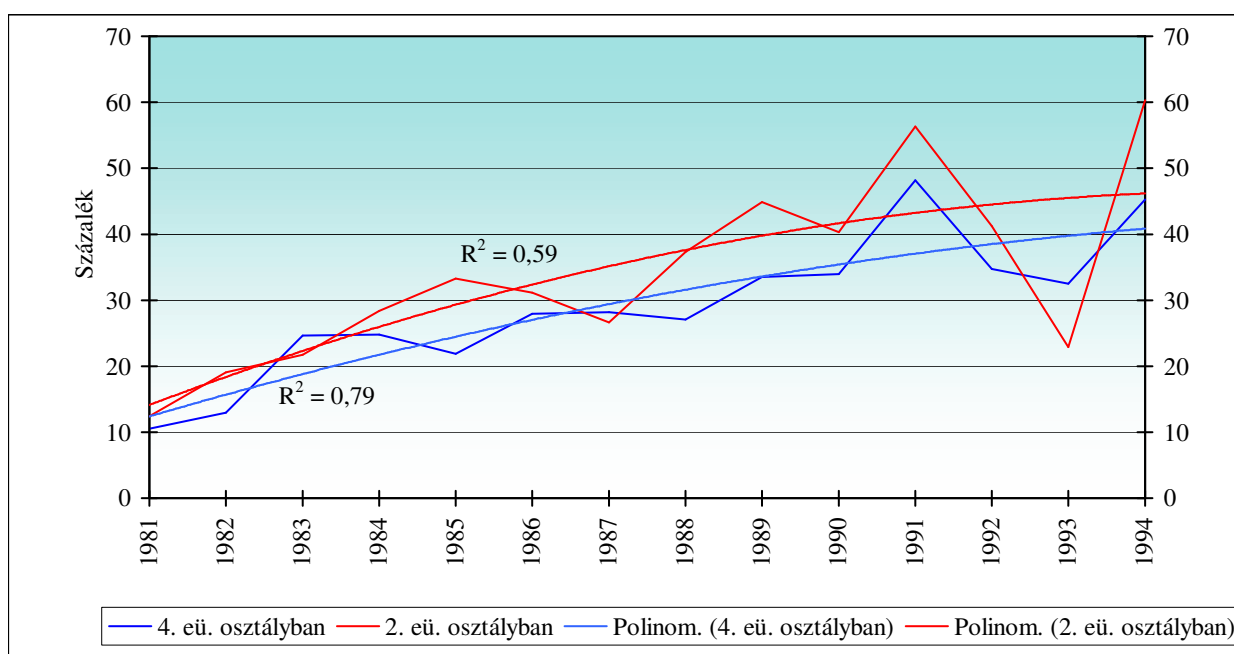
Az indexgörbék időben több szakaszra oszthatók fel:

- 1943-1947: jó növekedés
- 1948-1954: hat évig tartó erős visszaesés
- 1954-1961: öt-hat éves intenzív növekedés, eddig a görbék futása hasonló, de több helyen kis mértékben eltérő, az eltérés azonban nem tendencia jellegű.
- 1962: valamennyi fa és parcellaátlag esetében is szélsőérték helyként jelenik, és jelentősen lecsökken (60% körüli értékre) a növekedés.

- 1962-1981: egymást szinte teljesen átfedő indexgörbék, 1968. és 1974. valamennyi esetben mutatóévként jelent meg.
- 1981-től: az egészségi osztályok görbéi egyértelműen differenciálódtak a kárfokok szerint, de mindegyik osztályban visszaesés figyelhető meg 1990-ben és 1993-ban.

b./ Növedékkiesés mértéke: Az összes parcella adatainak felhasználásával számított évenkénti vastagsági növedékkiesés százalékos aránya 1981-től 1991-ig mindkét kárfokozatban növekvő tendenciát mutat (28.ábra). Az ezt követő két évben a növedékkiesés csökkenése figyelhető meg.

**A károsodási időszak alatt általánosan jellemző, hogy a magasabb indexű években nagyobb a növedékveszteség, míg az alacsonyabbakban kisebb. Amikor a külső környezeti tényezők kedveznek a növekedésnek, akkor az egészséges fák növekedési erélye sokkal nagyobb. Ha valamilyen növekedést korlátozó elem lép fel, akkor ennek hatása az egészséges fákon sokkal nagyobb, mint a gyengült növekedésűeken.** Ebből fakad az a látszólagos ellentmondás, hogy nagyobb növekedéshez nagyobb veszteség, kisebbhez kisebb veszteség párosul.



28. ábra Átlagos évi átmérővesztés minden terület figyelembe vételével

**2. Kapcsolat mutatható ki a tölgypusztulás és az érintett fák korábbi növekedése között. A károsodott fák növekedésében az évgyűrűségelesség-görbék a**

**tölgypusztulás ismert megjelenése előtt szétváltak, gyakran 1962-ben vagy az ezt követő néhány évben. Felmerülhet a gyanú, hogy az ekkortól fellépő gyengültség fogékonyá tette a fákat a későbbi tölgypusztulásra.**

A minták alapján nem mutatható ki kapcsolat a kor és a veszteség nagysága között, még az egymás közelében lévő parcellák között is jelentős különbség volt. Míg a szomszédos, azonos korú területeken az egészséges fák azonos módon nőttek, addig mindkét kárfokozatban jelentős különbségek alakultak ki a mintaterületek között.

**4. A mutatóévek:** Az évgyűrű- és indexfutások jellegzetes pontjaiban - minden esetben szélsőérték-helyként jelentkezett az 1962-es, 1968-as és 1974-es év - történt visszaesések magyarázatát sokféle tényezőből, vagy tényezők együtteséből lehet kiválasztani. Mivel a mintavételi területek térben nagyobb távolságban, akár 100 km-re helyezkednek el egymástól, és mert a csökkent növekedés egyetlen évben jelentkezett, így szűkíteni lehet a kiváltó tényezők számát. A jelenség okát - nagyobb földrajzi kiterjedése és egyszeri hatás miatt – időjárási tényezőkben vagy nagyobb területen fellépő károsító hatásában próbáltam keresni. 1962-ben és 1968-ban egybeesést találtam a nagyon alacsony vegetációs időszaki csapadékkal, 1974-ben azonban ilyen nem volt. Bár 1962-ben és 1968-ban a területek jelentős részén az átlagnál kevesebb volt a csapadék, különösképpen a vegetációs időben, de annyira nem tűntek kirívónak ezek az értékek, hogy ilyen egyöntetű és nagy mértékű növedékcsökkenést okozhattak volna. Ugyanakkor az Erdővédelmi Osztály által minden évben kiadott prognózisfüzetek arról számoltak be, hogy az 1962-63. év az eddigi legnagyobb országos araszoló (*Geometridae*) gradáció időszaka volt. A Pilisben ez a károsítás 1962-ben cca. 5000 ha, 1963-ban cca.300 ha-t érintett. Az ebben az időszakban jelentkező növedékkiesésnek köze lehetett (vagy lehetett volna) ehhez a megnövekedett hernyódenzitáshoz. 1968-ban is kisebb araszoló és sodrómoly károsítások jelentkeztek, de az ok-okozati összefüggés itt nem olyan nyilvánvaló. 1974-ben szintén számottevő araszoló pusztítás jelentkezett, de a mértéke nem érte el az 1962-es szintet. (*Szontágh 1984*) Amennyiben csak az évgyűrűfutásokat nézzük, kitűnik az 1962. év olyan szempontból is, hogy ettől kezdve – Szentendre 77E kivételével – a későbbi 2-es egészségi osztály növekedése mindig alatta maradt az egészségesnek.

Már-már kezdtem azt hinni, hogy a vegetációs idő kevés csapadékanak és a hernyópusztítás hatásának összegződésében megtaláltam a leggyakrabban visszatérő minimumévek rejtélyét, amikor kezembe vettem Somogyi Z. cikkét (*Somogyi 1991*) és az

abban közölt adatsort. Az ábrából ugyan nem derül ki, hogy pontosan hol történt a mérés (a szöveg alapján a Mátra, Bükk vagy a Soproni-hegység lehet, de a lényeg, hogy nem a Pilis vagy környéke), de a minimumhelyek ugyanazok, és feltűnően 1962. ugrik ki az adatsorból. A mérési eredményeimmel való összehasonlításból két konzekvencia is leszűrhető:

- Minden bizonnyal jól mértünk, hiszen egymástól függetlenül jutottunk ugyanazokra a minimumhelyekre. Ez egy megnyugtató tény, mert egy teljes mérési sorozatot lehet elrontani azzal, ha akár egyetlen évet is tévedünk, márpedig keskeny évgyűrűk, főleg a tölgypusztulásos évgyűrűk esetén ez előfordulhat.

- A minimum évek magyarázatát nem a Pilisben és környékén kell keresni, hanem nagyobb léptékben, sőt egészen nagyban. A már hivatkozott cikkben szerepel egy másik ábra, amely károsodott svájci lucfenyő állományok évgyűrűindexeit mutatja. Több mint hihetetlen, de a minimumpontok helye 1962, 1974 és 1976, a különböző egészségi állapotú évgyűrűindexek szétválási időpontja pedig 1962. Ezen információ alapján az araszoló pusztítás meghatározó jelentőségét vélhetően át kell értékelni. Erdővédelmi szakemberekkel együtt végzendő további elemzés szükséges annak eldöntésére, hogy a száraz időjárás milyen kapcsolatban van a rovargradációk kialakulásával. Hiszen természetes, hogy egy meleg, száraz év többféle károsító szaporodását is gyorsítja. Egy jónak ígérkező ötletet nem sikerült igazolnom, ellenben nyertem egy hosszú távon hasznos információt: a hazai, többletvízhatástól független területen való kocsánytalantölgy évgyűrűméréseknél az 1962. és 1974. mutatóévek biztosan jól használhatók.

További külföldi szakirodalomban kutatva 39 nyugat-európai tölgykronológia mutató éveit összehasonlítva találtam olyan kronológiákat, amelyeknél 1962. negatív mutató év volt, és ugyanezeknél 1968. is. (*Schweingruber 1996*) Ebből arra a következtetésre jutottam, hogy mégiscsak az időjárásban kell keresni az alapvető indokot. Más fajokra, így lucra és bükkre Baden-Württembergben is kimutatható volt az 1962-es év, magyarázatul az alacsony vegetációs csapadékösszeget adták. (*Gärtner 1990*) Bár a mutatóévek megjelenése fajfajspecifikus, az extrém időjárások hatása azonban mindenütt megmutatkozik.

Az egyes mintaterületek pozitív mutatóévei nem mutatnak ilyen egységes képet, 1975. fordult elő leggyakrabban, Pilismaróton, Pilisszentkereszten és a két szentendrei

területen. Ebben az évben ugyan átlagos mennyiségű eső esett, de a vegetációs időben és a fő felhasználási időszakban több, valamint a súlyozott csapadékösszeg is magasabb volt, átlagosan 25-35%-kal.

A 116 minta alapján történő vizsgálat eredményei és problémái felvetik a kérdést, hogy lehet-e egy időponttal meghatározni egy leromlásos folyamat kezdetét. A látható jegyek megjelenését igen, de belső leépülési folyamatokat esetleg már nem. Utólag ki lehet jelenteni, hogy egy sokkal korábbi vizsgálatsorral jelezni lehetett volna a tölgyek egy részének gyengültségi állapotát a növedékek alapján. A szituáció a jövőben bármikor megismétlődhet akár a tölgyekkel, akár más fafajokkal. A fent bemutatott módszer alkalmas átfogó, akár országos méretű vizsgálatokra annak bemutatására, hogy az elmúlt időszakban hol és hogyan alakultak a növekedési viszonyok, és található-e arra utaló jelek, hogy egy-egy fafaj tartós leromlási vagy akár betegségi állapota kialakult vagy kialakulóban volna.

## **6. Az évgyűrűszélesség és a csapadék kapcsolata**

Az előző bekezdésben már utaltam arra, hogy a mutatóéveknek valószínűleg szoros kapcsolata lehet az időjárási tényezőkkel, és ezen belül is főleg a csapadékkal. Az 1990. és 1993. évek csökkent növekedésében is minden valószínűség szerint fontos szerepe van a szélsőségesen aszályos időjárásnak és ezzel szorosan összefüggő - többletvízhatástól független termőhelyekről lévén szó – általános vízellátottsági viszonyok romlásának. A kevés csapadék és magas nyári hőmérséklet nemcsak a növekedést akadályozza a következő években, hanem a fák vitalitására is hatással van.

Hogy a csapadéknak nagy szerepe van az évgyűrűk alakulásában az egészen bizonyos, de lehet-e ezt a hatást számszerűsítve kifejezni, illetve mely hónapok vagy időszakok csapadékanak van meghatározó szerepe az évgyűrűszélesség alakulásában? Erre a kérdésre kerestem a választ a növedékszámításhoz vett minták egészséges fáinak évgyűrűi, évgyűrű-indexei és a havi csapadékösszegek felhasználásával.

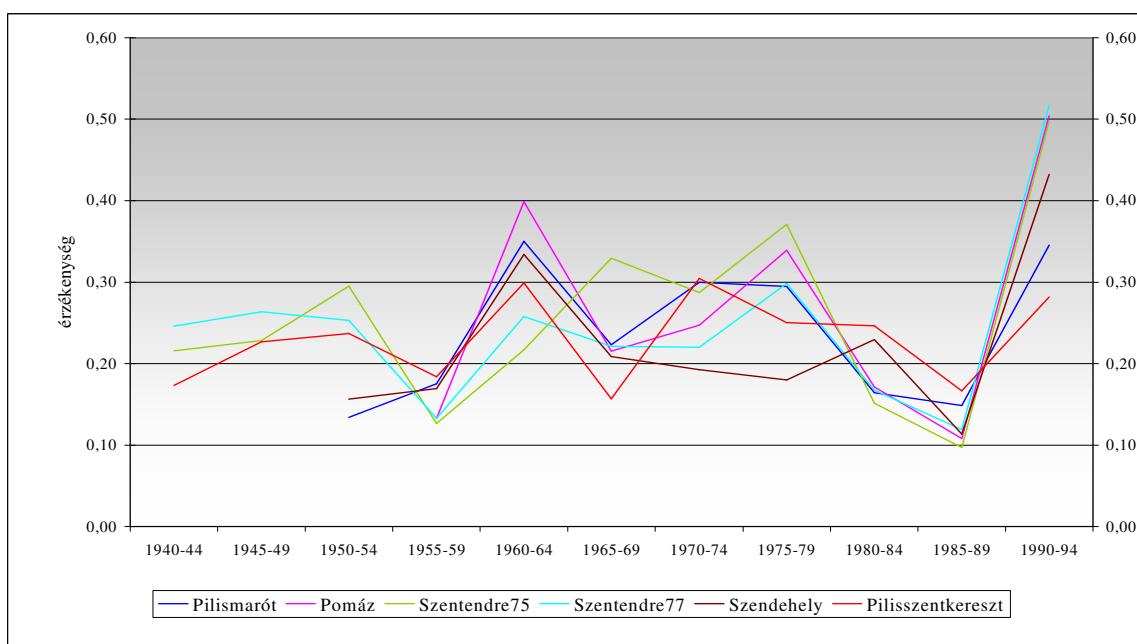
### **6.1. Az érzékenység**

Első lépésként az évgyűrűk érzékenységét vizsgáltam azzal a céllal, hogy eldöntsem, van-e különbség a mintaterületek érzékenysége között, van-e olyan terület, amelyet



figyelmén kívül kell hagyni. A teljes mérési sor elemzése mellett fontos lehet tudni, hogy esetleg mely időszakok érzékenyebbek, vagy melyek azok, amelyeket külön nem érdemes vizsgálni, mert előremutató eredményre nagy valószínűséggel nem vezetnek.

A hat kísérleti terület 5 évenkénti átlagos érzékenysége tekintve közöttük lényeges különbség nem látható, valamennyi átlaga a teljes időszakra 0,22-0,28 között mozog. Más vizsgálatokhoz hasonlítva ez az érték némileg elmarad a fafajra általam eddig másutt mért 0,37-0,42 értékektől. (Szabados 2000) Az érzékenység bármilyen külső tényezőt magában foglalhat, tehát értékének nagyságából egyértelműen nem lehet következtetni arra, hogy ott minden tényezővel magas korrelációs kapcsolat fedezhető fel, de az időintervallumok kiválasztásához jó támpontot nyújthat, ha a teljes időszoron belüli kapcsolatokra is kíváncsiak vagyunk. A mérési időszakokat tízéves időszakokra bontva kiválaszthatók azok a periódusok, amelyekben várhatóan a külső hatásokra a legmarkánsabb reakciókat lehet tapasztalni. Ezek az időszakok 1960 és 1980 között, valamint 1990 után jelentkeztek. Így érdemes tehát – a statisztikai elemzésekhez megfelelő mintaszámot is biztosítva - 20 éves ciklusokat választani, amelyben 1960-80 mindenképpen egyben szerepel. Egy ilyen elemzésnek jelentősége lehet akkor, ha valamilyen változás hatásait akarnánk igazolni pl. egy klímaváltozás esetleges hatásait illetően.



29. ábra Különböző mintaterületek érzékenysége

## 6.2. A mintaterületek korrelációs kapcsolata

A mintaterületek kiválasztásakor fontos szempont volt, hogy lehetőleg a termőhelyi változókat minél inkább kiküszöböljem, ezért hasonló adottságú parcellákat választottam. Mindezek ellenére érdemes megvizsgálni, hogy a termőhelyi hasonlóságok milyen mértékű azonosságot eredményeztek az évgűrűkben. (Tardif 2001) Ehhez a területek egészséges mintafáinak évgűrűit vettem össze és számoltam ki köztük a páronkénti korrelációt. A korrelációs koefficiensekre eredményül az alábbi mátrixot kaptam:

1950-1994	Szendehely	Szentendre77	Szentendre75	Pilisszentkereszt	Pomáz	Pilismarót
kor (év)	46	85	83	91	55	56
Szendehely	-	0,61	0,63	0,70	0,65	0,37
Szentendre77	0,61	-	0,79	0,68	0,58	0,36
Szentendre75	0,63	0,79	-	0,72	0,77	0,23
Pilisszentker.	0,70	0,68	0,72	-	0,49	0,07
Pomáz	0,65	0,58	0,77	0,49	-	0,65
Pilismarót	0,37	0,36	0,23	0,07	0,65	-

4. táblázat A mintaterületek korrelációs mátrixa az évgűrűszélességek alapján

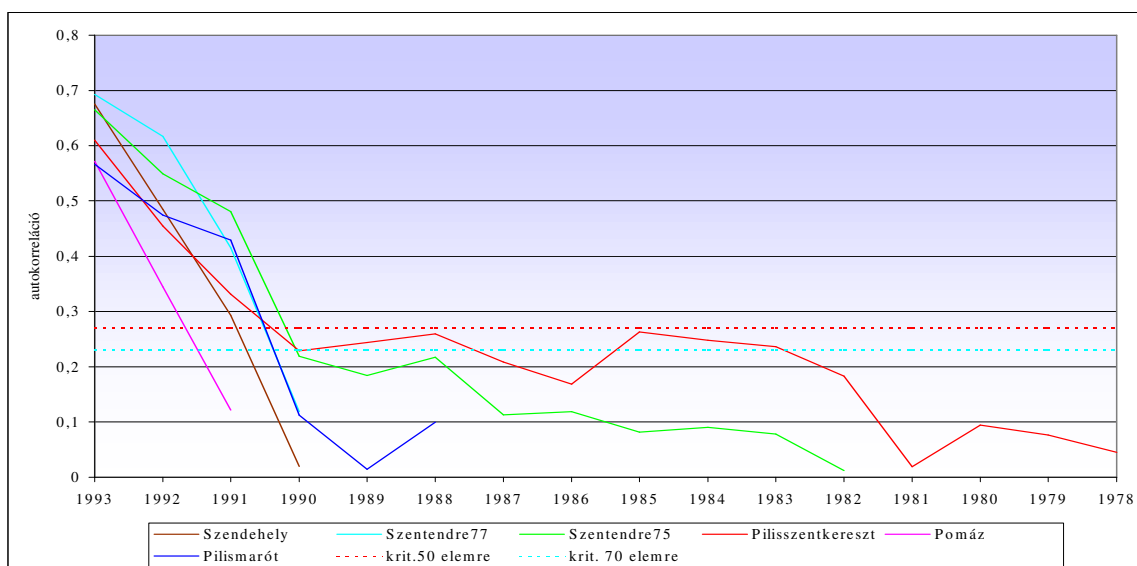
A pilismaróti fák évgűrűi nőnek a többihez képest a legkevésbé hasonlóan, és különösen a pilisszentkeresztitől térnek el. A többiek közötti különbségek is elsősorban a különböző korról, eltérő állományszerkezettel és a termőhelyben mégiscsak meglévő eltérésekkel magyarázhatók. A pomázi és szentendrei területek annyira közel fekszenek egymáshoz, hogy a termőhely gyakorlatilag azonosnak mondható, de jelentős eltérés van a korban és záródásban. A kornak, mint tényezőnek kiküszöbölésére bemutatom ugyanezt a kapcsolatrendszert az indexek esetében. Itt lényegesen szorosabb kapcsolatban állnak egymással a földrajzilag közelebb álló mintaterületek, míg a távolabbiak kapcsolata kissé lazább.

1950-1994	Szendehely	Szentendre77	Szentendre75	Pilisszentkereszt	Pomáz	Pilismarót
kor (év)	46	85	83	91	55	56
Szendehely	-	0,72	0,63	0,66	0,58	0,47
Szentendre77	0,72	-	0,87	0,62	0,76	0,65
Szentendre75	0,63	0,87	-	0,57	0,82	0,68
Pilisszentker.	0,66	0,62	0,57	-	0,67	0,56
Pomáz	0,58	0,76	0,82	0,67	-	0,65
Pilismarót	0,47	0,65	0,68	0,56	0,65	-

5. táblázat A mintaterületek korrelációs mátrixa az évgűrűindexek alapján

### 6.3. Az autókorreláció

Az évgyűrűkre nemcsak külső tényezők hatnak, hanem olyan belső fiziológiai folyamatok is, amelyek az ún. belső tényezőktől, belső környezettől függenek. Az évgyűrűk szélessége nem véletlen számok sorozata 0,0 és kb. 5,00 mm között, hanem meghatározott belső mechanizmusuk szerint – amelyről egyelőre kevés ismerettel rendelkezünk – az egyik évgyűrű befolyással bír az azt követők növekedésére, vagyis statisztikailag összefüggő sort alkotnak. Hogy ez a hatás mekkora, és hány évgyűrű van egymásra hatással azt az autókorrelációval lehet megválaszolni. Egy évgyűrű-adatsor korrelációs kapcsolatát vizsgáljuk 1,2,3 stb. évvel korábbi adatsorával addig, míg szignifikáns kapcsolat kimutatható. Normál esetben a korrelációs kapcsolatok a visszalépések számának növelésével csökkennek. Pomáz, Szendehely és Szentendre 77E esetében 3-4 évnyi visszalépés után a kapcsolat megszűnt. Érdekes a másik három terület autókorrelációs görbéje, mert nem követi a szabályt, hanem 1988. hatása felerősödik, majd innen indul meg az újbóli lefutás, ilyen Pilismarót és Szentendre 75. A korrelációs együtthatókat tovább számolva negatív értékeket kapunk, amelyek később ismét eléri a nullát, és eddig egy



30. ábra Autókorreláció a különböző mintaterületeken

növekedési ciklus fél hullámhosszát futják be. Az előzőektől teljesen eltér a pilisszentkeresztli görbe, hiszen a koefficiensekben rendszeres emelkedések figyelhetők meg ahelyett, hogy monoton módon közelítene a nullához. A magasabb rendű

autókorreláció pozitív maradhat, sőt emelkedhet trendek és nagyon hosszú állandóság esetén. (*H.Fritts 1976*) Irodalmi tapasztalatok szerint az eltolás mértéke ne haladja meg az adatsor 20%-át. Pilisszentkereszti példánkban 14 év lehetne a maximális eltolás, de itt még nem éri el az x-tengelyt, sőt ismét emelkedik, igaz, az értékek már a szignifikanciaszint alatt vannak. Az ábrán a megbízhatósági szint kritikus értékét konstansnak jelöltem, habár hosszabb távon növekszik, sőt egy idő után nem is lehet eltekinteni tőle. A növekedés oka az, hogy a korrelációs számítás mindig azonos hosszúságú adatsorokra kell elvégezni, amelyek az eltolás növelésével egyre rövidebbek lesznek, ennél fogva csökken a szabadságfok, és nő a kritikus érték. Ennél az adatsornál feltételezhető, hogy valamilyen alacsony frekvenciájú hatás érvényesül még. Ilyen hatás lehet a faállomány szerkezetének megváltozása, szukcessziós változás, de okozhatja a klíma megváltozása is. 8 évnél rövidebb, ún. magas frekvenciájú változást idézhetnek elő a magtermési ciklusok és a klíma rövid távú változása.

#### **6.4. Az évgyűrűk és különféle csapadékösszegek kapcsolata**

A havi csapadékösszegekre vonatkozó adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat kiadványaiból és a Vízrajzi Évkönyvekből vettem. (*Hajósy-Kakas-Kéri 1975*) Bár az adatok mérési hibával terheltek, hiszen időközben több helyen került sor a mérési pontok áthelyezésére és a mechanikus leolvasások hibáját is magukban rejtik, továbbá a mérés nem az állományban történt, mégis a rendelkezésre álló hosszú idősorok lehetővé tesznek egy korrelációs vizsgálatot. A havi csapadékösszegek alkalmazása figyelmen kívül hagyja még, hogy az egyszerre lehulló nagy mennyiségű eső nem hasznosulhat a növényzet számára a felszíni elfolyások miatt, és egyéb, az intercepciót meghatározó tényezővel sem számol.

A külföldi szakirodalomban rendszeresen olvashatók a havonkénti csapadékösszegek és indexek közötti korrelációk, amelyek a klímarekonstrukciók alapjául is szolgálnak. (*Fritts 1976, Kienast 1987, Schweingruber 1996, Neumann 2001, Tichy ts. 2001, Sidorova ts. 2001, Nola ts. 2001*) Miután az egyes hónapokkal szignifikáns kapcsolat nem mindig volt felfedezhető, így egyéb összegeket képeztem, és ezek kapcsolatát is számoltam. A naptári évre vonatkozó éves csapadékösszeget, a vegetációs időszak, a fő növekedési, felhalmozási, tárolási időszakok és a Pálfai-féle súlyozott csapadékösszegeket vettem számításba. Az agrometeorológiában elterjedt a súlyozott csapadékösszeg fogalma,

amely az egyes hónapokban lehullott csapadék mennyiségét a növények vízigénye szerint súlyozza. (Pálfai 1991) Bár a fák, és ezen belül a tölgyek havonkénti vízszükséglete eltér a mezőgazdasági növények igényétől, a súlyozás azért kifejezi, hogy az egyes időszakok csapadékviszonyai eltérő jelentőségűek. Az agrár súlyszámok az alábbiak: október 0.1, november 0.4, december-január-február-március-április 0.5, május 0.8, június 1.2, július 1.6, augusztus 0.9.

Az egyes kísérleti területek évgyűrűindex és csapadék kapcsolatára a következőkben részletezett eredményeket kaptam:

#### 6.4.1. Szentendre 1940-94

A csapadékadatok átlagait 1940-től vettem figyelembe. Sajnos, az idők folyamán a mérőhely többször áthelyezésre került, de az átfedő adatok között csak minimális eltérés volt megfigyelhető. A táblázatban külön feltüntettem azokat az éveket, amelyek negatív rekordokat vagy attól alig eltérő értékeket hoztak a sorrendiség figyelembe vételével.

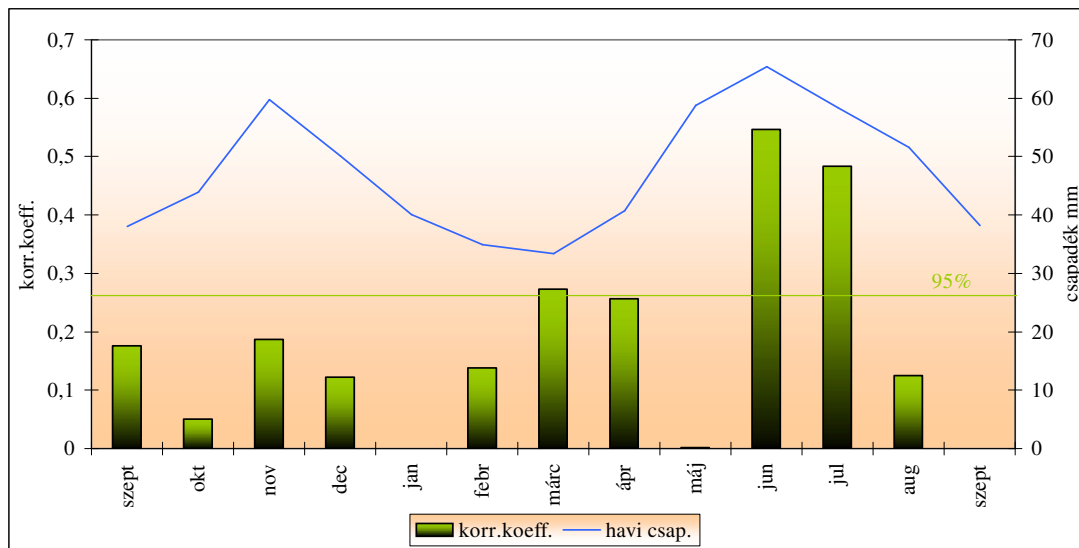
Mennyiség	Átlag (mm)	Minimum	Maximum	Negatív évek
Évi átl. csap.	579	347	891	<b>1992</b> ,1961,1971,1986
Fő felhaszn. idő	222	91	425	<b>1992</b> ,1986,1952, <b>1962</b>
Fenntartási idő	138	28	328	1961, <b>1962</b> ,1986
Tárolási idő	218	62	408	1949,1990
Vegetációs idő	312	124	574	<b>1992</b> ,1986, <b>1962</b>
Súlyozott csap.	391	209	670	<b>1962</b> , <b>1992</b> ,1990

6. táblázat A szentendrei csapadékmérő állomás adataiból képzett jellemzők 1940-94.

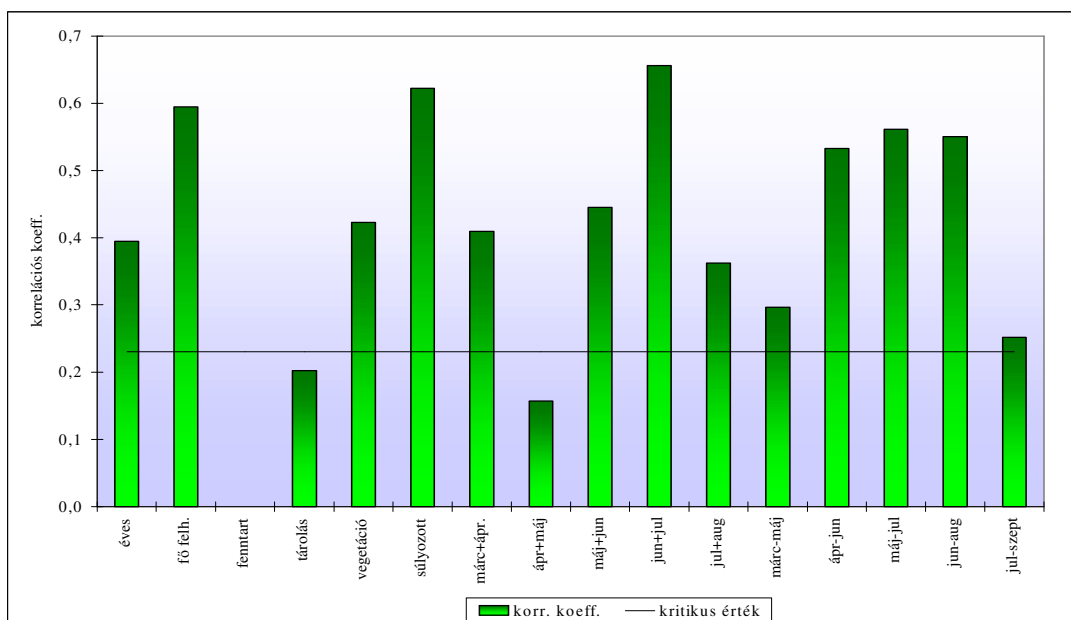
Három év szerepelt nagy gyakorisággal: 1992, 1986 és 1962. Az 1962-es adatok megerősíthetik az a korábbi feltételezést, hogy a csapadéknak mégis nagy szerepe volt a növedékek csökkenésében, annál is inkább, mert a megelőző év is már csapadékhiányos volt. 1986-ban, bár a vegetációs és fenntartási idő csapadéka is nagyon alacsony volt, nagyon magas volt viszont a téli csapadék, így a súlyozott csapadékösszeg már átlag körüli értéket adott, a növedékben ezért nem jelentkezhetett visszaesésként. A csapadékot tekintve 1992. volt a legextrémebb év, amelyet egy szintén száraz év követett, összegzett hatásuk ezért jelent meg inkább 1993-ban. 1968-as és 1974-es mutatóévek a csapadékösszegekkel nem magyarázhatók.

A Szentendre 75 H erdőrészlet mintafáinak évgyűrűszerkezete a havi csapadékösszegekkel a teljes mérési tartományban márciusban, áprilisban és június-

júliusban mutatott szignifikáns kapcsolatot. (31. ábra) A két nyári hónap determinációs koefficiense elérte júniusban a 30%-ot, júliusban pedig a 23%-ot, ami azt jelenti, hogy az éves évgyűrűszélességet ilyen arányban határozta meg hosszú évek átlagában ennek a két hónapnak a csapadéka. A mérési idősort 20 éves intervallumokra bontva, 1940-60 között a februári –márciusi csapadék volt meghatározó, 1960-80 a június és július szerepe volt döntő, 1980 után március, május, június, de itt megjelent már az augusztus hónap is.



31. ábra Szentendre 75H erdőrészt mintafáinak évgyűrűindexe és a havi csapadékszegek kapcsolata 1940-94

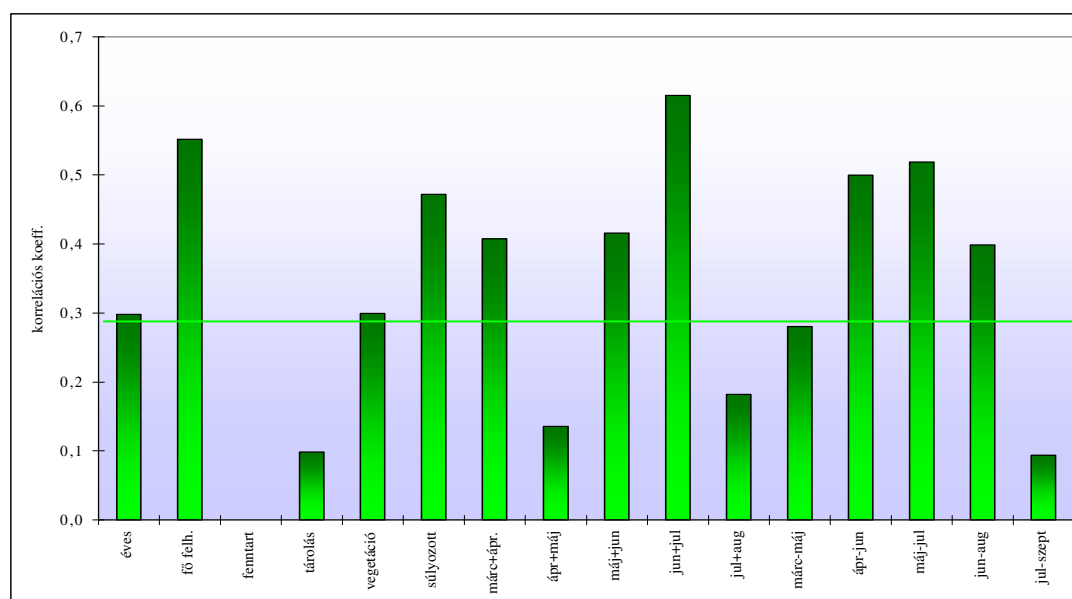


32. ábra Szentendre 75 H erdőrészt mintafáinak az évgyűrűindex kapcsolata különböző csapadékösszegekkel.

Az augusztusi hónap szerepe korábban is és a teljes időszakban is minimális volt, hasonlóan felértékelődött a IX. hónap szerepe is. (6. melléklet) (A legalább 90%-os megbízhatósági szinten pozitív szignifikáns eredményeket jelölik a 6, 8, 10, 12, 14. melléklet táblázatai. Az adatok a determinációs koefficiensek ( $r^2$ ) értékeit tizedes tört formájában tartalmazzák, amelyek azt mutatják meg, hogy a csapadék milyen arányban járul a növekedéshez.)

A havonkénti összegeken túl a többi csapadékösszeget elemezve nagyon szoros kapcsolatot találtam a fő fenntartási időszakai, a június+júliusi és a súlyozott csapadékkal, szignifikáns kapcsolat volt még az éves és vegetációs csapadékkal, ugyanakkor alacsony volt a korrelációs együttható a tárolási időszakra, április+májusra és július+szeptemberre. A fenntartási időszakokkal kimutatható kapcsolat nem állt fenn.(32. ábra)

Ugyanez a csapadék a szomszédos és hasonló korú Szentendre 77E erdőrésztletre hasonló hatást váltott ki. (33. ábra)



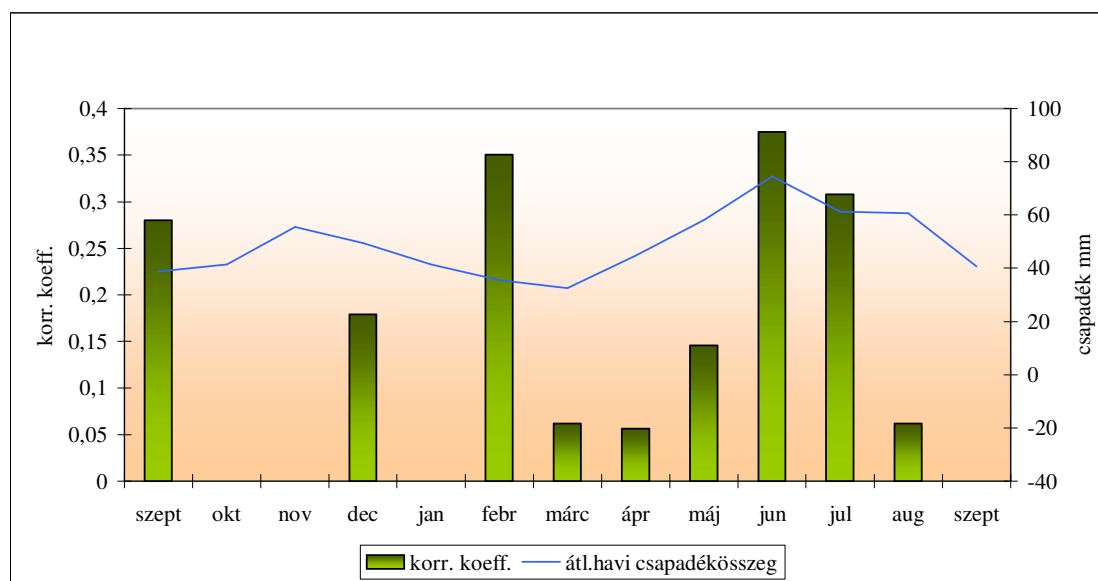
33. ábra Szentendre 77E erdőrésztlet mintafáin az évgűrűindex kapcsolata különböző csapadékösszegekkel.

### 6.4.2. Pilismarót 1954-91

Mennyiség	Átlag	Minimum	Maximum	Negatív évek
Évi átl. csap.	604	427	889	<b>1982</b> ,1971,1983
Fő felhaszn. idő	239	131	453	<b>1982,1962</b> ,1974
Fenntartási idő	145	30	379	1959,1961, <b>1962</b> ,1986
Tárolási idő	217	92	388	1990,1972,1973
Vegetációs idő	340	167	596	<b>1962,1982</b>
Súlyozott csap.	408	225	671	1990, <b>1962</b> ,1976,1984

7. táblázat A pilismaróti csapadékmérő állomás adataiból képzett jellemzők 1954-91.

Az 7. táblázat negatív évei között két év szerepel nagy gyakorisággal: 1962, és 1982. 1962-ben a vegetációs időben, azon belül is a fő felhasználási időben nagyon kevés csapadék hullott, és ezt még tetézte az előző év végének aszályos időszaka. Az 1982-es csapadékhány az évgűrükben nem jelentkezett. Az 1990-es év vékony évgűrűjét magyarázhatja a 38 év legalacsonyabb súlyozott csapadékösszege. 1968-as és 1974-es mutatóévek a csapadékösszegekkel egyértelműen nem magyarázhatók, bár a fő felhasználási időben kevés eső hullott. (12.melléklet)

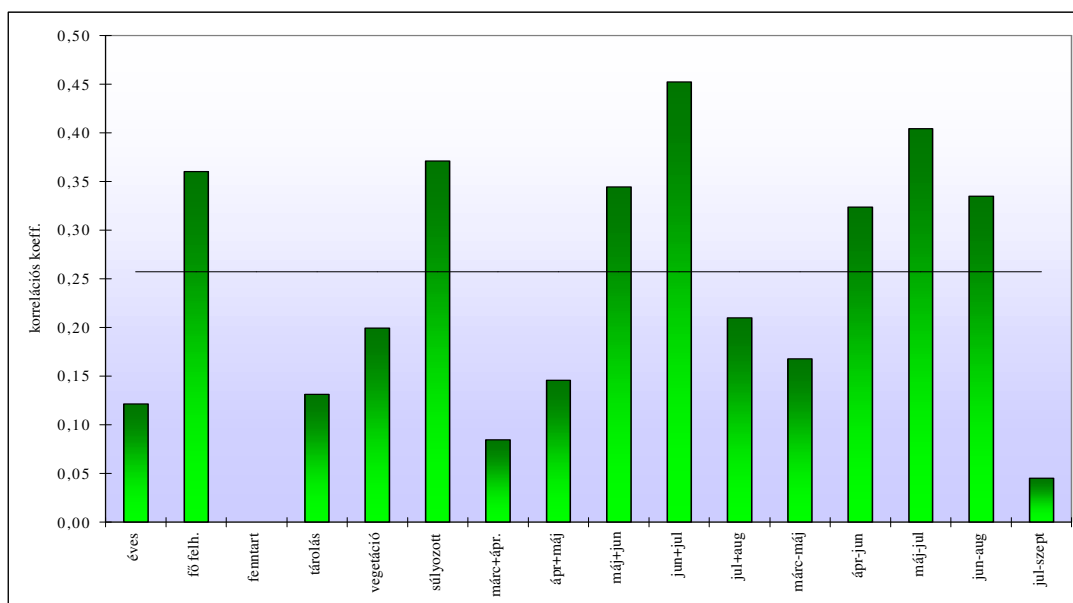


34. ábra Pilismarót 129A erdőrészt mintafáinak évgűrűindexe és a havi csapadékösszegek kapcsolata 1954-91.

A többi csapadékösszeget elemezve nagyon szoros kapcsolatot találtam a fő felhasználási időszak (13%-ban meghatározó), a május+június+júliusi (20%-ban meghatározó) és a súlyozott csapadékkal (13%-ban meghatározó), ugyanakkor alacsony volt a korrelációs együttható az éves, a vegetációs és tárolási időszakra, március+április+májusra és július-szeptemberre. A fenntartási időszakokkal kimutatható



kapcsolat nem állt fenn.(35.ábra) A Pilismarót 125A erdőrészlet mintafáinak évgyűrűszerkezete a havi csapadékösszegekkel a teljes mérési tartományban az előző év szeptemberében, februárban, júniusban és júliusban mutatott szignifikáns kapcsolatot. (34. ábra) A két nyári hónap determinációs koefficiense júniusban a 14%-ot, júliusban pedig a 9%-ot érte el. A mérési idősort 20 éves intervallumokra bontva, 1960-80 között a februári és a júniusi csapadék volt meghatározó, 1980 után az előző szeptemberi.



35. ábra Pilismarót 125A erdőrészlet mintafáinak az évgyűrűindex kapcsolata különböző csapadékösszegekkel.

### 6.4.3. Pomáz 1957-94

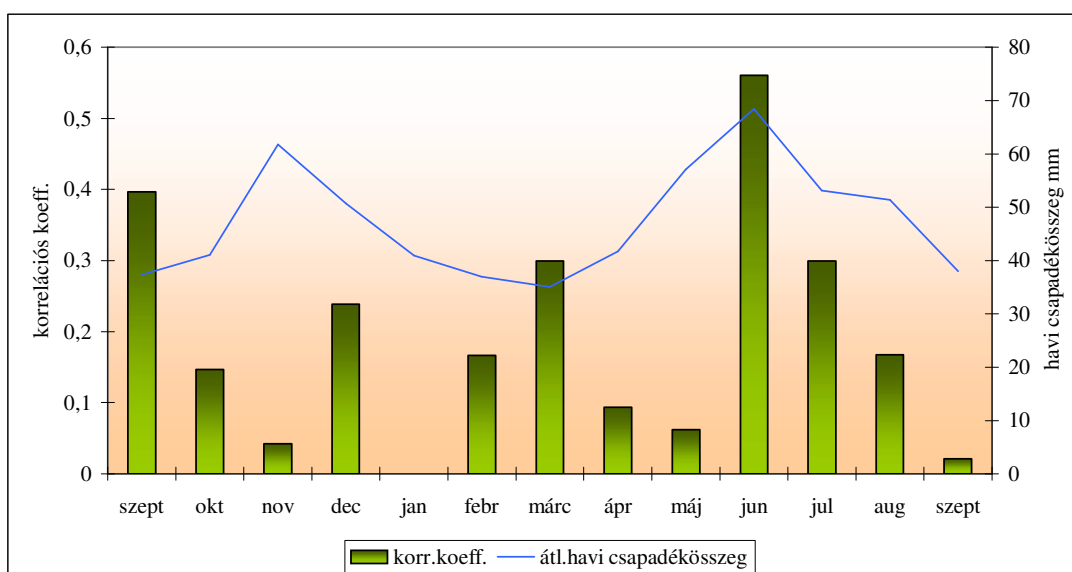
Mennyiség	átlag	Minimum	Maximum	Negatív évek
Évi átl. csap.	575	386	951	1992,1983,1986
Fő felhaszn. idő	220	119	407	1986,1992,1962,1983
Fenntartási idő	130	36	325	1961,1986,1962,
Tárolási idő	226	95	449	1990,1973,1972
Vegetációs idő	310	146	563	1962,1992,1986
Súlyozott csap.	388	243	625	1990,1992,1994

8. táblázat A pomázi csapadékmérő állomás adataiból képzett jellemzők 1957-94.

A Pomázon észlelt csapadékmennyiség nem tért el számottevően az előző két állomásétól, és a minimumértékeket adó évek is hasonlóak, leggyakrabban 1962 és 1992. jelentkezett. 1962-ben a fő felhalmozási, a fenntartási időszak és a vegetációs időszak csapadéka nagyon alacsony volt, sőt a vegetációs időben ekkor mérték a legalacsonyabb értéket a vizsgálati idő alatt. 1993-re hiányzik az adatsor a jelentésekből, de

valószínűsíthető, hogy az egymást követő két év hatása jelenik meg az 1993-as minimális évgyűrűszélességben.

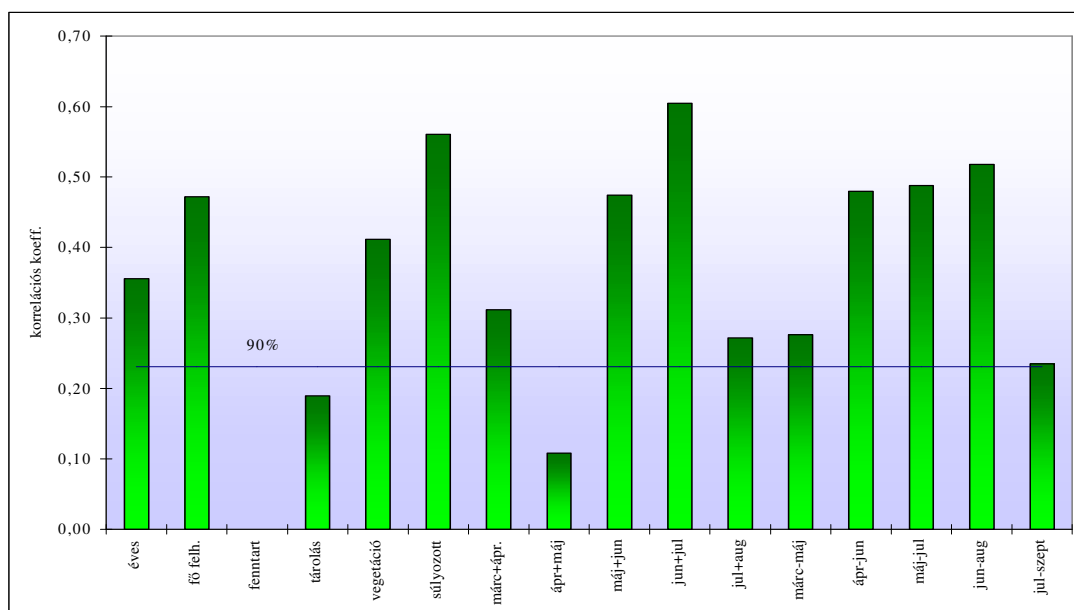
A havi csapadékösszegek és évgyűrűindexek korrelációvizsgálata alapján 1954 és 1994 között szoros kapcsolat mutatható ki az előző év szeptemberének és az adott év márciusának, júniusának és júliusának csapadékával. 20 éves részletekben tekintve 1960-80 között a júniusi csapadék volt meghatározó, a következő 15 évben pedig az előző szeptemberi, a júliusi és az augusztusi. Érdeemes megjegyezni, hogy a szeptemberi és augusztusi korrelációs értékek az utolsó ciklusra itt is nőnek.



36. ábra Pomázi erdőrészt mintafáinak évgyűrűindexe és a havi csapadékszegek kapcsolata 1957-91.

A többi csapadékösszeget vizsgálva hasonló eredmény mutatható ki, mint a többi parcellán: szoros a kapcsolat a fő felhasználási időszakokkal 22%-os mértékig, a súlyozott csapadék szerepe 31% az évgyűrűszélesség kialakításában, sőt a júniusi és júliusi kéthavi összeg 36%-ban volt meghatározó tényező. Ennél kisebb arányú az éves csapadék szerepe 12%-kal, és a vegetációs idő csapadéka 17%-kal.

Itt sem volt kimutatható kapcsolat a fenntartási idő csapadékával, a tárolási időszak és néhány két- és háromhavi összeg pedig nem érte meg el a megbízhatósági szintet.



37. ábra Pilismarót 129A erdőrészlet mintafáin az évgyűrűindex kapcsolata különböző csapadékösszegekkel.

#### 6.4.4. Pilisszentkereszt 46A 1930-88

	Átlag	Minimum	Maximum	Negatív évek
Évi átl. csap.	791	511	1178	1959, <b>1961</b> ,1983
Fő felhaszn. Idő	309	141	648	<b>1962</b> ,1952,1988
Fenntartási idő	186	40	505	1959, <b>1961</b> , <b>1962</b>
Tárolási idő	296	171	477	1972,1954,1964
Vegetációs idő	438	165	794	<b>1962</b>
Súlyozott csap.	547	312	967	<b>1962</b> , <b>1961</b> ,1983

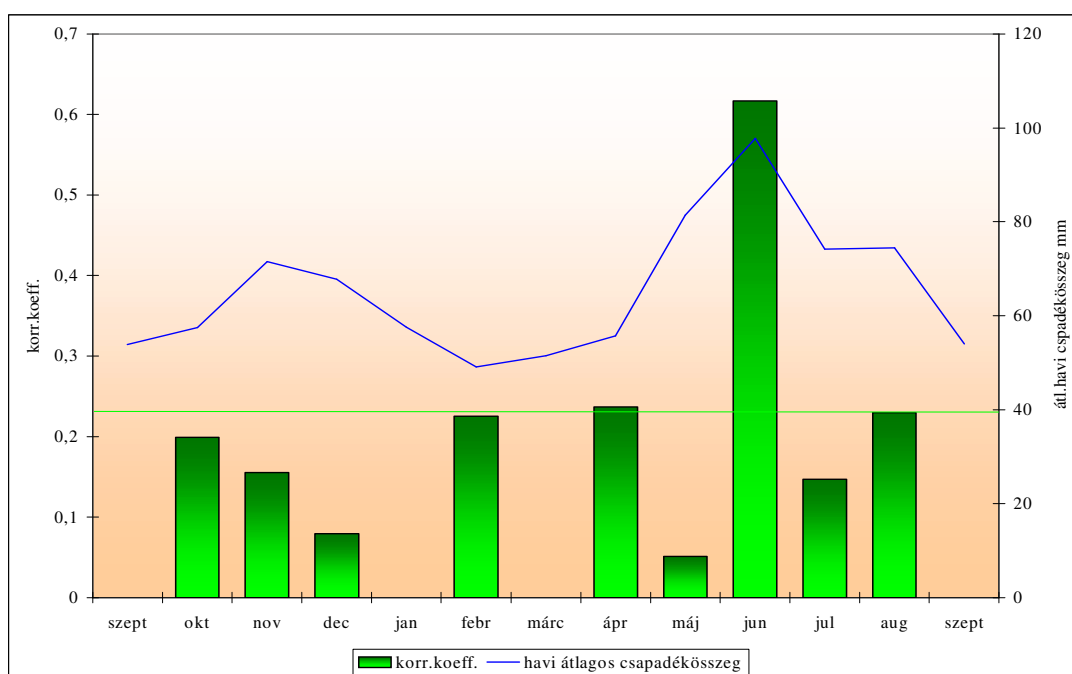
9. táblázat pilisszentkeresztli csapadékmérő állomás adataiból képzett jellemzők 1930-88.

Amíg a többi terület csapadéka egymáshoz képest kis szórást mutat, addig a Dobogókőn mért értékek számottevően meghaladják azokat. A faállományra vonatkozóan ezek az adatok tekinthetők a legmegbízhatóbbaknak, hiszen a mérőhely a parcella közelében található. A meteorológiai adatok alapján a negatív évek az 1960-as évek elejére koncentráálódtak. Ismét kiemelhető 1962. az időszakos rekordértékeivel a fő felhasználási, a vegetációs és súlyozott csapadékösszegek tekintetében. Az évgyűrűnél tapasztalt 1983-as negatív mutatóévet az év alacsony súlyozott csapadéka magyarázhatja. (Sajnos, 1988-tól megszűnt a folyamatos adatközlés.)

Míg a korábbiakban a csapadék hatására viszonylag egységes válaszreakciók rajzolódtak ki, addig Pilisszentkeresztben nem olyan szorosak a kapcsolatok. Már az

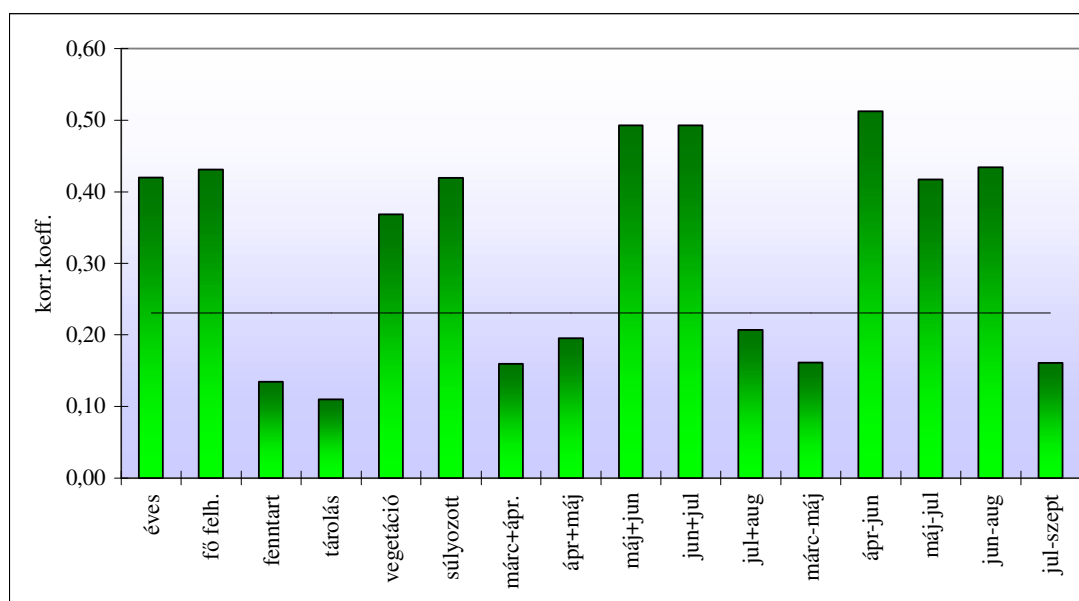
érzékenység, de különösen az autókorreláció-számításnál kapott ciklikusságból következtetni lehetett, hogy itt összetettebb hatásmechanizmusról van szó.

A szokásos módon elvégezve a korrelációs számítást, a teljes időszakra április és június volt szignifikáns befolyással. A többi összeg esetén kedvezőbb kép alakult ki, szoros kapcsolat mutatkozott az évi, a fő felhasználási, a vegetációs és a súlyozott csapadékkal, továbbá a május+június, június+július kéthavi összegekkel, és áprilistól augusztusig a háromhavi összegekkel. Itt volt egyedül megfigyelhető, hogy az éves csapadékösszeg szerepe elérte a fő felhasználási időét és a súlyozott összegét, csupán a vegetációs összeg maradt el, de csak kis mértékben. Szintén itt fordult elő egyedül, hogy a fenntartási időszak csapadéka kimutatható módon megjelent, de a szignifikanciaszintet még nem érte el.



38. ábra Pilisszentkereszt 46A erdőrészet mintafáinak évgyűrűindexe és a havi csapadékszegek kapcsolata 1957-91.

Az évgyűrűk sorozata rövid távú hatásokat és hosszú periódusok leképezését foglalja magába. Léteznek olyan matematikai megoldások, amelyek egyik vagy másik hatásának kiszűrését teszik lehetővé. Ezek a matematikai szűrők a fényszűrőkhöz hasonló elven működnek. Az évgyűrűk sorozata is annyiban hasonlít a fényhez, hogy különböző hullámhosszú elemeket tartalmaz, és éppúgy kiszűrhető a magas és a lassú frekvenciájú jel.



39. ábra Pilisszentkereszt 46A erdőrészlet mintáin az évgyűrűindex kapcsolata különböző csapadékösszegekkel.

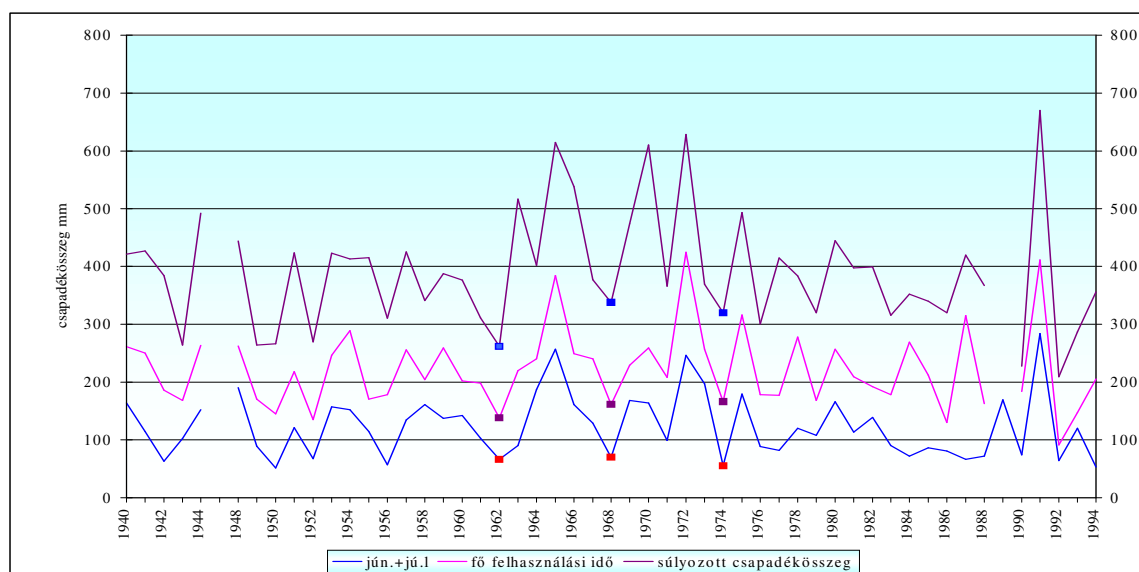
A magas frekvenciájú szűrővel (high pass filter) kizárhatók a hosszú periodicitású jelek, és felerősödnek a rövid távú hatások. Az autókorreláció alapján vélelmeztem, hogy valamilyen ciklikus hatás zavarja az évgyűrűmenetet, ezért egy ún. high pass filterrel megszűrve az évgyűrűszélességeket újból elvégeztem a korrelációs számítást a csapadékkal. Az eredmény nem lett jobb, mint az indexekkel, ezek alapján a növekedésben a csapadékon kívül más tényezőnek is meghatározó szerepe van, meghatározóbb, mint a többi pilisi parcellánál.

### 6.5. Az évgyűrűk és a csapadék kapcsolatának összefoglalása

Az egész évben és a vegetációs időben lehullott csapadék a kocsánytalantölgyek jó fejlődéséhez Pilisszentkeresztben optimális feltételeket biztosít, hiszen a 700 mm éves, ill. 400-450 mm vegetációs időszaki csapadékszükséglet kielégül (Szodfridt 1993). A többi területen a csapadék mennyisége ettől a kívánalomtól eltér, de a csapadékgigény alsó határa alá nem esik, és a jó talajviszonyok ezt a csapadékhátrányt ellensúlyozzák.

- 1962. év gyenge növekedésére minden területen megtalálható volt a magyarázat a nagyon alacsony vegetációs és fő felhasználási időszak csapadékában, de eddig 1974-re nem volt egyértelmű ok a csökkent növekedésre. Ha abból indulunk ki, hogy a

legmagasabb korrelációs koefficiens Szentendrén a fő felhasználási idő és a júniusi és júliusi csapadékösszeg (43%) adta, vagyis ha ezek a hónapok a meghatározók az évgűrűszélességben, akkor az állításnak fordítva is igaznak kell lenni. Ha bizonyos években van a legkisebb növekedés, akkor a júniusi és júliusi csapadékösszegnek is itt kell alacsonynak lenni. (40. ábra) Szentendre 1974. évi minimumpontja így magyarázhatóvá vált az alacsony júniusi és júliusi csapadékösszeggel vagy az ezzel együttfutó fő felhasználási idő csapadékával. A fő felhasználási idő csapadéka amúgy magában foglalja a június-júliusi összeget is. Pomázon és Pilismaróton nem volt olyan kevés számú tényező, amelynek kiemelkedően magas koefficiense lett volna, ezért itt több együttes hatásnak kellett érvényesülni, és valószínűsíthető, hogy a csapadékon kívül más fontos tényező is jelen volt. Az alacsony hőmérsékletben vagy tavaszi fagyok keresésénél sem találtam magyarázatot: viszonylag meleg, csapadékos tavasz volt, az utolsó fagymentes nap március 14-én volt, amikor a minimum hőmérséklet csak  $-1$  fokig süllyedt. A külföldi szakirodalomban is számos példa van arra, hogy egyes kiugró évek magyarázatára a rendelkezésre álló információ mennyisége nem elégséges. Ilyen eset pl. a baden-würtembergi lucok esetében 1976.



40. ábra Szentendre csapadéka 1940-94.

- A havonkénti elemzésnél leggyakrabban a június, július fordult elő a növekedésben legfőbb szerepet játszó hónapként, ez a szerep 9-38%-ig terjedt, vagyis ekkora százalékban határozta meg egy hónap csapadéka az évgűrűk szélességét.
- Az éves csapadékösszeggel való kapcsolat 9-18%-ot mutat.

- A fő felhasználási időszak csapadéka a teljes időszakra 13-35%-ban meghatározó, és a szignifikáns kapcsolat mindenütt kimutatható.
- A fenntartási és tárolási időszak csapadékával nem volt kimutatható kapcsolat.
- A vegetációs időszak csapadékával szignifikáns kapcsolatban áll az évgyűrűindex. Az  $r^2$  értéke itt – az éves csapadékhoz hasonlóan - a 9-18%-ot érte el.

A súlyozott csapadékösszeg mindenhol meghatározó tényezőként jelent meg 18-39%-os mértékben. A maximális érték Szentendre 75 H-ban jelent meg 39%-kal, ami azt mutatja, hogy itt a csapadéknak nagy hatása volt a vastagsági növekedésre, az évgyűrűsúlyosságát több mint harmad részben a súlyozott csapadék határozta meg. A Pálfai-féle súlyszámok célszerűen korrigálhatók a fákra vonatkozóan. Amennyiben a mérési helyszínek számának emelésével markánsabban megfogalmazhatók a rájuk jellemző korrelációs koefficiensek, úgy azok arányaiból a fanövekedéshez jobban illeszkedő súlyszámokat kaphatnánk. A vizsgált területeket figyelembe véve a márciusi és áprilisi súlyszám tűnik emelendőnek, a júniusi csapadék jelentősége is meghaladja a júliusit, míg az augusztusié csökkentendő.

- A kettő- és háromhavi összegek leggyakrabban májustól júliusig, augusztusig jelentek meg fontos tényezőként, valamennyi adat közül itt jelentek meg a legmagasabb korrelációs koefficiensek, a csapadék hatása elérte a 41-43%-os mértéket is.
- A kísérleti parcellák közül a Szentendre 75H és 77E nagyon sok változóval állt szignifikáns kapcsolatban, és nagyon jó megbízhatósági szinten (95%, 99%, sőt 99,9%-on is). A pilismaróti és a pilisszentkereszti kevés szignifikáns kapcsolatot mutatott a csapadékkal.
- A húszévenkénti bontásból egyértelmű tendenciákat nem lehetett leszűrni, de kivételt képezett, hogy az augusztusi és az előző év szeptemberi csapadék szerepe folyamatosan növekedett. A havi csapadékösszegek húszéves átlaga is szeptemberben és augusztusban nőtt, míg a többi csökkenő trendet mutatott.

A fenti vizsgálat célja a csapadék évgyűrűsúlyosságban betöltött szerepének valamilyen szintű számszerűsítése volt. A kirajzolódott kép alapján a súlyozott csapadékösszegnek és a fő növekedési időszak csapadékának különösen jól kimutatható, százalékosan megfogalmazható szerepe volt mindenütt. Ennél kevésbé volt meghatározó a naptári év, és a vegetációs idő csapadékösszege is.

A mezőgazdaságban általánosan használt fogalom az aszálykár. Az erdőgazdálkodásban sem ismeretlen a kifejezés, de csak az erdősítések vonatkozásában jelenik meg ténylegesen pénzben is kifejezhető formában. Ha a mezőgazdaságban a kár mutatója a termésben bekövetkezett veszteség, akkor ugyanez áll az erdők esetében a fatermesre is. Az aszály az érintett térség valamennyi állományát sújtja függetlenül annak korától. A kár mértékének becslése is viszonylag gyorsan elkészíthető, ehhez meg kell határozni egy időszaki átlagindexet, és az ettől való lényeges – ami definiálható valamilyen százalékban – eltérés esetén a tölgypusztulásnál bemutatott módszerrel kiszámítható bármilyen állomány adott évi vesztesége.

## 7. A kutatási eredmények összefoglalása

Az évgyűrűk méretében évente a környezeti hatások összessége képződik le, így ezen hatások eredője mérhető. Míg egyes tényezők szerepe és jelentősége statisztikai számításokkal meghatározható, addig mások szerepe csak nehezen számszerűsíthető.

Dolgozatomban alapvetően a következő kérdésekre kerestem a választ:

1. Egy károsodás fellépése – függetlenül annak okától – milyen átmérőnövedékvesztést okoz az évek során, vagy okozott akár az észlelést megelőzően is? Az egészséges fák növekedésmentéből referenciát képezve, számítható az évenkénti növedékvesztés úgy, hogy a termőhelyi, főleg időjárási tényezőket is figyelembe vesszük. A mintafákon 14 év átlagában 26-30 %-os veszteséget mértem. Ez az átlag nagy szórásokat foglal magában, 1991-ben 60-80% fölötti értékek is előfordultak. Megállapítható volt, hogy ezeken a fákon egy korábbi gyengültségi állapot jelei mutatkoztak, amelyek a 60-as évek elején jelentkeztek először. A károsodási időszak alatt általánosan jellemző volt, hogy amikor a külső környezeti tényezők kedveztek a növekedésnek, akkor az egészséges fák növekedési erélye sokkal nagyobb volt, és a károk relatíve megnöttek. Ha valamilyen növekedést korlátozó elem lépett fel, akkor ennek hatása az egészséges fákon sokkal nagyobbá vált, mint a gyengült növekedésűeken.
2. Milyen mértékű autókorreláció határozza meg az egymást követő évgyűrűk méretét? Az 1. helyzetű autókorreláció mértéke 0,55-0,7 közötti értéket adott állományoktól függően, ami azt jelenti, hogy az előző évi növekedés ennek



négyzetének megfelelő módon, vagyis 30-50%-os mértékig befolyásolta az évgyűrű szélességét.

3. Számszerűsíthető-e csapadék szerepe az évgyűrűszélességének alakulásában, illetve mely időszakok csapadéknak van kitüntetett szerepe? A havi csapadékösszegek közül a júniusi és júliusi csapadékösszeg volt leginkább meghatározó, ezt követte a márciusi és áprilisi. A legszorosabb korreláció mindenütt a fő felhasználási időszak csapadékaival és a súlyozott csapadékösszeggel volt. Ezek a kapcsolatok szorosabbak voltak, mint az éves vagy a vegetációs időszaki csapadékkal. A súlyozott csapadékban felhasznált súlyszámok a mezőgazdasági növények vízigényét fejezik ki, de a fák számára a vizsgált területeken a márciusi és áprilisi súlyszámok tűnnek emelendőnek, a júniusi csapadék jelentősége is meghaladja a júliust, míg az augusztusié csökkentendő a vizsgált területen.
4. Milyen események okozhattak rendkívül alacsony növekedéseket? Az általános statisztikai értékeléstől függetlenül külön vizsgálandók a negatív mutatóévekben bekövetkezett környezeti események. Az 1962-es és 1968-as kis növekedés egybeesik egy száraz vegetációs időszakkal és egy rovargradációval. A hazánkban és más országokban is keskeny évgyűrűvel megjelenő évek az időjárással hozhatók meghatározó és közvetlen kapcsolatba, a tömeges rovarmegjelenés az időjárás közvetett hatása lehet. Az 1991. és 1993. évi keskeny évgyűrű az aszályos évekkel magyarázhatók.

## **8. A kutatás jövőbeni folytatása**

A dolgozatban bemutatott mérési és elemzési sorokkal érzékeltetni szerettem volna, hogy milyen sokféle kapcsolat található az évgyűrűméretek és a környezeti tényezők között. Hogy ebből mennyit ismerünk meg attól függ, hány tényező idősorát tudjuk az adott területről összeállítani. A jövőben lehetővé válik - az Országos Meteorológiai Szolgálattal együttműködve - a hőmérsékleti adatok bevonása a vizsgálatba. A Pálfai-féle aszályindexen kívül másféle aszályindexek is elterjedtek a meteorológiában, ezeknek a használhatóságát mindenképpen érdemes tanulmányozni. A közös együttműködés egy Nemzeti Kutatási és Fejlesztési Programban valósulhat meg „Éghajlati bizonytalanság és a

hazai erdőtakaró fenyegetettsége, címen, ahol a feltételezett klímaváltozás különböző scenárióira próbálunk növekedési modellt szerkeszteni. Az országosra kiterjesztett vizsgálatok választ adhatnak arra a kérdésre, hogy Magyarországon hogyan alakul a tölgyek növekedése. Egyed szinten érvényesül-e nálunk a fokozódó növekedés? A napvilágra került külföldi adatok főleg azokban az idősebb állományokban mutatnak nagyfokú gyorsuló növekedést, ahol az emelkedő hőmérséklet növekvő csapadékkal párosul. A csapadék és hőmérsékleti tendenciák figyelembe vételével célszerű a vizsgálatot nagytájanként és korosztályonként is elvégezni.

A meteorológiai elemek bevonásán túl fontos tényezőnek tartom a talajvíz és annak változásának szerepét a kocsányostölgy állományokban. Itt a feladatot sajnos, sokszor megnehezíti, hogy az adott helyen ritkán rendelkezünk hosszú és megbízható adatsorral.

További nagyon fontos feladat az állományok történetének tükrében értékelni az adatokat. Ehhez a mintafák növényterének, szociális helyzetének jelenlegi és - lehetőségek szerint - múltbeli ismerete szükséges. Figyelembe veendő szempont a magtermő évek jelentkezése is, amelyet általában csökkent növekedés követ.

Ahhoz, hogy mindezeket az adatokat jól dokumentálható módon a jövő számára is megőrizzük, egy évgyűriúadatbank kiépítése szükséges, ahol megadott formátumban és kötelező paraméterekkel ellátva mindenki elhelyezheti méréseit. Hosszú évek munkája szükséges ahhoz, hogy néhány fafajra országos vagy térségi adatsorok álljanak rendelkezésre. Ennek az elkészítésével a jövő számára alkothatunk olyan referenciasorokat, amelyekhez majd viszonyítani lehet az akkori adatsorokat, és amelyekből esetleg olyan változásokra deríthetünk fényt, amelyekhez a jelenlegi ismereteink még nem elégségesek vagy maga a kérdés most még nem tűnik fontosnak.

## **Köszönetnyilvánítás**

Az Erdészeti Tudományos Intézet kutatói évtizedek óta foglalkoznak a növekedés rövid és hosszú távú változásának megismerésével, és ehhez kidolgozták a megfelelő módszereket, hosszú adatsorokat gyűjtöttek össze, és értékelték. Mindezt a tudásanyagot megörökölhettem, és kezdhettem önálló kutatásba. Köszönettel tartozom az Erdőművelési és Fatermési Osztály egykori kutatóinak, akik valamikor is évgyűrűelemzéseket végeztek. Közülük külön kiemelném Béky Albertet, aki a mintaterületekről is megosztotta velem sokéves tapasztalatait.

Köszönettel tartozom dr. Halupa Lajosnak, egykori osztályvezetőmnek, aki az első dendrokronológiáról szóló cikkeket a kezembe adta, és rábeszélte arra, hogy érdemes ezzel a témával foglalkozni. Ezúton szeretnék köszönetet mondani dr. Somogyi Zoltán jelenlegi osztályvezetőmnek is, aki számos, e témával foglalkozó tanulmányát és a DIPOS programcsomagot hagyta rám, nagyban segítve ezzel a későbbi munkámat.

Külön köszönöm azon technikusok áldozatos munkáját, akik segítségemre voltak a terepi felvételekben, a minták begyűjtésében és előkészítésében. Hunyadi László, Balikó János, Török Miklós, Szimeth Zsolt és Juhász György technikusok munkája segítette dolgozatom alapadatainak összeállítását.

A kutatások anyagi támogatásában nagy szerepet vállalt az OTKA és a K+F pályázati alap, amelyeken keresztül biztosították a vizsgálatokhoz szükséges anyagi fedezet jelentős részét, amit ezúton is köszönök.

Sok hasznos ismerettel, ismeretséggel és tapasztalattal gazdagodtam azáltal, hogy Heinrich Spiecker professzor úr vendége lehettem a freiburgi egyetemen és meglátogathattam a birmensdorfi intézetet is.

Nagy tisztelettel köszönöm meg dr. Szodfridt Istvánnak, a disszertációm témavezetőjének kitartó ösztönzését, támogatását és értékes tanácsait. Megtisztelő volt az a türelmes, de lelkesítő biztatás, amellyel munkám befejezéséhez hozzájárult.

## Irodalom

**Abrams, M.D., Copenheaver, C.A., Terezawa, K., Umeki, K., Takiya, M., Akashi, N. (1999):** A 370-year dendroecological history of an old-growth Abies-Acer-Quercus forest in Hokkaido, northern Japan. Canadian Journal of Forest Research 29 1891-1899 p.

**Athari, S. (1980):** Untersuchungen über die Zuwachsentwicklung rauschgeschädigter Fichten Bestände, Diss. Göttingen,

**Athari, S. (1981):** Jahrringausfall, ein meist unbeachtetes Problem bei Zuwachsuntersuchungen in rauschgeschädigten und gesunde Fichtenbestände. Mitt. d. Forst. Bundesvers. Anstalt, Wien 139,7-27

**Athari, S., Kramer, H. (1983):** Erfassen des Holzzuwachses, als Bioindikator beim Fichtensterben. Allgem. Forstzeitschrift 38.767-769

**Babos, K. (1978):** Összehasonlító évgűrű-szélességi vizsgálatok Quercus cerris var. cerris Loud és Quercus cerris var. austriaca (Willd.) Loud. Törzseken. Bot. Közl. 65. 3. 135-140

**Babos, K. (1983):** Néhány fafaj évgűrű-szélességeinek összehasonlítása a napfolttevékenység ciklusával. Bot. Közl. 70. 1-2. 83-90.

**Babos, K. (1984):** A csertölgy és néhány más fafaj évgűrűszélessége és az éves csapadék összefüggés-vizsgálata. Bot. Közl. 71. 1-2.: 123-132.

**Babos, K. (1987-88):** Átmeneti kőorból származó Quercus robur L. törzs évgűrűszélességének összehasonlítása a napfolttevékenység ciklusával. Bot. Közl. 74-75: 219-233.

**Babos, K., Filló, Z. (1972):** Egy 345 éves Larix sibirica törzs évgűrűszélességeinek összehasonlítása a napfolttevékenység ciklusával. Bot. Közlem. vol: 59. 1: 23-27

**Babos, K. (1986):** Az évgűrűszélesség és a csapadék összefüggés-vizsgálata egy további fafajnál (fehér akác-Robinia pseudo-accia l.) Bot. Közl. 73. 1-2: 131-137.

**Béky, A. (1983):** A kocsánytalantölgyesek egészségi állapota az erdőnevelési és fatermési kísérleti területeken. Az erdő. XXXIII.8: 351-352

**Béky, A. (1988):** Kocsánytalantölgyesek egészségi állapotának vizsgálata a hosszúléjartú kísérleti területeken. ERTI-jelentés

**Béky, A. (1990):** Kocsánytalantölgyesek egészségi állapotának vizsgálata a hosszúléjartú kísérleti területeken. ERTI-jelentés

**Béky, A.(1981):** Mag eredetű kocsánytalantölgyesk fatermése. Erdészeti kutatások vol.74. 309-320.p.

**Bergeron (2001):** A bolygatások és az erdő dinamikája. Tree-ring and people. WSL konf. Davos proc. 2001.09.22-26.

**Bhattacharyya, A., Yadav,R.R. (1999):** Climatic reconstruction using tree-ring data from tropical and temperate regions of India. In. Dendrochronology in Monsoon Asia. Proceeding of a workshop on Southeast Asian dendrochronology held in Chiang Mai,Thailand.IAWA Journal

**Borgaonkar, H.P., Pant, G.B., Kumar, K.R. (1999):** Tree-ring chronologies from Western Himalaya and their dendroclimatic potential. In. Dendrochronology in Monsoon Asia. Proceeding of a workshop on Southeast Asian dendrochronology held in Chiang Mai,Thailand.IAWA Journal

**Brauning, A.(1999):** Dendroclimatological otencial of drought-sensitive tree stands in Southern Tibet for the reconstruction of monsoonal activity. In. Dendrochronology in Monsoon Asia. Proceeding of a workshop on Southeast Asian dendrochronology held in Chiang Mai,Thailand.IAWA Journal

**Bridge, M., Gasson, P., Cutler, D.(1996):** Dendroclimatological observations on trees at Kew and Wakehurst Place: event and pointer years. Forestry, vol 69. 263-269 p.

**Brockmann, W. G., Eckstein, D., Aniol, R.W.,(1987):** Dendroklimatologische Untersuchungen zur Bedeutung des Produktionsfaktors Wasser für das Baumwachstum. Forstwissenschaftliches Zentralblatt 106. 6: 340-354

**Butterfield, B.G., Meylan, B.A., Peszlen, I.M. (1997):** A fatest háromdimenziós szerkezete. Faipari Tudományos Alapítvány, Budapest

**Csóka, Gy.(1992):** A hazai kocsánytalantölgy-pusztulás menete 1983-tól napjainkig  
Erdészeti Lapok CXXVII. 313-314

**Csókáné, Sz. I., Halupa, L., Somogyi, Z.(1997):** Study of tree growth in forestry monitoring. In Studies on the enviromental state of the Szigetköz after the diversion of the Danube (ed. Láng - Banczerowski - Berczik) MTA

**Csókáné, Sz. I. (1998):** Erdészeti monitoring a Bős-Gabcikovo erőmű hatásterületén.  
Erdészeti Kutatások vol. 88. pp.53-66.

**Csókáné, Sz. I., Somogyi, Z. (1999):** A szigetközi erdészei monitoring eredményei 1993-tól 1998-ig. A Szigetköz környezeti állapotáról. ed.: Láng I., Banczerowski J., Berczik Á.

**DAS (1997) User Guide**

**Douglass, A. E. (1929):** The secret of the Southwest solved by talkative tree ring.  
Nat. Geogr. Mag. 54:737-770

**Douglass, A. E. (1935):** Dating Pueblo Bonito and other ruins of the Southwest.  
Washington, Nat.Geog. Soc, Pueblo Bonito Ser. 1:1-74

**Downess G. (2001):** Tree-ring and people. WSL Davos konf. hozzászólás 2001.  
09.22-26.

**Eide, E. (1926):** Über Sommertemperatur und Dickenwachstum im Fichtenwald.  
Medd. Norske Skogforksvesev 2:87-104

**Fekete, Z. (1951):** Erdőbecsléstan. Akadémiai Kiadó. Bp. 505-526

**Filion, L., Payette, S.,Gauthie, L., Boutin, Y. (1986):** Light rings in subarctic conifers as a dendrochronological tool. Quat.Res. 26:272-279

**Fritts H.C. (1976):** Tree ring and climate. Academic Press, London, New York

**Fritts, H. C.(1976):** Methods of Dendrochronology. Reprinted by courtesy of Academic Press, Warschau, 1987, vol 2 and 3.

**Führer, E. (1992):** Der Zusammenhang zwischen der Dürre und der Erkrankung der Trauben eichen bestände in Ungarn. Forstwissenschaftliches Centralblatt. 111: 129-136

**Führer, E.(1994):** Csapadékmérések bükkös-, kocsánytalantölgyes és lucfenyves ökoszisztémákban. Erdészeti Kutatások vol. 84. 11-37

**Führer, E. (1995) a:** Az időjárás változásának hatása az erdők fatermőképességére és egészségi állapotára. Erdészeti Lapok. CXXX: 176-178

**Führer, E. (1995) b:** Bükkös-, kocsánytalan tölgyes- és lucfenyves csapadékvíz- és csapadékvízben oldott tápanyagbevétele. kand. dissz. ERTI Budapest

**Gartner B. (2001):** Tree-ring and wood structure. Tree-ring and people. WSL konf. Davos előadás 2001.09.22.

**Gärtner, R., Stoll, G. (1990):** Weiserjahre in Baden-Württemberg. AFZ 45:1163-1167

**Geisinger, J. (1880):** Észleletek a kocsányos tölgy, a juharfa és közönséges kőris évgyűrűinek havi növekvéséről. Erdészeti Lapok XIX. 740-743 p.

**Gore, A. (1993):** Mérlegen a Föld. Föld Napja Alapítvány

**Graybill D. A. (1982):** Chronologie development and analysis. Climae from Tree Rings M. K. Hughes, P. M. Kelly, J. R. Pilcher and V. c. LaMarche Jr., Eds., Cambridge University Press, 1339-1361.

**Greve, U., Eckstein, D., Aniol, R.,W., Scholz, E. (1986):** Dendroklimatologische Untersuchung an Fichten unterschiedlicher Imissionsbelastung in Nordostbayern. Allg. Forst- u, Jagdztg. 157.9.174-179. p.

**Gryneaus, A. (1995):** Dendrokronológiai kutatások Magyarországon. ELTE PhD disszertáció

**Grynaeus, A., Horváth, E., Szabados, I.(1994):** Az évgyűrű mint természetes információhordozó. Erdészeti Lapok CXXIX: 203-205.

**Halupa, L., Somogyi, Z., Szabados, I., Veperdi, G.(1994):** Erdészeti vizsgálatok a bős/gabcikovoi erőmű hatásterületén kialakított megfigyelő rendszerben I. 1986 - 1992. Erdészeti Kutatások vol 84: 97-117.

**Halupáné, L. (1967):** Adatok a sziki tölgyesek növekedési menetének vizsgálatáról. Erdészeti Kutatások 63: 95-107.

**Hartig, R. (1869):** Das Aussetzen der Jahrringe bei unterdrückten Stammen. Zeitschrift für Forst-u. Jagdwesen 1: 471-476

**Hartig, T. (1882):** A gyűrűképzés kezdete. Erdészeti Lapok 21: 711-713.

**Hirka, A. (1995):** Összefüggések bükk és lucállományok éves vastagsági növekedésmenete és csapadékviszonyai között. Erdészeti Kutatások. vol. 85: 150-156.p.

**Hajósy, F., Kakas, J., Kéri, M. (1975):** A csapadék havi és évi összegei Magyarországon. OMSZ Budapest

**Hoeg, A. O. (1956):** Growth-ring research in Norway. Tree-Ring Bull. 21:2-15

**Hollstein E. (1965):** Jahrringchronologische Datierung von Eichenhölzern ohne Waldkante. Bonner Jahrbuch 165. 12-27 p.

**Huber, B. (1941):** Aufbau einer mitteleuropäischen Jahrring-Chronologie. Mitt.H.G. Akad. Forstwiss. 3:137-142

**Hughes 2001: Climatology.** Tree-ring and people. WSL konf. Davos proc. 2001.09.22.

**Hughes, M. K., Vaganov, E. A., Shiyatov, S., Touchan, R., Funkhouser, G. (1999):** Twentieth-century summer warmth in northern Yakutia in a 600-year context Holocene 9. 629-634 p.

**Igmándy, Z., Pagony, H., Szontágh, P., Varga, F.(1984):** Beszámoló a kocsánytalan tölgyeseinkben fellépett pusztulásról 1978-83. Az Erdő XXXIII. 8: 334-341

**Igmándy,Z., Traser, Gy., Varga, F., Vasas, E. (1986):** Elpusztult kocsánytalan tölgyek évgyűrű vizsgálata. Az Erdő XXXV.10: 457-461

**Igmándy, Z., Béky ,A., Pagony, H., Szontágh, P., Varga, F.(1986):**A kocsánytalan tölgypusztulás helyzete hazánkban 1985-ben. Az Erdő XXXV. 6: 255-259

**Innes, J. (1991):** High-altitude and high-latitude growth in relation to past, present and future global climate change. The Holocene, vol 1, N.2, 168-173

**Jacoby, G., D'Arrigo, R., Pederson, N., Buckley,B., Dugarjav, C., Mijiddorj, R. (1999):** Temperature and precipitation in Mongolia based on dendroclimatic investigations. In. Dendrochronology in Monsoon Asia. Proceeding of a workshop on Southeast Asian dendrochronology held in Chiang Mai, Thailand.IAWA Journal 339-350.

**Járó, Z., Tátraaljai, E.(1984):** A fák éves növekedése. Erdészeti kutatások. Vol. 82-83. 22-30.



**Járó, Z., Führer, E. (1996):** Az aszály hatása az erdőgazdálkodásban. Éghajlat, időjárás, aszály. MTA Aszály Bizottság

**Johann, K. (1986):** A new annual ring measuring device for increment cores and stem sections. User guide

**Kaennel, M., Schweingruber F-H. (1995):** Multilingual Glossary of Dendrochronology. WSL Birmensdorf

**Kaiser (1882):** Külömfélék. Erdészeti Lapok.XXI. 712-713.

**Kienast, F. (1987):** Jahrringe als ökologische Datenträger. Berichte von WSL 292.

**Király, L., Magas, L.(1983):** Évgyűrűvizsgálatok. Kutatási jelentés EFE kézirat

**Kovács, I. 1979:** Faanyagismerettan. Mezőgazdasági Kiadó, Bp. 25 p.

**Kuniholm, P.I. (2001):** Dendrochronology and other applications of tree-ring studies in archeology. In: Handbook of Archeological Sciences. ed. By Brothwell

**Labourgeois, F. (2000):** Climatic signals in earlywood, latewood and total ring width of Corsikan pine from western France. Annals of Forest Science 57. 155-164 p.

**Laitakari, E. (1920):** Untersuchungen über die Einwirkung der Witterungsverhältnisse auf das Langen- und Dichtewachstum der Kiefer. Acta Forest. Fenn 17:53

**LaMarche V.C.Jr. and H.C. Fritts (1972):** Tree ring and sunspot numbers. Tree-Ring Bulletin 32: 19-33.

**Leuschner H.H. (1992):** Dendrochronologische Anwendung von Clusterverfahren. Schriften der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen. Band 106:82-89.

**Li, C., Flannigan, M.D., Corns, I.G.Wu (2000):** Influence of potential climate change on forest landscape dynamics of west-central Alberta. Canadian Journal of Forest Research 1905-1912 p.

**Lindholm,M., Eronen, M., Timonen, M., Merilainen, J..(1999):** A ring-width chronology of Scot pine from northern Lapland covering the last two millennia. Annales Botanici Fennici 119-126

**Májér, A. (1972):** Évgyűrű-kronológia. Az Erdő. 21:164-171

**Makinen, H., Nöjd, P., Kahle, H.-P., Neumann, U., Tveite, B., Mielikainen, K., Röhle, H., Spiecker, H.(2001)** Climate response of radial growth of Norway spruce across latitude and elevation gradients in central and northern Europe. Eingerichtet bei Canadian Journal of Forest Research.

**McLaughlin (2001):** Tree-ring and people.WSL konf. Davos hozzászólás 200.09.23.

**Mizald , A. (1669):** Kerti dolgoknak leírása. Kolozsvár

**Molnár, S.(2000):** Faipari kézikönyv I., Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron 47.p.

**Neumann U, Röhle H. (2001):** Der jährliche Radialzuwachs der Fichte in den sächsischen Mittelgebirgen in Abhängigkeit von der Witterung, Forstw. Cbl. 277-287.p.

**Neumann, M. (1993):** Zuwachsuntersuchungen an Fichte in verschiedenen Seehöhenstufen im österreichischen Zentralalpenbereich. Forstw. CBL. 4. 221-274 p.

**Neumann, M., Schadauer, K. (1996):** Die Entwicklung des Zuwaches in Österreich an Hand von Bohrkern analysen. Allg. Forst und Jagdzeitung. 230-234 p.

**Nola, P., Motta, R., Ianna, R. (2001):** Dendroecological analysis of Norway spruce in subalpine forests of the Aosta Valley. Tree-ring and people. WSL konf. Davos proc. 2001.09.23-26.

**OMSZ** havi meteorológiai jelentései

**Papp, Z. (1984):** A vulkáni tevékenység klimatikus hatásainak vizsgálata Magyarországon az évgyűrű-analízis tükrében. Bot. Közlem. 71. 1-2: 109-121

**Papp, Z. (1986):** A hőmérséklet, a csapadék és az évgyűrűszélességek időbeli változásának összehasonlítása a naptevékenység ciklusával. Bot. Közlem. 73. 1-2:113-121.

**Parker, A., Parker, K., Faust, T., Fuller, M.(2001):** The effects of climatis variability on radial growth of two varieties of ssand pine (Pinus clausa) in Florida, USA. Annals of Forest Science 58. 333-350 p.

**Paulsen, J., Weber, U.M., Körner, C.(2000):** Tree growth near trreline: abrupt or gradual reduction with altitude. Arctic, Antarctic and Alpine Researc 32. 14-20 p.

**Pálfai, I. (1991):** Az 1990. évi aszály Magyarországon. Vízügyi Közlemények, LXXIII: 2

**Pálfai, I. (1993):** Az 1992. évi aszály Magyarországon. Vízügyi Közlemények, LXXV: 230-233 p.

**Pokorny, A. (1869):** Methode um den meteorologischen Coefficienten des jährlichen Holzzuwaches der Dicotyledonenstamman zu ermitteln. Tharandter Forstl. Jb22:81

**Polge, H. (1966):** Etablissement des courbes de variation de la densité du bois par l'exploration densitometrique de radiographies d'échantillons prélevés a la tarière sur des arbres vivants. Ann. sci. forest. 23:1-206

**Pretzsch, H., Utschig, H. (1989):** Das Zuwachstrend-Verfahren für die Abschätzung krankheitsbedingter Zuwachsverluste auf den Fichten- und Kiefern-Weiserflächen in den bayerischen Schadgebieten. Forstarchiv 60: 188-193.

**Rácz, L. (2001):** Magyarország éghajlattörténete az újkor idején. JGYF Kiadó, Szeged

**Rebetez, M., Saurer, M., Cherubini, P. (2001):** To what extent can we use oxygen isotopes in tree rings to reconstruct past atmospheric temperatures. Tree-ring and people. Davos proc.

**Rédei, K. (1983):** Dendroklimatológiai vizsgálatok akác törzsön. Bot. Közl. Vol 71:101-107

**Reukema, D.L. 1959:** Missing annual rings in branches of young Douglas Fir. Ecology 40, 3, 480-482

**Riemer T. 1992:** Statistiken zur Erkennung von Weiserjahren. In: Modelle zu automatisieren Zuwachsmess- und Auswerttechniken, klimaorientierte Wachstumsmodelle, Inventurmethode und ihre Anwendungen. Schriften der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen. Band 106: 184-197.

**Rolland, C., Desplanque, C., Michalet, R., Schweingruber, F.H. (2000):** Extreme tree ring in spruce (*Picea abies*(L) Karst.) and fir (*Abies alba* Mill.) stands in relation to climate, site, and space in southern French and Italian alps. Arctic, Antarctic, and Alpine Research 32. 1-13p.

**Schuck A., Karjalainen, T., Hunter, I. (2000):** Erforschung des gesteigerten Waldwachstum in Europa. AFZ 11. 571-572 p.

**Schulmann,E. (1958):** Bristlecone pine, oldest known living thing. Nat. Geogr. Mag. 113:355-372

**Schweingruber F-H.(1996):** Tree Rings and Enviroment Dendroecology. WSL Bern, Stuttgart, Wien Haupt.

**Schweingruber, F. H. (1983):** Der Jahrring. Verlag Paul Haupt, Bern und Stuttgart.

**Sedov, F.N. (1892):**Trees as chroniclers of drought. In: Fletcher: Russian papers on dendrochronology and climatology Res. Lab. Arch. And Hidt of Art Oxford Univ.:39-49

**Sidorova, O., Naurzbaev, M. (2001):** Climatic response of larch trees growing at upper timber line and above flood-plain terrace of the lower stream Indigirka river. Tree-ring and people.WSL konf. Davos proc. 2001.09.23-26.

**Solymos, R. (1963):** Az erdei fenyő növekedési menetének erdőnevelési vonatkozásai. Az erdő 12, 217-224.

**Solymos, R. (1965):** Gyérítési vizsgálatok a lajosforrási kocsánytalan tölgyesekben. Erdészeti Kutatások vol.61: 29-38.

**Somogyi, Z. (1988a):** Részjelentés az évgyűrűelemzés alapvető módszerének kialakítása c. alapkutatási témában 1988. dec.1-ig végzett kutatómunkáról. ERTI jelentés

**Somogyi, Z. (1988b):** Kutatói jelentés az évgyűrűelemző műszerrel az eddigi fejlesztések eredményeként elvégezhető kutatásokról. ERTI jelentés

**Somogyi, Z. (1987):** Évgyűrűelemzés a ma technikájával. ERTI jelentés

**Somogyi, Z. (1989):** Matematikai-statisztikai problémák az évgyűrűszélességek és az azokat meghatározó környezeti tényezők közötti kapcsolatok vizsgálatára. ERTI kézirat

**Somogyi, Z. (1991a):** A magyarországi tölgypusztulás néhány kérdése összehasonlító évgyűrűelemzés alapján. Az erdő.CXXVI.3.:85-87

**Somogyi, Z. (1991b):** A tölgyek komplex genetikai, taxonómiai és rezisztenciaélettani kutatása, tekintettel a nemesítésre és az erdőpusztulásra. szerk: Keresztesi. OTKA-jelentés, Budapest

**Spiecker, H., Mielikainen, K., Köhl, M., Skovsgaard, J.P.,(1996):** Growth trend in European Forests. Springer Berlin Heidelberg

**Spiecker, H. (2001):** Tree-ring and people. WSL konf. Davos hozzászólás 2001.09.23.

**Stahle, D.W. (1999):** Useful strategies for the development of tropical tree-ring chronologies. In. Dendrochronology in Monsoon Asia. Proceeding of a workshop on Southeast Asian dendrochronology held in Chiang Mai, Thailand. IAWA Journal 20:249-253

**Stallings, W. (1937):** Some early papers on tree-ring. Tree-ring Bull.3:27-28

**Statistica 95** User guide. Statsoft

**Szabados, I. (2000):** Kocsányos- és kocsánytalantölgyek növedékvizsgálata évgyűrűelemzéssel. Kutatási jelentés. ERTI

**Szabados, I. (1996):** A dendrokronológia mérési módszerének hazai kidolgozása, alkalmazásának bevezetése. Budapest OTKA-jelentés

**Szántó, Z. (1984):** Idős fák, öreg erdők. Az erdő XXXIII: 149-155 p.

**Szodfridt, I. (1993):** Erdészeti termőhely-ismerettan. Mezőgazda Kiadó 295 p.

**Szontágh, P. (1984):** Tölgy lombfogyasztó rovarok kártétele 1962-1981 években. Az erdő XXXIII.8.:353-358

**Szőnyi, T.(1962):** Adatok néhány fafaj vastagsági növekedéséhez. Az erdő. XI. 7: 289-300.

**Tardif, J., Brisson, J., Bergeron, Y.(2001):** Dendroclimatic analysis of *Acer saccharum*, *Fagus grandifolia*, and *Tsuga canadensis* from an old-growth forest, southwestern Quebec. Canadian Journal of Forest Research 1491-1501 p.

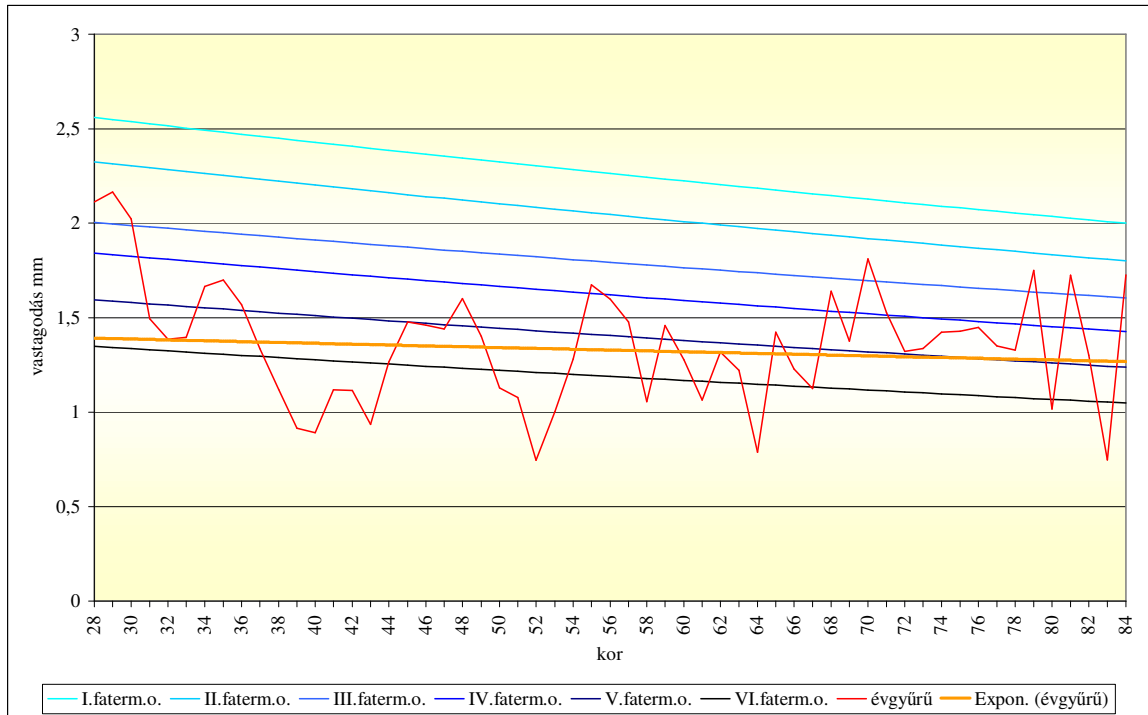
**Tichy, T., Mácová, M. (2001):** Dendroclimatic comparison of invasive *Pinus strobus* and native *Pinus sylvestris* two ecological and geological gradients in teh Czech Republic. Tree-ring and people. WSL konf. Davos proc.2001.09.23-26.

**Untheim, H. (1993):** Jahrring und Umweltforschung. AFZ.25:1313-1319

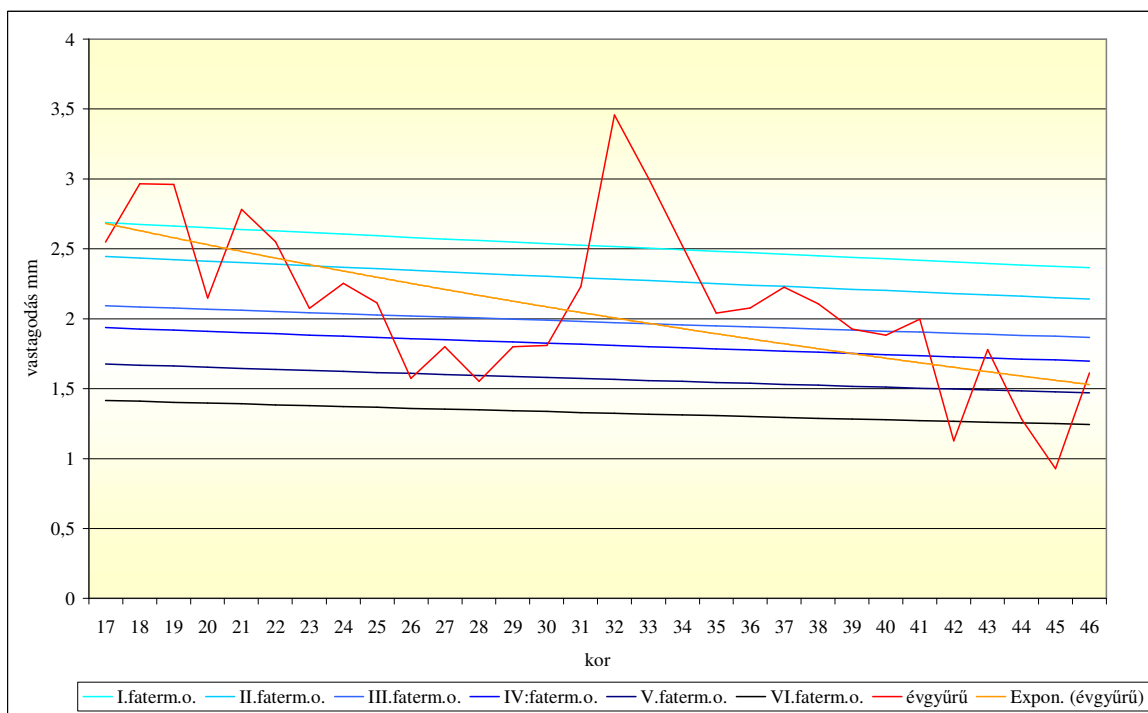
**Vízrajzi Évkönyvek 1970-1995**

**Wimmer, R. (2001):** Wood structure and function. Tree-ring and people. WSL konf. Davos előadás 2001.09.23.

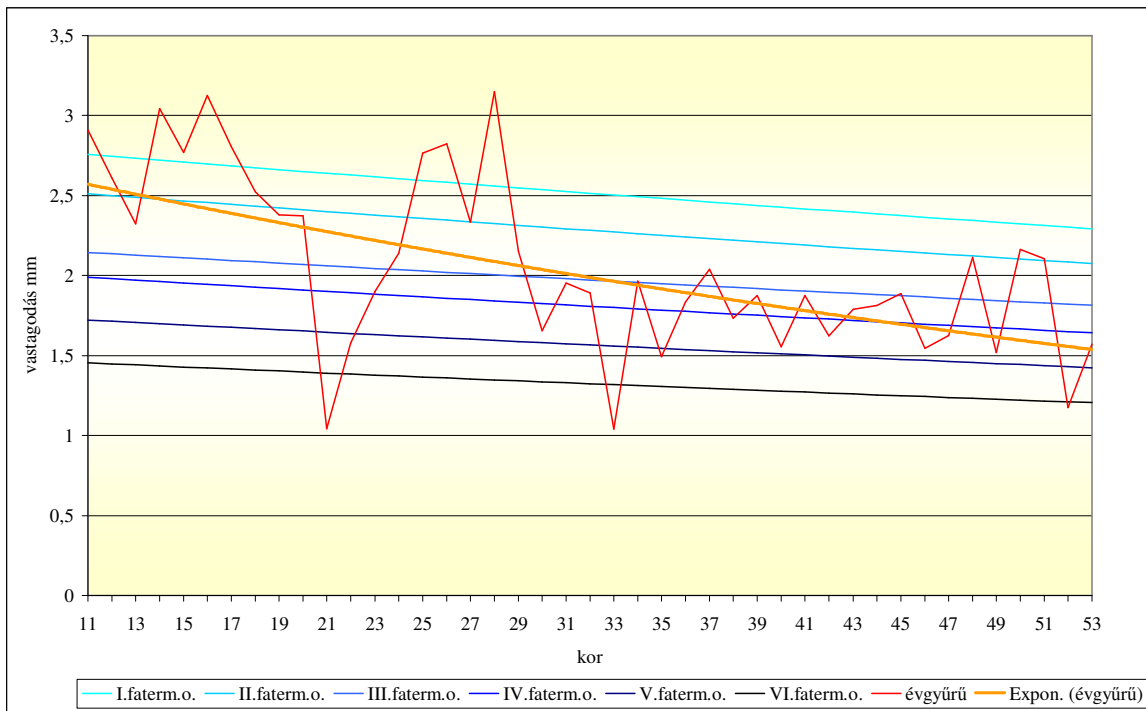
[web.utk.edu/~grissimo/](http://web.utk.edu/~grissimo/)



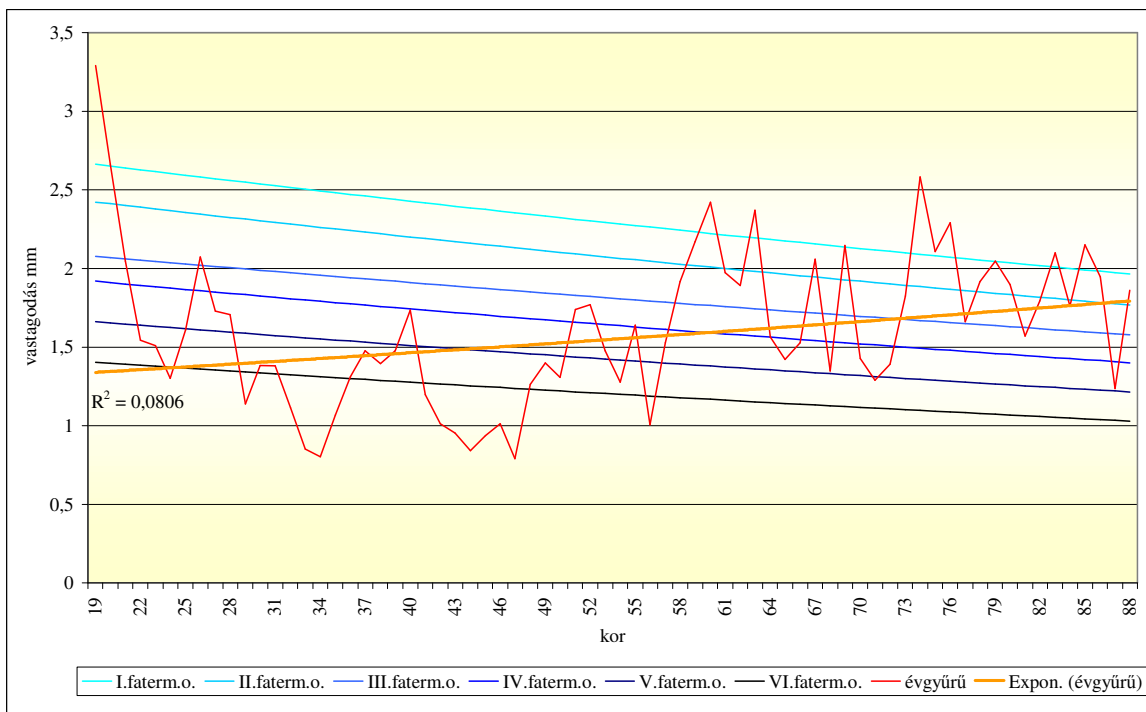
1. melléklet Szentendre 77E mintafáinak évyűrűszélessége a fatermési táblához képest



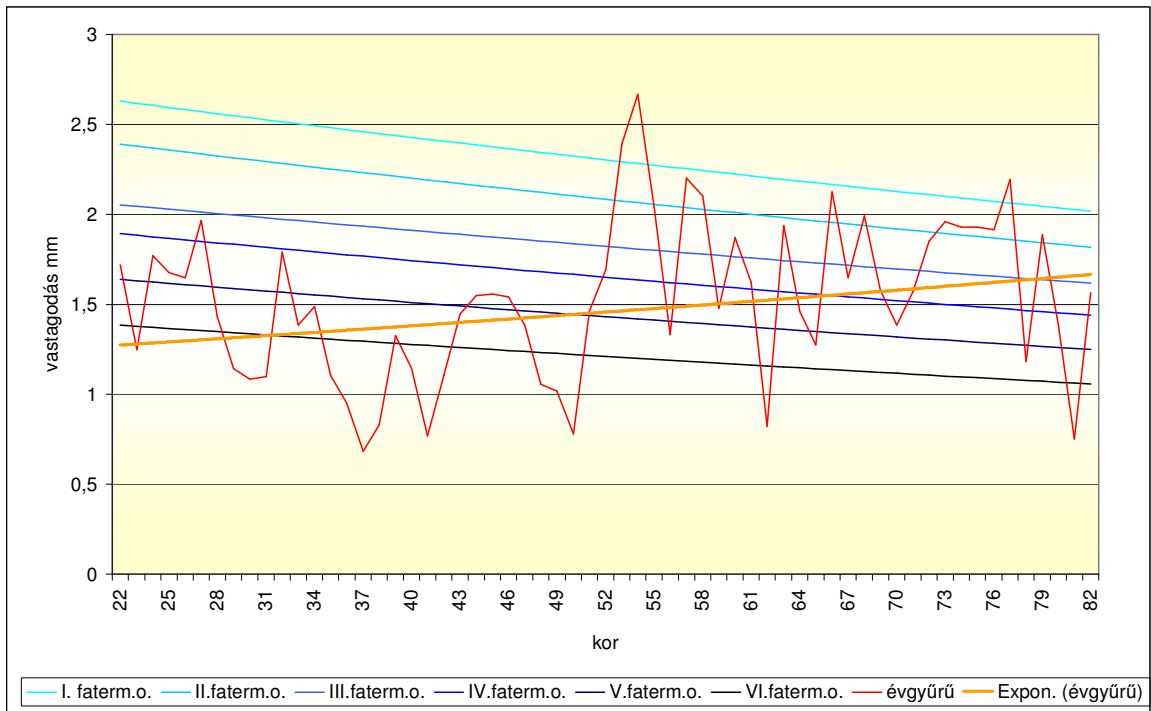
2. melléklet Szendehely 14A mintafáinak évyűrűszélessége a fatermési táblához képest



3. melléklet Pilismarót 129A mintafáinak évgűrűszélessége a fatermési táblához képest



4. melléklet Pilisszentkereszt 46A mintafáinak évgűrűszélessége a fatermési táblához képest



5. melléklet Szentendre 75H mintafáinak évgűrűszélessége  
a fatermési táblához képest



**Erdőrészlet: Szentendre 77E**

koeff.	időszak	krit.érték	előző	szept	okt	nov	dec	jan	febr	márc	ápr	máj	jun	jul	aug	szept
r	1940-1994	0,23								0,28	0,24		0,52	0,44		
r <sup>2</sup>	1940-1994									0,08	0,06		0,27	0,19		
r	1940-1960	0,39							0,51							
r <sup>2</sup>	1940-1960								0,26							
r	1960-1980	0,37									0,37		0,54	0,49		
r <sup>2</sup>	1960-1980										0,13		0,29	0,24		
r	1980-1994	0,44	0,45										0,55			
r <sup>2</sup>	1980-1994		0,20										0,30			

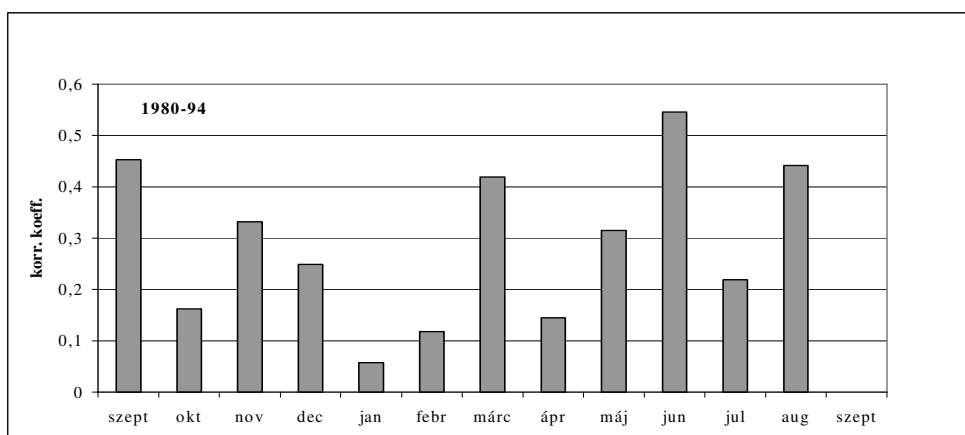
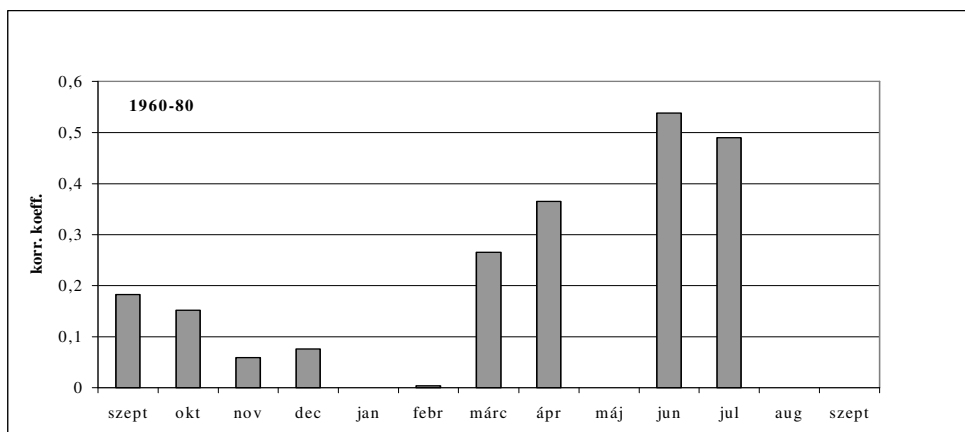
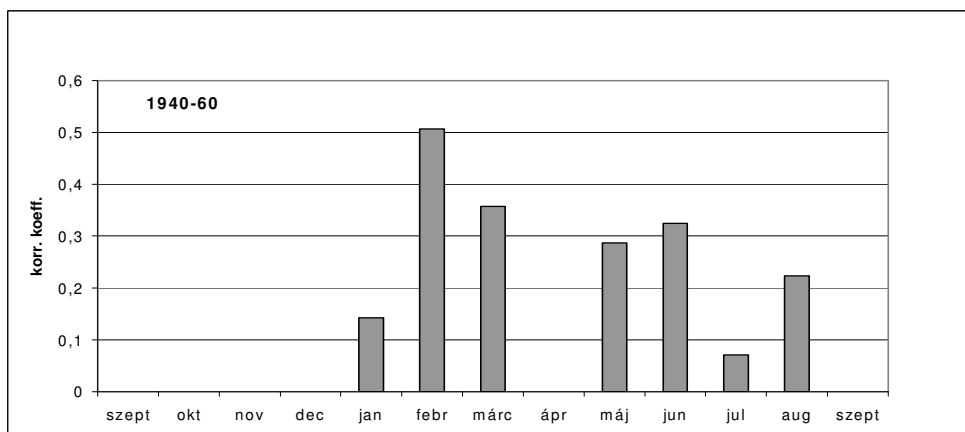
Az évgyűrűindexek korrelációja a havi csapadékösszegekkel

koeff.	időszak	éves	fő felh.	fenntart.	tárolás	vegetáció	súlyozott
			időszak csapadéka				
r	1940-1994	0,30	0,55			0,30	0,47
r <sup>2</sup>	1940-1994	0,09	0,30			0,09	0,22
r	1940-1960	0,52				0,39	0,40
r <sup>2</sup>	1940-1960	0,27				0,15	0,16
r	1960-1980		0,59				0,50
r <sup>2</sup>	1960-1980		0,35				0,25
r	1980-1994		0,49		0,45		0,62
r <sup>2</sup>	1980-1994		0,24		0,20		0,38

Az évgyűrűindexek korrelációja különböző csapadékösszegekkel

koeff.	hónapok időszak	1+2	2+3	3+4	4+5	5+6	6+7	7+8	2-4	3-5	4-6	5-7	6-8
		r	1940-1994			0,41		0,42	0,61		0,22	0,28	0,5
r <sup>2</sup>	1940-1994			0,17		0,17	0,38		0,05	0,08	0,25	0,27	0,16
r	1940-1960	0,469	0,54			0,47			0,45		0,47	0,4	0,39
r <sup>2</sup>	1940-1960	0,22	0,29			0,22			0,2		0,22	0,16	0,15
r	1960-1980			0,48		0,42	0,64				0,56	0,53	0,43
r <sup>2</sup>	1960-1980			0,23		0,18	0,41				0,31	0,28	0,19
r	1980-1994					0,46						0,48	0,52
r <sup>2</sup>	1980-1994					0,21						0,23	0,27

Az évgyűrűindexek korrelációja kettő- és háromhavi csapadékösszegekkel



7. melléklet Szentendre 77E évgyűrűindexeinek korrelációja a havi csapadékkal időszaki bontásokban

**Erdőrészlet: Szentendre 75H**

koeff.	időszak	krit. érték	előző szept	okt	nov	dec	jan	febr	márc	ápr	máj	jun	jul	aug	szept
r	1940-1994	0,23							0,27	0,26		0,55	0,48		
r <sup>2</sup>	1940-1994								0,07	0,07		0,30	0,23		
r	1940-1960	0,39						0,50							
r <sup>2</sup>	1940-1960							0,25							
r	1960-1980	0,37										0,54	0,51		
r <sup>2</sup>	1960-1980											0,29	0,26		
r	1980-1994	0,44							0,51		0,51	0,56		0,63	
r <sup>2</sup>	1980-1994								0,26		0,26	0,32		0,40	

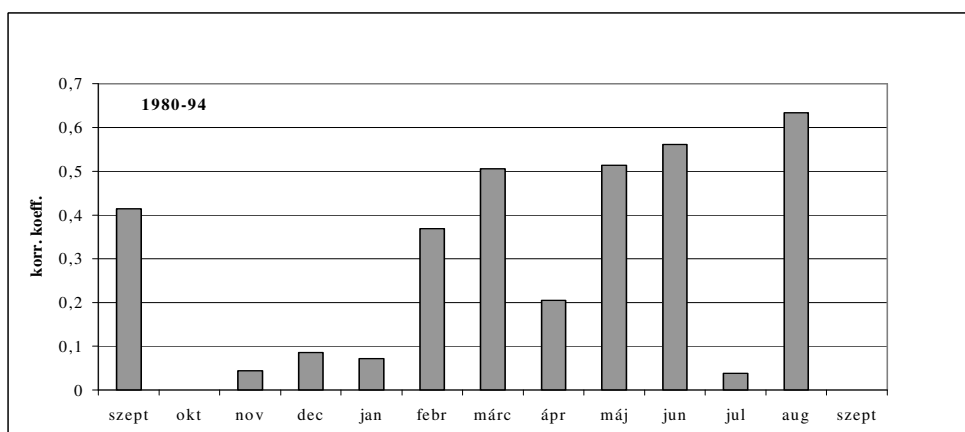
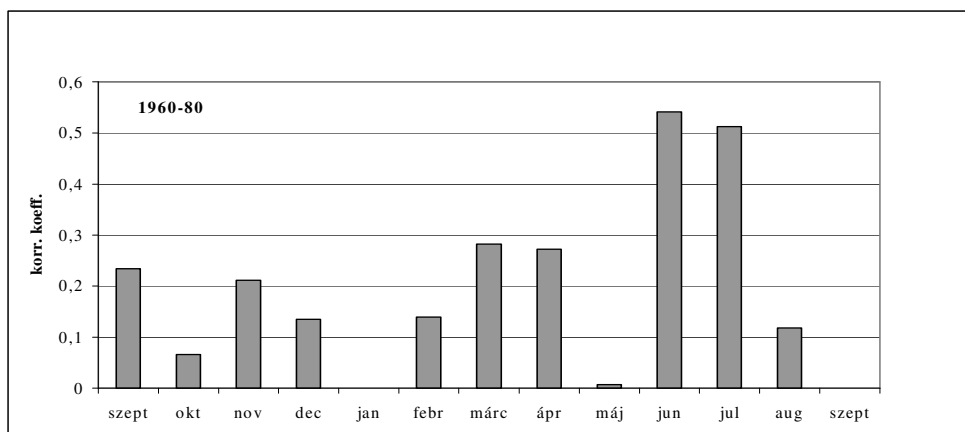
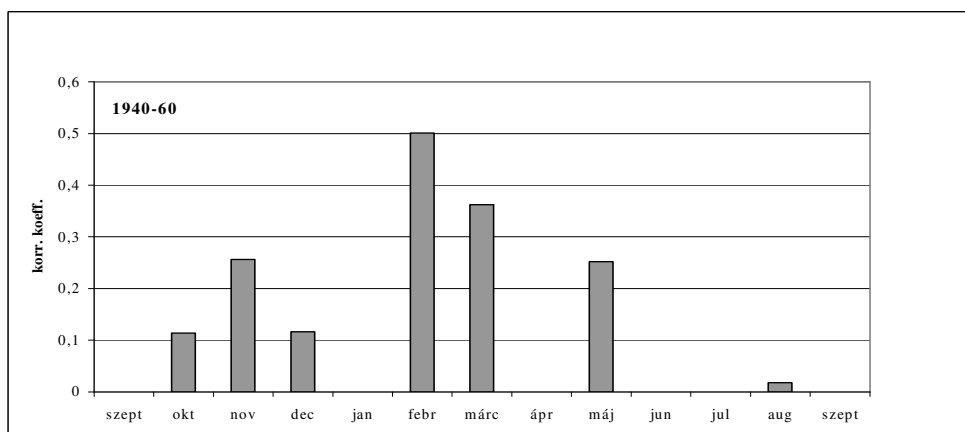
Az évgyűrűindexek korrelációja a havi csapadékösszegekkel

koeff.	időszak	éves	fő felh.	fenntart.	tárolás	vegetáció	súlyozott
			időszak csapadéka				
r	1940-1994	0,39	0,59			0,42	0,62
r <sup>2</sup>	1940-1994	0,16	0,35			0,18	0,39
r	1940-1960				0,42		
r <sup>2</sup>	1940-1960				0,18		
r	1960-1980	0,39	0,60			0,43	0,63
r <sup>2</sup>	1960-1980	0,15	0,36			0,18	0,39
r	1980-1994	0,37	0,48			0,45	0,53
r <sup>2</sup>	1980-1994	0,14	0,23			0,20	0,29

Az évgyűrűindexek korrelációja különböző csapadékösszegekkel

koeff.	hónapok	2+3	3+4	4+5	5+6	6+7	7+8	8+9	2+3+4	3+4+5	4+5+6	5+6+7	6+7+8	7+8+9
	időszak													
r	1940-1994	0,2303	0,409		0,45	0,66	0,36		0,37	0,3	0,533	0,56	0,55	0,252
r <sup>2</sup>	1940-1994	0,053	0,167		0,2	0,43	0,13		0,13	0,09	0,284	0,31	0,3	0,064
r	1940-1960	0,5372						0,43	0,41					
r <sup>2</sup>	1940-1960	0,2886						0,18	0,17					
r	1960-1980		0,419		0,45	0,65	0,37		0,39		0,546	0,56	0,55	
r <sup>2</sup>	1960-1980		0,176		0,2	0,43	0,13		0,15		0,298	0,31	0,3	
r	1980-1994	0,5659		0,48	0,62			0,4	0,53	0,58	0,583		0,47	
r <sup>2</sup>	1980-1994	0,3202		0,23	0,38			0,16	0,28	0,34	0,339		0,22	

Az évgyűrűindexek korrelációja kettő- és háromhavi csapadékösszegekkel



9. melléklet Szentendre 75H évgyűrűindexeinek korrelációja a havi csapadékkal időszaki bontásban

**Erdőrészlet: Pomáz 75C**

koeff.	időszak	krit. érték	előző szept	okt	nov	dec	jan	febr	márc	ápr	máj	jun	jul	aug	szept
r	1957-1994	0,28	0,40						0,30			0,56	0,30		
r <sup>2</sup>	1957-1994		0,16						0,09			0,31	0,09		
r	1960-1980	0,37	0,35									0,54			
r <sup>2</sup>	1960-1980		0,12									0,29			
r	1980-94	0,44	0,53										0,54	0,51	
r <sup>2</sup>	1980-94		0,28										0,29	0,26	

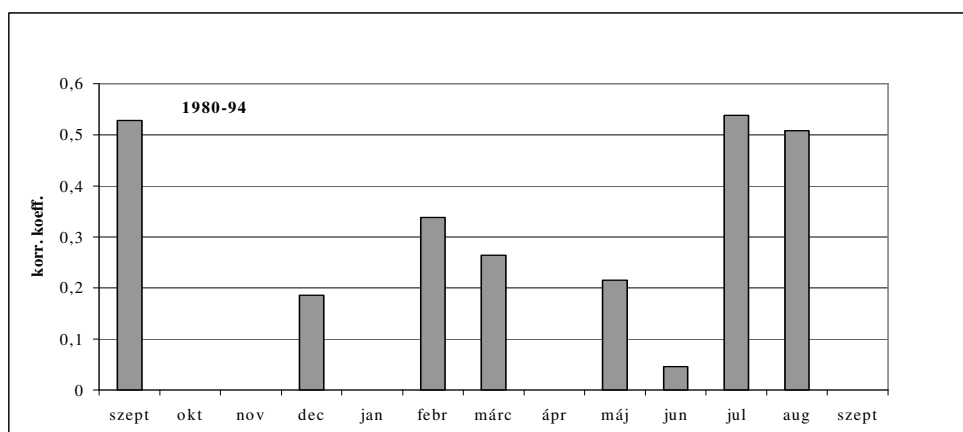
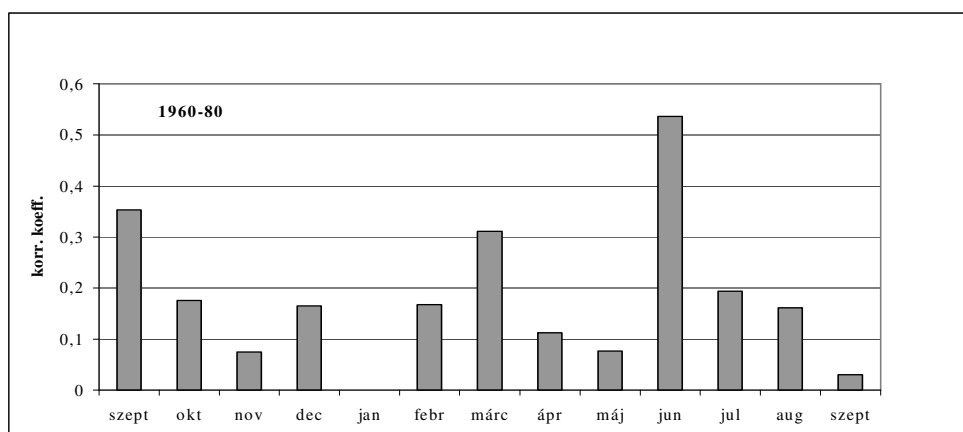
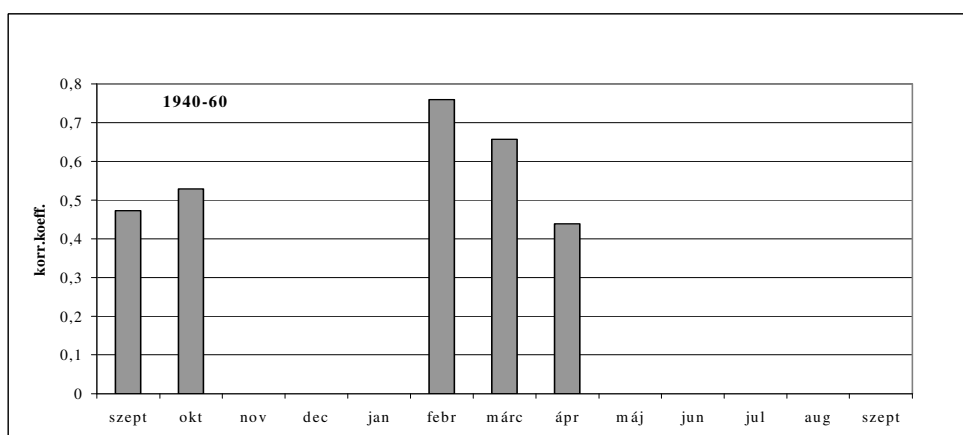
Az évgűrűindexek korrelációja a havi csapadékösszegekkel

koeff.	időszak	éves	fő felh.	fenntart.	tárolás	vegetáció	súlyozott
			időszak csapadéka				
r	1957-1994	0,36	0,47			0,41	0,56
r <sup>2</sup>	1957-1994	0,13	0,22			0,17	0,31
r	1960-1980		0,43			0,38	0,49
r <sup>2</sup>	1960-1980		0,18			0,15	0,24
r	1980-94		0,45				0,71
r <sup>2</sup>	1980-94		0,20				0,50

Az évgűrűindexek korrelációja különböző csapadékösszegekkel

koeff.	hónapok	1+2	2+3	3+4	4+5	5+6	6+7	7+8	2-4	3-5	4-6	5-7	6-8	7-9
	időszak													
r	1940-1994	0,275	0,31			0,47	0,6		0,34	0,28	0,48	0,49	0,52	
r <sup>2</sup>	1940-1994	0,076	0,1			0,23	0,37		0,12	0,08	0,23	0,24	0,27	
r	1940-1960					0,47	0,49		0,39		0,49	0,42	0,44	
r <sup>2</sup>	1940-1960					0,22	0,24		0,15		0,24	0,18	0,19	
r	1960-1980	0,442					0,48	0,64				0,56	0,62	0,46
r <sup>2</sup>	1960-1980	0,195					0,23	0,41				0,32	0,38	0,21

Az évgűrűindexek korrelációja kettő- és háromhavi csapadékösszegekkel



*11. melléklet Pomáz 75C évgyűrűindexeinek korrelációja a havi csapadékkal időszaki bontásban*

**Erdőrészlet: Pilismarót 129A**

koeff.	időszak	krit. érték	előző szept	okt	nov	dec	jan	febr	márc	ápr	máj	jun	jul	aug	szept
r	1954-1991	0,26	0,28					0,35				0,38	0,31		
$r^2$	1954-1991		0,08					0,12				0,14	0,09		
r	1960-1980	0,37						0,36				0,42			
$r^2$	1960-1980							0,13				0,17			
r	1980-1994	0,44	0,56										0,41		
$r^2$	1980-1994		0,31										0,17		

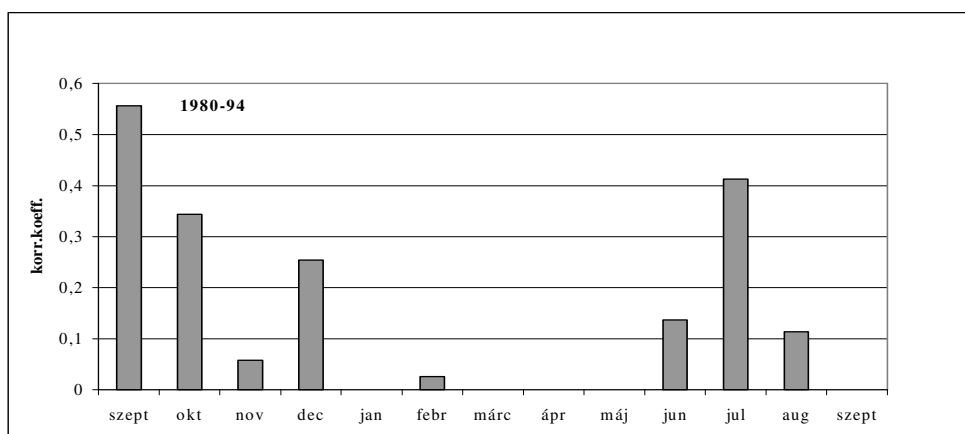
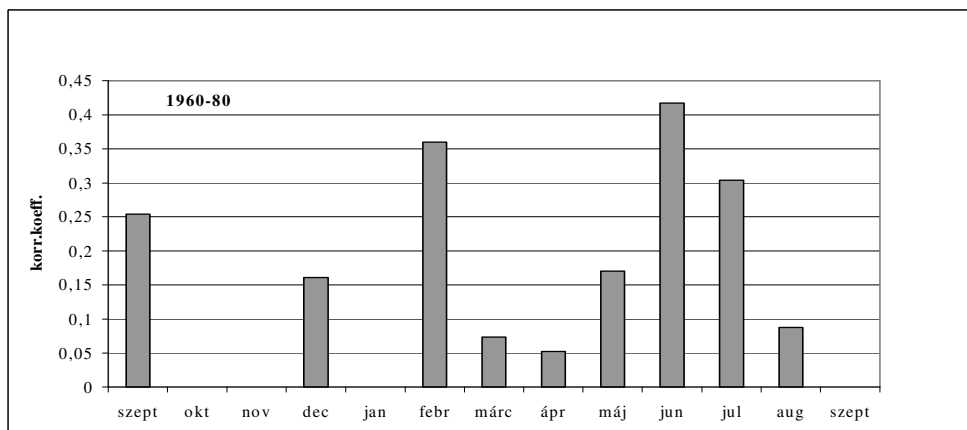
Az évgyűrűindexek korrelációja a havi csapadékösszegekkel

koeff.	időszak	éves	fő felh.	fenntart.	tárolás	vegetáció	súlyozott
			időszak csapadéka				
r	1954-1991		0,36				0,37
$r^2$	1954-1991		0,13				0,14
r	1960-1980		0,39				0,40
$r^2$	1960-1980		0,15				0,16
r	1980-1994						
$r^2$	1980-1994						

Az évgyűrűindexek korrelációja különböző csapadékösszegekkel

koeff.	hónapok	1+2	2+3	3+4	4+5	5+6	6+7	7+8	2-4	3-5	4-6	5-7	6-8	7-9
	időszak													
r	1954-1991	0,312				0,34	0,45		0,31		0,32	0,4	0,33	
$r^2$	1954-1991	0,097				0,12	0,2		0,09		0,1	0,16	0,11	
r	1960-1980					0,39	0,48					0,44	0,37	
$r^2$	1960-1980					0,15	0,23					0,19	0,14	
r	1980-1994													
$r^2$	1980-1994													

Az évgyűrűindexek korrelációja kettő- és háromhavi csapadékösszegekkel



*13. melléklet Pilismarót 129 A évgyűriindexeinek korrelációja  
a havi csapadékkal időszaki bontásban*



**Erdőrészlet: Pilisszentkereszt 46A**

koeff.	időszak	krit.érték	előző szept	okt	nov	dec	jan	febr	márc	ápr	máj	jun	jul	aug	szept
r	1930-1988	0,23								0,24		0,62			
r <sup>2</sup>	1930-1988									0,06		0,38			
r	1930-1960	0,39													
r <sup>2</sup>	1930-1960														
r	1960-1980	0,37										0,63			
r <sup>2</sup>	1960-1980											0,39			
r	1980-1988	0,44											0,75		
r <sup>2</sup>	1980-1988												0,56		

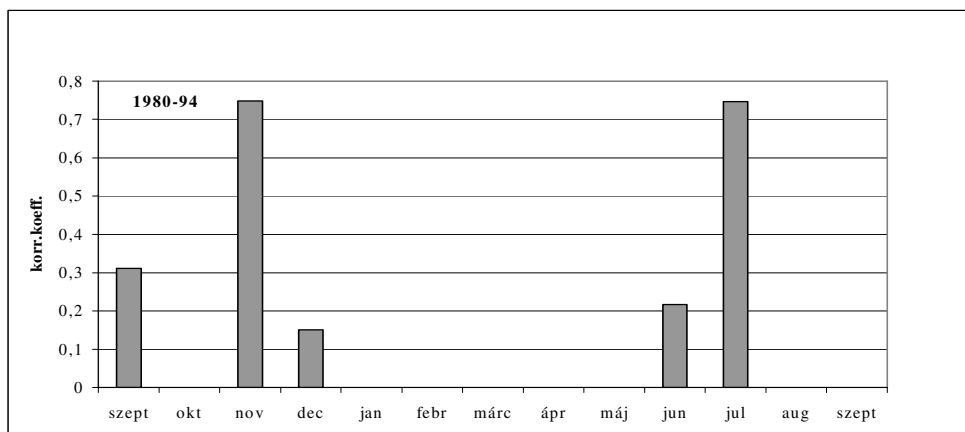
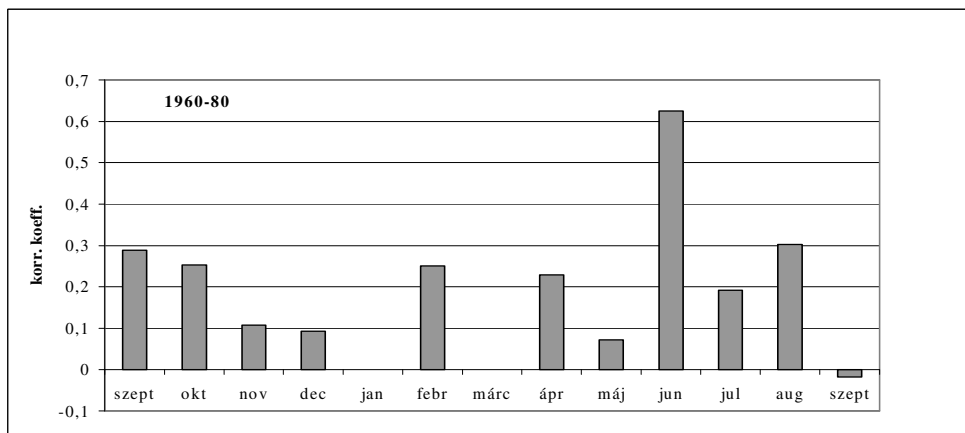
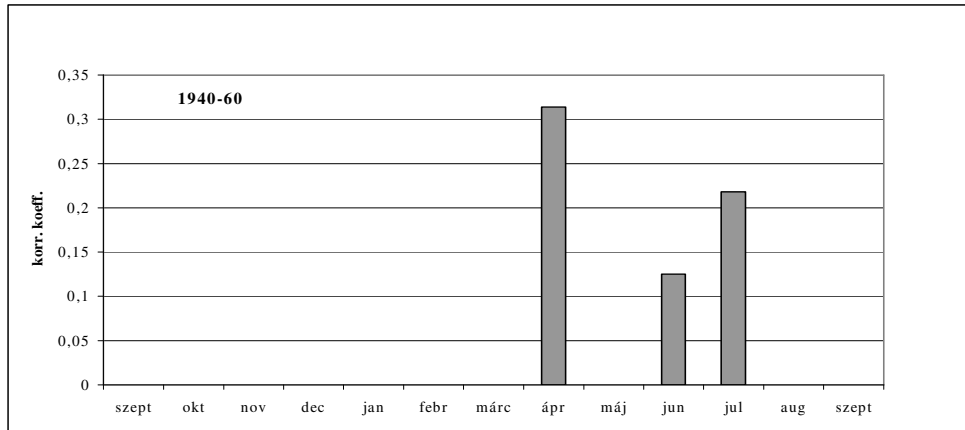
Az évgyűrűindexek korrelációja a havi csapadékösszegekkel

koeff.	időszak	éves	fő felh.	fenntart.	tárolás	vegetáció	súlyozott
			időszak csapadéka				
r	1930-1988	0,42	0,43			0,37	0,42
r <sup>2</sup>	1930-1988	0,18	0,19			0,14	0,18
r	1930-1960						
r <sup>2</sup>	1930-1960						
r	1960-1980	0,44	0,45			0,42	0,45
r <sup>2</sup>	1960-1980	0,20	0,20			0,18	0,21
r	1980-1988				0,45		
r <sup>2</sup>	1980-1988				0,21		

Az évgyűrűindexek korrelációja különböző csapadékösszegekkel

koeff.	hónapok	3+4	4+5	5+6	6+7	7+8	11-1	12-2	2-4	3-5	4-6	5-7	6-8
	időszak												
r	1930-1988			0,49	0,49				0,26		0,51	0,42	0,43
r <sup>2</sup>	1930-1988			0,24	0,24				0,07		0,26	0,17	0,19
r	1930-1960												
r <sup>2</sup>	1930-1960												
r	1960-1980			0,5	0,52	0,28					0,51	0,44	0,49
r <sup>2</sup>	1960-1980			0,25	0,27	0,08					0,27	0,2	0,24
r	1980-1988				0,53	0,32	0,7						0,49
r <sup>2</sup>	1980-1988				0,28	0,1	0,49						0,24

Az évgyűrűindexek korrelációja kettő- és háromhavi csapadékösszegekkel



15. melléklet Pilisszentkereszt 46A évgyűrűindexeinek korrelációja  
a havi csapadékkal időszaki bontásban