

Nyugat-magyarországi Egyetem
Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar
Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola

Antalfi Eszter

**Bükkábrányi fosszilis leletek fafaj azonosítása és a
Cupressaceae család egyes fajainak dendroklimatológiai
vizsgálata**

Doktori (PhD) értekezés

Témavezető:
Dr. Fehér Sándor
egyetemi docens

Sopron
2015

Bükkábrányi fosszilis leletek fafaj azonosítása és a Cupressaceae család egyes fajainak dendroklimatológiai vizsgálata

Kivonat

2007 nyarán Bükkábrányban, 7,2 millió éven át a föld alá temetett mocsárerdő felszínre kerülésével páratlan jelentőségű fosszilis növénymaradványok vizsgálatára kerülhetett sor. A mocsárerdő törzsei eredeti élőhelyükön állva, megőrizve eredeti szerkezetüket olyan ritkaság a tudomány számára, hogy kivételesen páratlan kutatási lehetőségeket nyújt a kutatók számára. Céлом az volt, hogy a mocsárerdőt alkotó törzsek átfogó vizsgálatával pontosan megállapítsam mely fajok fordulhattak elő az erdőrészletben. A fák törzseiről ránézés alapján nem lehet megmondani rendszertani hovatartozásukat, mivel nem tartalmaznak olyan sajátosságokat, amelyek alapján ez egyértelműen eldönthető lenne. A megoldás a fa belső, sejtes szerkezetében kereshető, amelyre mikroszkópi vizsgálattal kapunk választ. A fafaj meghatározása többnyire fénymikroszkópos metszetek segítségével történt, amit kiegészítettem elektronmikroszkópos és sűrűségi vizsgálatokkal is.

A dolgozat második felében, a dendroklimatológiai vizsgálat nem egy klasszikus kutatás. Ez csupán egy bevezető vizsgálat, hogy a Cupressaceae család egyes, ma élő fajainak az évgyűrű szerkezete, milyen szoros összefüggést mutat a klimatikus tényezőkkel.

Species identification of fossile finds from Bükkábrány and dendroclimatologic investigation os several species of the family Cupressaceae

Abstract

A unique fossil plant remains can be examined, when they were outcropped in the summer of 2007, near Bükkábrány. The remains were buried for 7,2 million years; the trunks of the marshland forest were standing on their aboriginal locality. The preserved original structured trunks are a curiosity, so they are unique chance for researcher. The aim was to determine the species by complex examination. There is no chance to clarify the taxonomy of the trunks by nacked eye, because they haven't got that kind of properties, which help us to answer this taxonomical question. The solution could be found in the inner, cellular structure of the wood, which can be studied by microscopy. The determination of the species mostly by light microscopic sections were done, which were complemented by electron microscopic and density studies.

The dendroclimatologic investigation in the second part of the thesis is not a classical research. It is only an intraductory research on the correlation between the annual ring structure and the climatic factors of several currently occurring species of the family Cupressaceae.

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	7
2	Visszatekintés a felső miocén korba	10
2.1	Az erdő földtörténeti háttere	10
2.2	Az erdőrézlet kialakulása	12
2.3	A fenyőerdő vizsgálata	13
2.4	Megmentett törzsek konzerválása	14
2.4.1	Cukros konzerválás.....	14
2.4.2	Egyéb konzerválási módszerek alkalmazása.....	15
3	Kutatási előzmények	17
3.1	Fafaj meghatározások.....	17
3.2	Évgyűrűszerkezeti vizsgálatok.....	19
3.2.1	Az évgyűrűk képződése, jellemzése	20
3.2.2	Évgyűrűk méretét befolyásoló tényezők.....	21
3.2.3	Évgyűrűk szabálytalanságai	23
3.2.4	Élő fák és kidöntött faanyag évgyűrűvizsgálata, korának meghatározása	24
4	Vizsgálati anyag és módszer.....	26
4.1	Fafajmeghatározás.....	26
4.1.1	Fafaj meghatározás fénymikroszkóppal.....	28
4.2	Dendroklimatológiai vizsgálatok	31
4.2.1	Mintavételezés	31
4.2.2	Minták előkészítése, mérése.....	32
5	Elváltozások a fosszilis maradványokon.....	33
5.1	Elemi összetétel vizsgálata EDX detektorral	34
6	A Bükkábrányi törzsek fafaj meghatározása	40
6.1	A 2-es törzs xylotómiai leírása.....	40
6.2	A 4-es törzs xylotómiai leírása.....	42
6.3	Az 5-ös törzs xylotómiai leírása.....	44
6.4	A 6-os törzs xylotómiai leírása.....	46
6.5	A 7-es törzs xylotómiai leírása.....	48
6.6	A 9-es törzs xylotómiai leírása.....	49
6.7	A 10-es törzs xylotómiai leírása.....	51

6.8	A 11-es törzs xylotómiai leírása.....	53
6.9	A 13-es törzs xylotómiai leírása.....	56
7	A kontroll fajok vizsgálata.....	58
7.1	Mocsárciprus (<i>Taxodium distichum</i>)	59
7.2	Tengerparti mamutfenyő (<i>Sequoia sempervirens</i>)	61
7.3	Kínai mamutfenyő (<i>Metasequoia glyptostroboides</i>).....	63
7.4	Sűrűség vizsgálat.....	65
7.5	Udvaros gödörke és a kereszteződési mező gödörkék vizsgálati adatainak kiértékelése variancia analízissel.....	66
7.6	A faj meghatározás eredményeinek összegzése.....	73
7.7	A mocsárciprus és a tengerparti mamutfenyő xylotómiai jellemzése.....	76
7.8	A Mocsárciprus és a Tengerparti mamutfenyő elterjedése.....	79
8	Dendroklimatológiai vizsgálatok eredményei	83
8.1	Minták adatai a dendroklimatológiai vizsgálatokhoz.....	83
8.1.1	Minták származási helyei.....	83
8.2	Törzsek kódolása.....	86
8.3	Növekedésmenet illusztrálása	87
8.4	Évgyűrű elemzés CReMIT és diagramos módszerrel	89
8.5	Évgyűrű elemzés évgyűrű szélességgel.....	92
8.5.1	Évgyűrű szélesség és a hőmérséklet kapcsolata.....	92
8.5.2	Évgyűrű szélesség és a Nováky klímaindex kapcsolata	95
8.5.3	Évgyűrűszélesség és a felületi párolgás kapcsolata.....	96
8.5.4	Évgyűrűszélesség és a FAI kapcsolata	97
8.5.5	Évgyűrűszélesség és az amplitúdó kapcsolata	99
8.6	Évgyűrű elemzés körlapnövedék mentén	100
8.6.1	Körlapnövedék és a hőmérséklet kapcsolata.....	100
8.6.2	Körlapnövedék és a Nováky klímaindex kapcsolata.....	102
8.6.3	Körlap növedék és a felületi párolgás kapcsolata.....	104
8.6.4	Körlap növedék és a FAI kapcsolata	105
8.6.5	Körlap növedék és az amplitúdó kapcsolata	107
8.7	Évgyűrű elemzés és a csapadék kapcsolata	109
9	Tézisek.....	112

10	Összefoglalás	114
11	Irodalomjegyzék.....	116
12	Ábrajegyzék.....	121

1 Bevezetés

Egyedülálló, kb. 7,2 millió éves, 16 törzsből álló erdőrészletet találtak a Mátra Erőmű Zrt. bükkábrányi bányájában a bánya dolgozói 2007 nyarán (1. ábra). Ez a fosszilis erdőrészlet, mely a felső miocén korból származik, 16 fából állt. A lelet együttesre 60 méteres mélységében találtak rá, Magyarország második legnagyobb külszíni bányájában. A 60-62 méter mélyen dolgozó nagy kotrógépek helyett itt kisgépekkel folyt a munka, s ennek köszönhető, hogy sikerült észrevenni a „fal” bontása során előbukkanó fákat.

Az erdőrészlet minden faegyede az eredeti helyén állt, s az egykor 40 méter magasságot is elérő fák, 6 méter törzhosszban láttak napvilágot. Veres János vezetésével a miskolci Herman Ottó Múzeum régészcsoportja fogott a mentési munkálatokba a 3500 négyzetméteres terepen. A fák nem kövesedtek el, hanem hosszú-hosszú évmilliókra megőrizték eredeti szerkezetüket. A célom az volt, hogy a mocsárerdőt alkotó törzsek átfogó vizsgálatával pontosan megállapítsam mely fajok fordulhattak elő az erdőrészletben.

A páratlan földtörténeti és paleobotanikai lelet eltemetődésének, konzerválódásának és egykori életterének kutatására, rövid időn belül több tudományág együttműködésével alakult meg egy kutatócsoport, melynek célja a faanyagok megmentése. Egy fát megpróbáltak kiemelni a földből, de az darabokra esett szét, ezért a többi fa épségben maradásának érdekében azonnal leállították a termelést. A fatörzsek körül eltávolították az iszapot, s aprólékos munkálatokkal megtisztítottak minden egyes fát.



Fotó: Börcsök (2007)

1. ábra A bükkábrányi bánya

2007 nyarán további öt fa semmisült meg, s csak tízet sikerült épségben a felszínre hozni, melyeknek súlya egyenként a tíz tonnát is elérheti. Mivel a fák már elvesztették cellulóztartalmuk egy részét (Hofmann 2007), amely a sejtfalak állékonyságáért felelős, és nagyobb arányban a plasztikus lignin maradt meg. A nedves konzerváló anyagból kikerült fák fokozatosan elkezdtek kiszáradni. Ennek következtében szétrepedeznek, a külső részek lepattogzanak, és gyakorlatilag fokozatosan, lassan szétporladnak. Szerencsére négy fatörzset,

a legnagyobb körültekintéssel és szigorú biztonsági intézkedések mellett 2007. augusztus 8-án a miskolci Herman Ottó Múzeumba, valamint további hat megmaradt fatörzset pedig a Bükki Nemzeti Parkba, az ipolytarnóci őslábnymos bemutatóhelyre szállítottak.

Évmilliókkal ezelőtt a Föld növénytakarója mind faji összetételében, mind a vegetáció mennyiségében jelentősen eltérhetett a mai állapottól. A változásokat nagyon sok tényező idézte elő, többek között a klimatikus és termőhelyi viszonyok megváltozása. A paleobotanikai kutatások alapján a növénytakarót, annak sűrűsége, valamint általánosságban az egyes egyedek méreteinek kimagasló nagysága jellemezte (2. ábra). A faji összetétel természetesen sokban eltért a mai állapottól, de ez nem jelentheti azt, hogy egyes fajok nem egyeztek meg. Erre példa, bizonyítottan a páfrányfenyő (*Ginkgo biloba*), (3. ábra), amely a mai környezetben, miközben megváltoztak az éghajlati tényezők, semmit sem változva él, mint millió évekkel ezelőtt a fajtársai.



Forrás: <http://www.sulinet.hu/foci/workshop/foldtan/eufoldtan/karbon.jpg>

2. ábra Évmilliókkal ezelőtti erdő látképe

Az évmilliók alatt lezajló földtani változások, mozgások következtében a növényvilág egyedei, hol egyszerre hirtelen nagy mennyiségben, hol fokozatosan kerültek a felszín alá, ahol a megváltozott körülmények hatására fokozatosan veszítették el fizikai jellegüket. Ma ezen maradványoknak a felszínre kerülésével, fosszilis maradványokról beszélünk. Az évszázadok során már nagyon sokszor kerültek elő különböző uszadék fák, vagy

kéregdarabok, de többnyire nem eredeti környezetükben, vagy élőhelyükön, hanem bizonytalan földrajzi körülmények között. Európában is számtalan lelőhelyen találtak fosszilis maradványokat (Pinna et al. 2000), többek között Magyarország területén is. Hasonló fatörzs került elő, Bükkábránytól mindössze 50 km-re fekvő gyöngyösvisontai lignitbányában egy *Sequoioxylon gypsaceum* (Pálfalvy, Rákosi 1979), amelyet Greguss a mai tengerparti mamutfenyőhöz (*Sequoia*



Forrás: <http://users1.ml.mindenkilapja.hu/users/berzetok/uploads/Mamutfenyok.ppt>

3. ábra Páfrányfenyő

sempervirens) hasonlít. Ezek a paleobotanikai maradványok, mint ahogy a körülményektől várható volt, különböző mértékben elkövesedtek. A magyarországiak közül talán a legismertebb az Ipolytarnócon talált lelet (4. ábra). Az ipolytarnóci fakövelet a vizsgálatok alapján olyan kihalt fenyőfaj, amely sem ma élő, sem fosszil, azaz korábban kihalt, konzerválódott fajokkal nem mutat azonosságot (Tuzson 1901).

Leginkább a pinus-félékhez hasonlít az anatómiai szerkezete, ezért így *Pinus tarnocziensis* néven írta le Tuzson. Greguss (1967), a megkövesedett maradványt *Pinoxylon tarnocziensis*nek nevezte el később. A bükkábrányi mocsárerdő fái azonban, élőhelyükön állva, megőrizve eredeti szerkezetüket olyan ritkaság a tudomány számára, hogy kivételesen páratlan kutatási eredményeket és értelmezési lehetőségeket nyújt a kutatók számára. Így, az egyik legősibb, a bioszférához még kötődő erdője itthon látott napvilágot, Magyarországon.



Foto: Antalfi (2008)

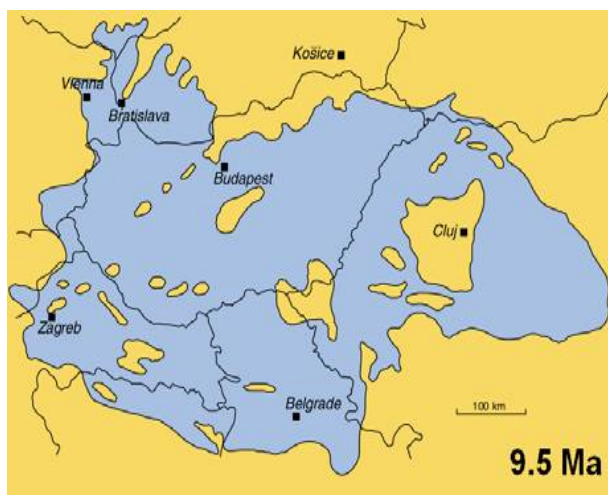
4. ábra Az ipolytarnóci ősfű

2 Visszatekintés a felső miocén korba

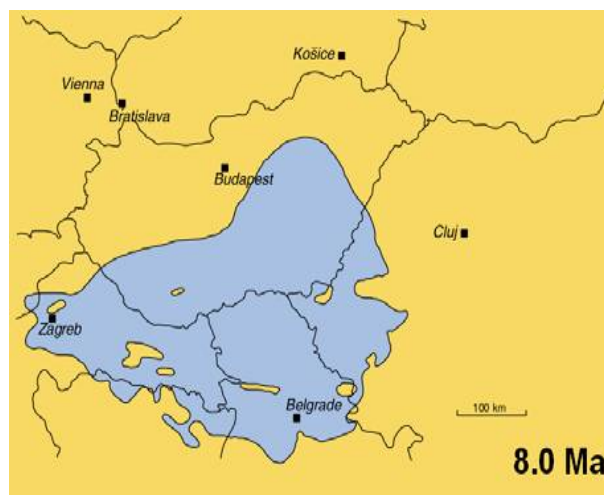
A fafaj meghatározás alapvetően két részre osztható, egy tényleges taxonómiai feltáró munkára, amelynek több módszere is lehet, valamint egy főleg szakirodalmazáson alapuló kutatómunkára. Ez utóbbi különösen akkor fontos, ha egy fából készült régészeti lelet fafaját, vagy egy ősmaradvány fajtát kell beazonosítani. A sikeres azonosítás egyik feltétele a környezettanulmány, az előzmények megismerése. E nélkül egy azonosítási munka téves eredményre is vezethet.

2.1 Az erdő földtörténeti háttere

Földtörténeti időszakot tekintve, az erdő végighúzódik a Mátraalján, ami egykor Pannon-tenger északi partsávján élő mocsaras erdősáv volt. Ez magába foglalja az ország keleti felét, ami mai viszonylatban tökéletes egybeesést mutat a Gyöngyöstől Polgárig nyúló lignitmezővel. Az északról érkező folyók feltöltő munkája révén a Pannon-tó partvidéke a felső miocénben, ami 6-12 millió éve volt, a mai Északi-középhegység lábánál húzódott, és eszerint a mai Bükkábrány térsége is partvidéki terület volt. A Pannon-tenger legnagyobb méretét kb. 9,5 millió éve érte el (5. ábra), majd mérete, folyamatosan változott, míg kiterjedése 8 millió évvel ezelőtt a 6. ábrán látható méretűre csökkent (Magyar et al. 1999).



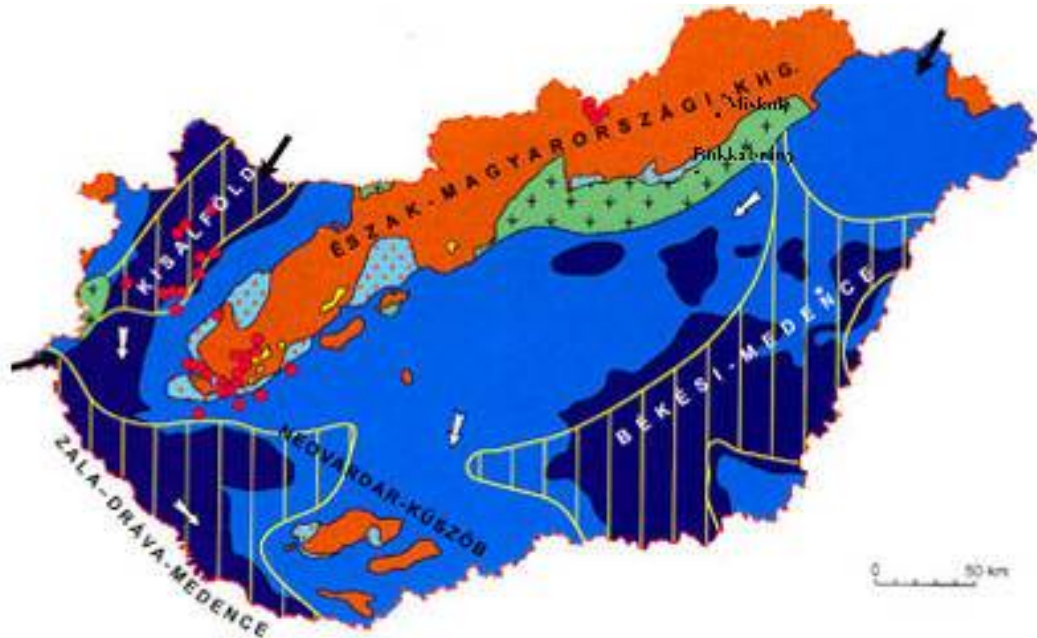
Ábra: Magyar et al. (1999)



Ábra: Magyar et al. (1999)

5. ábra A Pannon-tenger 9,5 millió évvel ezelőtt
6. ábra A Pannon-tenger 8 millió évvel ezelőtt
Az erdősáv, és a Pannon-tenger partvidékének (6. ábra) változásainak alapján, a bükkábrányi erdőrészlet pusztulását a felső-miocén időszakon belül, 8 millió év körül határozhatjuk meg (Andacs 2007). Ebben az időszakban még a mai Magyarország csaknem teljes területét a

Pannon-tenger borította (7. ábra). Ezt a kései időpontot támasztja alá az a jelentős mennyiségű, több méter magas lignitréteg, amely felhalmozódott az erdő egykori szintje alatt.



<http://www.geographic.hu> (2007)

7. ábra A Pannon-tó elhelyezkedése a mai Magyarországon a miocén kor végén
(kék szín – Pannon-tenger, zöld – mocsár, piros – szárazföld)

A földtörténeti felső-miocén időszakban intenzív felszínformáló erők okozták a kontinensek mozgását. Közép-Európa két legjelentősebb hegyláncolatából (Alpok és a Kárpátok) érkező Ős-Duna és Ős-Tisza, a Kárpát medencét kitöltő Pannon-tengerbe ömltek. Ezek az édesvízi folyók töltötték fel nagy mennyiségű hordalékanyaggal (Kázmér 2007).

Az egyre kiszélesedő partvidék növényvilágát zömmel fenyőfélék képviselték, egyik leggyakoribb növénye a mocsárciprus lehetett, amely akkoriban egész Euráziában elterjedt. A térségben ekkor szubtrópusi éghajlat uralkodott, ahol pálmák, égerek és gyékényfélék is jellemzőek voltak. A mocsárciprus-erdők a part menti területeket borították és a tenger előrenyomulásával és visszahúzódásával állandóan változott az elöntés mértéke. Ezen erdők pusztulása eredményezte a hazai lignitképződést.

2.2 Az erdőrézlet kialakulása

Az erdőrézletet, egy hirtelen felhalmozódott homokréteg ölelte körül, ami közel 6 méter vastagságban helyezkedett el. Ez a réteg megakadályozta, hogy a fenyők kidőljenek, vagy lignitté váljanak, valamint 7,2 millió évre konzerválta azokat és szerkezetükben csak minimális változást okozott. Ismerve a 20 millió évvel ezelőtti ipolytarnóci leleteket, melyek megkövesedett fatörzsekből állnak, hasonló jelenségre számítottak a kutatók, amikor előkerültek a bükkábrányi maradványok. Az erdőben több olyan hatást véltek felfedezni, ami saját életterében eltemetődés előtt is jelen volt, például az aljnövényzet, vagy az uszadék fák. A korabeli erdő fáit eltérő életkor jellemezte, egyaránt képviselve voltak fiatal egyedek, csemeték, valamint idős egyedek is, pusztuló odvas fák.

Általános esetben a talajba kerüléssel megkezdődik a fosszilis diagenézis, vagyis a kövesedés folyamata, de ez nem jött létre a bükkábrányi mocsárerdő lelőhely körülményeinél. A nedvesség nagy szerepet játszik a sajátos konzerválódási folyamatok kapcsán. Az már bizonyos, hogy nem fokozatos feltöltődésről volt szó, hanem hirtelen végbement, drasztikus változás következett be. A 6 méter vastagságú nedves homok vagy iszapréteg, beborította az erdősáv talajszint közeli zónáját, így azt légmentesen lezárta. Mivel levegő nem érintette a leleteket, valamint folyamatosan jelen volt a nedves közeg, ami a konzerváló hatása mellett, minimálisra csökkentette a megkövesedés folyamatát, ezért a fák épségben maradtak. Az is bizonyos, hogy rendkívül alacsony széntartalommal rendelkeznek ezek a törzsek, viszont különböző mértékű markazitkiválás észlelhető a fák felületén.

A hirtelen bekövetkezett katasztrófa által kialakult erdősáv eltemetődésének hátterében egy föld, vagy iszapcsuszamlást feltételezhetünk. A földtani szelvények és a beágyazó homokréteg vizsgálata alapján, hullámzásra, valamint víz mozgatta rétegekre találtak bizonyítékot. A betemető homokréteg szemcséi alig koptatottak és felületük fényes, ami arra utal, hogy az üledékanyag kis távolságból érkezett és folyami eredetű. A víz mozgatta kavicsrétegek elrendeződésében bizonyos szintű irányultságot is észrevehetünk, mely egy észak-déli irányú eseménysort mutat a felső-miocén korban (Jáger 2007, Hámor-Vidó et al. 2010).

2.3 A fenyőerdő vizsgálata

A Természettudományi Múzeum paleobotanikusainak vizsgálata alapján megállapították, hogy az erdő mocsárciprusokból áll. Ez a fenyőfaj napjaikban is őshonos olyan szubtrópusi vidéken, mint Észak-Amerika floridai része, Észak-India, Ausztrália, valamint Tanzánia. Hazánk arborétumaiban nemesített fajtái, a mai napig élnek. A törzsek elérhetik a 40-45 méter magasságot is, és 3 méter átmérőjű törzse védi a kidőlés veszélyétől. Ezek adatok alapján, valamint a törzsek egymás közötti távolságából, megállapítható az egykori lombkorona nagysága, s ez által a fák közötti fényviszonyok is. A fák méreteit tekintve, olyan sűrű lehetett a lombkorona, hogy alig jutott fényhez az aljnövényzet és a talajszint. A fák mintavételezésekor több egyeden a korhadás nyomait figyelhettük meg, melyek bizonyos egyedek pusztulását is mutatják, mindemellett egy rendkívül összetett, különböző korú egyedekkel képviselt erdő lehetett (Veres 2007, Kázmér 2007).

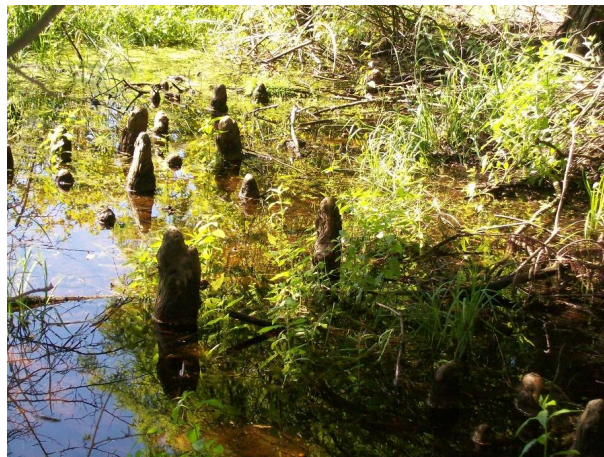
A bükkábrányi leletek szerves, még vizsgálható állapotú fák, így az elkovásodott maradványokhoz képest - mint amilyenek, például a szintén miocén kori ipolytarnóci kovásodott fatörzsek - másfajta természettudományos adatokhoz is hozzájuthatnak a kutatók. Az Eötvös Lóránd Tudomány Egyetem dendrokronológusai megvizsgálták a fák évgyűrű szerkezetét, ahol rendkívül sűrű, emberi ujjlenyomatra emlékeztető évgyűrűrendszert figyeltek meg (Veres 2007). Egy-egy fa 300-400 éves lehet, s mivel valószínűleg nem egyidősek, a 16 fa évgyűrűiből akár 1000-1500 évet felölelő adatsort is létre lehetne hozni.

Rendkívüli eredményt hozhat a fák gyökérzetének vizsgálata is. A mocsárciprus gyökérzetének igen jellegzetes részei (8. ábra) vannak, mint pl. légzőgyökerek, melyeket a törzs körül függőlegesen növeszt ki a talajszintből. A fák olyan lápi környezetben élhettek, ahol a talaj igen nagy vastagságú és növényi törmelékből halmozódott fel. A fák gyökérszónájában olyan csúszási felületek találhatóak, melyek mutatják, hogy a tőzeg felhalmozódás folytatódott a betemetődés előtt.

Az erdő tágabb környezetét tekintve, a szürke iszapos homokréteg, ami konzerválta az erdőt, okozta egyben az erdősáv vesztét is. A betemetett fák sokáig éltek a homokréteg fölött, és pusztulásuk nyomon követhetők az alsó rétegekben. A fák környékén rengetek ág, gally és kéregtörmelékkel találtak, melyek a föld feletti szint folyamatos pusztulását mutatják, míg az

alsó szintet évmilliókon át megőrizte az azt körülvevő iszapfolyás. Mivel az elmúlt közel 10 millió évben a nedves iszap konzerválta a fákat, éppen ezért most a száradás volt a legnagyobb ellenségük, valamint a megváltozott környezeti tényezők következtében megjelenő különböző kórokozók és gombák.

Ha körültekintünk a 8 millió évvel ezelőtti élővilágban, a felső miocén kori kihalt őssálatokat találjuk a földgolyón, szubtrópusi klímát és a kontinensek végső kialakulása követhető nyomon. Az állatvilágot olyan fajok alkották, mint a mai elefántok ősei, a masztodonok, kardfogú tigrisek, erszényesek vagy a szarv nélküli orrszarvú fajok. Az erdőrézlet sekély tengerben állhatott, erre utalhat az a tény is, hogy korábban őshal maradványokat is feltártak már a térségben (Kordos 2007).



Fotó:Antalfi (2014)

8. ábra Mocsárciprus légzőgyökerei

2.4 Megmentett törzsek konzerválása

Az épen maradt törzsek konzerválása nagy problémát jelent, mivel hasonló átmérőjű, ill. kiterjedésű faanyag konzerválására még sehol a világon nem volt példa. 2007 őszén a miskolci Herman Ottó Múzeum két szakmai konferenciát szervezett olyan hazai és nemzetközi tapasztalatokkal rendelkező szakemberek számára, akik kellő áttekintéssel rendelkeznek a magas víztartalmú fatörzsek konzerválásában. Az anyagvizsgálatra mintadarabok kiküldésére került sor több belföldi (NymE, ELTE), és külföldi kutatóhelyre is, valamint elkészültek a geológiai tanulmányok is, a lelet kialakulásának feltételezett módjáról (MME).

2.4.1 Cukros konzerválás

A négy darab, miskolci Herman Ottó Múzeumba szállított ősmaradvány (egyenként 3-4 tonna tömegű) közül kettőt, a nemzetközi gyakorlatban már a 80-as évektől ismert és alkalmazott (pl. Biskupin) cukros eljárással konzerváltak. A konzerválás feltételeinek megteremtéséhez, szükséges volt egy olyan 6 méter belmagasságú csarnok megépítése,

melyben a három darab 4,5m magasságú, egyenként 15-20 m³ űrtartalmú, rozsdamentes tartály és a szükséges gépészeti tartozékokkal a konzerváló tér kialakítható. Ebben a térben kerültek kialakításra olyan zárt raktárterek, melyekben az esetenként méregalapú szükséges vegyszerek és a konzerváláshoz használt több tonnányi cukor elhelyezésre került.

A két tartályba 15 m³ víz került. Az ősfák víztartalma szokatlanul magas volt, 58%-os, így egyenként 21 m³ víztartalommal rendelkeztek. Az algásodás megelőzése érdekében, a fákat telítő és körülvevő vízhez 5%-os mennyiségben Kemobicid-DP3 gombaölő oldatot adtak, ez leletenként 500 liter vegyszert jelent.

A cukros oldattal való telítés gyakorlatilag 2008. február 4-én kezdődött. Az oldat töménységét hetente fokozták, 400kg kristálycukor hozzáadásával. 2008. július 23-tól november 13-ig technikai okok miatt leállt a telítés, majd 2008. november 17-től ismét folytatódott a cukoradagolás, de hetente már csak 200 kg cukrot tettek a tartályokba.

2010-ben 40-45%-os telítésnél tartottak, az oldat töménységét folyamatosan növelve, körülbelül 70%-os töménységet terveznek elérni, hogy a faanyag sejtszerkezetét megfelelő szilárdsági állapotba hozzák. Ez, egy ilyen tömegű faanyag esetében, több éves folyamat. A telítettség mértéke, időközönkénti tömegváltozás ellenőrzésével történik, melyhez nagy tömegek megemelésére alkalmas darukat alkalmaznak és három azonos eredményt mutató mérés azonossága adhat megbízható eredményt. A fákat 75%-ban tudták telíteni, majd a konzerválás befejező szakaszában a fákat vászonba csavarva, homok alatt egy éven keresztül szárították. A törzsek jelenleg megtekinthetőek, a múzeum új épületszárnyában, mely 2013. november 20-án nyitotta meg kapuját, és amit a nagyközönség „Pannon-tenger Múzeum” néven ismert meg. A faanyagok szálmegerősítésének befejeztével, még szükséges a felületek preventív védelme is. A vízben tárolt fát, jelenleg is a tartályban tartják, kiszáritásra nem került sor (Morgós1987, Bánfalvy 2007).

2.4.2 Egyéb konzerválási módszerek alkalmazása

A cukros konzerválás módszerét még sohasem alkalmazták hasonlóan nagy méretű, és tömegű faanyag tartósítására, fixálására. Ennek következtében a várható eredmény kétséges. A harmadik törzsnél, amit szintén tartályban tárolnak, részben műgyantás konzerválást

alkalmaztak. Kemobiciddel és Na_2CO_3 -al felügyelt a folyamat, ahol a konzerválás HOLZ-3011 műgyantás átítással történt. Az eljárás lényegében a magas víztartalmú faanyag telítését jelenti egy olyan epoxigyantával, mely lehetővé teszi a kiállíthatóságot, de a cukros konzerválással ellentétben nem ad felületet a további természettudományos kutatásokra. Ebbe a tartályba 14 m^3 vizet, és 450 liter Kemobicid-DP gombaölőt adtak.

A faanyag kiszárítása elsődlegesen lassú szárítással történt, de szükség esetén a lelet víztelenítése Acetonnal, Etanollal és MolarsolvP-vel érhető el. A víztelenített anyagot ezt követően Falfix márkanévű, akril bázisú impregnáló szerrel kell telíteni. A folyamat nem visszafordítható, így a későbbiekben –sikeres átítás esetén is – a tárgy nem ad felületet a tudományos anyagvizsgálatok számára, csupán bemutatási szempontok indokolják ezt az alkalmazását. Ezt a módszert alkalmazták az Ipolytarnócra szállított törzseknél is. A miskolci negyedik törzset, nedvesített, az ásatás eredeti helyszínéről beszállított homokágyban tárolták egy évig, majd kivették, és szintén az Ipolytarnócon is alkalmazott műgyantás konzerválást alkalmazták.

3 Kutatási előzmények

3.1 Fafaj meghatározások

A fák teteje vízben állt, s így az állandó hullámzás letörte koronájukat. A törzsek valószínűleg hirtelen eltemetődés következtében kerültek vizes homok alá. Jáger Viktor (2007) geológus kavicsdarabokat talált a törzs oldalára tapadt homokban, ezzel a szélvihart ki is zárta, földcsuszamlásra gyanakszik. A fák évgyűrűik alapján mintegy négyszáz évig éltek. A fák törzseiről ránézés alapján nem lehet megmondani rendszertani hovatartozásukat, mivel nem tartalmaznak olyan sajátosságokat, amelyek alapján ez egyértelműen eldönthető lenne. Egyes morfológiai bélyegek, pl. a kéreg, valamint a törzsek alaki jellemzői különböző feltételezésekre is okot adhatnak.

A törzsek napvilágra kerülését követően a szakemberek jó része, a maradványok alakjából és a kéreg jellegzetességei alapján megállapították, hogy Mocsárciprusokból (*Taxodium distichum*) álló erdőrészletet tártak fel (Kázmér 2007). Kutatások során viszont egyértelművé vált, hogy ez csak részben felel meg a valóságnak, mivel több fafaj alkotta az egykori erdőt (Molnár et al. 2008, Fehér et al. 2008). A feltárt törzsek jellegzetes morfológiája, azaz alakja, valamint a kéreg jellemzői, ill. a korábbi szakirodalmak, úgymint pl. Kordos és Begun (2002) kutatásai azonban egyértelművé tették, hogy a fosszilis maradványok a *Cupressaceae* család tagjai közé tartoznak. A ciprusfélék (*Cupressaceae*) a fenyőalakúak rendjének egyik világszerte elterjedt családja 27–30 nemzetséggel, valamint 130–140 fafajjal.

A bányában feltárt törzsek erősen terpeszesek, feltűnően bordás növéské. A kéreg durván mélyen repedezett, hosszan lefutó kéregcserepek a jellemzőek. Parában gazdag, könnyen lehántható a kéreg. A bükkábrányi fosszilis törzsek alakja és méretei, ill. kéreg tulajdonságai, valamint az európai fosszilis maradványok vizsgálati eredményei (Greguss 1955, 1967, 1972; Van der Burgh 1973, Dolezych és Van der Burgh 2004) a figyelmet a *Cupressaceae* család tagjaira irányították, úgymint a *Taxodium*, a *Sequoia*, a *Metasequoia*, és a *Glyptostrobus* nemzetségre.

A filogenetikai kutatások eredményei is a fenti nemzetségek vizsgálatát kívánják többé-kevésbé. Ugyan a négy recens nemzetség nem alkot egy monofiletikus kládot, mivel *Sequoia* és a *Metasequoia*, esetleg a *Sequoiadendron* nemzetségek kapcsolódnak szorosabban egymáshoz, azaz alkotnak egy kládot. Ezzel szemben a *Glyptostrobus* egy másik kládot alkot a *Crytomeria* nemzetséggel együtt, amelyhez a *Taxodium* már inkább kapcsolódik, így

képezve egy kládot (Li 1998, Kusumi et al 2000). A korábbi európai fossziliák vizsgálata azonban egyértelműen arra utal, hogy nem szabad kihagyni a vizsgálatok közül a *Taxodium*, *Glyptostrobus*, *Sequoia* és *Metasequoia* nemzetségeket. A filogenetikai kutatások igényelnék még a *Cryptomeria* nemzetség vizsgálatát is, de a Bükkábrányban talált fossziliák morfológiája, valamint a korábbi fosszilis maradványok vizsgálati eredményei alapján, ezen nemzetséget ki lehet hagyni a vizsgálatokból.

A faj meghatározás valós megoldása azonban a fa belső, sejtes szerkezetében kereshető, amelyre mikroszkópos vizsgálatokkal kaphatunk megnyugtató választ. A keresztmetszet mikroszkópos képén jól láthatók a tracheidák, a sugármetszeten pedig a bélsugarak tűnnek fel. Megfigyelték a bélsugarak szélességét, és hogy hány sejtsorosak, valamint azokat a sejtfalvastagodásokat is, amelyek az érintői sejtfalakon találhatóak. A sugárirányú metszet a bélsugarsejtek sajátosságait mutatja, valamint a tracheidák sugárirányú falán található és gyakran döntő jelentőségű úgynevezett gödörke típusokat. A vizsgálatok kimutatták, hogy a Bükkábrányból előkerült fatörzsek valóban a - korábban is feltételezett - mocsárciprus-félékhez (*Taxodiaceae*) tartoznak. A sugárirányú metszeten jól láthatók a kétsoros, udvarosgödörkék és a mocsárciprus-félékre jellemző kereszteződési mező gödörkéi. Ugyanakkor azt is kimutatták ezek a vizsgálatok, hogy a fák nem egyetlen fajhoz, sőt nem is egyetlen nemzetséghez tartoztak (Molnár et al. 2008, Fehér et al. 2008, Hably 2008). Ezek a vizsgálatok egy olyan fajt jelöltek meg, amely már kihalt (*Taxodioxylon germanicum* (Greguss) Van der Burgh) és a mocsárerdő uralkodó fafajai lehettek. Azonban más nemzetség fajtái is előfordulhattak, mint pl. a *Cupressaceae* családhoz tartozók, *Taxodium*, *Glyptostrobus*, *Cryptomeria*, *Sequoia*.

A termikus vizsgálatokból megállapították, hogy a régészeti faminták nagyobb termikus stabilitást mutatnak, ami elsősorban a lignintartalom relatív növekedésével magyarázható. A kontroll faminta 50%-ban tartalmaz cellulózt, és 37%-ban lignint. Az ősfáknál, a sejtfalakat szilárdító, rugalmas cellulóz nagyrészt lebomlott mindösszesen 20-30% körüli értéket mutatnak, míg a plasztikus lignin aránya így megnőtt 85–92%-ra (Hofmann et al. 2007, Molnár et al. 2008, Hámor-Vidó 2010). Ezek a vizsgálatok a fajra vonatkozóan is kiterjedtek. Egy álló fát és egy uszadék fát vizsgáltak meg a fametszetek alapján, ahol az előbbinek a faja mocsárciprus (*Taxodium distichum*), míg az utóbbi egy tengerparti mamutfenyő (*Sequoia*

sempervirens). Ez volt az első olyan vizsgálat, amely már kimutatott egy másik fajt is, az addig az összes törzset mocsárciprusnak vélt feltételezés mellett.

3.2 Évgyűrűszerkezeti vizsgálatok

A fák növekedésével az erdészet kialakulásának a kezdetétől foglalkoznak a kutatók és a szakemberek. Arra a kérdésre keresték a választ, hogy adott körülmények között meddig és milyen gyorsan növekszenek az egyes fajok egyedei, mert ezen ismeretek alapján nagyobb sikerrel lehetett az erdőgazdálkodás helyes gyakorlatát kialakítani. Fontossá vált annak ismerete is, hogy milyen tényezők és milyen mértékben befolyásolják a környezeti rendszerek működését, milyen hatással vannak az egyes fajokra, egyedekre. Ez a tudományág visszavezethető egészen Leonardo Da Vinciig, akihez köthető az az elméleti gondolat, hogy fák évgyűrűiről megállapítható a száraz és csapadékos évek sorrendje (Stallings 1937).

A természetben nincsen szabályos, folyamatos, egyirányú fejlődésmenet, nincs szervezet, amely töretlenül nőne. Általában periodikus és aperiodikus szakaszok váltják egymást. A növekedés ingadozása legtöbbször szabálytalan, és csak ritkán felel meg csillagászatilag megállapított ciklusoknak, mint amilyen a napok vagy évszakok váltakozása. A mérsékelt és boreális égövi fáknek elsősorban az éghajlati hatások miatt az a különleges sajátossága alakult ki, hogy növekedésük ciklikusan zajlik, és a belső szerkezetükben is nyomon követhető (Greguss 1945).

A fák növekedésének üteme visszatükrözi az adott termőhely adottságait, azaz az adott faj igényeinek való megfelelését, valamint mindazon hatásokat, melyek az egyedeket életük során érik, akár közvetlenül (pl. rovarkárosítók), akár környezeti viszonyok változásán keresztül, pl. csapadékviszonyok, hőmérséklet. Az élővilágban egyedül a fák alakult ki az a sajátossága, hogy növekedésüket évgyűrűikkel hosszú életük folyamán rögzíteni tudják. A fák vastagodása, közvetve a magassági változása is, az évről évre egymásra épülő palástokból évtizedekre visszamenőleg — öreg fákon néha évszázadokra — megállapítható. Mivel a fák növekedését a faji és egyedi öröklött tulajdonságokon kívül a környezeti tényezők befolyásolják, évgyűrűelemzéssel a környezet változásaira következtethetünk. Ezeknek az összefüggéseknek a feltárásával, a fák éghajlati kapcsolatával foglalkozik a dendroklimatológia (Majer 1972, Grynaeus 1994, Csókáné 2002).

A dendroklimatológia, a jelenkori és a múlt időjárási eseményeit tanulmányozza a dendrokronológia segítségével. Az időjárási (klíma) tényezőknek az évgyűrűk növekedésére gyakorolt hatását vizsgálja. Többnyire a tavaszi és őszi pászta vastagságából következtet a klímára. Ezek alapján kell vizsgálni a fák évgyűrűszerkezetét.

3.2.1 Az évgyűrűk képződése, jellemzése

A fa, mint minden növény sejtekből épül fel. A fatestet a kambium osztódása által, egy év alatt gyűrűalakban képződött fás szövetek- évgyűrűk alkotják. Az évgyűrűk a mérsékelt övi fák fatestének mindhárom metszetén felismerhetők. A keresztmetszet, a legmeghatározóbb az évgyűrűk elkülönítésében, ahol a bél körüli koncentrikus körök többnyire markánsan, jól elkülöníthetők. A sugármetszeten az évgyűrűhatárok párhuzamos vonalakként, a húrmetszeten szabálytalan görbék, vagy parabolikus vonalak alakjában láthatók. Összességében minden egyes anatómiai felületnek megvannak a jellegzetességei, sajátosságai, de a dendroklimatológia szempontjából fontos információk a bütüfelületről olvashatók le.

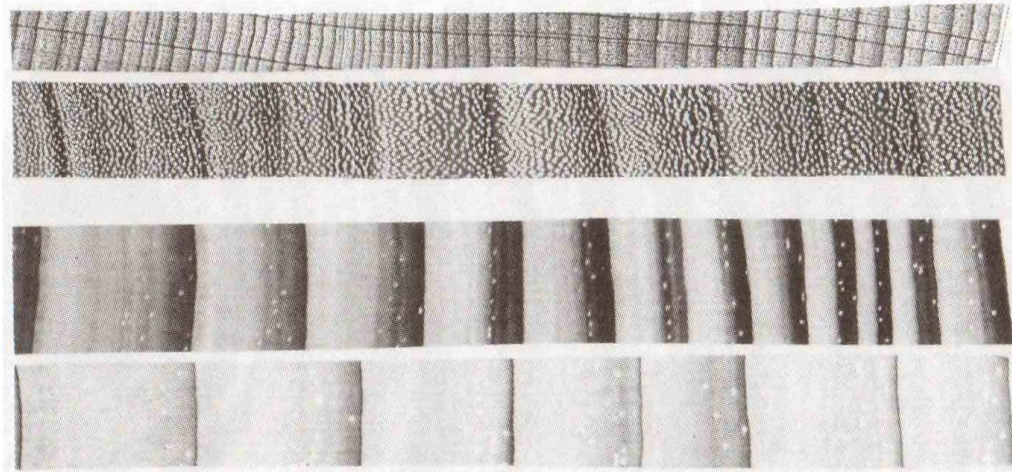
Az évgyűrűk egy igen sajátos megfogalmazása Hoadley (1990) nevéhez fűződik, aki azokat ökológiai leképezések által létrejött információs adatbanknak nevezi, igen találóan. A mérsékelt övi fákon, mindhárom metszetén (kereszt-, húr-, sugármetszet) felismerhetők. Leginkább a keresztmetszeten a szembe tűnők, mint a bél körüli koncentrikus körök vagy ellipszisek. A mérsékelt égöv fáiban a vegetációs idő befejeztével a kambium működése leáll, tehát a sejtek szaporodása, a szövetek kialakulása csak egy bizonyos periódusra korlátozódik. Tavasszal a fejlődésnek induló korona hirtelen nagy vízigényt támaszt, ezért több és nagyobb átmérőjű szállítóelem keletkezik. Amikor kialakult a teljes levélzet, és az ehhez szükséges szállítófelület rendelkezésre áll, az évgyűrű további részében inkább szilárdító, kisebb üregű, és vastagabb falú sejtek keletkeznek. Az évgyűrűben két pászta különíthető el, a tavaszi, vagy korai pászta, ami intenzívebb tápanyagfelvétel idején képződött, lazább szövetekből áll, illetve a nyáron létrejött őszi, vagy kései pászta, ami ennél tömörebb szerkezetű (Greguss 1955). A fatest műszaki tulajdonságai szempontjából, nagy jelentősége van a korai –kései pászta arányának. 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, amely számos esetben, színben is elkülöníthető. A szijács a másodlagos fásszár azon része, amelyben a szállító elemek aktívak és többnyire világosabb a színe a gesztnél. A fatest már a szállítási folyamatokban nem résztvevő, sötétebb része a geszt, ahol a sejtek különböző gesztesítő anyagokkal eltömődtek. A geszt és szijács aránya fajtól, és külső körülményektől függ, valamint termőhelyi térségekre jellemző érték. (Hoadley 1980).

3.2.2 Évgyűrűk méretét befolyásoló tényezők

Az évgyűrűvizsgálatoknak sok alkalmazási területe ismert. Ezek közül két kiemelkedően fontos irány van, az éghajlat rekonstrukciós kutatás és a kormeghatározási eljárás. Megfigyelhető, hogy milyen kapcsolat áll fenn az évgyűrűk szélessége és egyes klimatikus jellemzők között, vagyis az időjárás és klíma mennyiben befolyásolja a fák növekedését. Az egyik legnagyobb szerepe a termőhelyi tényezőknek van, elsősorban a csapadéknak. A meteorológiai adatok alapján, nyilvánvaló tényé vált, hogy egy adott területen a csapadék és a hőmérséklet változása nem egyenletes egy naptári éven belül. Az évgyűrűt növesztő fajok évgyűrűinek szélességváltakozása, szélsőségesebb környezeti feltételek mellett szorosabb kapcsolatban áll az időjárási elemek változékonyságával, mint kedvező környezeti viszonyok közepette. Ezen kívül más és más klímajellemzők várhatók, mint a növekedést befolyásoló faktorok a különböző éghajlati területeken (Dávid, Kern 2007). Termőhelyi befolyásoló tényezők közé tartozik a földrajzi elhelyezkedés, a topográfiai helyzet, a talaj tápanyagtartalma, valamint a különböző mechanikai hatások.

A fajtától függenek, az örökletes (genetikai) tulajdonságok, amelyek megszabják a várható életkort, a növekedés gyorsaságát, valamint az évgyűrűk szélességét is a fa egész élete folyamán és annak egyes életszakaszaiban egyaránt. Gyakorlatilag a genetika határozza meg alapvetően az évgyűrűk szélességét (Schweingruber 1996). Ennek következtében igen nagy eltérések lehetnek az évgyűrűk szélességében, ill. a korai és kései pászta arányában is (9. ábra).



Forrás: Schweingruber (1996)

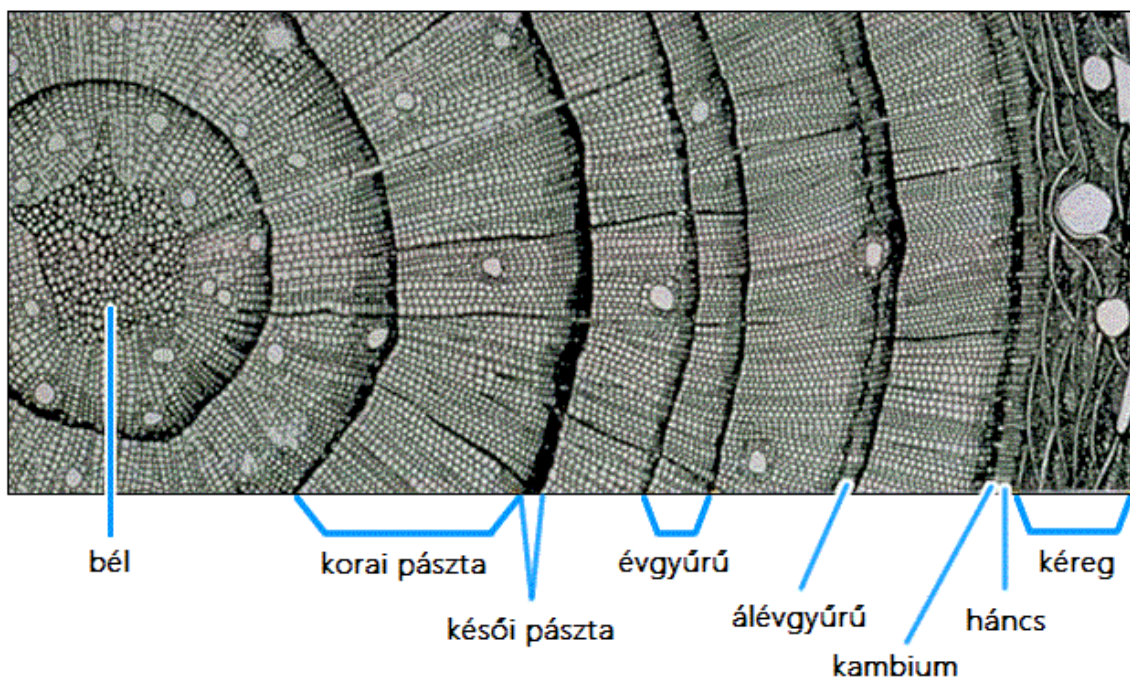
9. ábra Különböző fafajok évgyűrűszerkezetei (fönről lefelé: *Fagus sylvatica*, *Tabebuja barbata*, *Pinus sylvestris*, *Pinus strobus*)

A lassan növé fajok élete hosszabb, így kiegyenlítettebb szerkezetet mutatnak. A gyorsan növé fajok, főleg a kezdeti években, szélesebb évgyűrűket képeznek. Az évgyűrű szerkezetben jelentős eltérések mutatkoznak a fénykedvelő és az árnyéktűrő fafajok esetében, főleg életük korai szakaszában. Fontos befolyásoló tényező a fának a kora. Az évgyűrű-szélességek elemzésekor ezért az intenzív, juvenilis szakaszt ki is kell hagyni, fenyőknél ez általában 20 év, de ettől eltérhet (Schweingruber 2007). A törzsön belüli helyzetétől is függ a szöveti szerkezet. A lombkorona meghatározott vízigényt támaszt a szállító rendszerrel szemben, és ennek a vízmennyiségnek végig kell áramolnia a törzs változó keresztmetszetén. A törzs alsó részén az évgyűrű kerülete nagyobb, vagyis felfelé haladva az azonos évgyűrűk egyre vastagabbá válnak. Az állomány helyzete hatással van, az adott egyed életterére, és ettől függően fejleszt különböző méretű koronát. Az évgyűrű szélességére, pedig a korona mérete van jelentős hatással. A nagy korona ugyanis képes annyi szerves anyagot termelni, hogy az évgyűrűknek nemcsak a szállító, hanem a szilárdító keresztmetszetét is növelni tudja. Az ember is jelentősen beavatkozik a faállományok fejlődésébe, tisztításokkal és gyérítésekkel megváltoztatja az egyes fák életterét, állományon belüli elhelyezkedését, fényviszonyait, melyek végső soron mind-mind kihatnak az évgyűrűk alakulására (Majer 1972).

3.2.3 Évgyűrűk szabálytalanságai

A fásszárú növények évgyűrűszerkezetei olykor különböző szövetszerkezeti hibákat tartalmazhatnak, amelyek a növekedés különböző sajátosságai folytán alakulnak ki. Egyes évgyűrűkön belül, pl. előfordulhat, hogy a fa egy évben két évgyűrűt is növeszt. Ez az ún. álévgyűrű a lombozatot tönkretevő tényezők miatt áll elő, mint pl. többnyire fagyok, levélrágó rovarok, vagy rendkívül száraz nyár miatt. A tűzkár is ide sorolható, ami a teljes korona pusztulásához vezethet, majd korona újbóli kihajtása egy újabb évgyűrűt hoz létre ugyanabban az évben. Álévgyűrű keletkezhet továbbá akkor is, ha valamilyen élettani zavar lép fel, pl. gombakárosítás, és a kambium olyan sejteket választ le, illetve a leválasztott sejtek úgy alakulnak át, hogy védelmül szolgáljanak. A sejtek megvastagszanak, valamint konzerváló anyagot választanak ki. Az álévgyűrűkre az a jellemző, hogy egyrészt a határvonaluk nem teljes kör, másrészt pedig nem olyan éles (10. ábra). Méréskor ezt az évgyűrűt figyelmen kívül kell hagyni. A normális évgyűrűkben a tavaszi pásztája előtt zárt, éles határt képeznek, az álévgyűrűknél nem ilyen éles a különbség, és a határ is szabálytalan. (Morgós 2002).

Egy fenyő keresztmetszeti képe



<https://www.meted.ucar.edu> (2014)

10. ábra Egy fenyő keresztmetszeti képe

Nemcsak az évgyűrűk megkettőződésével lehet találkozni, hanem annak elmaradásával is. Ezeket az eseteket kedvezőtlen feltételekre lehet vonatkoztatni, amikor gyenge a hajtásképződés és kicsi a korona. Különösen az állományban tartósan alászorult egyedek törzsének alsó szakaszában fordul elő (Reukema 1959). 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. Az évgyűrűk szabálytalansága fakadhat még a külpontos bélelhelyezkedésből, amely állandó szél hatására, vagy aszimmetrikus korona hatásaként alakul ki. Elváltozásokat okozhatnak még a különböző benövések, göcsök, zárványok és repedések, amelyek a mérések során kiküszöbölhetők.

3.2.4 Élő fák és kidöntött faanyag évgyűrűvizsgálata, korának meghatározása

Mind az élő fa mind a kidöntött faanyag korának a meghatározásával foglalkozni kell, mivel a vizsgálataim során két kidölt egyedet, és 22 élő törzset használtam fel. A fa kora, a térfogata és annak egyes tényezői között a legszorosabb összefüggés áll fenn, és ezért az olyan tapasztalati táblázatokat, amelyek az utóbbiakat a kor függvényében tüntetik fel, csakis úgy lehet használni, ha a korra vonatkozó adatokat előzetesen megszereztük. Ily módon, egy faegyed ugyanannyi idős egy adott év őszen pl. októberben, mint a rákövetkező év koratavasán, pl. március elején (Schweingruber, Schoch 1992).

A kidöntött fatörzsek korának meghatározása gyakorlatilag egyszerű művelet, a vágáslapon meg kell számolni az évgyűrűket, melyek száma kiadja a vágáslap feletti törzsrész korát. Alacsony tuskómagasságnál (5–10 cm), ideális esetben, nem tévedhetünk, mivel az egyéves csemeték általában eléri ezt a magasságot. A számlálást a legkülső évgyűrűn kell kezdeni, ahol a farész a kéreggel érintkezik. A középpont felé haladva, így megkapjuk a törzs korát az adott vágáslap keresztmetszvényére. Ehhez hozzá kell adni azokat az éveket, amíg a fiatal csemete, a vágáslap magasságát elérte. Ha egészen pontos adatot akarunk kapni, akkor a föld színéig kellene a tuskót lefűrészelnünk és az évgyűrűket ezen a vágáslapon megszámlálnunk (Veperdi 2008).

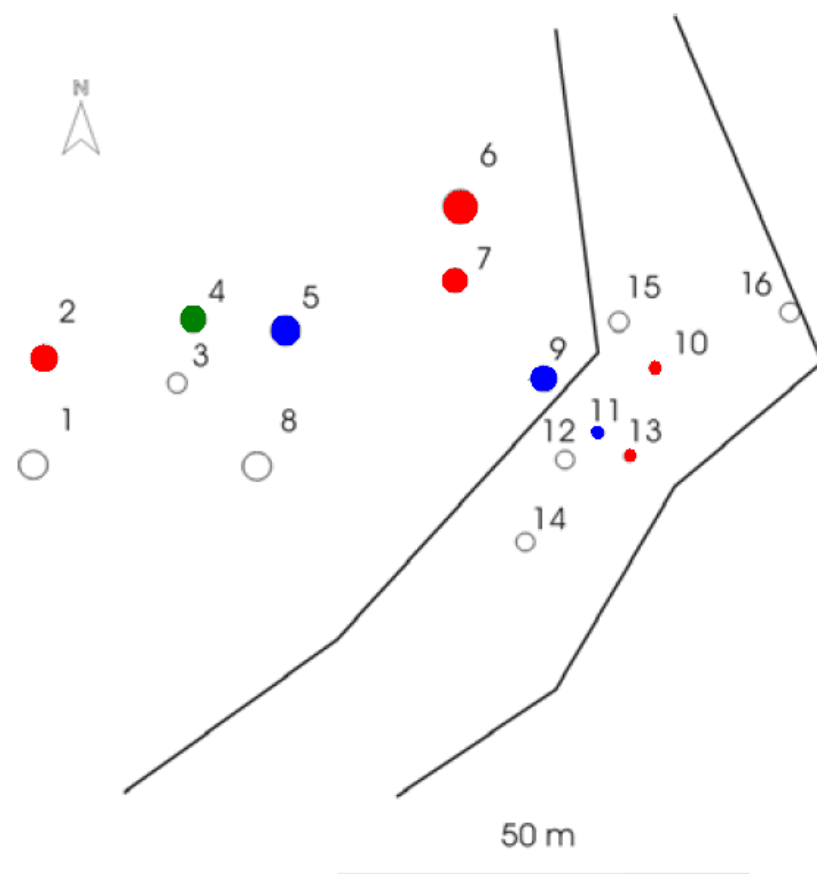
Szerencsére ezt a módszert elsősorban a fenyőféléken lehet a legnagyobb biztonsággal alkalmazni, mivel az egyes években képződött ágörvek viszonylag jól elkülönülnek egymástól. (Veperdi 2005). Az álló fa korának meghatározását az előbbinél pontosabban a Pressler-féle növedékfűrő alkalmazásával lehet elvégezni. A növedékfűrő külső csavarmenettel készített hengeres, belül üres fűrő. Használat alkalmával ennek a csőszerű fűrőnek a belsejébe nyomul be a környezetétől elválasztott vékony, hengeres farész – a furatminta –, amelyen az évgyűrűk viszonylag jól látszanak. Ha sikerül a fűrővel pontosan eltalálnunk a fa közepét, ahonnan az évgyűrűk kiindulnak, akkor az adott keresztmetszvény korát az évgyűrűk összeszámolása útján határozhatjuk meg. Ezek után látható, hogy az egyes fák korát a legkevesebb hibával a vágáslapon történő évgyűrűszámlálással lehet megállapítani (Veperdi 2005).

4 Vizsgálati anyag és módszer

A bükkábrányi bányában feltárt ősmaradványok összesen 16 törzsből és több un. uszadék fából (helyhez nem kötött) állt. A disszertáció két részre tagolódik, az őstörzsek xylotómiai vizsgálataira valamint a ma élő Cupressaceae család egyes tagjainak dendroklimatológiai kutatására.

4.1 Fafajmeghatározás

Vizsgálataim első részében a törzsek fafájának meghatározására összpontosítottam. Kilenc törzsből vettem mintákat a vizsgálatokhoz. A törzsek számozását Veres János és Selján Éva adatlapjaival hitelesítette. A törzsek elhelyezkedését a bükkábrányi bánya mocsárerdő fainak helyzetét ábrázoló alaprajz mutatja be (11. ábra). A színes jelölések mutatják, mely törzsekből készült fafaj vizsgálat.



Kázmér (2007)

11. ábra A vizsgált törzsek helyzete a feltárt mocsárerdő maradványban

A fajazonosításhoz a mintákat a kb. 6m magas törzsek tetejéről vettem. Három minta a miskolci Herman Ottó Múzeumból származik, a 10-es, a 11-es és a 13-as. A mintavételt cukros ill. a vizes konzerválás megkezdése előtt sikerült végrehajtani. A 2-es, 4-es, 5-ös, és 6-os, 7-es és 9-es törzsekből már Ipolytarnócon vettem mintát. A 2-es törzs rövid időn belül kiszáradt, így jelenleg csak a megmaradt 5 törzs látogatható az Öslábnomos bemutatóhelyen, de a fajazonosítást el tudtam végezni mind a hat törzsön.

A fosszilis maradványok vizsgálati módszere, különleges jellegénél fogva, általában eltér a „hagyományos” vizsgálatoktól, vagy az anyag előkészítésének fázisában, vagy a mérések során, ill. mindkettőben. Az ok a maradványok fizikai tulajdonságainak a normálistól való különbözőségében rejlik. Ennek megfelelően a vizsgálataimat a fentiek szellemében választottam meg.

A fizikai tulajdonságok közül az egyik legfontosabb jellemző a sűrűség, amelynek meghatározása kiemelkedő jelentőségű. A faanyagok sűrűsége olyan információkat hordoz a kutatók számára, melyből az egyéb fizikai tulajdonságok jól következtethetők.

A bükkábrányi leletek sejtfalának kémiai felépítése módosult, megváltozott, valamint az évgyűrűk korai pásztái összeroncsolódtak, ill. összenyomódtak a földnyomás hatására (12. ábra). Ennek következtében a sűrűség vizsgálat ilyen formában nem ad megbízható adatot, csak tájékoztatást nyújthat arányaival a fajazonosításában. A sűrűség meghatározásához analitikai mérleggel mértem a minták tömegét. A térfogatméréshez szabályos geometriájú minták legyártására nem volt lehetőség, ezért Breuil-féle higanyos térfogatmérőt alkalmaztam a pontos térfogat megállapításához. A higanyos térfogatmérő használatának előnye, hogy lehetővé teszi a szabálytalan alakú minták vizsgálatát, valamint szinte bármilyen kis méretű próbatest vizsgálatát. A mérések előtt minden egyes minta klimatizálására volt

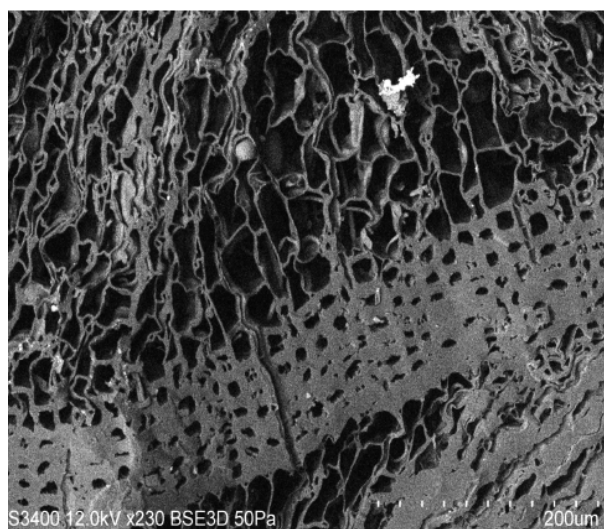


Foto: Börzsök (2008)

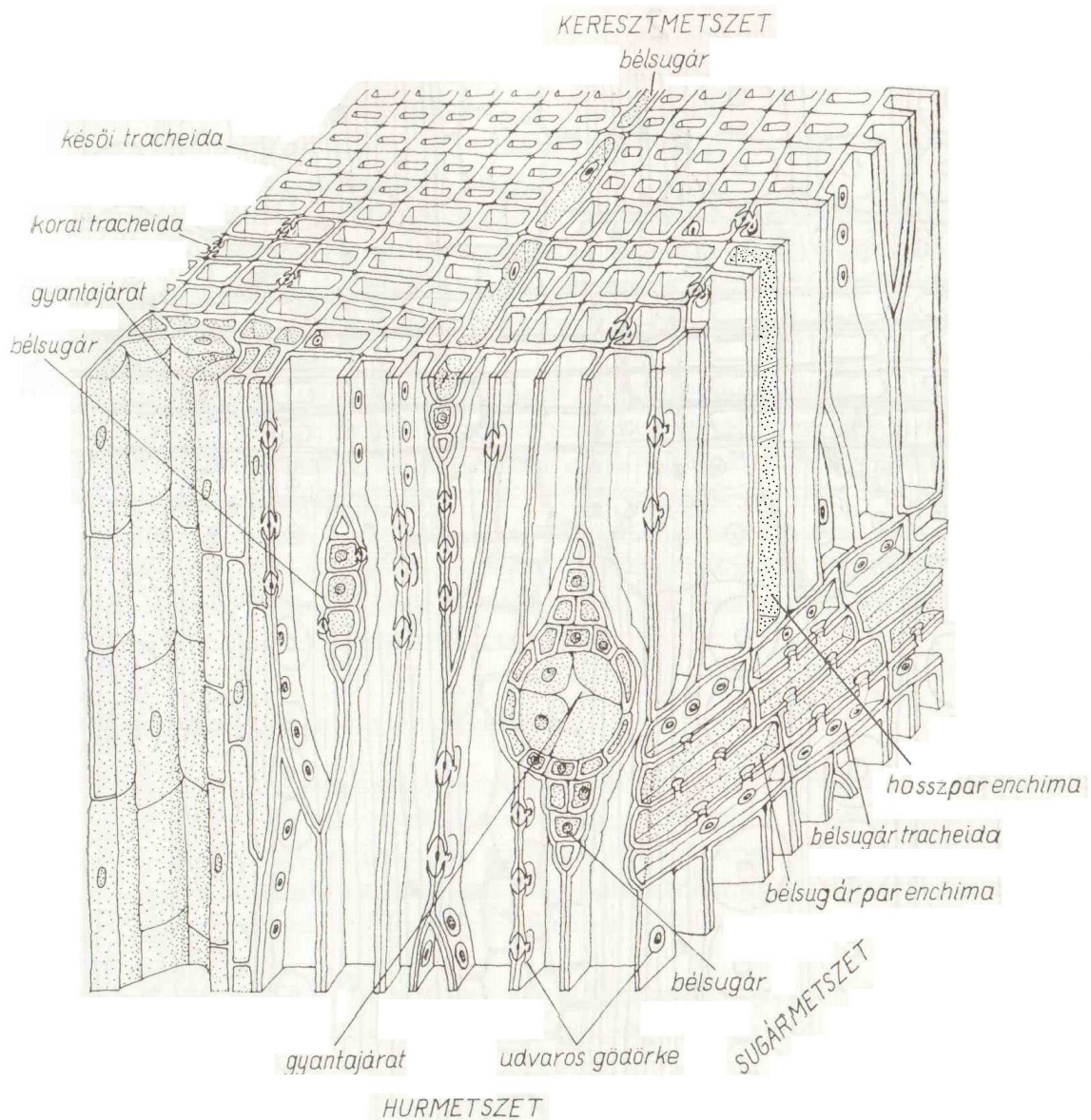
12. ábra A 10-es minta keresztmetszete

szükség annak érdekében, hogy a nedvességtartalmak egységesek legyenek. A faanyagvizsgálatokra jellemző 12%-os egyensúlyi fanedvesség beállítását végeztem el, amely egyben lehetővé teszi az eredmények szakirodalmi adatokkal való összehasonlítását is.

4.1.1 Fafaj meghatározás fénymikroszkóppal

A fafaj meghatározás módszereit az eljárás során alkalmazott segédeszközök alapján lehet elkülöníteni (Mihalik 1999). Makroszkópos módszerről beszélhetünk, ha a vizsgálat alatt csak saját érzékszerveinkre (látás, szaglás, tapintás, stb.) hagyatkozunk, ill. legfeljebb különböző típusú kézi nagyítókát alkalmazunk. Makroszkópos vizsgálattal ebben az esetben csak nagyon kevés információt kapunk erről az anyagról, hiszen annak színe megváltozott, évgyűrű szerkezete kissé torzult, így az csak tájékoztató jellegű lehet. A fafaj azonosításhoz szükséges elővizsgálatokat egy Nikon SMZ-2T típusú sztereo-mikroszkóppal végeztem. Az elektron mikroszkópos vizsgálat előnye a fénymikroszkópos vizsgálattal szemben, hogy a minták kialakítása egyszerűbb, s az elérhető nagyítás sokkal nagyobb, mint a fénymikroszkópnál. A fafaj pontos meghatározásához végül egy Zeiss fénymikroszkópot és egy Hitachi S-3400N típusú elektron mikroszkópot használtam.

A konkrét fafaj meghatározáshoz a fatest mikroszkópos jellemzői adhatnak megbízható adatokat (13. ábra). A mikroszkópos fafaj azonosításhoz metszeteket kell készíteni, továbbá az azonosító jegyek megfigyelése sztereó-, fény-, ill. elektronmikroszkóp segítségével történik. A fafaj meghatározáshoz mintákat kellett vennem az ősfákból, valamint a kontroll fafajokból is. A kontroll fafajok esetén növedékfűrőt, úgynevezett Pressler-fűrőt alkalmaztam. A fákból, főleg a keményfákból, de igaz ez a puhafákra is, nagyon nehéz vékony metszetet készíteni (10-12 μm), így Bunsen égő segítségével, kevés glicerinnel hozzáadásával főzőpohárban főzzük a mintát. A glicerinnel puhábbá teszi a faanyagot, így könnyebben metszi a kés. A főzés ideje a fa keménységétől, és a minta nagyságától függ. Az ősfáknál erre nem volt szükség, mivel víztartalmuk igen magas volt, a kontroll fákat viszont fél órát főzni kellett. Azoknál az ősfáknál, ahol nehezen lehetett metszetet vágni, szükséges volt a minta paraffinba ágyazása. A paraffin szilárd formát adott a mintának, melyet a metszet elkészülése után xiloldattal kellett kioldani a mintából.



Forrás: Gencsi (1980)

13. ábra A fenyő fatestének három metszési síkja

Az így előkészített mintát egy mikrotómba kell helyezni. A Faanyagtudományi Intézetben egy Thermo scientific Microm HM 430 típusú, száncos mikrotómon dolgoztam (14. ábra). A minta behelyezésekor figyelni kell a rostlefutási irányára, valamint a vízszintes felületre. Hosszanti irányban könnyebb a metszetet levágni, valamint így kisebb a valószínűsége a rostok elszakadásának. A metszet vastagságát egy skálán lehet, 5-20 μm között beállítani.

Meghatározó fontosságú a vágókés dőlésszöge. A puhafáknál, fenyőknél és a lágylombosoknál kisebb dőlésszöggel kell dolgozni, mint a keménylombosoknál. A mintát, egy ecset segítségével folyamatosan 60%-os alkohollal, ill. desztillált vízzel kell kenegetni. Az alkohol összehúzza a rostokat, így vágás során nem esik szét a metszet, a vizet pedig nedvesítés céljából alkalmazzuk.

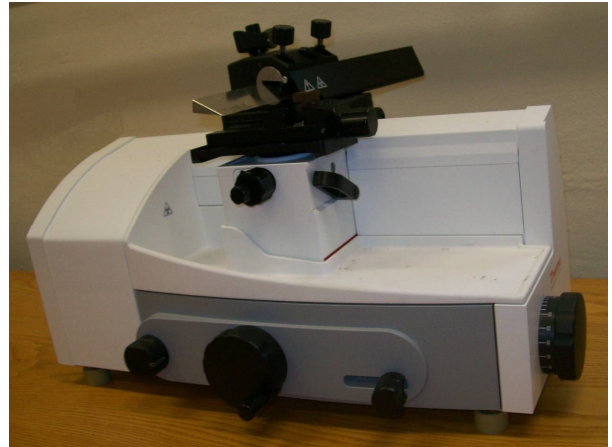


Foto: Antalfi (2014)

A metszetet a pengéről alkoholba mártott

14. ábra Thermo scientific típusú mikrotóm

ecsettel kell leszedni, mivel ez fixálja a rostokat, majd pihentetés céljából 24 órán keresztül 60%-os alkoholban történik a metszetek tárolása, ez idő alatt a metszetben lévő feszültségek csökkennek, vagy teljesen megszűnnek.

A metszet leragasztása előtt, a 60%-os alkohol oldatból, egy órára 90%-os alkoholba kell áttenni. A 90%-os alkoholba való tárolásnak a célja, hogy a metszetekből a levegőt elhajtsuk, azaz később a kész preparátumok ne legyenek buborékosak, ill. a ragasztás folyamatát is

megkönnyíti. A fixálás kanadabalzsammal történik. A metszeteket, egy tárgylemezre kell helyezni. Egy-két csepp kanadabalzsam cseppentésével, a fedőlemez lassú ráhelyezésével, pedig elkerülhető, hogy a metszet levegőbuborékos legyen (15. ábra). Kis súlyokkal terhelve, szobahőmérsékleten kell pihentetni egy napig, majd egy-két héten keresztül, szárító szekrényben szárítani 40 °C körül, annak érdekében, hogy a ragasztás kikeményedjen.

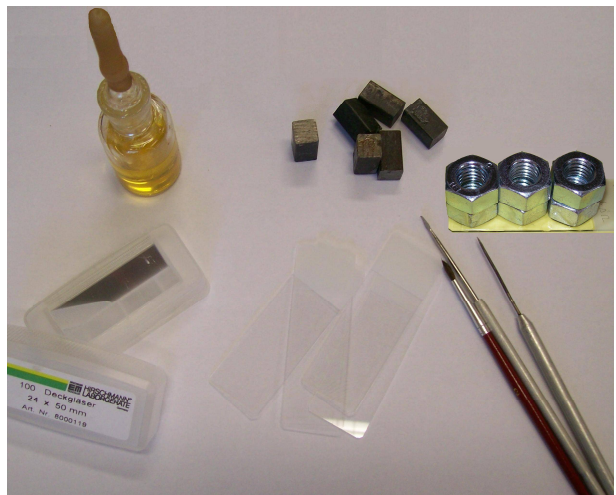


Foto: Antalfi (2012)

15. ábra Metszet leragasztása, és kellékei

4.2 Dendroklimatológiai vizsgálatok

Dendroklimatológiai vizsgálatokhoz a Cupressaceae család egyes fajait vettem alapul. Célom volt megvizsgálni, hogy az adott törzseket milyen mértékben befolyásolja a csapadék, a hőmérséklet illetve az egyéb klimatikus tényezők. Ez nem egy klasszikus dendroklimatológiai kutatás, csupán egy bevezető vizsgálat, hogy a Cupressaceae család egyes, ma élő fajainak az évgyűrű szerkezete, milyen szoros összefüggést mutat a klimatikus tényezőkkel hazánkban.

4.2.1 Mintavételezés

A dendroklimatológiához szükséges a mintavételezés. Két módszert használtam fel, az élő fából fúrással, és a szelet (korong) levágását. Fúrásos módszernél növedékfúrót,

Pressler-fúrót kell alkalmazni (16. ábra). A Pressler-fúró becsavarásakor a fatestből henger alakú csapot vág ki, amelyen jól láthatóak az évgyűrűk. A Pressler fúróval történő mintavételnél, nagyon körültekintően kell eljárni, mivel ha a mintavétel iránya nem esik egybe - vagy megközelítőleg egybe - a béllal akkor hamis információkat kapunk az évgyűrű szerkezet



Forrás: dendrodan.wordpress.com

adatokra vonatkozólag. Ezen kívül fontos,

16. ábra Pressler fúró

hogy a mintavétel ne essen egybe sem a húzott, sem a nyomott oldallal. Lehetőség szerint, mindig egy semleges felületet kell választani. A minta nagyságát (törzs sugarát), a törzs kerületének lemérése után könnyen ki lehet számolni az alábbi képlettel:

$$K=2r*\pi$$

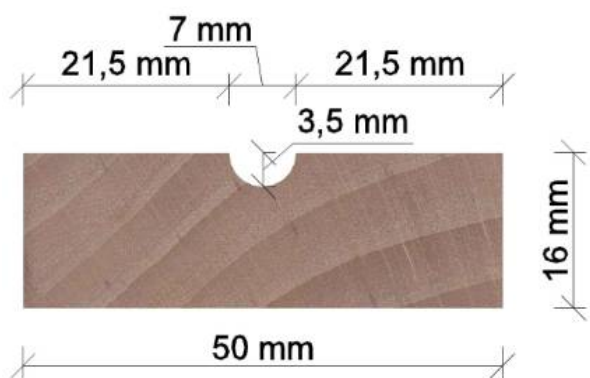
ahol: K - törzs kerülete

r - törzs sugara.

Módszertől függetlenül fontos, hogy az évgyűrű határok egyértelműek tisztán láthatóak legyenek.

4.2.2 Minták előkészítése, mérése

A minta felületét minden esetben elő kell készíteni gyalulással, illetve csiszolással, annak függvényében, hogy melyik felületen látszódnak jobban az évgűrű, ill. a pásztahatárok. Világos fáknál, - ebben az esetben fenyőknél - szénporral történő bedörzsölés az évgűrűket jobban láthatóvá teszi (Klein, Eckstein 1988).



Forrás: Antalfi(2014)

17. ábra Mintatartó növedékcspas mintához

Növedékfűrös mintavételezés esetén érdemes egy mintatartót készíteni, amibe a mintát bele kell ragasztani (17. ábra). A ragasztáshoz célszerű faragasztót használni. Mialatt szárad a ragasztó, pamutszalaggal többször át kell tekerni a tartót, ezzel fixálva a mintát, megelőzve a deformálódást. Az így előkészített mintát lehet vágással, illetve csiszolással előkészíteni úgy, hogy a minta rögzítve van. A csiszolatpor a faszemek

üregeit többnyire eltömíti, ezért a mérés előtt erős porszívóval a csiszolatport el kell távolítani. A csiszolást érdemes egy durvább felületű, pl. 100-as papírral végezni, majd egyre nagyobb finomságúra áttérni. Figyelmet kell fordítani arra, hogy a kéreg, illetve a szijács rész a művelet során megmaradjon, mert ennek jelenléte a pontos datálás elengedhetetlen feltétele. Ilyen helyen a vágást lehetőleg kívülről befelé és nem fordítva kell végezni, mert így nem sérül a külső rész. Faminták előkészítése után, az évgűrű szélességeket sztereo mikroszkóppal ill. AutoCAD program segítségével mértem. A módszer nehézsége, hogy fennállhat hibaforrás az álévgűrűk meghatározásánál illetve mérési pontatlanság az évgűrű szélességek kimérésénél.

5 Elváltozások a fosszilis maradványokon

A leletegyüttes törzseinek repedéseiben, valamint a törzsek közepén pannon homok és markazitkiválás (18. ábra) volt megfigyelhető. A markazit egyfajta fém, ami az üregeket kitöltő homokból alakult ki az évmilliók során. A fákban lévő markazit bomlásának megakadályozása nélkülözhetetlen volt. Ez a fatörzsekben lévő a vas-szulfid ásvány, széntelepeken levegőtől elzártan képződik, viszont levegővel érintkezve hamar bomlásnak indul, melynek során többek között kénsav keletkezik. Ez igen veszélyes a törzsekre nézve, hiszen szétmarhatja azokat (Kordos 2007). A markazit (FeS_2) kiválásához szükséges kén, az alul lévő mocsári üledékekből származhat. A markazit, vasat és ként tartalmazó rombos rendszerű szulfidásvány, ami a piritcsoport ásvány együttese közé tartozik. Rombos rendszerben kristályosodik. Leggyakoribb kristályalakja a táblás kristályok, de jellegzetesek az ikres dárdahegy kristályok és a gömbös, vesés kialakulások is. Szinte minden hidrotermás, magmás, üledékes és metamorf ásványtársulásban megtalálható. A magas kéntartalma miatt a vas minőségét kedvezőtlenül befolyásolja, így ipari felhasználása inkább a kénsavgyártásban történt. Felszíni oxidáció hatására gyakran keletkezik kénsav. Üledékekben gyakran szerves anyagok társaságában található meg. Hazai előfordulásai a gyakorlatban megegyeznek a pirit előfordulásokéval. Recsken, Gyöngyösorosziban, Rudabányán, Perkupán gyakori, de minden magmatikus tevékenységgel kapcsolatba került területen és kőzetféléseknél megtalálható. Hazánkban üledékes kőzetek környezetében, így bauxit és szénelőfordulásoknál gyakori.



Foto: Antalfi(2012)

18. ábra Markazit kiválás az ősfákon

A faanyagokat víz alatt kell tárolni, hogy elkerülhető legyen a száradásból adódó szerkezetgyengülés, amely a sejtfalak roncsolódását eredményezné. A konzerválásra váró faanyag tárolásánál, a magas markazittartalma miatt (kénsavtermelődés) folyamatosan mért és

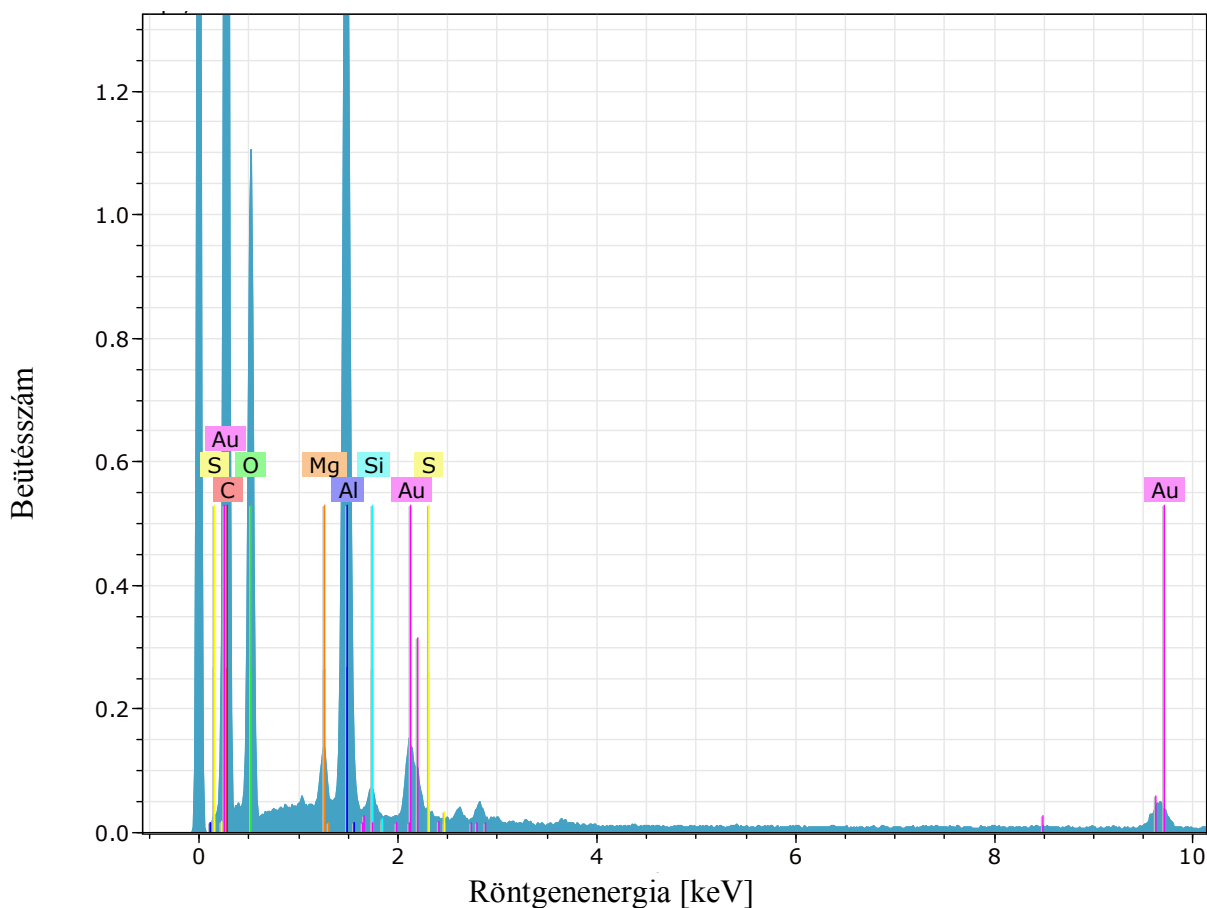
ellenőrzött mennyiségben, Na₂CO₃ oldása történik a tárolókban, a 7-es pH-érték elérésének érdekében (Bánfalvy 2007).

5.1 Elemi összetétel vizsgálata EDX detektorral

Az elektronsugaras mikroanalízis olyan korszerű anyagtudományi vizsgálati módszer, melyek az anyagok felületéről, ill. a minták felszíne alatti néhány nano- ill. mikrométerről szolgáltatnak információt. Az EDX detektor, a pásztázó elektronmikroszkóp kiegészítő, kémiai elemeket meghatározó része (Pozsgai 1955).

A pásztázó elektronmikroszkópban vákuum van, hogy az izzó katód ki ne égjen és a besugárzó vagy a mintából kilépő elektronok a levegő atomjaival ütközve ne szóródjanak. Az analízishez szilárd halmazállapotú minták, mint pl. fa, szükségesek, amit EDX vizsgálat esetén kisebb vákuum alá kell elhelyezni, mint a SEM képalkotáshoz. Az EDX annak a röntgensugárzásnak a mérésén alapul, amelyet az analizálandó mintában a mikroszkóp elektronnyalábja keltett. A gerjesztett karakterisztikus röntgensugárzás energiája vagy hullámhossza arra az elemre jellemző, amely kibocsátotta. Az jel intenzitása a kibocsátó elem koncentrációjával arányos. A mintából visszaérkező röntgensugarakat egy Si detektor érzékeli és regisztrálja azokat. A detektor a bórnál (rendszáma:5) nagyobb rendszámú elemek jelenlétét képes kimutatni és képes arra, hogy az uránig (rendszáma:92) valamennyi elem röntgensúcsát, egyidejűleg tudja mérni. A kémiai analízis alapja Moseley törvénye, amely szerint a karakterisztikus röntgensugárzás frekvenciája (ν) és a sugárzást kibocsátó kémiai elem rendszáma között szoros kapcsolat áll fenn: $\nu = 2,48 \times 10^{15} (Z-1)^2$ (Goldstein et al. 1992, Scott 1955). Reed 1993-ben leírja a fizikai összefüggést, mely szerint a sugárzás energiája, frekvenciája és hullámhossza felírható a Planck állandó és a fény sebessége segítségével, a kémiai elemazonosítás elvégezhető a röntgensugárzás hullámhosszának vagy energiájának mérésével.

Disszertációm ezen részénél, két ma élő törzset, a soproni botanikus kertből származó *Sequoia sempervirens-t* és a *Taxodium distichum-ot*, illetve egy-egy ősi *Sequoioxylon sp.-t* és *Taxodioxylon germanicum-ot* vontam elektronsugaras mikroanalízis vizsgálat alá. Ezek a ma is élő törzsek, ugyanazok, melyekből a kontroll anatómiai vizsgálatokat is készítettem. Az alábbi négy röntgenspektrum diagram mutatja, hogy milyen kémiai jellegzetesség kíséri az adott fa egyedeket.

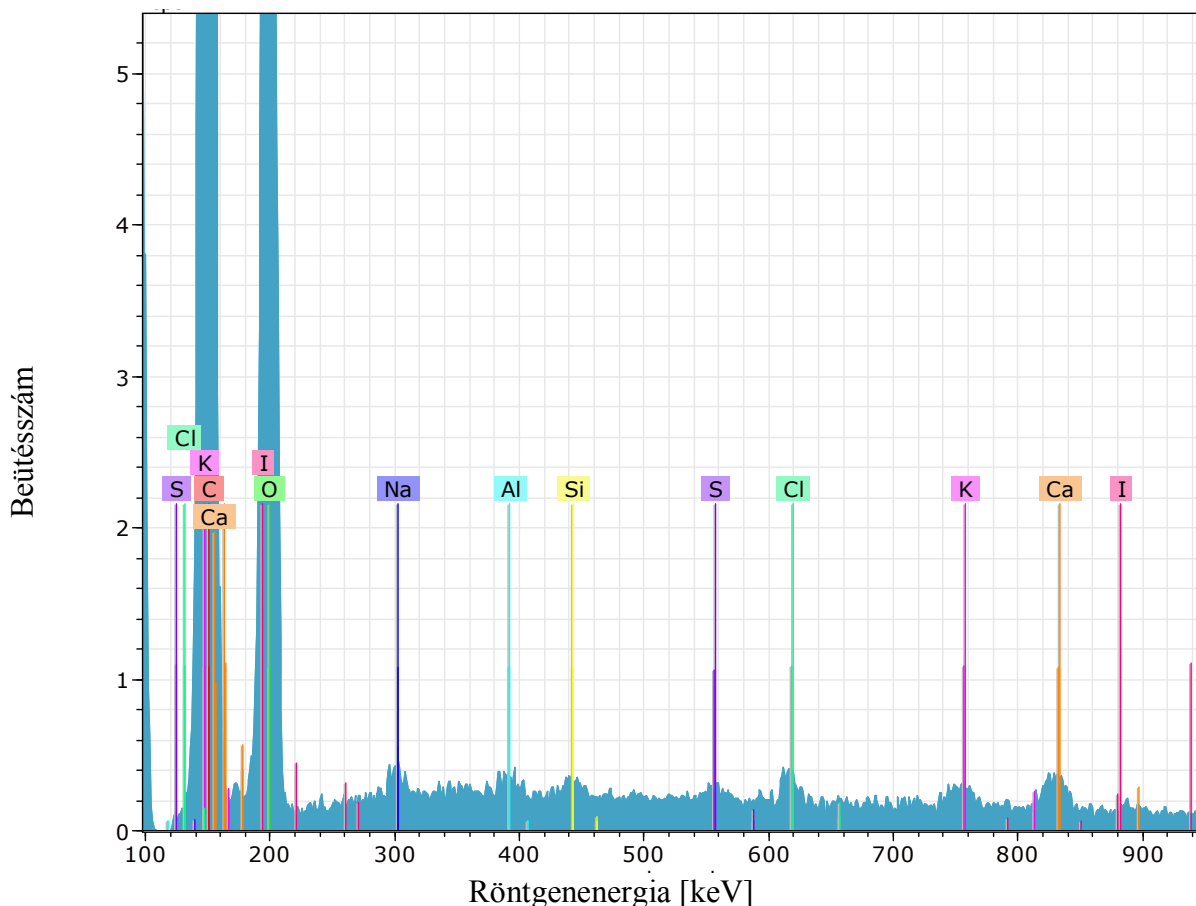


19. ábra A 6-os törzs, ősi *Sequoioxylon sp.* röntgenspektruma

1. táblázat A *Sequoioxylon sp.* elemi összetétele

Alkotóelem	sorozat	unn. [wt.%]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error [wt.%]
C (szén)	K- sorozat	101,90	58,94	68,94	11,87
O (oxigén)	K- sorozat	53,64	31,03	27,24	6,80
Al (alumínium)	K- sorozat	10,94	6,33	3,30	0,57
Si (szilícium)	K- sorozat	0,27	0,15	0,08	0,04
Au (arany)	K- sorozat	5,45	3,15	0,22	0,19
S (kén)	K- sorozat	0,14	0,08	0,04	0,03
Mg (magnézium)	K- sorozat	0,55	0,32	0,18	0,06

A sárgával jelöltem azokat a részeket, melyekről leolvasható, hogy mennyi a megtalált elem tömegszázaléka. Mind a négy faegyednél a szén és az oxigén a kiemelkedő elem, ami teljesen természetes, mivel faanyagot vizsgáltam. Megvizsgálva, az ősi *Sequoioxylon sp.* röntgenspektrumát (19. ábra) és azt összehasonlítva a ma élő *Sequoia sempervirens* röntgenspektrumával (20. ábra), megfigyelhetjük, hogy kémiai nyomelemekből milyen elemek találhatóak ezekben a fafajokban (1. és 2.táblázat).



20. ábra Egy ma élő *Sequoia sempervirens* röntgenspektruma

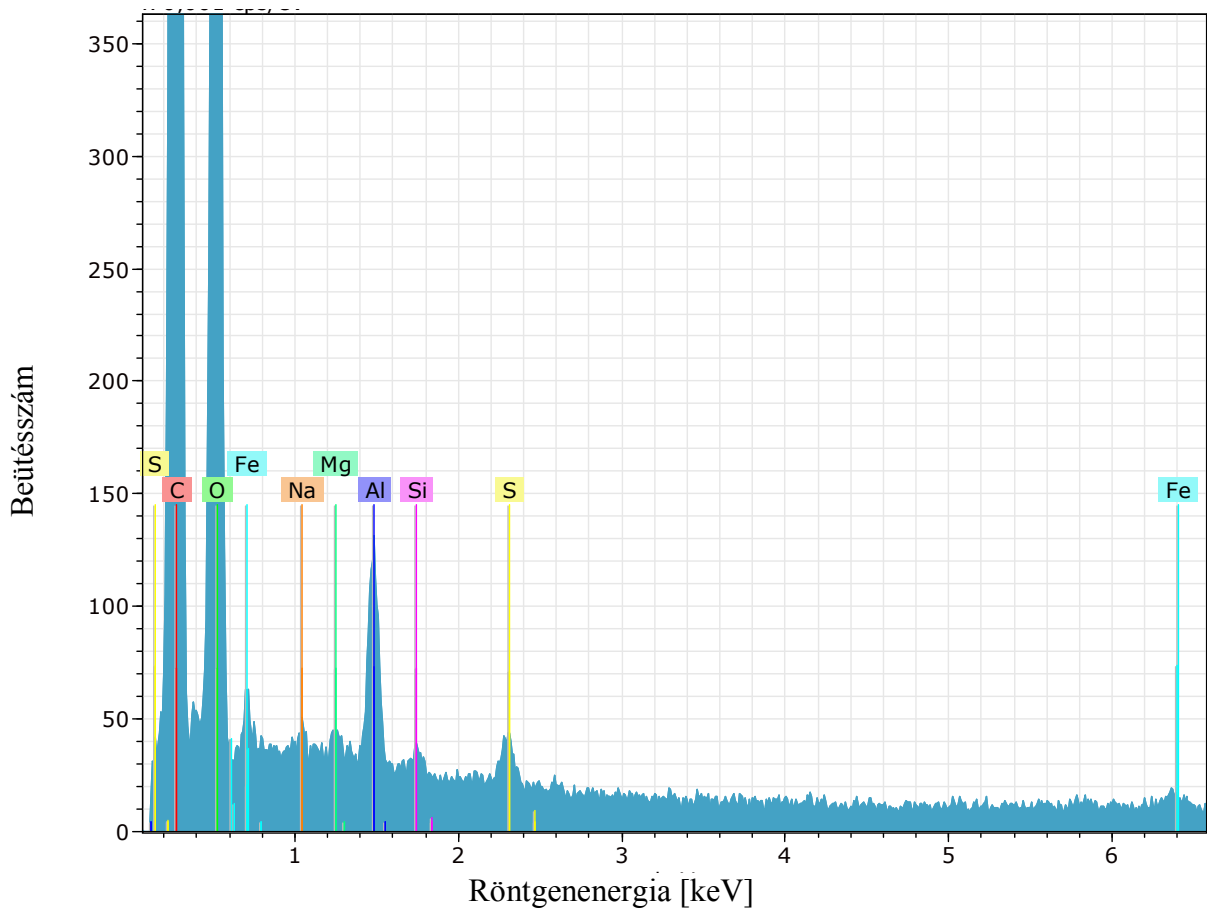
2. táblázat A *Sequoia sempervirens* elemi összetétele

Alkotóelem	sorozat	unn. [wt.%]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error [wt.%]
C (szén)	K-sorozat	56,54	56,54	63,65	6,88
O (oxigén)	K-sorozat	42,59	42,59	35,99	5,66
Na (nátrium)	K-sorozat	0,23	0,23	0,13	0,05
Al (alumínium)	K-sorozat	0,05	0,05	0,03	0,03
K (kálium)	K-sorozat	0,10	0,10	0,03	0,03
Si (szilícium)	K-sorozat	0,05	0,05	0,02	0,03
Ca (calcium)	K-sorozat	0,21	0,21	0,07	0,04
Cl (klór)	K-sorozat	0,13	0,13	0,05	0,03
S (kén)	K-sorozat	0,06	0,06	0,02	0,03
I (jód)	L-sorozat	0,05	0,05	0,01	0,03

Az ősfában a szén magaslik ki közel kétszeres mennyiségben, 101,90 tömeg %-ot jelölve, és az oxigén tartalomra is 11,05 tömegszázalékkal többet kaptam. Szembetűnő eltérés figyelhető meg az alumínium és a szilícium mennyiségek között is. A kontroll fa csekélyke 0,05 wt%-a mellett a *Sequoioxylon sp* 10.94 wt%-ot mutat, ugyanígy a szilícium mennyiségénél is

magasan eltérő értéket olvashatunk le. Az ősfá 0,14 wt% magasabb kéntartalma bizonyítja a korábbi vizsgálatok markazit tartalmát, ami kicsapódott a törzseken. A pirit és a markazit (FeS_2) kettős kéncsoportú szulfidszerkezetek, a markazit kevésbé időtálló, mint a pirit, bár jó kristályos alakban igen jól megmarad. A pirit nagyobb hőmérsékleten, semleges vagy lúgos oldatokból kristályosodik, a markazit mindenkor kis hőmérsékleten, főleg savanyú oldatokból válik le. A markazit tavak, mocsarak iszapos üledékeiben vagy agyagokban, barnakőszénben és ennek kísérő kőzeteiben vékony rétegeket alkot (Koch, Sztrókay 1968).

Az 6-os törzsben megtalálható a magnézium és az arany is, viszont hiányzik belőle a jód, a klór, a kálium és a kalcium is, ami a kontroll törzsben viszont megtalálható. Az arany előfordulásának lehetséges magyarázata, hogy a kőzetek felszíni lepusztulásakor, ellenálló viselkedése miatt kerül a törmelékes üledékekbe. Majdnem minden nagyobb folyó lerakódásában van mosásra érdemes mennyiségű arany.

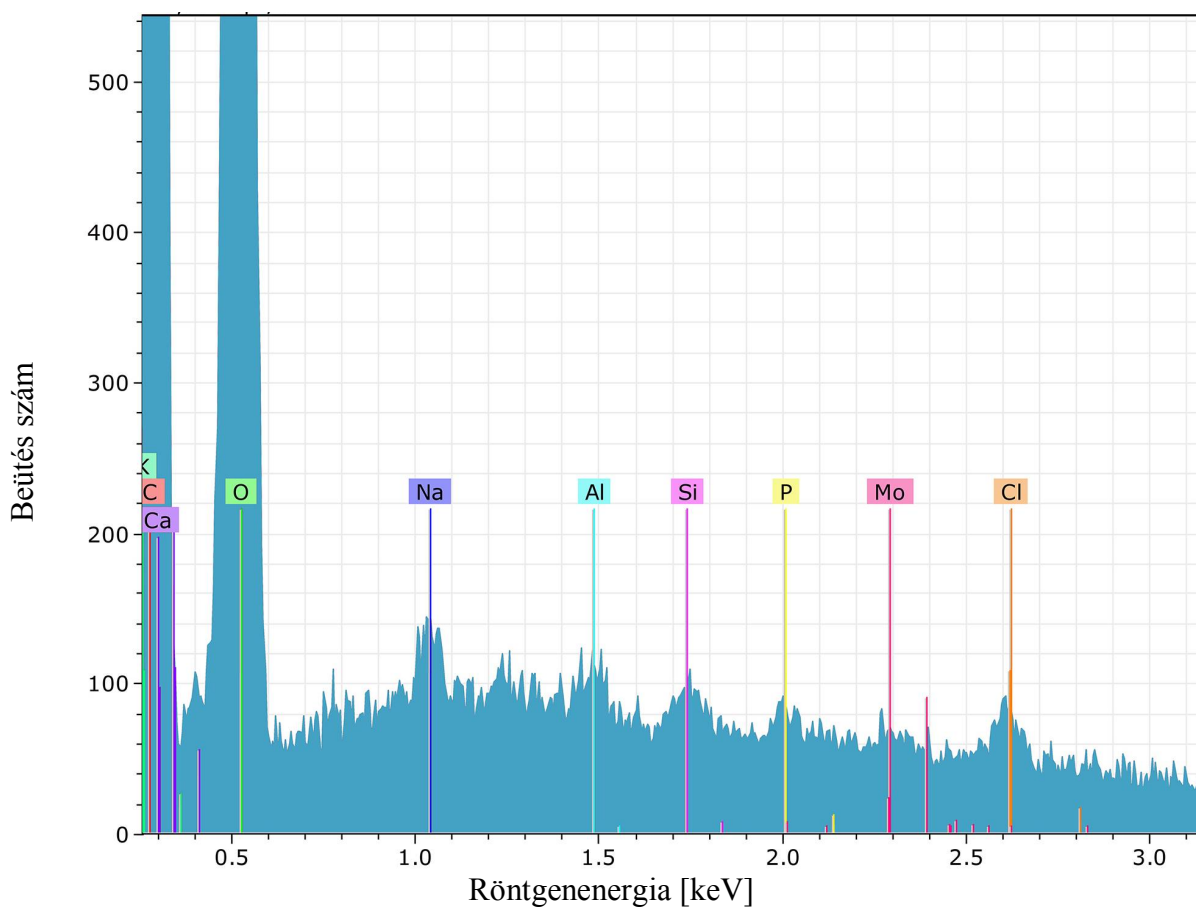


21. ábra Az 5-ös törzs, ősi *Taxodium germanicum* röntgenspektruma

3. táblázat A *Taxodionxylon germanicum* elemi összetétele

Alkotóelem	sorozat	unn. [wt.%]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error [wt.%]
C (szén)	K- sorozat	58,78	58,78	65,81	6,74
O (oxigén)	K- sorozat	39,93	39,93	33,57	4,95
Al (alumínium)	K-sorozat	0,44	0,44	0,22	0,05
Fe (vas)	K-sorozat	0,19	0,19	0,05	0,03
Si (szilícium)	K-sorozat	0,04	0,04	0,02	0,03
S (kén)	K-sorozat	0,09	0,09	0,04	0,03
Na (nátrium)	K-sorozat	0,34	0,34	0,20	0,05
Mg (magnézium)	K-sorozat	0,18	0,18	0,10	0,04

Mindkét kontroll egyedben megfigyelhető a kálium és a klór is, viszont a *Taxodium distichum*ból hiányzik a kalcium, a kén és jód is, de tartalmaz foszfort, amit a kontroll *Sequoia sempervirens* nem. A *Taxodium distichum*ot (22. ábra) összevetve az ősi *Taxodionxylon germanicum*mal (21. ábra), itt is látható a nagyobb szénmennyiség, igaz sokkal csekélyebb mértékben, mint a *Sequoiak*nál (3. és 4.táblázat).



22. ábra Egy ma élő *Taxodium distichum* röntgenspektruma

4. táblázat A *Taxodium discitichum* elemi összetétele

Alkotóelem	sorozat	unn. [wt.%]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error [wt.%]
C (szén)	K-sorozat	57,86	57,86	64,91	6,51
O (oxigén)	K-sorozat	41,28	41,28	34,76	4,90
Na (nátrium)	K-sorozat	0,11	0,11	0,07	0,04
Al (alumínium)	K-sorozat	0,06	0,06	0,03	0,03
Si (szilícium)	K-sorozat	0,05	0,05	0,02	0,03
P (foszfor)	K-sorozat	0,05	0,05	0,02	0,03
Cl (klór)	K-sorozat	0,11	0,11	0,04	0,03
K (kálium)	K-sorozat	0,13	0,13	0,05	0,03

Az ősfá tartalmaz ként, ami szintén a markazit jelenlétét támasztja alá, míg a kontroll fánál ez az elem nem mutatható ki. Kimagasló az ősfá több mint hétszeres alumínium tartalma, bár a legmagasabb értéket a *Sequoioxylon sp.* –nél lehetett mérni. A lignittelep feletti rétegekben agyagtartalom is jellemző, így az Al-tartalom származhat az agyagásványok mennyiségéből, amellett hogy ez a földkéreg egyik legjellemzőbb eleme. Ezek az adatok visszautalnak arra, hogy milyen talajokat kedveltek az akkor élő, ma ősfáknak nevezett fajok. Valójában a talaj oldatok pH-ját, kémhatását lehet meghatározni. Értéke függ a talajban zajló kémiai, biológiai folyamatoktól, a talajok összetételétől, amely a mélységgel is változik. A legfelső humuszos rétegekben a pH érték alacsonyabb, mint a mélyebben. A mai korban, hazai viszonyok között a talajok pH-értéke 4 és 9 között változik, mivel hazánkban a zömmel meszes alapkőzetten képződött talajok többsége és a bányászott tözegek egyaránt gyengén lúgos kémhatásúak. Két pH érték van, ami mutatja a küszöbszintet. A pH5,5 (enyhén savanyú) amely értéken vagy e fölött a kertészeti növények többsége sikerrel nevelhető. 5,5 pH értéken a talajélet megfelelő, a toxikus fémkoncentráció csökken, a nitrogén, foszfor felvehetősége nő. Magas pH értéken, 8,3 (lúgos) fölött már nem a meszesség, hanem a szikességet okozó nátrium ionok hatása jelentkezik. A vizes élőhelyek taljai és üledéki foszforvisszatartó képességéről kimutatták, hogy közvetlen összefüggésben áll a vas és az alumínium mennyiségével. Az örökzöldek többsége savanyú talajon fejlődik gyorsan, és az alacsonyabb pH értékű talajt kedveli. Ezzel magyarázható az ősfák magasabb alumínium tartalma is, mivel a Mocsárciprusfélék a vizes, mocsaras vidéken tudnak fejlődni (Somlyódy et al 1997).

6 A Bükkábrányi törzsek fafaj meghatározása

A bükkábrányi 16 fa közül négy a miskolci Herman Ottó Múzeumba került, ezek a leletek tudományos célt szolgálnak. 2007. augusztus 8-án kimentett négy famaradvány sértetlenül túlélte a szállítást, s a fafaj meghatározás alapját ebből a négy megmentett minta közül három, a 10-es és a 11-es és a 13-as törzsből vett minták szolgáltatták. A negyedik törzsnek a számozását illetően kétes információkat kaptunk, ezt a törzset homokágyban kezdték konzerválni, megőrizve a kezdeti viszonyokat. A 2-es, 4-es, 5-ös, 6-os, 7-es és 9-es számú törzsekből 2008-ban történt még mintavétel, amelyeket az ipolytarnóci őslábnyomos bemutatóhelyre szállítottak, ahol a 2-es törzs abban az évben teljesen kiszáradt és gyakorlatilag darabjaira szétesve megsemmisült.

6.1 A 2-es törzs xylotómiai leírása

Keresztmetszet

A 2-es minta keresztmetszetén a hossztracheidák teljesen szabályos elrendeződést mutatnak, s így egyértelműen a fenyők csoportjára irányítja a figyelmet. A korai és a kései pászta határa viszonylag éles. Valódi gyantajarat nem található a mintában. A hosszparenchimák száma igen nagy, amelyek szórtan helyezkednek el (23. ábra). Elsősorban a korai pásztában fordulnak elő nagy gyakorisággal.

Sugármetszet

A hossztracheidák falán az udvaros gödörkék 1-(2)-3 sorban helyezkednek el (24. ábra). A bélsugár heterogén felépítésű (25. ábra). A bélsugár tracheidák fala sima, csapos vagy más sejtfalvastagodás nem látható rajtuk. A bélsugár parenchimák tangenciális fala sima (26. ábra). A keresztvezetési mezőben 1-3 taxodioid, ill. cupressoid gödörke látható (27. ábra). Főleg a taxodioid gödörkék előfordulása figyelhető meg.

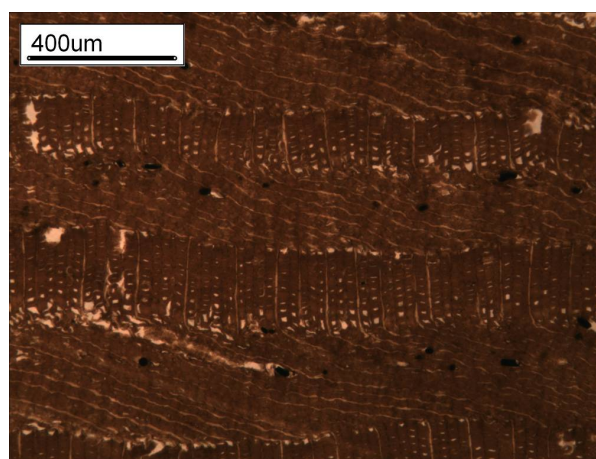


Foto: Antalfi (2014)

23. ábra Hosszparenchimák a keresztmetszeten (2-es minta)

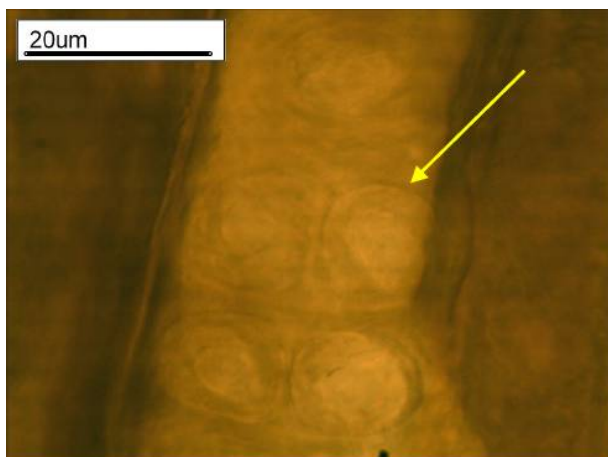


Foto: Antalfi (2014)

24. ábra Udvaros gödörkék 1-3 sorban (2-es minta)

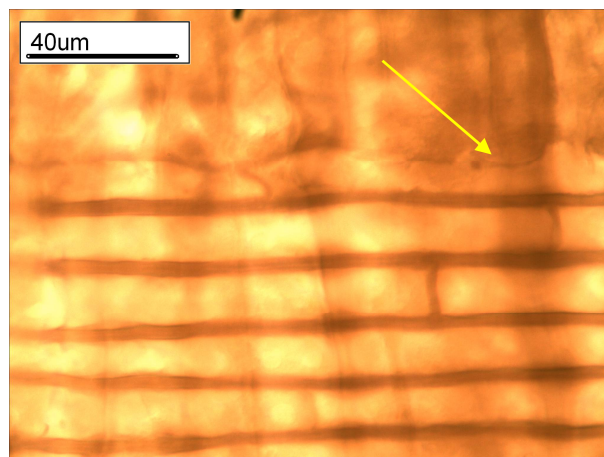


Foto: Antalfi (2014)

25. ábra A bélsugár heterogén felépítésű (2-es minta)

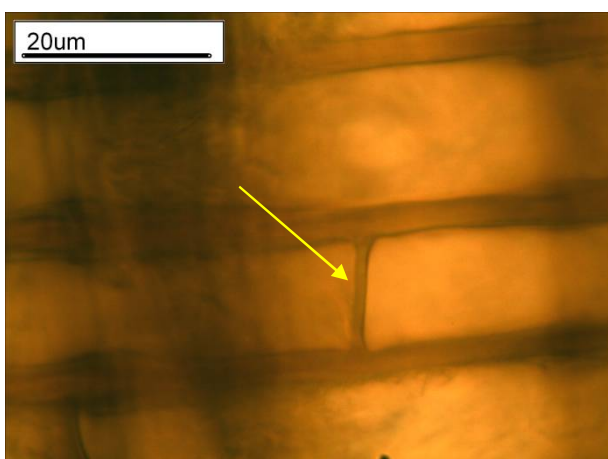


Foto: Antalfi (2014)

26. ábra A bélsugár parenchimák végfala sima (2-es minta)

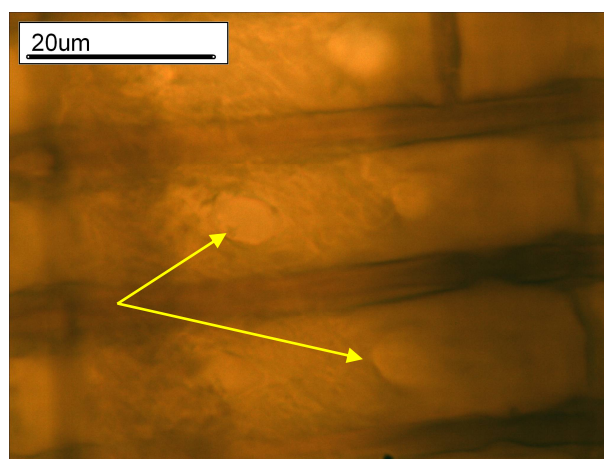


Foto: Antalfi (2014)

27. ábra A keresztződési mező taxodioid gödörkéi (2-es minta)

Húrmetszet

A húrmetszeten jól látható, hogy a bélsugarak kizárólag csak egy sejtsor szélesek, magasságuk 1-30 sejtsor között változik (28. ábra). A hosszparenchimák harántfala sima, dudorok nem láthatók rajtuk (29. ábra). A parenchima sejtekben több helyen sötét színű anyagberakódások figyelhetők meg.

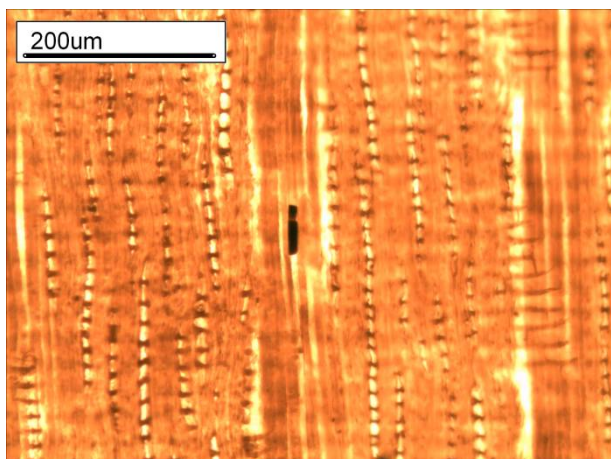


Foto: Antalfi (2014)

28. ábra A bélsugarak 1 sejt sorosak (2-es minta)

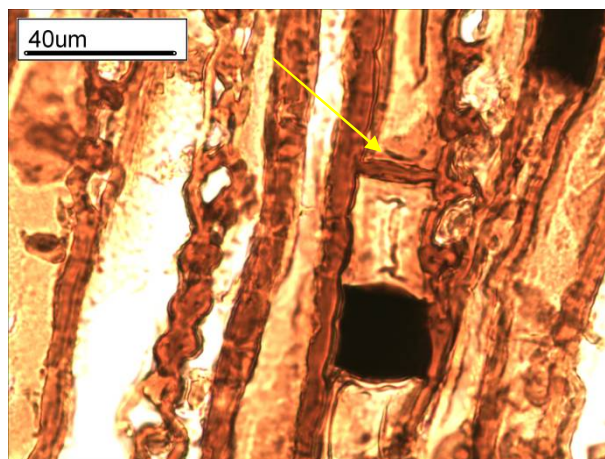


Foto: Antalfi (2014)

29. ábra A hosszparenchimák harántfalai simák (2-es minta)

6.2 A 4-es törzs xylootómiai leírása

Keresztmetszet

A 4-es mintán látható, hogy a minta keresztmetszetén a hossztracheidák nem teljesen szabályos elrendeződést mutatnak. Az évgyűrű szerkezete és határvonala éles. Korai és kései pásztája között az átmenet fokozatos (30. ábra). Valódi gyantajarat nem található a mintában. A harmincegyedik ábrán látható, hogy a sejtek falai épek, alakjuk deformálódott a nagy nyomástól, viszont így is láthatóak, hogy a sejtek az 5-6 szögletűek. A hosszparenchimák száma igen nagy, amelyek szórtnan helyezkednek el. Elsősorban a korai pásztában fordulnak elő nagy gyakorisággal.

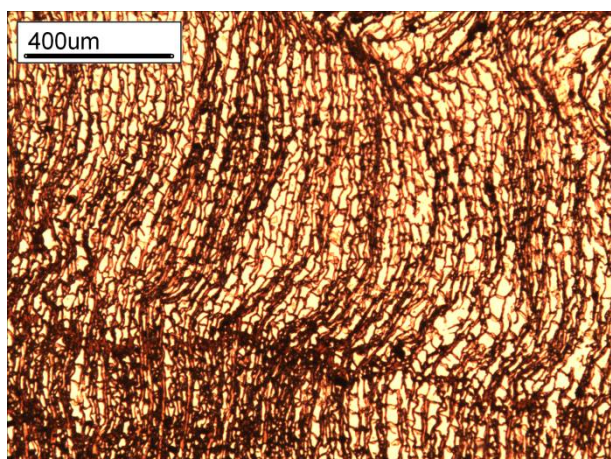


Foto: Antalfi (2014)

30. ábra Keresztmetszet (4-es minta)

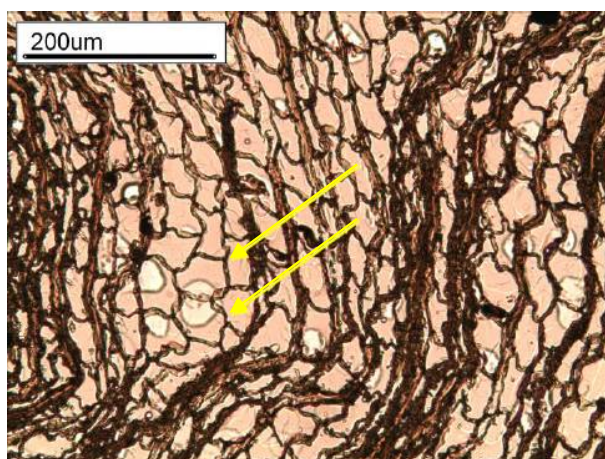


Foto: Antalfi (2014)

31. ábra 5-6 szögletű tracheida sejtek (4-es minta)

Sugármetszet

A hossztracheidák falán az udvaros gödörkék 1-4 sorban elhelyezkednek el (32. ábra). A bélsugár homogén felépítésű (33. ábra). A bélsugár tracheidák fala sima, csapos vagy más sejtfalvastagodás nem látható rajtuk. A bélsugár parenchimák tangenciális fala szintén sima, sejtfalvastagodás itt sem látható (34. ábra). A keresztteződési mezőben 1-3 taxodioid gödörke látható (35. ábra).

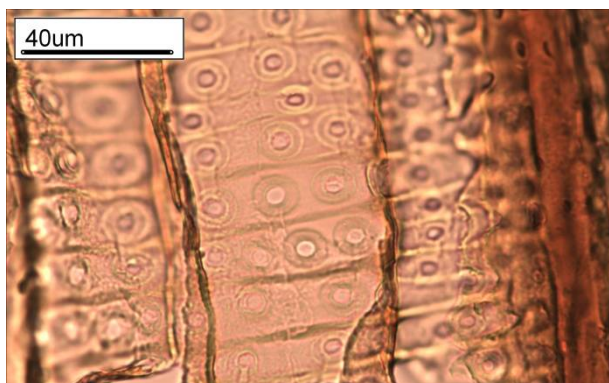


Foto: Antalfi (2014)

32. ábra Udvaros gödörkék 1-4 sorban (4-es minta)

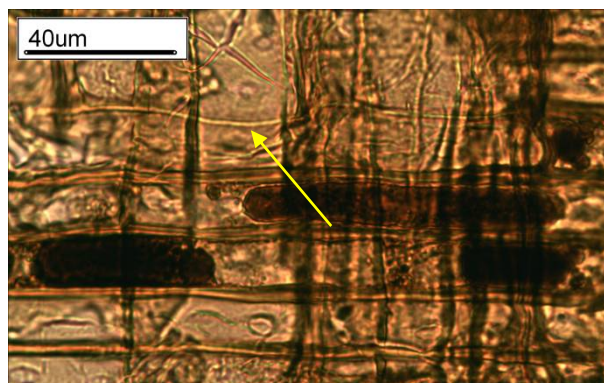


Foto: Antalfi (2014)

33. ábra A bélsugár homogén felépítésű (4-es minta)

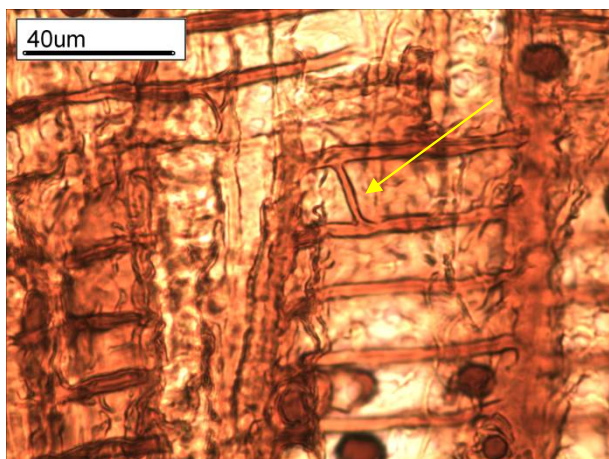


Foto: Antalfi (2014)

34. ábra A bélsugár parenchimák végfala sima (4-es minta)

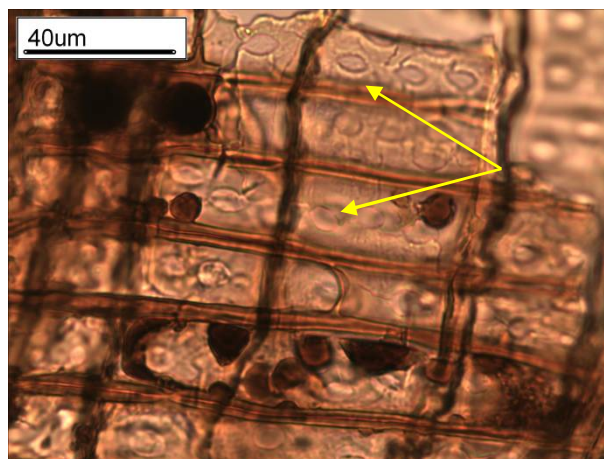


Foto: Antalfi (2014)

35. ábra A keresztteződési mező taxodioid gödörkéi (4-es minta)

Húrmetszet

A húrmetszeten jól látható, hogy a bélsugarak kizárólag csak egy sejt sor szélesek, magasságuk 2-19 sejt között változik (36. ábra). A hosszparenchimák harántfala sima, dudorok nem láthatók rajtuk (37. ábra). A parenchima sejtekben több helyen szétszórva sötétbarna színű anyagberakódások figyelhetők meg.

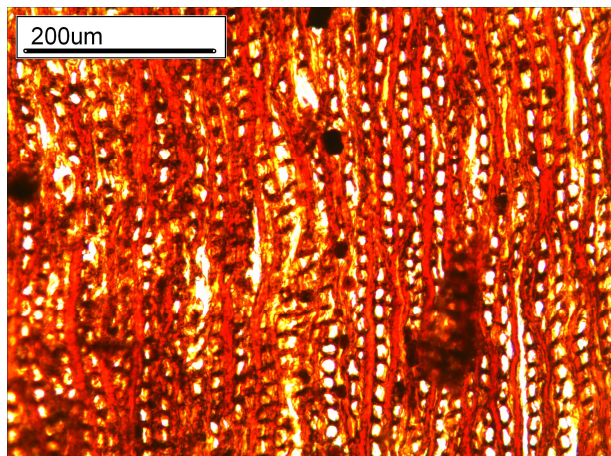


Foto: Antalfi (2014)

36. ábra A bélsugarak 1 sejt sorosak (4-es minta)

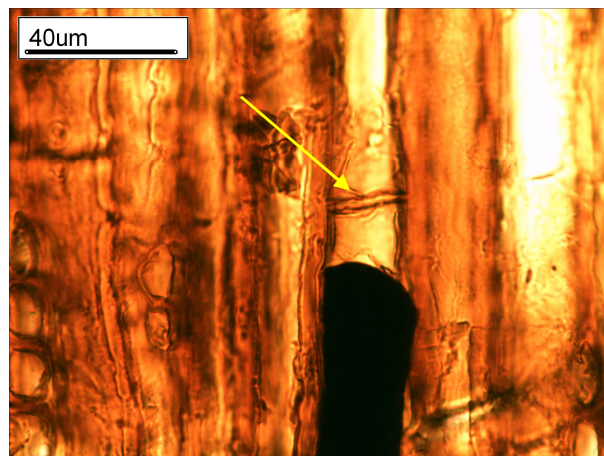


Foto: Antalfi (2014)

37. ábra A hosszparenchimák harántfalai simák (4-es minta)

6.3 Az 5-ös törzs xylotómiai leírása

Keresztmetszet

A keresztmetszeti jellemzők, mint a szabályos sejtszerkezet, amelyet túlnyomó részt a hossztracheidák szinte teljesen rendezett elhelyezkedése ad, egyértelműen fenyőre utalnak. Az évgyűrűhatár és a pásztahatár is éles. A hosszparenchimák száma viszonylag nagyon sok, amelyek többnyire szórtan, ill. húrirányú 1-2 sor széles sávokat alkotva helyezkednek el, elsősorban a korai pásztában (38. ábra). Az ábrán láthatóak a fenyő 1 soros bélsugár sejtjei is.

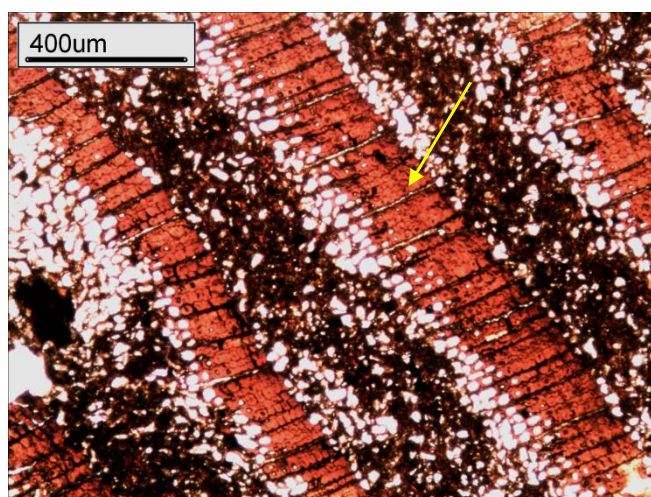


Foto: Antalfi (2014)

38. ábra Keresztmetszet a hosszparenchimákkal (5-ös minta)

Sugármetszet

A hossztracheidák falán kizárólag csak udvarosgödörkés sejtfallvastagodás figyelhető meg. A gödörkék egyes, kettes és hármas sorokban helyezkednek el (39. ábra). A bélsugarak egy típusú sejtéből épülnek föl, csupán bélsugar parenchimákból, így a szerkezetük homogén (40. ábra). A keresztződési mezőben cupressoid és taxodoid típusú gödörkék találhatóak. Számuk 1-4 között

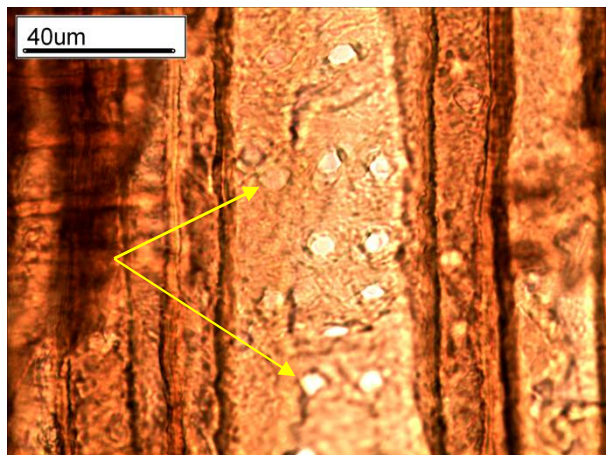


Foto: Antalfi(2014)

39. ábra Udvaros gödörkék (5-ös minta)

változik, attól függően, hogy a korai, vagy a kései pászttát vizsgáljuk. A bélsugar sejtek végfalai (tangenciális falak) simák (41. ábra).

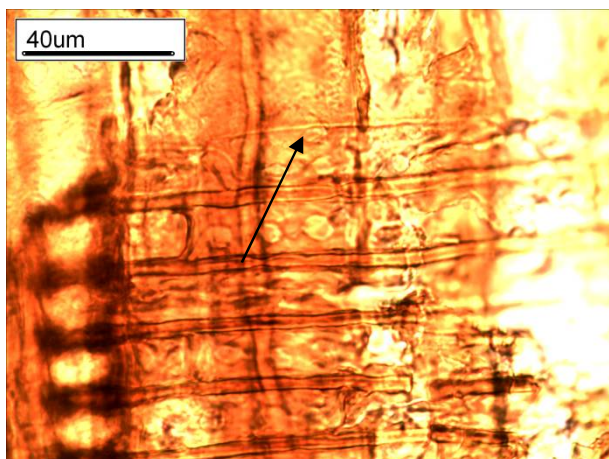


Foto: Antalfi (2014)

40. ábra Homogén felépítésű bélsugar (5-ös minta)

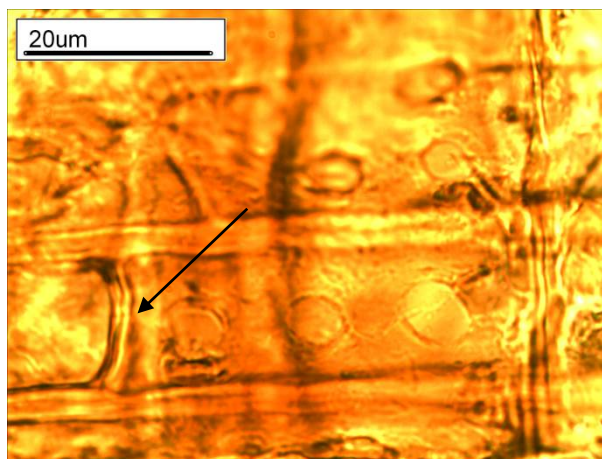


Foto: Antalfi (2014)

41. ábra A keresztződési mező (5-ös minta)

Húrmetszet

A bélsugarak magassága változó, a sejt sorok száma 2-23 között mozog, egy-két sejt sor szélesek (42. ábra). A hossztracheidák falán nem látható helyenkénti sejtfallvastagodás sem. A hosszparenchimákban anyag lerakódások láthatók. A parenchima sejtek végfalai dudorosak (43. ábra).

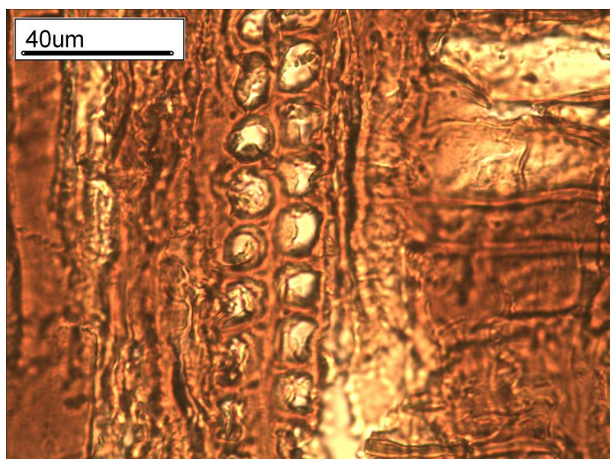


Foto: Antalfi(2014)

42. ábra Két sejtsor széles belső sugarak (5-ös minta)

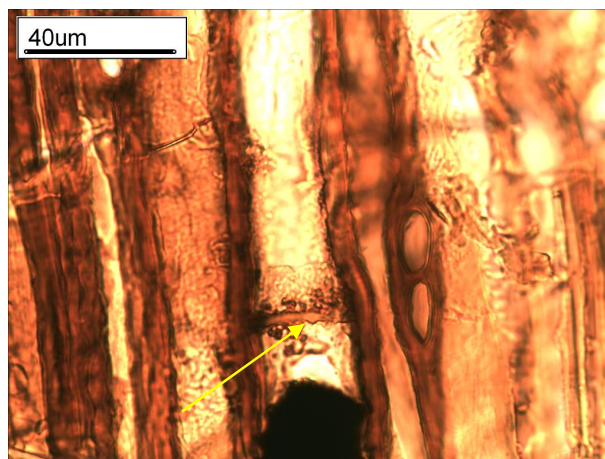


Foto: Antalfi(2014)

43. ábra A hosszparenchima harántfala dudoros (5-ös minta)

6.4 A 6-os törzs xylofórái leírása

Keresztmetszet

A 6-os minta keresztmetszetén a hossztracheidák szintén teljesen szabályos elrendeződést mutatnak. A korai és a kései pászta határa éles. Az őszi pászta nagyon keskeny. A metszeten gyantajarat nem látható. A hosszparenchimák mennyisége viszonylag nagy, amelyek szórtan helyezkednek el (44. ábra).

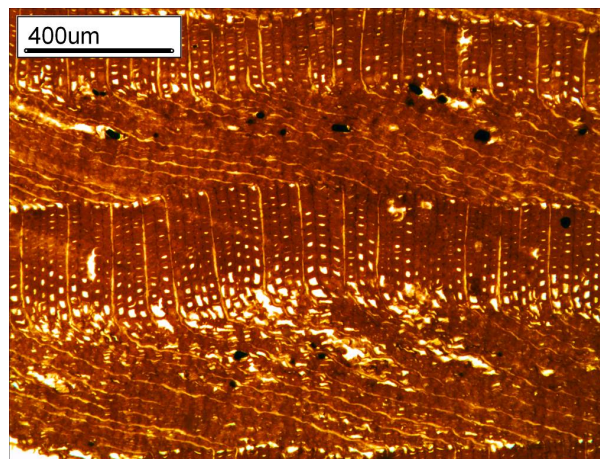


Foto: Antalfi(2014)

44. ábra Keresztmetszet (6-os minta)

Sugármetszet

A hossztracheidák falán az udvaros gödörkék 2-3 sorban helyezkednek el (45. ábra). A belső sugar heterogén felépítésű, közepén belső sugar parenchimák láthatók, a két szélén pedig belső sugar tracheidák (46. ábra). A belső sugar parenchimák tangenciális fala sima, vagy dudoros (47. ábra). A keresztződési mezőben 1-4 taxodoid, ill. cupressoid gödörke látható (48. ábra).

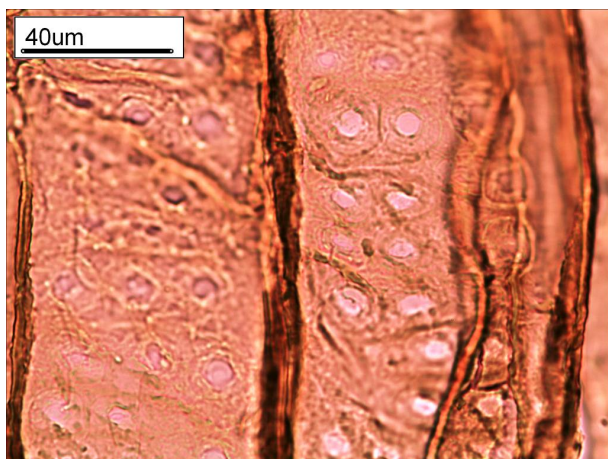


Foto: Antalfi(2014)

45. ábra Udvaros gödörkék 2-3 sorban helyezkednek el (6-os minta)

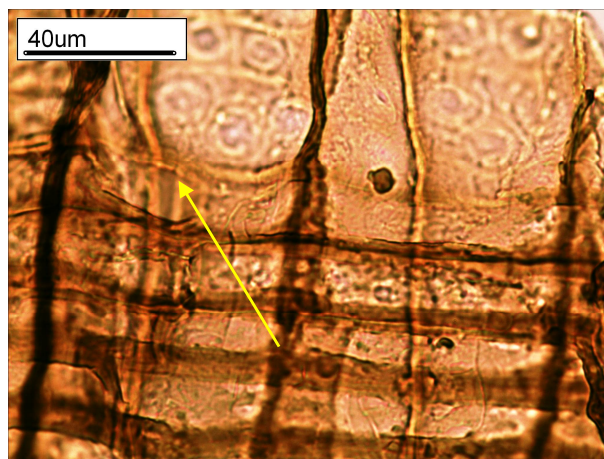


Foto: Antalfi(2014)

46. ábra A bélsugar heterogén felépítésű (6-os minta)

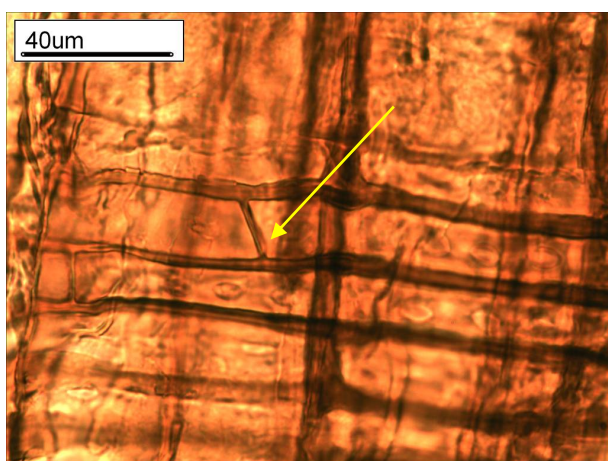


Foto: Antalfi(2014)

47. ábra A bélsugar parenchimák végfala sima (6-os minta)

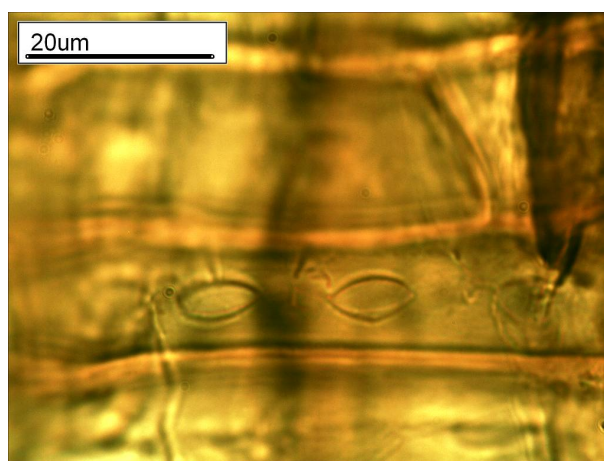


Foto: Antalfi(2014)

48. ábra Kereszteződési mezőben cupressoid típusú gödörkék láthatók (6-os minta)

Húrmetszet

A tangenciális metszeten a bélsugarak kizárólag csak 1 sejt sor szélesek, magasságuk 2-22 sejt sor között változik. A hosszparenchimák harántfala sima, dudorok nem láthatók rajta. A sejtfalakon, több helyen anyaglerakódás látható (49. ábra).

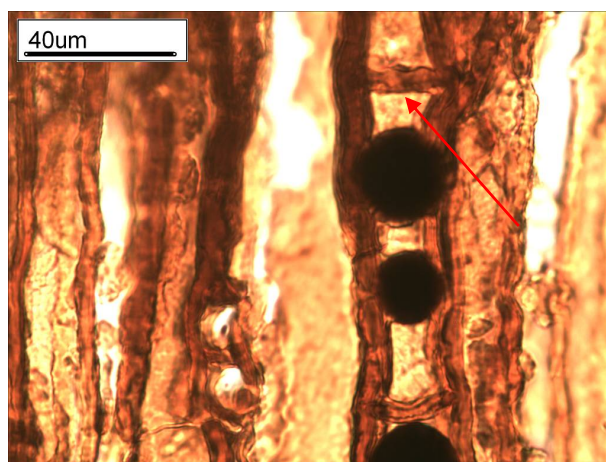


Foto: Antalfi (2014)

49. ábra A hosszparenchimák harántfalai simák (6-os minta)

6.5 A 7-es törzs xylotómiai leírása

Keresztmetszet

A keresztmetszeten szépen láthatóak a hossztracheidák, a sejtek a nagy súly ellenére kevésbé nyomódtak össze. Két évgűrű is látható a képen. A kései pászta vastagsága változó, a hatása a növekedésre megfigyelhető az évgűrűk szélességén. Az évgűrű határ és a pászta határ is éles. (50. ábra). A hosszparenchimák szórtnan helyezkednek el.

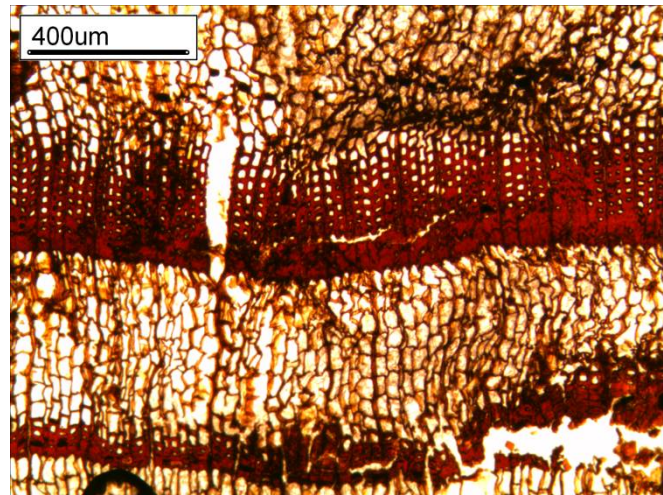


Foto: Antalfi(2014)

50. ábra Keresztmetszet bélsugárral(7-es minta)

Sugármetszet

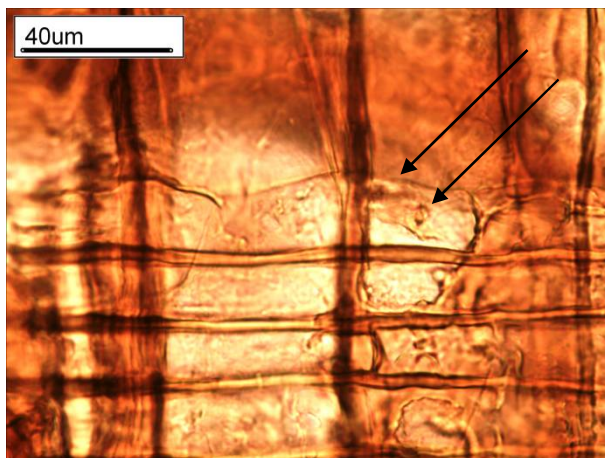


Foto: Antalfi (2014)

51. ábra Heterogén felépítésű bélsugár (7-es minta)

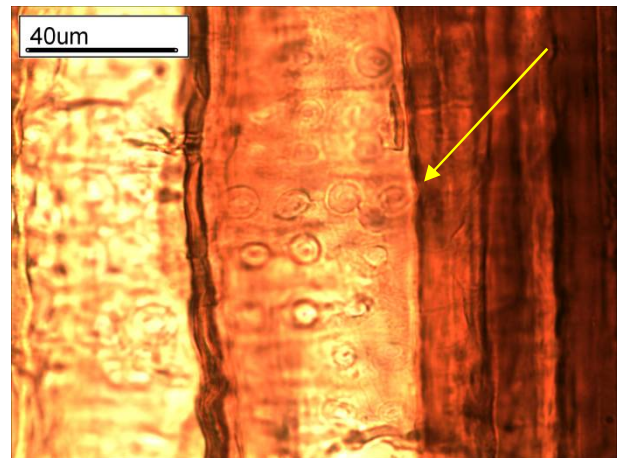


Foto: Antalfi(2014)

52. ábra 1-4 szélességben udvaros gödörkék (7-es minta)

A bélsugarak szerkezete heterogén, mivel bélsugár tracheidák is láthatóak a keresztveződési mező szélein (51. ábra). A hossztracheidák falán csak udvarosgödörkés sejtfa vastagodás található. A gödörkék akár négy oszlop szélesen is elhelyezkednek (52. ábra). A keresztveződési mezőben taxodiod típusú gödörkék találhatóak. Számuk kevés, késői pásztaban többnyire 1 darab, korai pásztaban maximum 2-3 darab között van (53. ábra). A bélsugár sejtek végfalai (tangenciális falak) simák, dudor nem látható rajtuk (54. ábra).

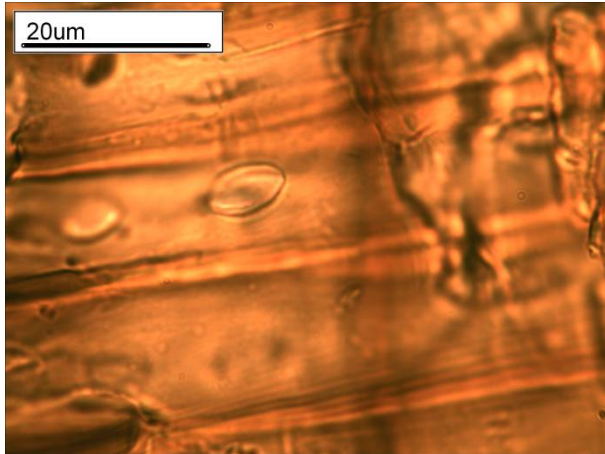


Foto: Antalfi(2014)

53. ábra Taxodioid típusú gödörkék (7-es minta)

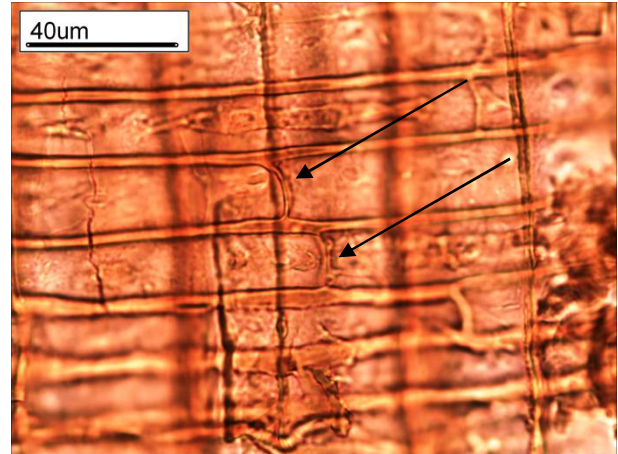


Foto: Antalfi (2014)

54. ábra A bélsugar sejtek végfalai simák (7-es minta)

Hürmetszet

A bélsugarak magassága változó, a sejt sorok száma 2-20 között mozog, kizárólag egy sejt sor szélesek. Hossztracheidák falán nem látható sejt falvastagodás. A hosszparenchimákban sötétbarna színű anyag lerakódások vannak. Parenchima sejtek végfalai simák (55. ábra).

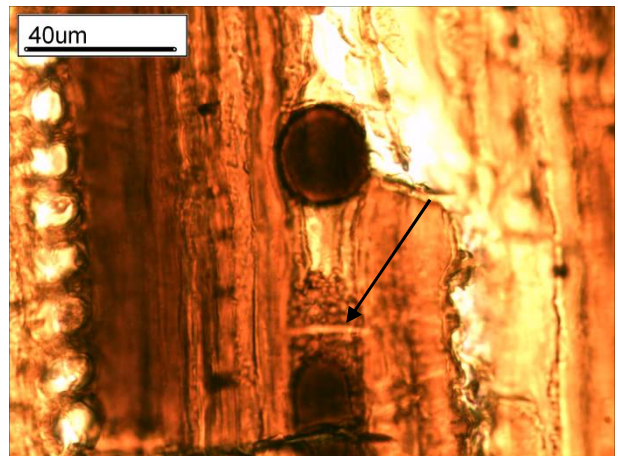


Foto: Antalfi(2014)

55. ábra A hosszparenchima harántfala sima (7-es minta)

6.6 A 9-es törzs xylotómiai leírása

Keresztmetszet

A keresztmetszeten, a sejtek összenyomódása ellenére is jól látható a fenyőkre utaló szabályos szerkezeti felépítés. A hossztracheidák mellett, élesen láthatóak az egy sejt soros bélsugarak is. A kései pászta mellett a korai pászta is keskeny, ami lassú növekedésre utal

abban az időszakban, mely farészéből készült a metszet. Három évgűrű is látható. Határuk élesen elkülönül, mely az összenyomódás ellenére is pontosan látható (56. ábra). A hosszparenchimák száma sok, amelyek szórtan, ill. hűrirányú sávokat alkotva helyezkednek el.

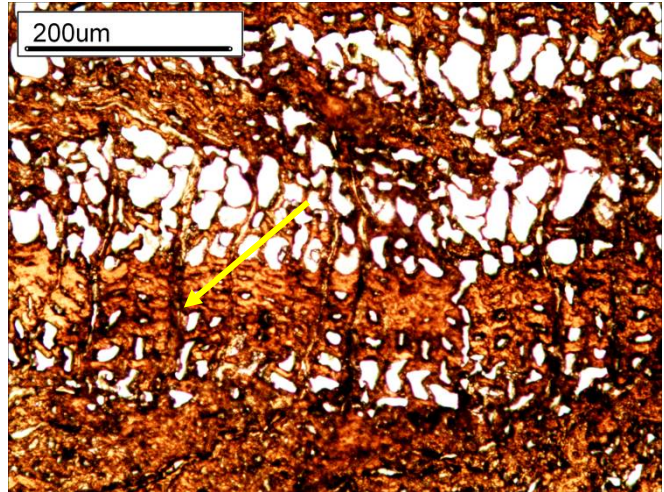


Foto: Antalfi(2014)

56. ábra Keresztmetszet bélsugárral(9-es minta)

Sugármetszet

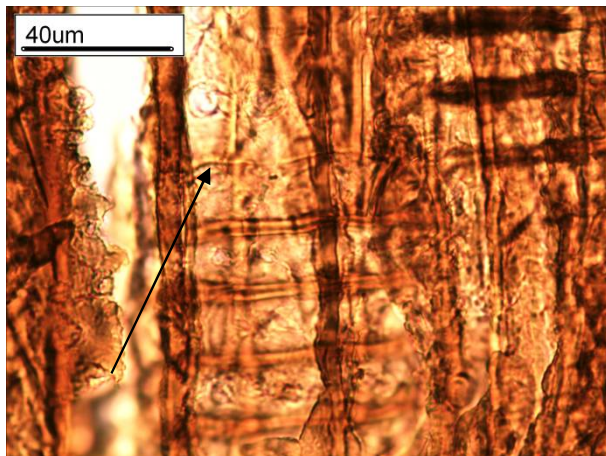


Foto: Antalfi(2014)

57. ábra Homogén felépítésű bélsugár (9-es minta)

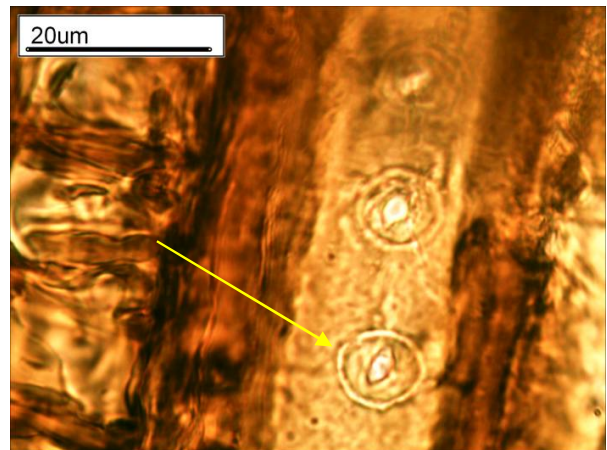


Foto: Antalfi (2014)

58. ábra Udvaros gödörkék (9-es minta)

A bélsugarak csak bélsugárparenchimákból épülnek föl, bélsugár tracheidát nem tartalmaznak, így a szerkezetük homogén (57. ábra). A hossztracheidák falán kizárólag udvarosgödörkés sejtfallvastagodás figyelhető meg. A gödörkék csak egyesével vagy kettesével helyezkednek el (58. ábra). A keresztződési mezőben cupressoid típusú gödörkék találhatóak (59. ábra). Számuk 1-4 között változik. A bélsugár sejtek végfalai (tangenciális falak) simák, dudor nem látható rajtuk (60. ábra).

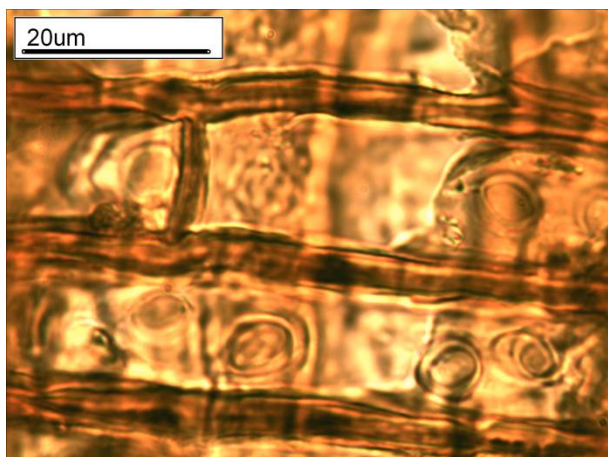


Foto: Antalfi (2014)

59. ábra Cupresszoid típusú gödörkék (9-es minta)

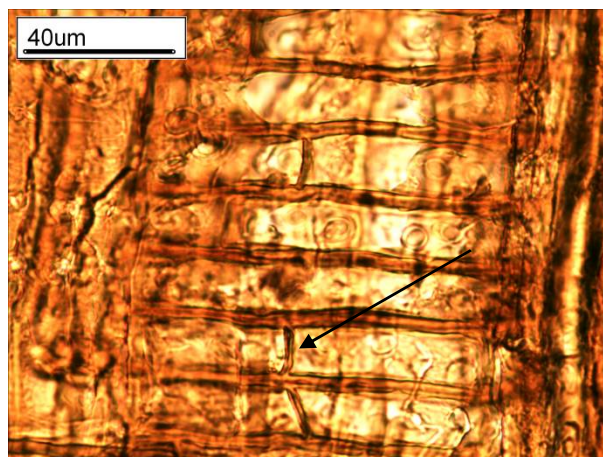


Foto: Antalfi (2014)

60. ábra A keresztződési mező (9-es minta)

Húrmetszet

A bélsugarak magassága változó, a sejtsorok száma 2-22 között mozog, többnyire egy sejtsor szélesek (61. ábra). Hossztracheidák falán sejtfalvastagodás nem figyelhető meg. A hosszparenchimákban sötétbarna színű anyag lerakódások láthatók. A hosszparenchimák végfalai simák, vagy dudorosak (62. ábra). Mindkettő előfordulása megfigyelhető.

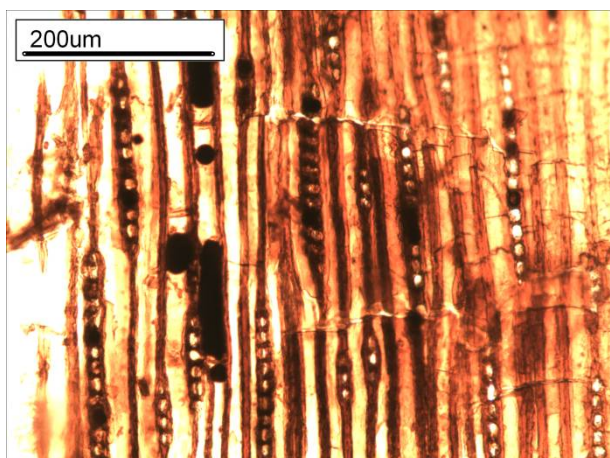


Foto: Antalfi (2014)

61. ábra Egy sejtsor széles bélsugarak (9-es minta)

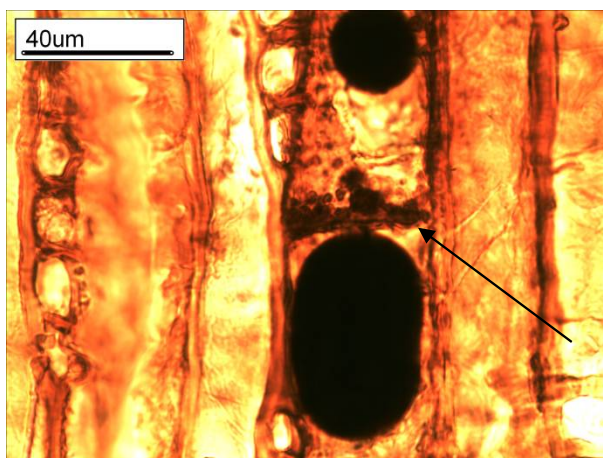


Foto: Antalfi (2014)

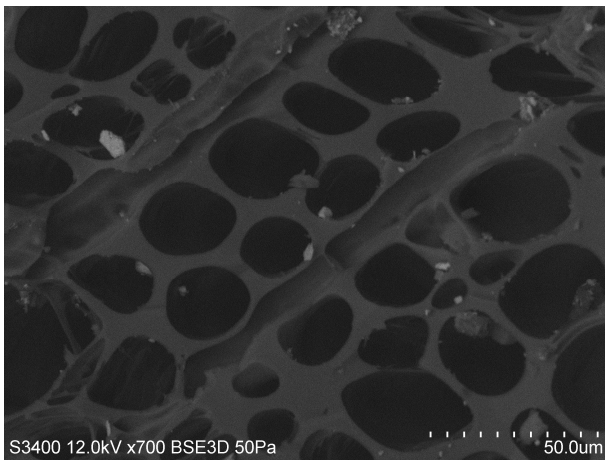
62. ábra A hosszparenchima harántfalán dudorok láthatóak (9-es minta)

6.7 A 10-es törzs xylotómiai leírása

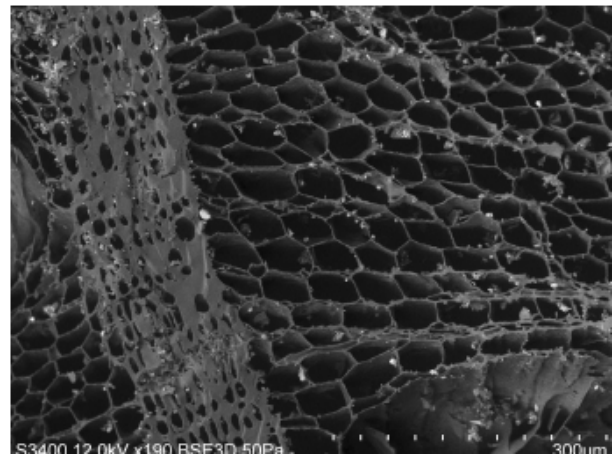
Keresztmetszet

A keresztmetszet alapján itt is látszik, hogy fenyőről van szó, mivel a sejtek túlnyomó része szintén tracheidákból épül fel (63. ábra). A metszeteken gyantajarat nem látható, a

hosszparenchimák szórtan helyezkednek el (64. ábra), s nem rendeződnek csoportokba. A korai és késői pászta átmenete változatos lehet, viszonylag éles, de többnyire fokozatos.



63. ábra A hossztracheidák szabályos rendeződése (10-es minta)



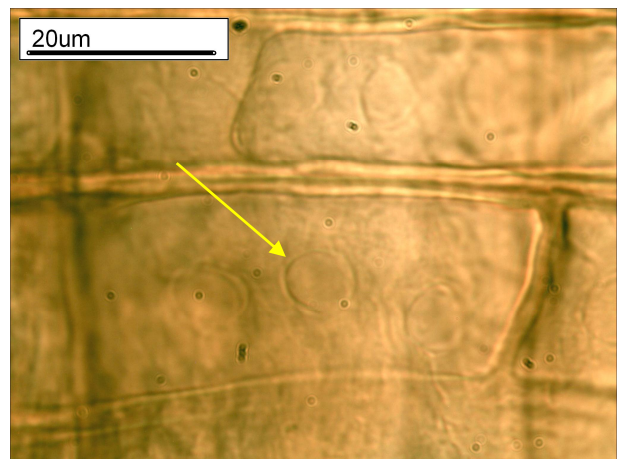
64. ábra A hosszparenchimák szórtan helyezkednek el (10-es minta)

Sugármetszet

A hossztracheidák falán az udvaros gödörkék 2-3 sorban helyezkednek el (65. ábra). Az udvarosgödörkékben a tórusz körvonala halványan látható. A bélsugár heterogén felépítésű (67. ábra), a bélsugár tracheidák falán csapos sejtfalvastagodás nem látható, így sima. A bélsugár parenchimák tangenciális fala nem perforált. A bélsugár parenchimák tangenciális fala sima, vagy dudoros (68. ábra). A keresztződési mezőben 1-4 taxodoid, ill. cupressoid gödörke látható (66. ábra).



65. ábra Az udvarosgödörkék 2-3 sorban láthatók a hossztracheidákban (10-es minta)



66. ábra Keresztződési mezőben cupressoid típusú gödörkék láthatók (10-es minta)

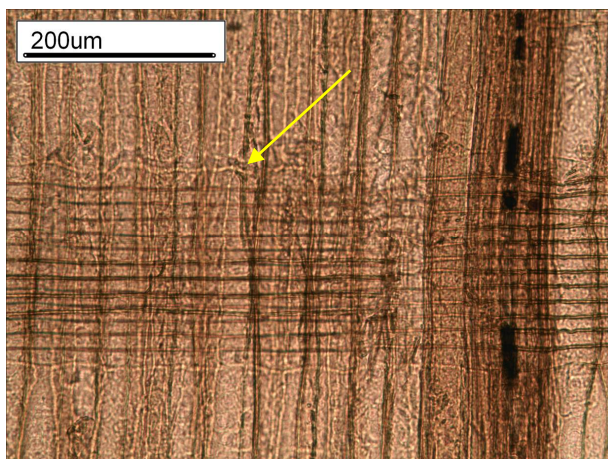


Foto: Antalfi(2014)

67. ábra A bélsugár heterogén (10-es minta)

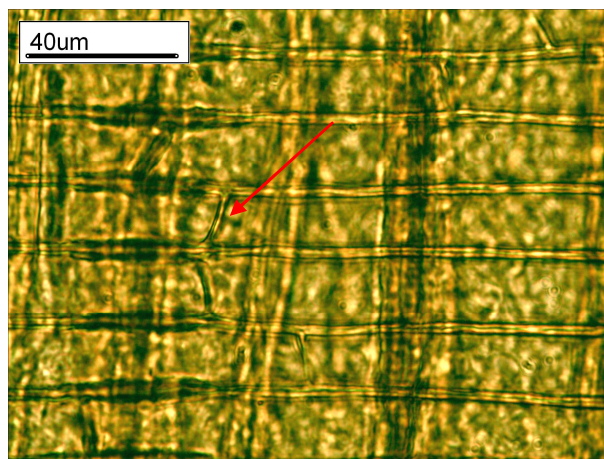


Foto: Antalfi(2014)

68. ábra A bélsugár parenchimák végfala sima (10-es minta)

Húrmetszet

A tangenciális metszeten a bélsugarak kizárólag csak 1 sejtör sor szélesek, magasságuk 1-30 sejtör sor is lehet. A hosszparenchimák harántfala sima, dudorok nem láthatók rajta (69. ábra). A parenchima sejtekben rendszeresen sötét színű anyagberakódások figyelhetők meg.

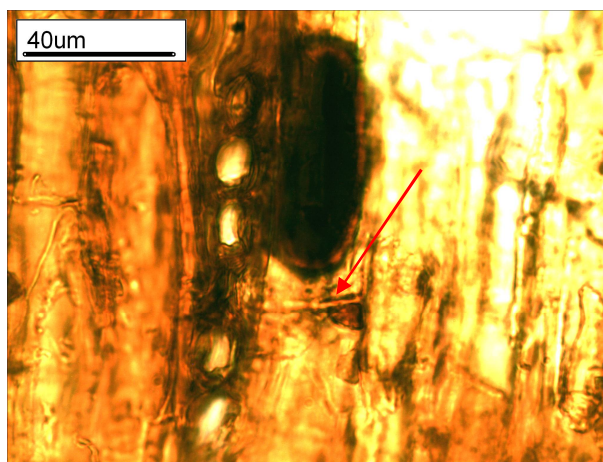


Foto: Antalfi(2014)

69. ábra A hosszparenchimák harántfalai simák (10-es minta)

6.8 A 11-es törzs xylotómiai leírása

Keresztmetszet

A 11-es minta keresztmetszetén a hossztracheidák szintén teljesen szabályos elrendeződést mutatnak. A korai és a kései pászta találkozására éles (70. ábra). Az őszi pászta nagyon keskeny. A hosszparenchimák mennyisége viszonylag nagy, amelyek vagy szórtan helyezkednek el, vagy tangenciális irányú sávokba rendeződtek (71. ábra).

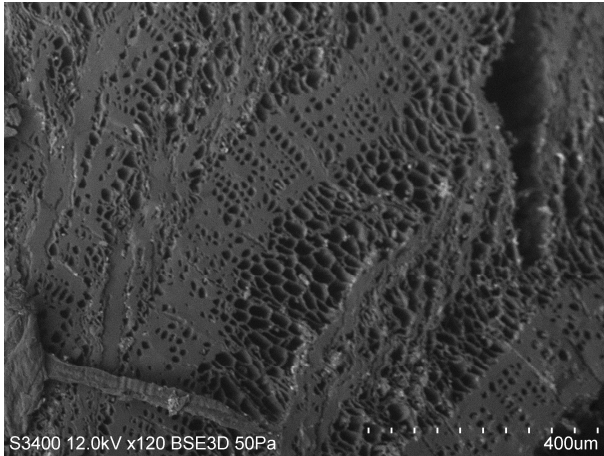


Foto: Börcsök (2008)

70. ábra A pásztahatár éles (11-es minta)

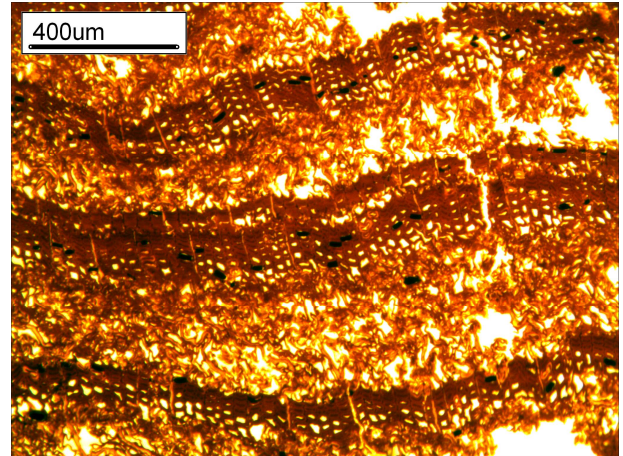


Foto: Antalfi(2014)

71. ábra A hosszparenchimák tangenciális sávokba rendeződnek (11-es minta)

Sugármetszet

A bélsugár homogén felépítésű (72. ábra), amiből az következik, hogy csak bélsugárparenchimák építik fel. A keresztvező mezőben kétféle gödörke típust is találhatunk, cupressoid és taxodoid gödörkéket, melyeknek száma 1-4 is lehet. A bélsugár parenchimák végfalai simák (73. ábra). A hossztracheidákban az udvaros gödörkéek egyesével, kettesével, illetve hármassával helyezkednek el (74. ábra).

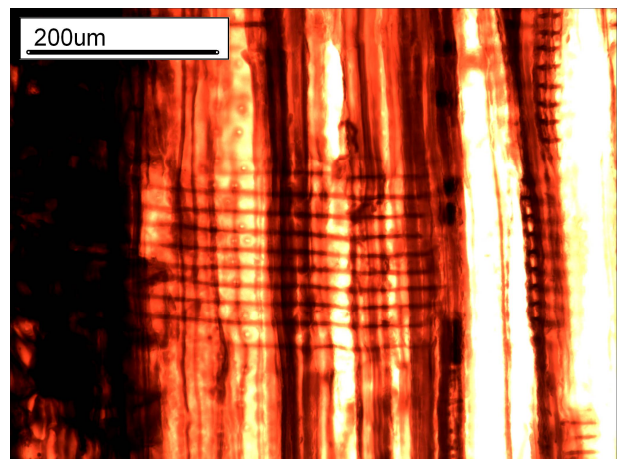


Foto: Antalfi(2014)

72. ábra A bélsugarak homogén felépítésűek (11-es minta)

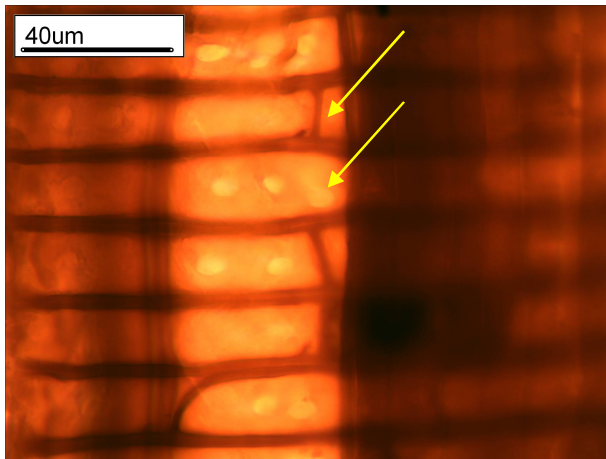


Foto: Antalfi(2014)

73. ábra Kereszteződési mező taxodioid gödörkéi (11-es minta)

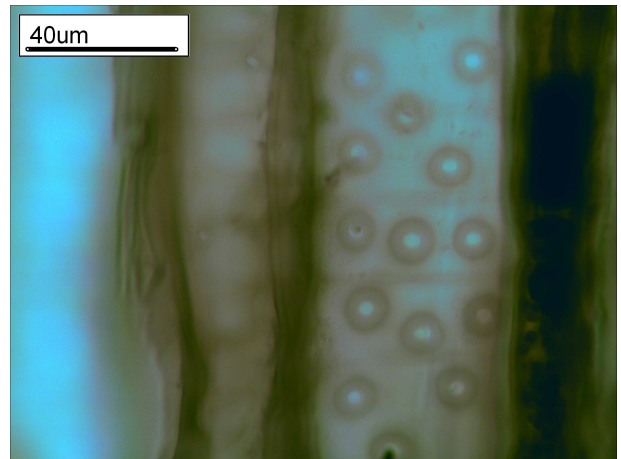


Foto: Antalfi(2014)

74. ábra Az udvarosgödörkék 1-3 sorban helyezkednek el (11-es minta)

Húrmetszet

A bélsugarak többnyire egy sejtsor szélesek, de előfordul, hogy kettő (75. ábra). Hosszukat tekintve 1-30, de akár 35 sejtsor magasak is lehetnek. A hosszparenchimák végfalai (harántfalai) nem simák, hanem dudorosak (76. ábra). A hosszparenchimákban anyagberakódások gyakran előfordulnak.

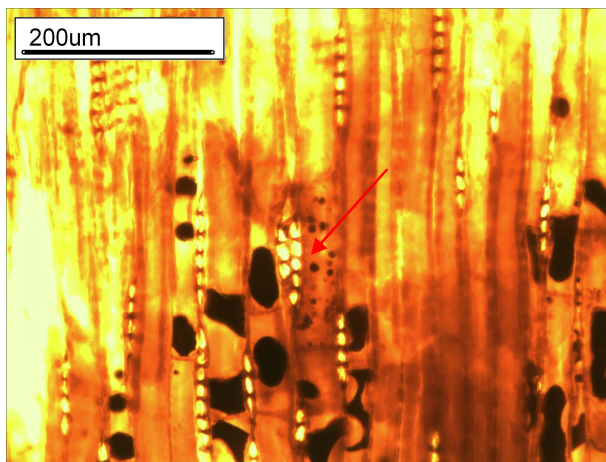


Foto: Antalfi(2014)

75. ábra A bélsugarak két sejtsor szélesek is lehetnek (11-es minta)



Foto: Antalfi(2014)

76. ábra A hosszparenchimák harántfalán dudorok vannak (11-minta)

6.9 A 13-es törzs xylofórái leírása

Keresztmetszet

A keresztmetszeten túlnyomó részt, 95%-ban hossztracheidák vannak, ami szintén egyértelműen fenyőre utal. Az évgyűrűhatár és a pásztahatár is éles. A hosszparenchimák száma viszonylag nagyon sok, amelyek többnyire szórta, ill. hűrirányú 1-2 sor széles sávokat alkotva helyezkednek el, elsősorban a korai pásztában (77. ábra) Gyantajárat nem látható.

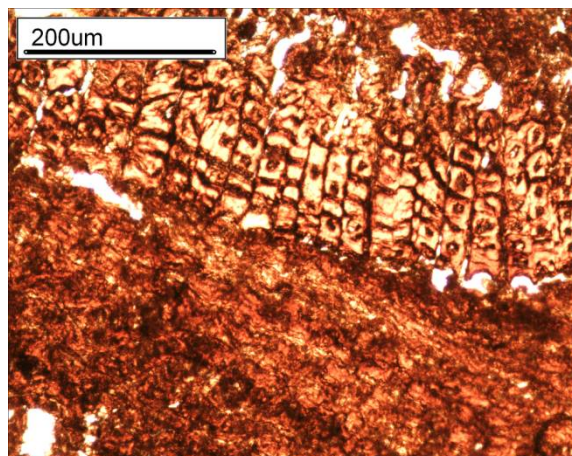


Foto: Antalfi(2014)

77. ábra Keresztmetszet a hosszparenchimákkal (13-as minta)

Sugármetszet

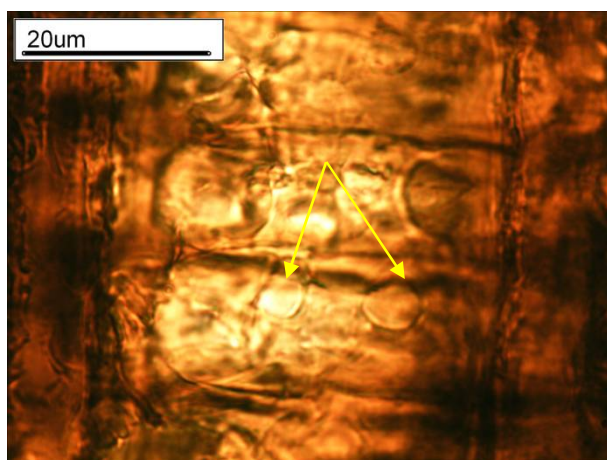


Foto: Antalfi(2014)

78. ábra Kereszteződési mezőben 1-2 taxodioid gödörke található (13-as minta)

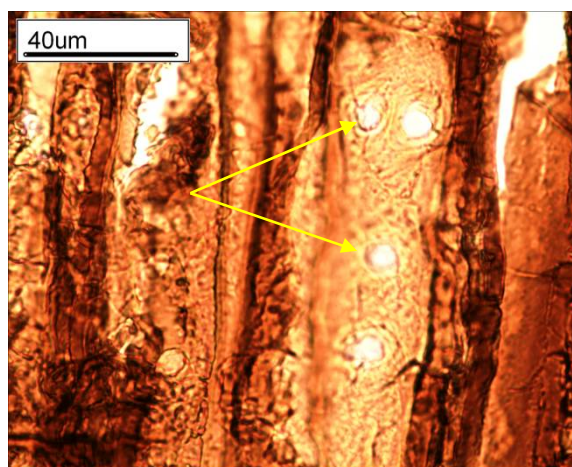


Foto: Antalfi(2014)

79. ábra Udvaros gödörkék 1-2 sorban (13-as minta)

A hossztracheidák falán udvarosgödörkés sejtfaletagadás figyelhető meg (78. ábra). A gödörkék egyesével vagy kettesével állnak a hossztracheida falán (79. ábra). A bélsugarak kizárólag két típusú sejtekből állnak, bélsugár parenchimákból és bélsugár tracheidából. A szerkezete így heterogén (80. ábra). A kereszteződési mezőben cupressoid és taxodioid típusú

gödörkék találhatóak. Számuk 1-3 között változik. A bélsugar sejtek végfalai (tangenciális falak) simák, dudor nem látható rajtuk (81. ábra).

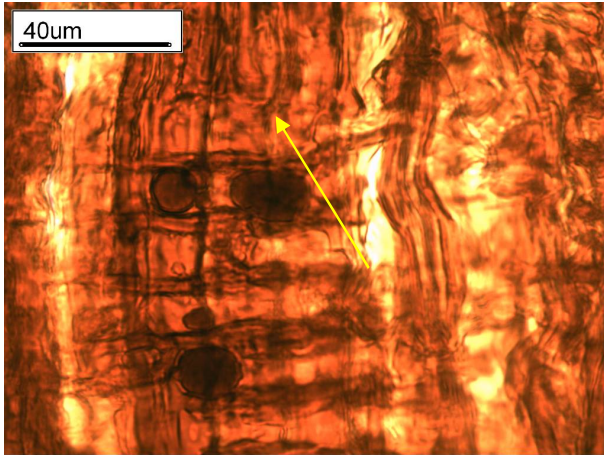


Foto: Antalfi(2014)

80. ábra Heterogén felépítésű bélsugar (13-as minta)

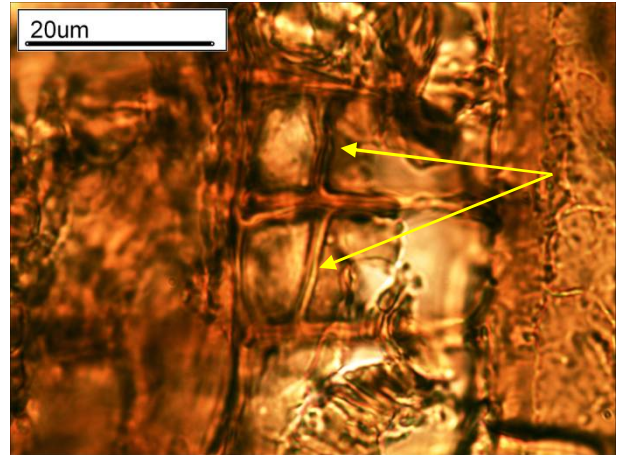


Foto: Antalfi(2014)

81. ábra A keresztveződési mező (13-as minta)

Hürmetszet

A bélsugarak magassága változó, a sejt sorok száma 1-18 között mozog. Szélességét vizsgálva, egy sejt sor szélességű. A hossztracheidák falán nem látható helyenkénti sejt falvastagodás. A hosszparenchimákban anyag lerakódások láthatók. A parenchima sejtek végfalain dudorok nem láthatóak (82. ábra).

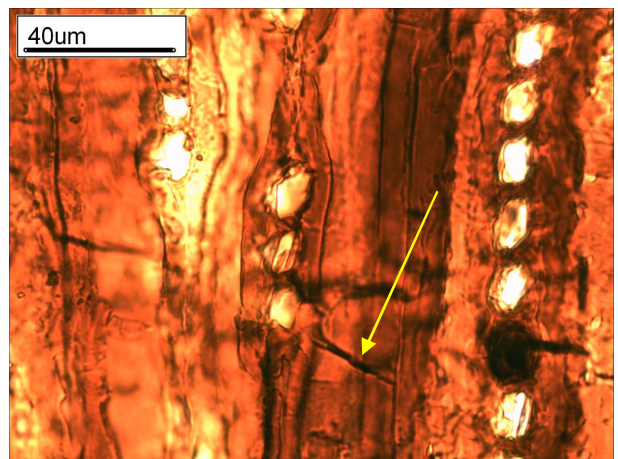


Foto: Antalfi(2014)

82. ábra A hosszparenchima harántfala sima (13-as minta)

7 A kontroll fajok vizsgálata

A növényi fosszilis maradványok vizsgálatának egyik alapja a faj taxonomiai meghatározása. A bükkábrányi leleteknél is hasonló módon kezdődtek a vizsgálatok. Legelőször a feltárást követően a törzsek habitusa, valamint a kéreg jellegzetességei alapján, minden alapos vizsgálat nélkül mocsárciprusnak (*Taxodium distichum*) állították be a törzseket. Ma már egyértelművé vált, hogy ez csak részben felel meg a valóságnak. Több kutatómunka is leírt más fajokat, mint pl. tengerparti mamutfenyőt (*Sequoia sempervirens*) is a mocsárciprus mellett (Molnár et al. 2007, 2008). Hably (2008) szerint is sok faj lehet a bükkábrányi fák között. Többek között egy ma már kihalt fajt vélt felfedezni a xylotómiai vizsgálatok alapján, a *Taxodioxyton germanicum* Van der Burgh-ot (Greguss, 1955). A törzs maradványok közelében hajtás töredékeket is találtak, melyek kutikuláját vizsgálták a faj meghatározás érdekében. A kutikula vizsgálat eredménye, hogy a hajtás töredék fafaja is, egy már kihalt faj, amely szintén a *Taxodiaceae* nemzetséghez tartozik, a *Glyptostrobus europaeus* (Erdei et al. 2009).

A törzsek fafajának meghatározásához, a kutatók különféle számítógépes segédprogramokat, ill. szakirodalmakat alkalmaztak, amelyekben az egyes fajok leírása elég aprólékosan van kifejtve. A számos szakirodalom fafajonkénti xylotómiai jellemzésében, azonban az igen sok azonosság mellett, kisebb pontokban eltérések figyelhetők meg (Greguss 1955, Hollendonner 1913), amelyek a vizsgálatok eredményét kétségessé is tehetik. Ezért feltétlenül szükségesnek találtam azon fajoknak a kontroll vizsgálatát, amelyek a fosszilis maradványok fafajaiként szóba jöhetnek. A fentiek szellemében így mindhárom mai élő fafajból mintát vettem, a mocsárciprusból, a tengerparti mamutfenyőből, és a kínai mamutfenyőből. Ezen kontroll fajok xylotómiai vizsgálatait fogják egyértelműen bizonyítani, hogy az ősfenyők melyik nemzetséghez, ill. fafajhoz tartoznak.

7.1 Mocsárciprus (*Taxodium distichum*)

Keresztmetszet

A keresztmetszeten a hossztracheidák rendezett elhelyezkedése, valamint szabályos sejtszerkezete, egyértelműen fenyőre utal (83. ábra). A korai és a kései pászta találkozása többnyire éles, de egyes esetekben fokozatos átmenet is megfigyelhető. A metszeten gyantajarat nem látható. A hosszparenchimák halványan láthatók, számuk viszonylag sok, amelyek hol szórtnan, hol tangenciális sávokat alkotva helyezkednek el.

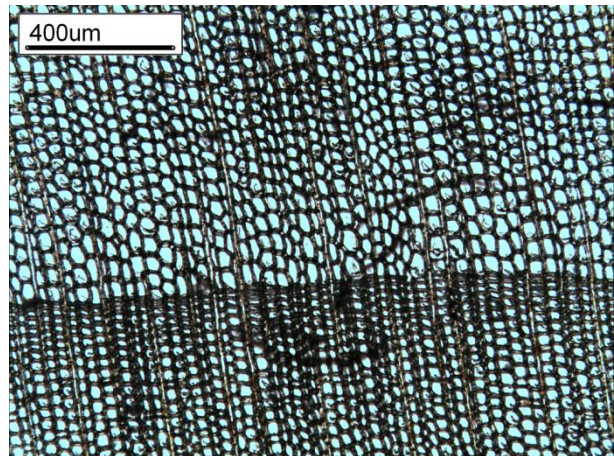


Foto: Antalfi(2014)

83. ábra Keresztmetszet, a hosszparenchimák szórt elhelyezkedése (*Taxodium distichum*)

Sugármetszet

A bélsugarak homogén felépítésűek (84. ábra), kizárólag csak bélsugár parenchimák építik fel. A bélsugár parenchimák végfalai simák, dudor nem található rajtuk (85. ábra).

A keresztveződesi mezőben cupressoid gödörke típust láthatunk (86. ábra), de taxodiod gödörke is előfordulhat benne. A gödörkék száma 1-4, a korai pászta keresztveződesi mezőiben. Az udvarosgörörkék tóruszai halványan láthatók (87. ábra). A gödörkék a hossztracheidákban 1, 2, ill. hármával helyezkednek el (88. ábra).

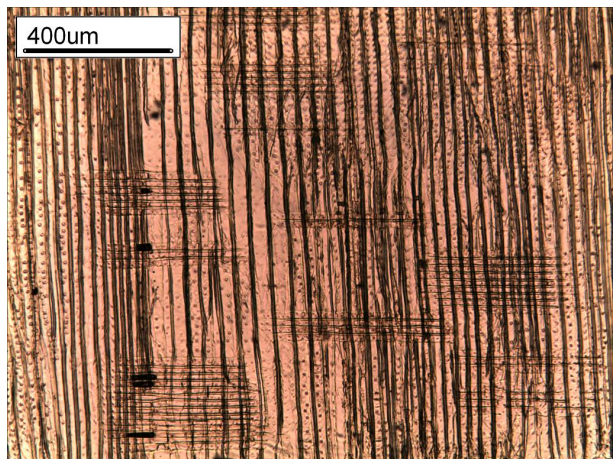


Foto: Antalfi(2014)

84. ábra A bélsugarak homogén felépítésűek (*Taxodium distichum*)

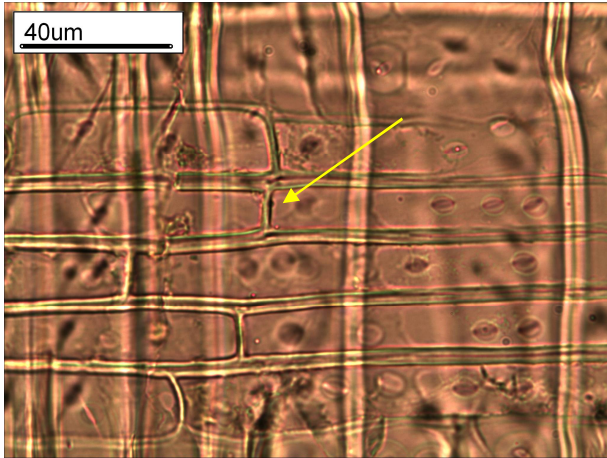


Foto: Antalfi(2014)

85. ábra A bélsugár parenchimák végfalai simák (*Taxodium distichum*)

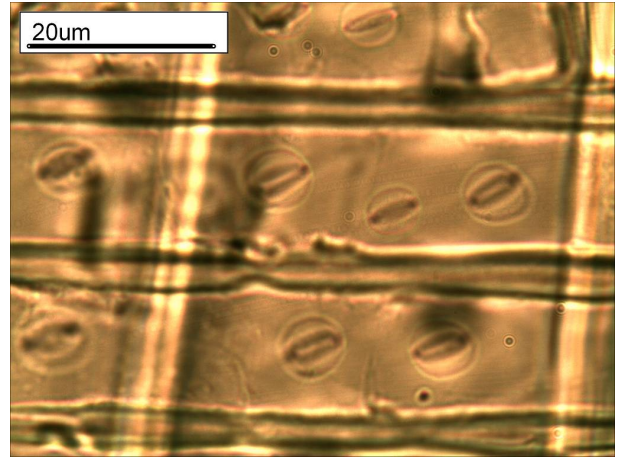


Foto: Antalfi(2014)

86. ábra Kereszteződési mező cupressoid gödörkéi (*Taxodium distichum*)

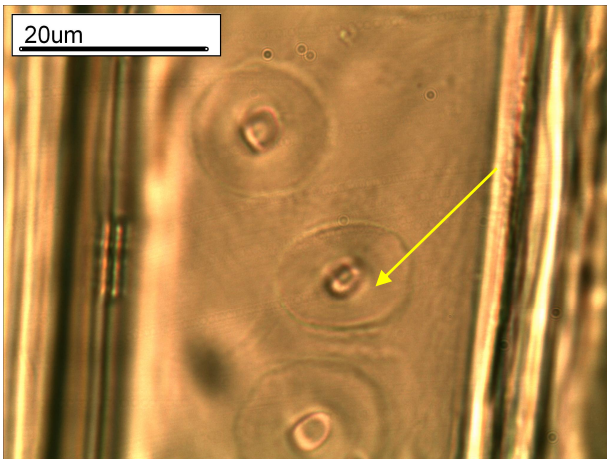


Foto: Antalfi(2014)

87. ábra Az udvarosgödörkék tóruszai halványan láthatók (*Taxodium distichum*)

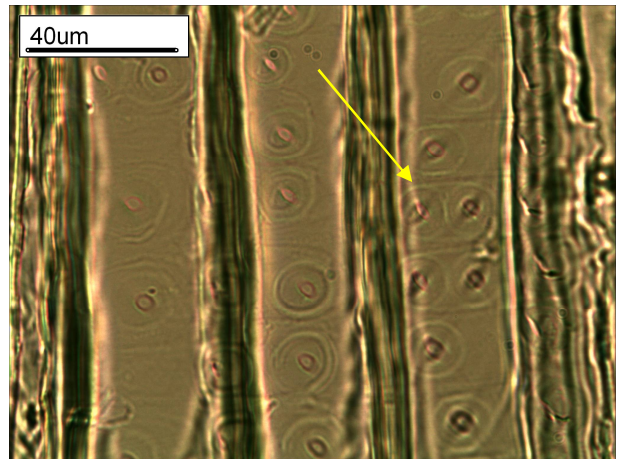


Foto: Antalfi(2014)

88. ábra Az udvarosgödörkék 1-2 sorban láthatóak (*Taxodium distichum*)

Húrmetszet

A bélsugarak többsége egy sejtsor széles, de két sejtsor szélesek is láthatók (89. ábra). Magasságuk 1-30 sejtsor között található. A hosszparenchimák harántfalai nem simák, hanem dudorosak (90. ábra).

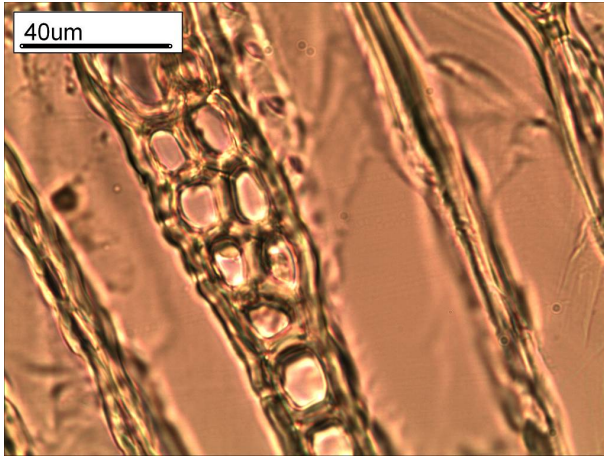


Foto: Antalfi(2014)

89. ábra A bélsugarak 1-2 sejtsor szélesek (*Taxodium distichum*)

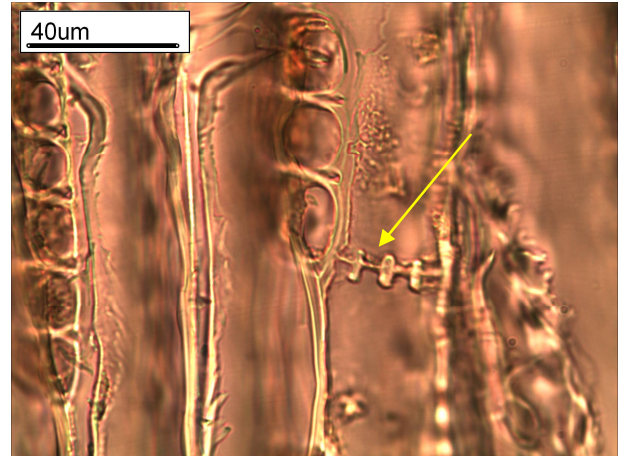


Foto: Antalfi(2014)

90. ábra A hosszparenchimák harántfalán dudorok vannak (*Taxodium distichum*)

7.2 Tengerparti mamutfenyő (*Sequoia sempervirens*)

Keresztmetszet

A keresztmetszeten látható, hogy a minta fenyőből származik, mivel a sejtek túlnyomó részét tracheidák alkotják. A keresztmetszeten gyantajárat nem látható. A korai és a kései pászta határa fokozatos. A hosszparenchimák halványan láthatók, amelyek szórtan helyezkednek el, sávokat nem alkotnak, számuk viszonylag sok (91. ábra).

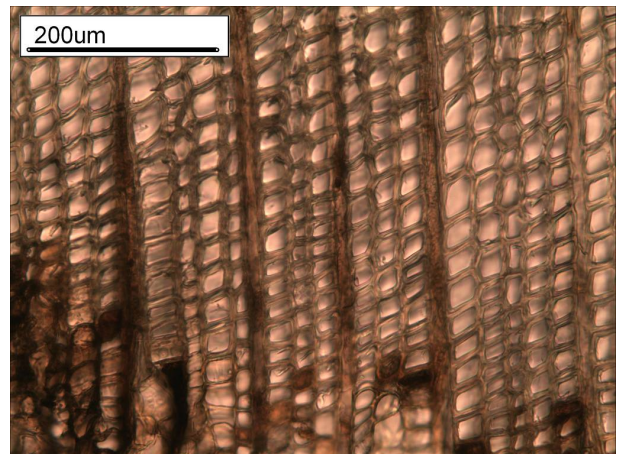


Foto: Antalfi(2014)

91. ábra Keresztmetszet (*Sequoia sempervirens*)

Sugármetszet

A hossztracheidák falán az udvaros gödörkék egyesével, kettesével helyezkednek el (92. ábra). Az udvarosgödörkékben a tórusz csipkézett körvonala halványan látható (93. ábra). A bélsugár heterogén felépítésű, közepén bélsugár parenchimák láthatók, a két szélén pedig bélsugár tracheidák (94. ábra). A bélsugár tracheidák falán csapos sejtfalvastagodás nem látható. A bélsugár parenchimák tangenciális fala nem perforált. A bélsugár parenchimák

tangenciális fala többnyire sima, de dudorok is előfordulhatnak. A kereszteződési mezőben 1-4 taxodioid, ill. cupressoid gödörke látható (95. ábra).



Foto: Antalfi(2014)

92. ábra Udvaros gödörkék 1-2 sorban láthatóak (*Sequoia sempervirens*)



Foto: Antalfi(2014)

93. ábra Tórusz csipkézett körvonala látható (*Sequoia sempervirens*)

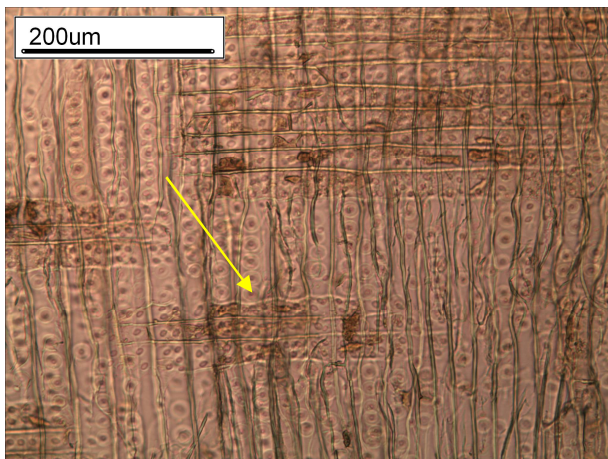


Foto: Antalfi(2014)

94. ábra Heterogén felépítésű bélsugár (*Sequoia sempervirens*)

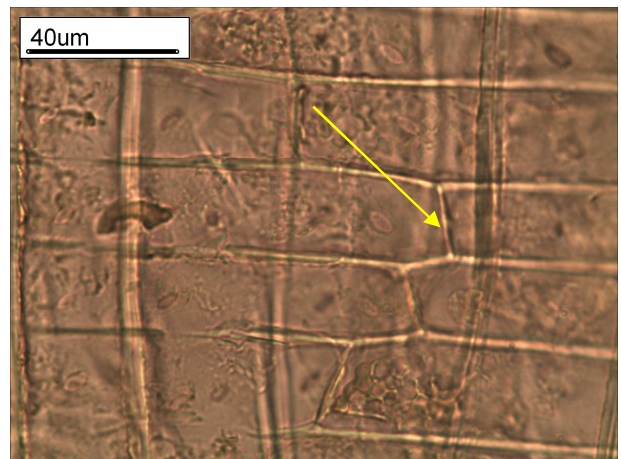


Foto: Antalfi(2014)

95. ábra A bélsugár parenchimák végfala sima (*Sequoia sempervirens*)

Húrmetszet:

A húrmetszeten a bélsugarak kizárólag 1 sejtsor szélesek, magasságuk 1-30 sejtsor között található (96. ábra). A hosszparenchimák harántfala sima, dudorok nem láthatók rajta (97. ábra).

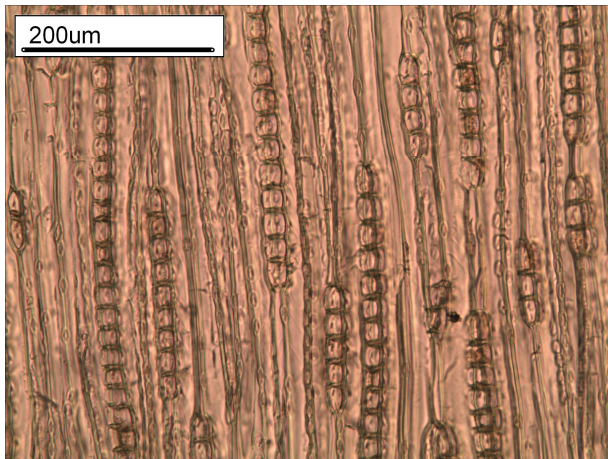


Foto: Antalfi(2014)

96. ábra Egy sejsoros bélsugár (*Sequoia sempervirens*)

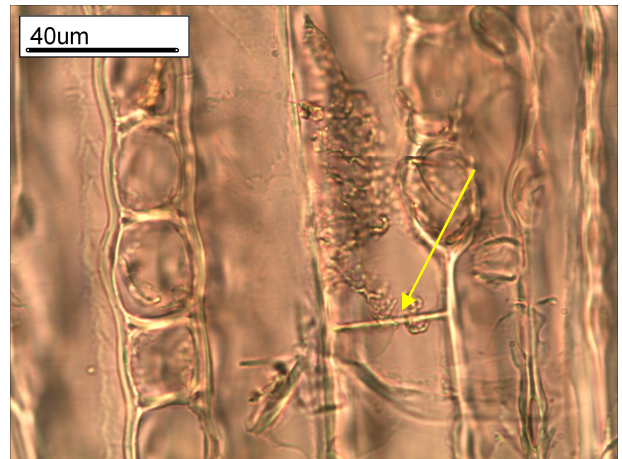


Foto: Antalfi(2014)

97. ábra Hosszparenchimák harántfala sima (*Sequoia sempervirens*)

7.3 Kínai mamutfenyő (*Metasequoia glyptostroboides*)

Keresztmetszet

A keresztmetszeten látható, hogy a szöveti szerkezetet csak tracheidák építik fel, ezért egyértelműen a fenyők csoportjába tartozik. A keresztmetszeten gyantajárat nem látható. A korai és a kései pászta találkozása viszonylag éles.

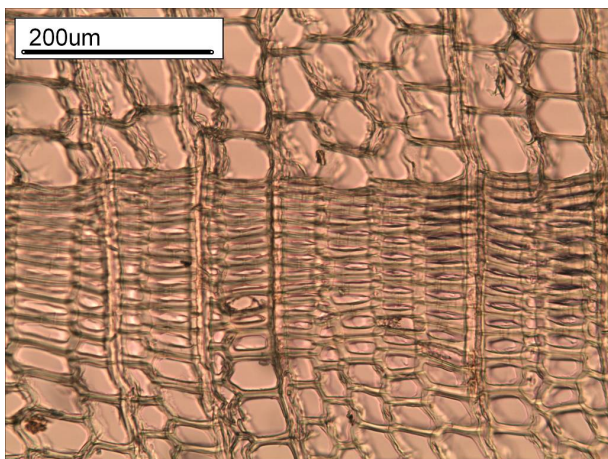


Foto: Antalfi(2014)

98. ábra Keresztmetszet (*Metasequoia glyptostroboides*)

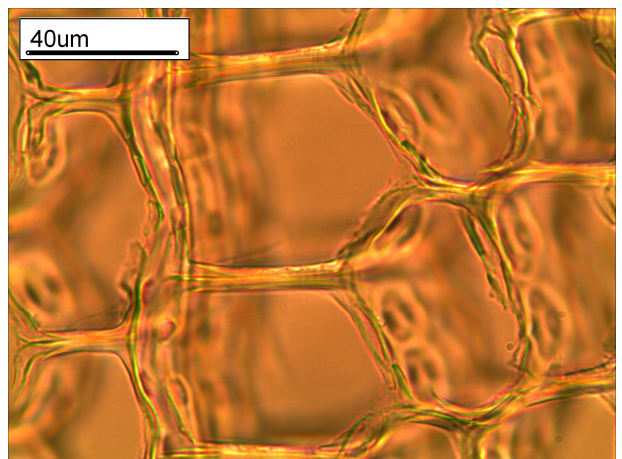


Foto: Antalfi(2014)

99. ábra Tracheidák 5-6 szögletűek (*Metasequoia glyptostroboides*)

A hosszparenchimák halványan láthatók, kizárólag szórtan helyezkednek, sávokat nem alkotnak (98. ábra). A traheidák jellegzetessége, hogy nem az általánosan előforduló négyszögletűek, hanem többnyire öt-hatszögletű a formájuk (99. ábra).

Sugármetszet

A hossztracheidák falán az udvaros gödörkék egyesével, kettesével helyezkednek el. Abban az esetben, amikor kettesével helyezkednek el a gödörkék, alattuk és felettük egy gát képződhet. Az udvarosgödörkében a tórusz körvonala halványan látható (100. ábra). A bélsugarak csak egy típusú sejtekből épülnek föl, ezért homogén a szerkezetük. A bélsugár parenchimák tangenciális faluk nem perforált. A bélsugár parenchimák tangenciális fala többnyire sima, de dudoros is előfordulhat. A kereszteződési mezőben 1-3 taxodioid, ill. cupressoid gödörke látható (101. ábra).

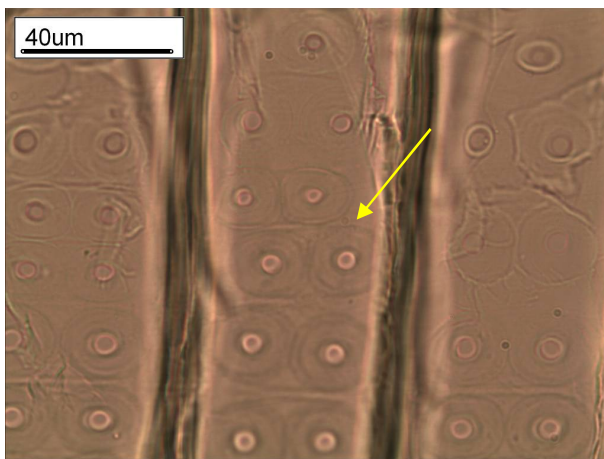


Foto: Antalfi(2014)

100. ábra Udvarosgödörkék 1-2 sorban helyezkednek el (*Metasequoia glyptostroboides*)



Foto: Antalfi(2014)

101. ábra Homogén felépítésű bélsugár, taxodioid típusú gödörkék, a bélsugár parenchima fala sima (*Metasequoia glyptostroboides*)

Húrmetszet:

A húrmetszeten a bélsugarak kizárólag csak 1 sejtsor szélesek, magasságuk 1-30 sejtsor között található (102. ábra). A hosszparenchimák harántfala sima, dudorok nem láthatók rajta (103. ábra).

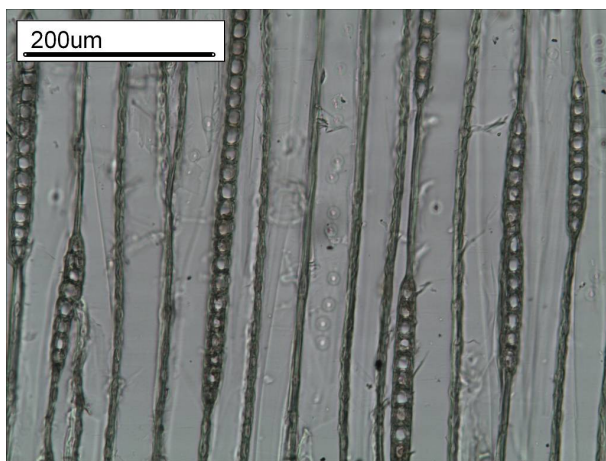


Foto: Antalfi(2014)

102. ábra Bélsugarak egy sejt sorosak (*Metasequoia glyptostroboides*)

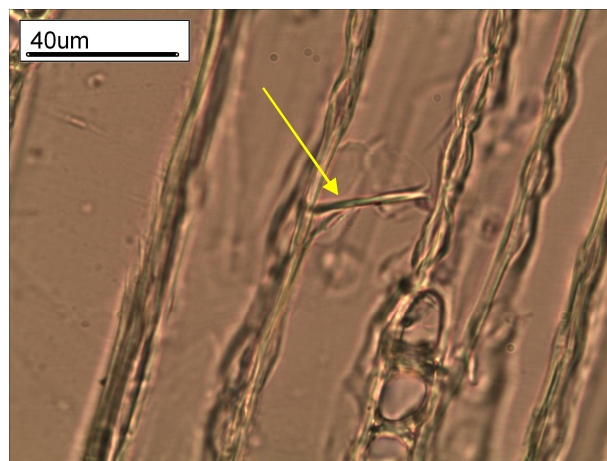


Foto: Antalfi(2014)

103. ábra Hosszparenchimák harántfala sima (*Metasequoia glyptostroboides*)

7.4 Sűrűség vizsgálat

A faanyag sűrűsége, mindamellettt hogy információt nyújt egy anyag fizikai tulajdonságáról, valamint egyéb fizikai és mechanikai tulajdonságainak várható értékéről (becslés), segítséget is nyújthat egy adott fafaj beazonosításához. Természetesen ez a tulajdonság egyedül nem dönthet, hiszen a sűrűséget a genetikai tulajdonságon kívül még számos egyéb tényező is meghatározza, melyek akár drasztikus módosító hatást is elérhetnek. Ismerete azonban sokszor hasznos lehet.

A sűrűség vizsgálatát két mintán végeztem el, a 10-es és a 11-es törzsek faanyagán. Tudva, hogy a két minta faanyaga szerkezetében is változott, a korai pászta több helyen is összenyomódott, valamint a sejt fal kémiai felépítésében is módosult, degradálódott, így a kapott eredmények csak a minták különbözőségének, vagy azonosságának eldöntéséhez nyújthatnak segítséget.

Az elvégzett sűrűség vizsgálat eredményeit az 5. táblázatban foglaltam össze. A mérés előtt a minták nedvességtartalmát beállítottam 12%-ra az összehasonlíthatóság érdekében. Mint látható, a kapott eredmények közel kétszeresét mutatják a várt ($0,40-0,46\text{g/cm}^3$) értékeknek. A nagy eltérés oka, hogy a korai pászta összenyomódásával a térfogat csökkent, ez pedig a sűrűség egyértelmű növekedését eredményezi. Hasonló hatásuk van a mérési eredményekre a faanyag sejtüregeibe berakódott homokszemcséknek, kvarc kristályoknak, mivel a törzsek évmilliókon keresztül egy vizes, homokos közegbe voltak beágyazva, nagy nyomáson.

5. táblázat A sűrűség vizsgálat eredménye (u=12%)

Sorszám	Sűrűség (g/cm ³)	
	10-es minta	11-es minta
1.	0,548	0,747
2.	0,773	0,756
3.	0,623	0,808
4.	0,708	0,750
5.	0,847	0,808
6.	0,704	0,795
7.	0,732	0,792
8.	0,710	0,874
9.	0,765	0,846
10.	0,789	0,677
Átlag	0,720	0,785
Szórás	0,085	0,056
Var. %	11,838	7,115

A 10-es minta sűrűsége átlagosan 0,720 g/cm³. Ezzel szemben a 11-es minta sűrűsége már nagyobb 0,785 g/cm³. A különbség mintegy 8%-os. A szakirodalmak is kb. ekkora különbséget adnak meg a mocsárciprus és a tengerparti mamutfenyő között (Wagenführ 2007). Önmagában ez az eredmény még nem meghatározó jellegű, de a mikroszkópos vizsgálat eredményeit kiegészítve, már figyelembe vehető.

7.5 Udvaros gödörke és a kereszteződési mező gödörkék vizsgálati adatainak kiértékelése variancia analízissel

Kutatásom ezen szakaszában, a kereszteződési mezőben található cupressoid és taxodioid gödörkék átmérőjét, illetve az udvaros gödörkék méreteinek lemérését végeztem el. A vizsgálatok arra szolgálnak, hogy további eredményekkel tudjam alátámasztani, pontosítani keresett a fafajok beazonosítását. A mérések két maradvány törzsön (10-es *Sequoiaxylon sp.* és 11-es *Taxodioxylon germanicum*), illetve a három kontroll fafajon történtek meg. Mindegyik törzsön, a korai pásztában történt a mérés. Az adatok három - három metszetről származnak, mintánként 20-20 mérési adattal.

Kutatások gyakran alkalmazzák azt a módszert, hogy a fafaj meghatározásnál, az udvaros gödörkének a mérete ill. a kereszteződési mezőben található gödörke mérete segíti a fafaj pontos meghatározását (Krausel 1949, Van der Burgh 1973). Fontosak tartottam, hogy az ősfákon is elvégezzem ezeket a méréseket, mivel eddigi kutatási eredményeim és észrevételeim alapján, a sejtek nagysága sok más befolyásoló tényezőtől függ, nem csupán xylotómiai azonosságtól. Az alábbi adatokból kiderül, hogy ez a módszer valóban alkalmas-e arra, hogy valós képet kapjunk a fafajok közötti különbségről, vagy ez csupán egy feltételezés.

Feltételezésem alapján, a sejtek, sejtfalak nagyságát, az évgyűrűk méretét lényegesen befolyásolják a klimatikus tényezők, a fák növekedésének körülményei, így a gödörkék méreteit is befolyásolnia kell. Ugyanúgy, ahogy a sejtek (pl. hosszstracheidák) nagysága és alakja változik a korai és a késői pásztában, az időjárási, környezeti hatásokra és a sejtek vízfelvételére, ugyanezen hatások befolyásolhatják az udvaros gödörkék méreteit, arányait is. Minél kedvezőbb körülmények között él a fa, annál jobb eredményeket kaphatunk. Befolyásoló körülményei közé tartozik a csapadék mennyisége, a napfény, hőmérséklet, páratartalom, állományszerkezet, és természetesen a talaj összetétele, minősége is (Gencsi 1980, Butterfield 1997).

A következő adatok elemzését az SPSS matematikai statisztikai programmal végeztem el. Az első táblázatban az udvaros gödörkék méreteinek statisztikai elemzése látható. A bal oldali oszlopban a fafajok vannak egymással összehasonlítva. A vizsgált fafajok közül az eddig meghatározott két félé ősfá *Sequoiaxylon sp.* és *Taxodioxyton germanicum*, illetve a mai élő három kontroll fa, a *Sequoia sempervirens*, *Taxodium distichum*, illetve a *Metasequoia glyptostroboides* lett vizsgálva.

A diagram jelölései az X tengelyen, balról jobbra:

SX_1;SX_2;SX_3	<i>Sequoiaxylon sp.</i>
TX_4;TX_5;TX_6	<i>Taxodioxyton germanicum</i>
SSK_7;SSK_8;SSK_9	<i>Sequoia sempervirens</i> kontroll
TDK_10;TDK_11;TDK_12	<i>Taxodium distichum</i> kontroll
MGK_13;MGK_14;MGK_15	<i>Metasequoia glyptostroboides</i> kontroll

6. táblázat – Udvaros gödörke szájnnyílásának méreteinek összehasonlítása SPSS módszerrel

Pairwise Comparisons							
Dependent Variable	(I) Fafaj	(J) Fafaj	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
						Lower Bound	Upper Bound
d1	Sequoioxylon sp.	Taxodioxyton germanicum	,459 ^{*b,c}	,151	,003	,161	,757
		Sequoia sempervirens kontroll	,868 ^{*b,c}	,139	,000	,595	1,141
		Taxodium distichum kontroll	1,031 ^{*b,c}	,137	,000	,761	1,302
		Metasequoia glytostrobos kontroll	,368 ^{*b,c}	,141	,009	,091	,645
		Sequoioxylon sp.	-,459 ^{b,c}	,151	,003	-,757	-,161
	Taxodioxyton germanicum	Sequoia sempervirens kontroll	,409 ^{*b,c}	,143	,004	,129	,690
		Taxodium distichum kontroll	,572 ^{*b,c}	,141	,000	,295	,850
		Metasequoia glytostrobos kontroll	-,091 ^{b,c}	,145	,529	-,376	,193
		Sequoioxylon sp.	-,868 ^{b,c}	,139	,000	-,1141	-,595
	Sequoia sempervirens kontroll	Taxodioxyton germanicum	-,409 ^{*b,c}	,143	,004	-,690	-,129
		Taxodium distichum kontroll	,163 ^{b,c}	,128	,202	-,088	,414
		Metasequoia glytostrobos kontroll	-,500 ^{*b,c}	,131	,000	-,759	-,242
		Sequoioxylon sp.	-1,031 ^{b,c}	,137	,000	-,1302	-,761
	Taxodium distichum kontroll	Taxodioxyton germanicum	-,572 ^{*b,c}	,141	,000	-,850	-,295
		Sequoia sempervirens kontroll	-,163 ^{b,c}	,128	,202	-,414	,088
		Metasequoia glytostrobos kontroll	-,663 ^{*b,c}	,130	,000	-,919	-,408
		Sequoioxylon sp.	-,368 ^{b,c}	,141	,009	-,645	-,091
	Metasequoia glytostrobos kontroll	Taxodioxyton germanicum	,091 ^{b,c}	,145	,529	-,193	,376
		Sequoia sempervirens kontroll	,500 ^{*b,c}	,131	,000	,242	,759
		Taxodium distichum kontroll	,663 ^{*b,c}	,130	,000	,408	,919
Sequoioxylon sp.		-,513 ^{b,c}	,324	,115	-,1152	,125	
d2	Sequoioxylon sp.	Taxodioxyton germanicum	-,513 ^{b,c}	,324	,115	-,1152	,125
		Sequoia sempervirens kontroll	-5,118 ^{*b,c}	,297	,000	-5,703	-4,533
		Taxodium distichum kontroll	-2,406 ^{*b,c}	,294	,000	-2,985	-1,827
		Metasequoia glytostrobos kontroll	-4,729 ^{*b,c}	,302	,000	-5,323	-4,135
		Sequoioxylon sp.	,513 ^{b,c}	,324	,115	-,125	1,152
	Taxodioxyton germanicum	Sequoia sempervirens kontroll	-4,605 ^{*b,c}	,305	,000	-5,206	-4,004
		Taxodium distichum kontroll	-1,893 ^{*b,c}	,302	,000	-2,488	-1,298
		Metasequoia glytostrobos kontroll	-4,216 ^{*b,c}	,310	,000	-4,826	-3,607
		Sequoia sempervirens kontroll	5,118 ^{*b,c}	,297	,000	4,533	5,703
	Sequoia sempervirens kontroll	Taxodioxyton germanicum	4,605 ^{*b,c}	,305	,000	4,004	5,206
		Taxodium distichum kontroll	2,712 ^{*b,c}	,273	,000	2,174	3,250
		Metasequoia glytostrobos kontroll	,389 ^{b,c}	,281	,168	-,165	,942
		Sequoioxylon sp.	2,406 ^{*b,c}	,294	,000	1,827	2,985
	Taxodium distichum kontroll	Taxodioxyton germanicum	1,893 ^{*b,c}	,302	,000	1,298	2,488
		Sequoia sempervirens kontroll	-2,712 ^{*b,c}	,273	,000	-3,250	-2,174
		Metasequoia glytostrobos kontroll	-2,323 ^{*b,c}	,278	,000	-2,871	-1,776
		Sequoioxylon sp.	4,729 ^{*b,c}	,302	,000	4,135	5,323
	Metasequoia glytostrobos kontroll	Taxodioxyton germanicum	4,216 ^{*b,c}	,310	,000	3,607	4,826
		Sequoia sempervirens kontroll	-,389 ^{b,c}	,281	,168	-,942	,165
		Taxodium distichum kontroll	2,323 ^{*b,c}	,278	,000	1,776	2,871
Sequoioxylon sp.		4,729 ^{*b,c}	,302	,000	4,135	5,323	

Based on estimated marginal means

A hatodik táblázatban, a 4.oszlop adja meg a választ. A szignifikancia érték (jelölése Sig.^a), amennyiben 0,05 – nál nagyobb, akkor nincs a két érték között szignifikáns összefüggés, tehát lényeges a különbség. Például az első sorban a két ősfaj, *Sequoiaxylon sp.* és *Taxodioxyton germanicum* van összehasonlítva, ez az érték 0,003 , vagyis kisebb, mint 0,05 így mutatja, hogy a két udvaros gödörke között lényeges különbség van. A harmadik sorban viszont látható, hogy a *Sequoia sempervirens* kontroll és a *Taxodium distichum* kontroll közötti érték 0,202 vagyis itt nem található lényeges különbség, így a korábbi feltevésekre hagyatkozva ez a két faj udvaros gödörkéi alapján egy faj lenne, de természetesen két külön fajról van szó. Ezen vizsgálati eredményeimmel alátámaszthatom, hogy sem a ma élő kontroll fajoknál nem lehet ezt a gödörke azonosságot kimutatni, sem az ő *Sequoiaxylon sp.* és *Taxodioxyton germanicum* fajoknál sem lehetséges a faj meghatározás csupán az udvaros gödörke méretei alapján.

7. táblázat Tukey és Duncan próbák udvaros gödörkék szájnnyílására

d1

Faj	N	Subset			
		1	2	3	4
Tukey HSD ^{a,b} Taxodium distichum kontroll	68	3,9707			
Sequoia sempervirens kontroll	64	4,1184	4,1184		
Taxodioxyton germanicum	53		4,4257	4,4257	
Metasequoia glytostrobos kontroll	60			4,6108	
Sequoioxyton sp.	54				5,0198
Sig.		,806	,151	,641	1,000
Duncan ^{a,b} Taxodium distichum kontroll	68	3,9707			
Sequoia sempervirens kontroll	64	4,1184			
Taxodioxyton germanicum	53		4,4257		
Metasequoia glytostrobos kontroll	60		4,6108		
Sequoioxyton sp.	54			5,0198	
Sig.		,272	,169	1,000	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

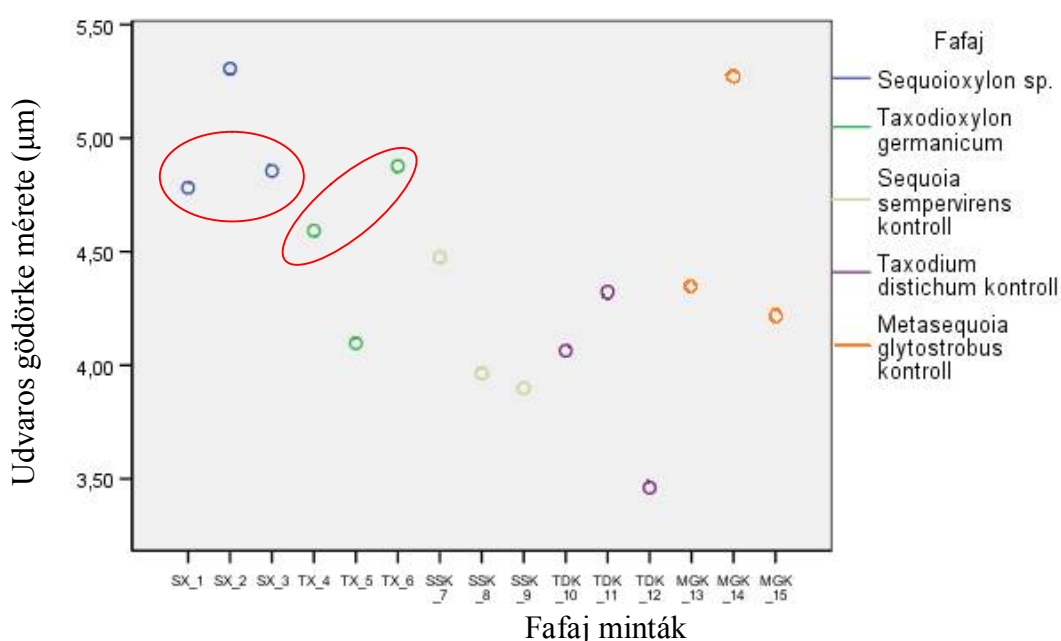
The error term is Mean Square(Error) = ,533.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 59,253.

b. Alpha = ,05.

A következő 7.táblázatban Tukey és Duncan próbák láthatóak, a Tukey szigorúbb feltételek alapján csoportosít, míg a Duncan egy engedékenyebb próba. A 7.táblázatban az udvaros gödörkék szájnnyílásának méretei vannak. Itt is bal oldalt vannak a fajok nevei. Azok a fajok, melyek szignifikánsan nem különböznek egymástól, egy oszlopba kerülnek. Átfedések előfordulhatnak, de ezek mellékesek. Például, rögtön az első oszlopban (Subset 1) átlagérték mutatja, hogy *Taxodium distichum* kontroll és a *Sequoia sempervirens* kontroll között nincsen szignifikáns különbség, vagyis egy csoportba kerültek. Ugyanígy látható a második oszlopban (Subset 2), hogy a *Sequoia sempervirens* kontroll és az ősfű *Taxodioxyton germanicum* sincs szignifikáns különbség, és ugyanez van a 3. oszlopban is.

Az udvar nagyságáról készült táblázat az 1. mellékletben látható, az eredmény itt sem mutat eltérést, a Tukey és a Duncan próbák azonos eredményeket mutatnak. Annyi különbség van csupán, hogy a 7.táblázatban Duncan próbánál 4 helyett csak 3 csoportot alakított ki a program (Subset 1,2,3), és csak a *Sequoioxylon sp.* –nél tesz lényeges különbséget. Az SPSS program összehasonlításaiból itt is az látható, hogy nem lehet egyértelműen megkülönböztetni a fajokot az udvaros gödörkék méretei alapján.

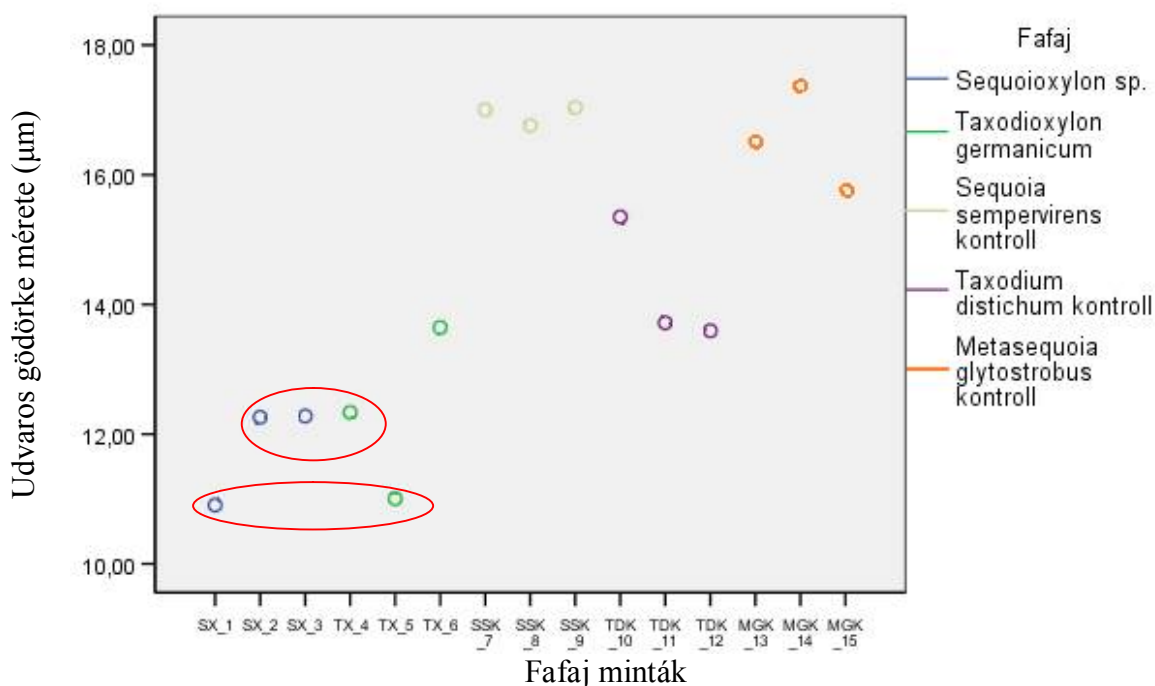


104. ábra Az udvaros gödörkék szájnnyílásai

A 104. ábrán az udvaros gödörkék szájnnyílásait ábrázoltam diagramon, a 105. ábrán pedig az udvar nagyságát. Mindegyik fából 3-3 különböző helyről vettem ki a mintákat. A 104. ábrán, a bal felső részen (*Sequoioxylon sp.*) lehet látni, hogy már itt is jelentős különbségek vannak. A piros ellipszissel jelölt rész (SX_1 és SX_3) mutatja, hogy nincsen közöttük szignifikánsan

különböző rész, viszont a kiugró SX_2-nél már látható. A második *Taxodioxyton germanicum*-nál is ugyanez látható. Ha megnézzük a két piros színű ellipszist, lehet látni, hogy a két faj között sincs szignifikáns különbség, viszont SX_2 és TX_5 között már látható. Az hogy az értékek nem megbízhatóak, mutatják, hogy az udvaros gödörke méretei alapján nem lehet igazolni, hogy az ilyen jellegű faj azonosítás működő képes lenne.

Az 105. ábrán is ugyanez látható. A két piros ellipszisen belül szignifikáns eltérés nem látható, viszont ezek az adatok két különböző fajból származnak.



105. ábra Az udvaros gödörkék udvarának nagysága

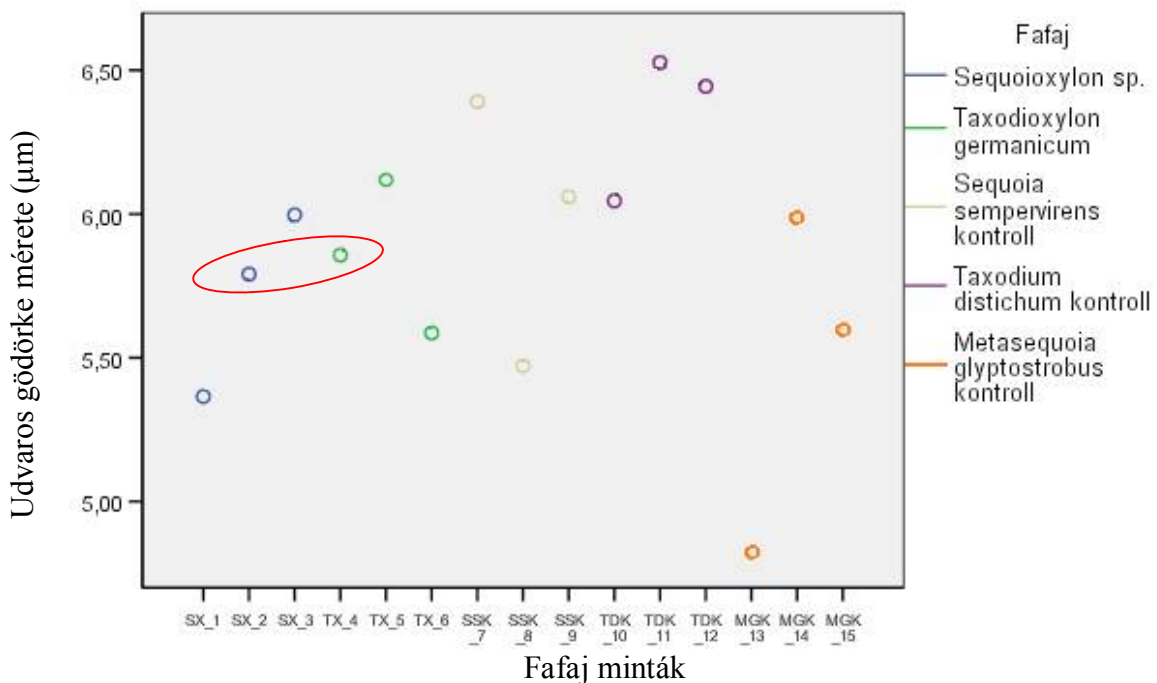
Kereszteződési mező gödörkéinek vizsgálata

Ennél a résznél ugyanaz az öt faj lett vizsgálva, a kétféle ősfaj *Sequoiaxylon sp.* és *Taxodioxylon germanicum*, illetve a mai élő három kontroll faj, a *Sequoia sempervirens*, *Taxodium distichum*, illetve a *Metasequoia glyptostroboides*. Értékelhető összefüggés itt sem található (a táblázatok a 2 - 4 mellékletben találhatóak).

Ezen adatokat is Tukey és Duncan próbáknak tettem ki. Azokat a fajokat, melyek szignifikánsan nem különböznek egymástól itt is egy oszlopba kerülnek. Az első oszlopban (Subset1) *Metasequoia glyptostroboides* kontroll és a *Sequoiaxylon sp.* egy csoportba került. A második oszlopban (Subset2) már három faj is látható, a *Sequoiaxylon sp.*, a

Taxodioxyton germanicum és a *Sequoia sempervirens* kontroll fa is. A *Taxodium distichum* kontroll a Tukey és Duncan próbáknál is szignifikáns különbséget mutat.

A metszeteket megvizsgáltam külön-külön is, Tukey és Duncan próbákat alkalmaztam. Az adatok összevisszasága arra utal, hogy hol mutat különbséget, hol nem. Ugyanezt lehet leolvasni a 106. ábrán lévő diagramról is. A piros ellipszisen belül szignifikáns eltérés nem látható (SX_2 és TX_4), viszont ezek az adatok is két különböző fafajból származnak, a *Sequoiaxylon sp.* és a *Taxodioxyton germanicum*-ról. Az SX_1 és az SX_3 között viszont nagy különbség látható, pedig egy fafajból származnak.



106. ábra A kereszteződési mezők gödörkéinek méretei ábrázolva az SPSS módszerrel

Ezzel a módszerrel próbáltam azt a feltevésemet igazolni, hogy a fafaj meghatározást csupán gödörkék méretei alapján nem lehet végezni. A meghatározást elsősorban a fa anatómiai felépítése, sejtes szerkezetbeli különbségei, azonosságai, adják meg.

7.6 A fafaj meghatározás eredményeinek összegzése

Hisztológiai tekintetben a tengerparti mamutfenyő megegyezik a mocsárcipruszal, de ettől megkülönbözteti a geszt sejtfalainak vörös színe, mely a mocsárciprusban sárgás – aransárga. Különbség található a sejtfalak csersavtartalmában is, mert a *Taxodium* fája a vasklorid hosszas behatására is csak zöldszerű lett, míg a *Sequoia* gesztje rögtön megfeketül. Ez azért következik be, mert a bélsugársejtek, melyek többnyire vörösesbarna tartalma csersavas anyag, sőt némely tracheidában lévő sárgás vagy sárgásbarna tartalom is vízben oldódó csersavas anyagokból áll. Amint látható a két fafaj között mikroszkópos vizsgálatokkal elég könnyű különbséget tenni, ezzel szemben makroszkópos módszerekkel már sokkal nehezebben megkülönböztetni a két fajt.

A mikroszkópos vizsgálatok, különösen a kontroll fajokkal való összehasonlítás alapján látható, hogy a három kontroll minta nagyon hasonlít egymásra. Az 5-ös, 9-es, 11-es törzsrre jellemzőek a *Taxodium distichum* anatómiai tulajdonságai, míg a 2-es, 6-os, 7-es, 10-es és 13-asra a *Sequoia sempervirens*. A 4-es törzs kitűnik a fajok közül, ugyanis jellemző rá a homogén bélsugár, a több (2-4) soros udvaros gödörke a hossztracheida falán, továbbá a hosszparechimáinak végfalain dudor nem található. A kontroll *Metasequoia glyptostroboides* az ősi *Glyptostrobus europaeus*tól, az udvaros gödörke számában különbözik, a hossztracheida falán, illetve a hosszparechimáinak végfalai az *Glyptostrobus europaeus*nak simák, míg a *Metasequoia glyptostroboides*nél megtalálhatóak a dudorok is.

A 8.táblázat sárga mezőiben a mikroszkópos jegyek alapján besorolható törzsek kódjai láthatók, amelyek segítségével egyértelműen beazonosíthatók a törzsek fajtái.

8. táblázat A három modern fafaj közötti eltérések összesítése

Eltérések		<i>Taxodium distichum</i>		<i>Sequoia sempervirens</i>		<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	
1.	illat	változó	-	változó vagy hiányzik	-	hiányzik	-
2.	sűrűség	0,46 g/cm ³	-	0,35-0,42 g/cm ³	-	-	-
3.	korai-késői pászta átmenete	éles	5 9,11	fokozatos vagy éles	2,6,7 10,13	éles vagy fokozatos	4
4.	kereszteződési mező a gödörkéi átmérője	5-10 µm	11	2-5 µm, vagy 5-10 µm	10	-	
5.	tracheidák gödörkéi a radiális falban	1-2, vagy több soros	5 9,11	kettő vagy több soros	2,6,7 10,13	1-2 soros	
6.	tórusz terjedelme	hiányzik	5 9,11	jelen van	2,6,7 10,13	hiányzik	4
7.	udvarosgödörkék széle csipkézett	hiányzik	11	jelen van	10	hiányzik	
8.	axiális parenchima	szórt vagy sávós	5 9,11	szórt	2,6,7 10,13	kevés, szórt vagy sávós	4
9.	harántfal	dudoros	5 9,11	sima	2,6,7 10,13	sima vagy dudoros	
10.	bélsugár	1-2 sejtsor széles	5 9,11	egy sejtsoros	2,6,7 10,13	egy sejtsoros	4
11.	bélsugár felépítése	homogén	5 9,11	heterogén	2,6,7 10,13	homogén	4
12.	bélsugárparenchima végfala	sima	5 9,11	sima vagy dudoros	2,6,7 10,13	sima vagy dudoros	
13.	bélsugárparenchima tangenciális fala	perforált		nem perforált		nem perforált	
14.	tracheida sejtek alakja	szabályos	5 9,11	szabályos	2,6,7 10,13	5-6 szögletű	4

A korábbi fejezetekben már bemutattam az egyes minták mikroszkópos jellemzőit, valamint a jellemzők alapján előtérbe kerülő fajok szakirodalmi tulajdonságait. Összevetve a vizsgált törzsek xylotómiai jellemzőit a már kihalt fajok tulajdonságaival (9. táblázat) jól látható, a sok hasonló tulajdonság. A korábban vizsgált törzsek, amelyeknél lehetséges fafajként felmerült a ma is élő mocsárciprus faj, a *Taxodioxyton germanicum* is lehet a fafaja az 5-ös, 9-es és a 11-es törzsnek, valamint a ma élő tengerparti mamutfenyő faj, a *Sequoiaxyton sp.* is lehet a 2-es, 6-os, 7-es, 10-es és a 13-as törzseknek a fafaja. Egyes korábbi vizsgálatok (Erdei et al. 2009) szerint a felszínre került Miocén kori fosszilis maradványok fafajai *Taxodioxyton germanicum* és *Glyptostrubus euroapeus*, azaz olyan kihalt fajok, amelyek igen közeli rokonságban vannak egyes ma élő, a *Cupressaceae* család tagjaival.

9. táblázat A három fosszilis fafaj közötti eltérések összesítése

Eltérések		<i>Taxodioxyton germanicum</i>		<i>Sequoioxylon sp.</i>		<i>Glyptrostobus europaeus</i>	
1.	illat	-		-		-	
2.	sűrűség	-		-		-	
3.	korai-késői pászta átmenete	éles	5 9,11	fokozatos vagy éles	2,6,7 10,13	fokozatos	4
4.	keresztveződési mező a gödörkéi átmérője	5-10 µm	11	2-5 µm, vagy 5-10 µm	10	-	
5.	tracheidák gödörkéi a radiális falban	1-2, vagy több soros	5 9,11	kettő vagy több soros	2,6,7 10,13	kettő vagy több soros	4
6.	tórusz terjedelme	hiányzik	5 9,11	jelen van	2,6,7 10,13	hiányzik	4
7.	udvarosgödörkék széle csipkézett	hiányzik	11	jelen van	10	hiányzik	
8.	axiális parenchima	szórt vagy sávós	5 9,11	szórt	2,6,7 10,13	sok szórt vagy sávós	4
9.	harántfal	dudoros	5 9,11	sima	2,6,7 10,13	sima vagy dudoros	
10.	bélsugár	1-2 sejtsor széles	5 9,11	egy sejtsoros	2,6,7 10,13	1-2 sejtsoros	4
11.	bélsugár felépítése	homogén	5 9,11	heterogén	2,6,7 10,13	homogén	4
12.	bélsugárparenchima végfala	sima	5 9,11	sima vagy dudoros	2,6,7 10,13	sima	4
13.	bélsugárparenchima tangenciális fala	perforált		nem perforált		nem perforált	
14.	tracheida sejtek alakja	szabályos	5 9,11	szabályos	2,6,7 10,13	5-6 szögletű	4

Figyelembe véve a törzsekből vett minták mikroszkópos jellemzőit, s összevetve a 4. és 5. táblázat adataival, megállapítható, hogy a

- **5., 9., és a 11. törzs fafaja** **Mocsárciprus** (*Taxodium distichum*) **vagy a már kihalt** *Taxodioxyton germanicum*
- **2., 6., 7., 10., és a 13. törzs fafaja** **Tengerparti mamutfenyő** (*Sequoia sempervirens*), **vagy egy már kihalt** *Sequoioxylon sp.*
- **4. törzs fafaja** ***Glyptrostobus europaeus* kihalt fafaj.**

A törzsek színezett elhelyezkedését, a 11. ábra mutatja.

10. táblázat A bükkábrányi törzsek fafaj meghatározásának összesítése

Törzsek száma	Lelőhelye	Fafaja
1.	(kiszáradt)	
2.	Ipolytarnóc (kiszáradt)	<i>Sequoia sempervirens, Sequoioxylon sp.</i>
3.	(kiszáradt)	
4.	Ipolytarnóc	<i>Glyptrostrobus europaeus</i>
5.	Ipolytarnóc	<i>Taxodium distichum, Taxodioxylon germanicum</i>
6.	Ipolytarnóc	<i>Sequoia sempervirens, Sequoioxylon sp.</i>
7.	Ipolytarnóc	<i>Sequoia sempervirens, Sequoioxylon sp.</i>
8.	(kiszáradt)	
9.	Ipolytarnóc	<i>Taxodium distichum, Taxodioxylon germanicum</i>
10.	Miskolc (H.O. múzeum)	<i>Sequoia sempervirens, Sequoioxylon sp.</i>
11.	Miskolc (H.O. múzeum)	<i>Taxodium distichum, Taxodioxylon germanicum</i>
12.	(kiszáradt)	
13.	Miskolc (H.O. múzeum)	<i>Sequoia sempervirens, Sequoioxylon sp.</i>
14.	(kiszáradt)	
15.	(kiszáradt)	
16.	(kiszáradt)	

A törzsek fafajmeghatározásának eredményeit a 10. táblázat foglalja össze. A faanatómiai vizsgálatok két olyan fafajra utalnak, amelyek ma is élők. Mivel azonban három olyan tényezőt nem tudtam vizsgálni, melyek még jobban megerősíthetik a vizsgálatok eredményét, így a fafaj meghatározás végeredményeként szóba jöhetnek még olyan ma már nem élő fajok is, amelyek nagyon közeli rokonságban állnak a fenti két fafajjal, azaz a *Taxodioxylon germanicum*, a *Sequoioxylon sp.* és a *Glyptrostrobus europaeus*.

7.7 A mocsárciprus és a tengerparti mamutfenyő xylotómiai jellemzése

Mocsárciprus (*Taxodium distichum*)

Az irodalmi hivatkozások a következőket írják a mocsárciprusról (Greguss 1955). A *Taxodium distichum* a ciprusfélék családjába tartozó, rendkívül árvíz-toleráns tűlevelű. Eredeti élőhelye Észak-Amerika délkeleti részén található. Átlagos magassága 30-46 méter, törzsátmérője 2-3 m. Tűhöz hasonló levelei 0,5-2 cm hosszúak, két sorban állók. Termése 2-3,5 cm átmérőjű, gömb alakú, 10-25 részből áll. Magyarországon, Hévízen és Vácrátóton szép állományai találhatóak. Gyökere különleges. Mocsaras, nedves talajokon a szétterülő gyökérszövet néha 1 m magasságig is térszerűen kiemelkedik a talajból, légző gyökerek. A mocsárciprus faja színes gesztű. A geszt határozottan, jól elkülöníthető a szijácstól. Szijácsa keskeny és

sárgás színű, a geszt világos vagy sötétebb vörösbarna, a sejtfalai aransárgák. Évgyűrűszerkezete sűrű, ahol a pásztahatár éles (107. ábra). Az évgyűrűhatár egyenlőtlenül hullámos, néha zezugos. Sűrűsége kb. 0,46 g/cm³. Fája a szép rajzolatú faanyagok közé tartozik (Hoadley 1990).

A mikroszkópos keresztmetszeten 1 mm²-en körülbelül 1000 tracheida található, hosszparenchima pedig bőségesen előfordul. A tracheidák falán az udvaros gödörkék 1-2 sorban állnak, a kereszteződési mezőben 1-3db taxodioid gödörke helyezkedik el. Simafalú tracheidáinak sugárirányú falán egy sorban állnak az udvaros gödörkék. Az évgyűrűhatár melletti nyári tracheidákban nagy számmal vannak tangenciális gödörkék.



Foto: Hoadley (1990)

107. ábra A mocsárciprus faanyaga

A nyári tracheidák rendszeren vastagabb falúak, mint a tavasziak. A hosszparenchima sorok gyakoriak, mind a tavaszi, mind az őszi részben. Tartalmuk sárgás-barna, vörös, vaskloriddal megfeketül, alkoholban oldhatatlan. Faluk vékony, a vízszintes fal igen erősen gödörkés. Az évgyűrűhatár melletti hosszparenchimáiban csak egy sorban helyezkednek el a gödörkék, addig beljebb már két sorban vagy szétszórtan állnak. Egyesek igen nagyok és így, igen eltérnek a hosszparenchima rendes apró gödörkeitől. A húrmetszeten, 1 mm²-en 50-60 bélsugár, és körülbelül 350 bélsugársejt számolható, melyek kör alakúak vagy enyhén elliptikusak, mert szélességük nagyobb, mint a magasságuk. A bélsugarak 1-60 sejtsor magasak, illetve 1-2 sejtsor széles. A bélsugár tisztán parenchimasejtekből áll. A bélsugár parenchimák fala teljesen sima, a vízszintes falai is simák, vagy ritkán elszórtan pöttyösek, bélsugártracheida nincs (Greguss 1955). A mocsárciprus mikroszkópos jellemzőit Hollendonner (1913) is hasonlóan írta le.

Tengerparti mamutfenyő (*Sequoia sempervirens*)

Eredeti élőhelye Észak-Amerikában, Kaliforniában található. Törzse 60-90 m magasságig nőhet, átmérője 6-9 m. Koronája kúpos, tornyos, vezérágai csaknem vízszintesen terjedők, felhajlók. Tülevelei 1-3 cm hosszúak, fésűszerűen két oldalra hajlók, alul ezüstösen kétsávosságúak, a hajtások a csúcs közeli termő részeken enyhén pikkelyesek. Tobozai 1,3-3,5 centiméteresek, sokpikkelyűek, sok magvúak, amelyek egyenként 3–6 mm-esek (Greguss 1955).

Szija keskeny, 3-5 cm, gesztje élénkvörös, matt vörös, évgyűrűje gyakran keskeny (1083. ábra). Fája puha, de tartós, könnyen és simán hasad, szagtalan, nem nagyon vetemedik. Sűrűsége kb. 0,40g/cm³. Észak-Amerika tájának az egyik legbecselesebb épületfája, táviróoszlopoknak, vasúti talpfának, zsindelynek is használják. A kereskedelemben fűrészárúként, rétegelt lemezként, esetenként furnérként is megjelenik. Hasznosítják továbbá külső és

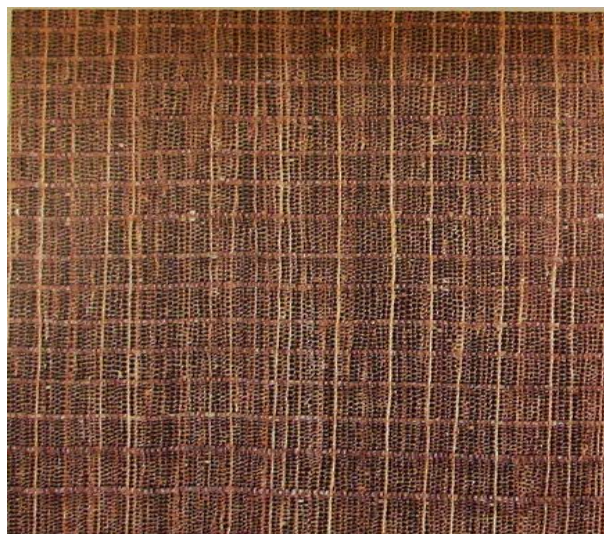


Foto: Hoadley (1990)

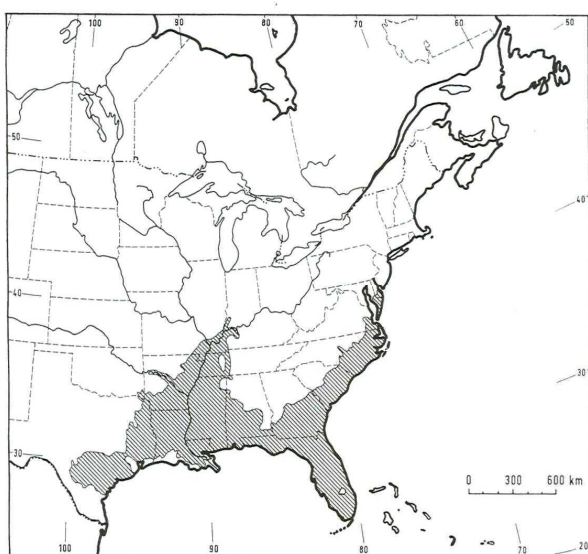
108. ábra A tengerparti mamutfenyő faanyaga belső szerkezeteknél, bútór- és épületasztalos-ipari termékeknél, sőt, a hangszergyártásban is. Könnyű, igen homogén fa, szilárdsági jellemzői valamivel elmaradnak őshonos fenyőktől. A faanyagának azonban különleges értéket ad göcsmentessége, kiváló tartóssága, homogenitása és méretei. A fatest húrmetszete általában rajzos, dekoratív (Hoadley 1990).

Simafalú tracheidáinak sugárirányú falán egy sorban állnak az udvaros gödörék. A nyári övben a tangenciális falon is gyakoriak az udvaros gödörkék, de nemcsak az évgyűrűhatár melletti falban, valamint minél távolabb vannak az évgyűrűhatártól, annál nagyobbak. Az évgyűrűhatár éles, gyantajáratai nincsenek. A hosszparenchima gyakori a nyári övben, faluk vékony, tartalmuk sárgás-barna. A bélsugár egy sejtsor vastagságú, magassága 1-20 között változik, leggyakoribbak a 1-10 sejtsorosak. Egy mm²-nyi tangenciális felületre eső bélsugarak száma általában 85-90, a sejtek száma 400-500 körül mozog, ami a gyakori magas bélsugarak miatt van. A bélsugárparenchimák tangenciális fala vékony, teljesen sima, gödörke

nélküli. A vízszintes fal valamivel vastagabb, de az egyszerű gödörkék ritkán állnak benne. A bélsugárparenchima sugárirányú falában az egyszerű gödörke helyén csak kis horpadás látszik. A szegélysorok valamivel magasabbak, mint a közbeesők, ennek megfelelően ott a gödörkék száma is néha több. A sejtek keresztmetszete kör, vagy fekvő ellipszis. A bélsugár és a hossztracheidák közötti sejtközök háromszögletesek, de a tavaszi részből vett metszetben elég gyakoriak az elágazók is (Greguss 1955; Hollendonner 1913).

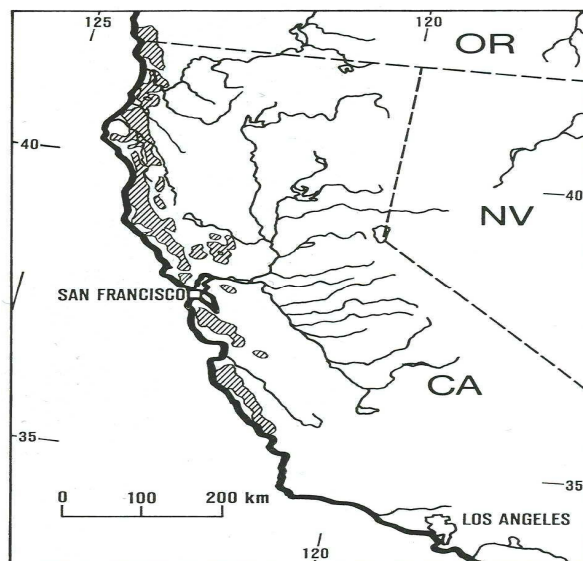
7.8 A Mocsárciprus és a Tengerparti mamutfenyő elterjedése

A fafaj meghatározás vizsgálatainak eredményei általában megfelelnek a valóságnak, azaz a végeredmény nem hagy kétséget maga után. Egyes vizsgálatok során, azonban feltétlenül el kell végezni, egy ún. ellenőrző elemzést is. Az ellenőrzés elvégzésére többnyire akkor van szükség, amikor régi, vagy fosszilis leletek fafajának azonosítására terjed ki a vizsgálat. Ilyen esetekben feltétlenül meg kell vizsgálni, hogy az adott korban az eredményül kapott fafaj elterjedési területe megfelel-e a lelőhelynek.



Forrás: Schütt et al. (2004)

109. ábra A mocsárciprus természetes elterjedése napjainkban



Forrás: Schütt et al. (2004)

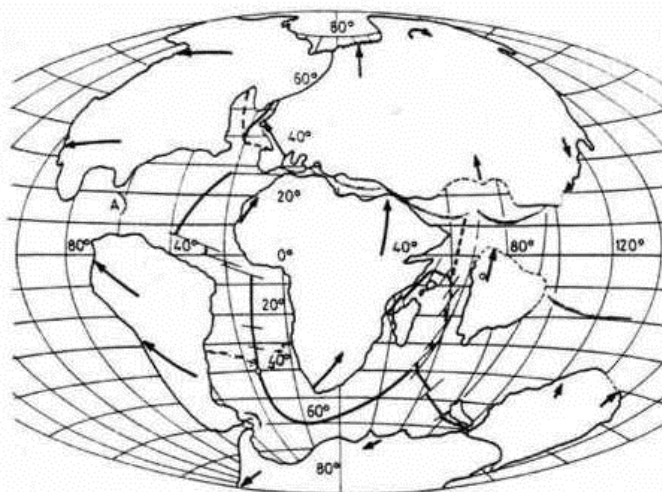
110. ábra A tengerparti mamutfenyő természetes elterjedése napjainkban

A vizsgálatok eredményeként kapott két fafaj, a Mocsárciprus (*Taxodium distichum*) és a Tengerparti mamutfenyő (*Sequoia sempervirens*) természetes előfordulása ma már egyértelműen Észak-Amerika. A Mocsárciprus elterjedése az Amerikai kontinens északi

részének a dél-keleti partjára (109. ábra), Floridára (Schütt et al. 2004) jellemző. A Tengerparti mamutfenyő ezzel szemben Észak-Amerika nyugati partján őshonos (110. ábra).

A fenti két természetes elterjedési terület látszólag ellentmond a vizsgálatok eredményeinek. Amennyiben a két faj elterjedése csak kizárólag Észak-Amerikára vonatkozik, akkor a fafaj azonosítás eredménye téves. A bükkábrányi mocsárerdő maradványai a feltételezések, valamint a vizsgálatok szerint mintegy 8 millió évesek, azaz a miocén kor végén történhetett egy természeti katasztrófa során a betemetődésük. Mielőtt elemzésre kerülne ebben a korban az adott fajok természetes elterjedése, célszerű megnézni a Föld geográfiai térképét.

Korban egy kicsit, néhány millió évvel korábban megvizsgálva a földrészek elhelyezkedését, megállapítható, hogy azok egészen szorosan kapcsolódtak egymáshoz (111. ábra). Mindez azt jelenti, hogy egyes földrészek, mint pl. Észak-Amerika és Európa növény világa nagyon is hasonlíthatott egymásra. Így a fafaj azonosítás során kapott két faj természetes körülmények



Forrás: Dietz és Holden (1970)

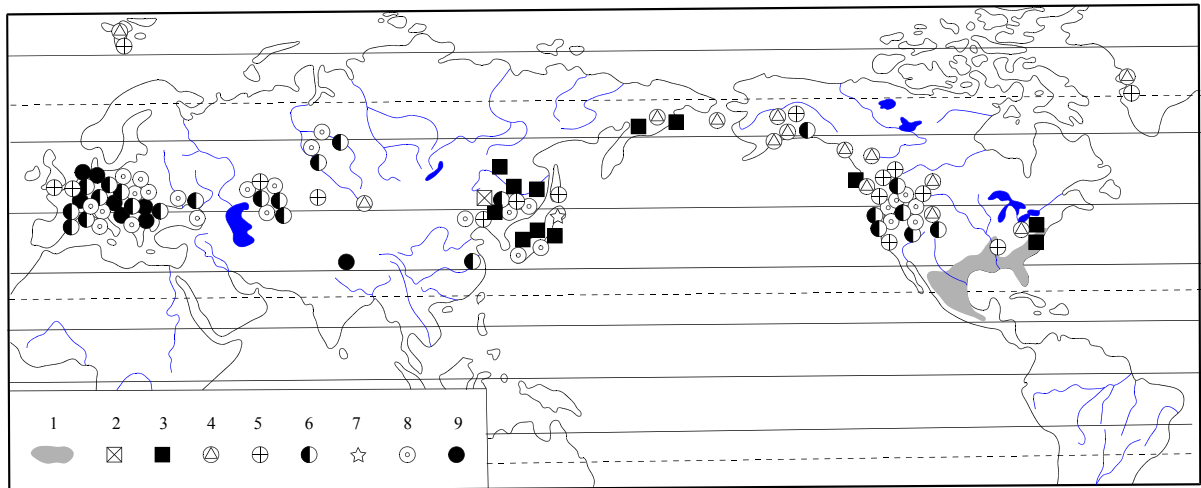
között, Európa meghatározó fás szárú

111. ábra A földrészek helyzete a kréta korban

növényei is lehettek. A földrészek eltávolodása egymástól ezt követően „gyorsult” föl. Azáltal, hogy a kontinensek eltávolodnak, megszakad a közvetlen kapcsolat a vegetációk között. Az éghajlat eltérő változásával, pedig az egyes területek növényvilága is fokozatosan megváltozik, s ennek eredményeként alakult ki fokozatosan a kontinensek mai jellegzetes vegetációja.

A fentieket alátámasztja több paleobotanikai vizsgálat is. Ferguson (1967) összefoglaló paleobotanikai munkájában az Európában feltárt fosszilis maradványokat összegzi a harmadkortól napjainkig. A *Taxodiaceae* család szinte mindegyik tagja előfordult Európában egykoron. A *Sequoia* nemzetség az oligocéntől kezdve a pliocén korig jellemző fásszárúja volt Európának, így a miocén kornak is. A *Taxodium* nemzetség tagjai széleskörűen

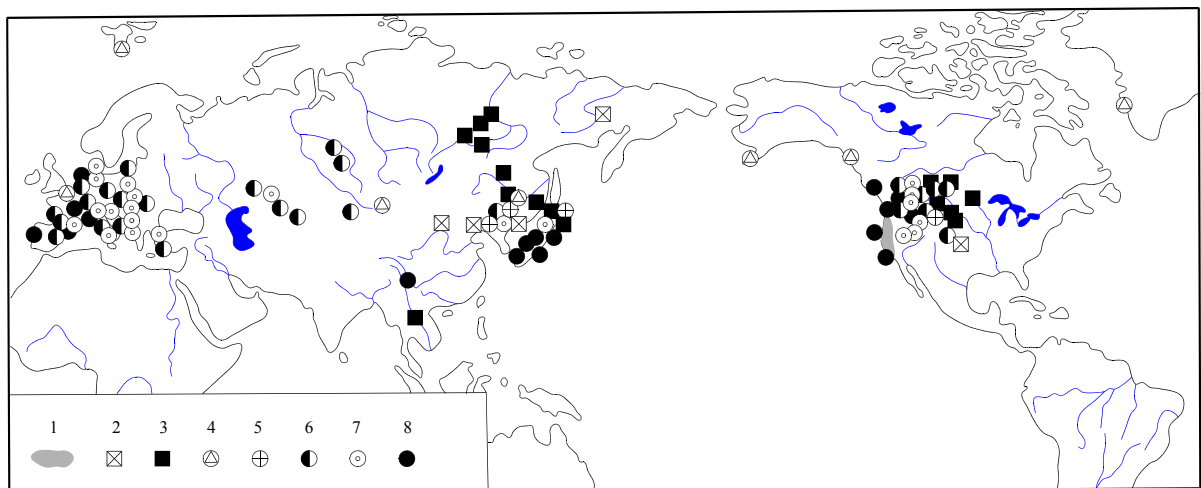
elterjedtek ebben a korban, Európában. Majd a Pliocén kor végétől számíva tűnnek el erről a területről. A fosszilis maradványok előfordulási helyeinek vizsgálatát végezte Yong-fu (1995) is, de ő nem csak Európát vizsgálta, hanem mindegyik kontinenst számba vette. Közel hasonló eredményeket mutatott ki a *Taxodiaceae* család elterjedésével kapcsolatban, mint Ferguson (1967). A *Taxodium* nemzetség tagjai nagyszámban találhatóak meg, mind Európában, mind Ázsiában és Észak-Amerikában (112. ábra) a különböző földtörténeti korokban, mint pl. a Paleocén, Eocén, Oligocén, Miocén, Pliocén, stb.



Forrás: Yong-fu (1995)

112. ábra A *Taxodium* nemzetség elterjedése a különböző földtörténeti korokban

1. Mai elterjedés, 2. Korai Kréta, 3. Késői Kréta, 4. Paleocén, 5. Eocén, 6. Oligocén, 7. Korai Triász, 8. Miocén, 9. Pliocén



Forrás: Yong-fu (1995)

113. ábra A *Sequoia* nemzetség elterjedése a különböző földtörténeti korokban

1. Mai elterjedés, 2. Korai Kréta, 3. Késői Kréta, 4. Paleocén, 5. Eocén, 6. Oligocén, 7. Korai Triász, 8. Miocén, 9. Pliocén

Közel hasonló természetes elterjedés figyelhető meg a különböző korokban a *Sequoia* nemzetség fajainál is (113. ábra), mint a *Taxodium*-nál.

A különböző földtörténeti korokban vizsgálva a *Taxodium* és a *Sequoia* nemzetség fajait megállapítható, hogy a faj meghatározás eredményeit valószínűleg lehet tekinteni, azaz a mocsárciprus (*Taxodium distichum*), vagy a már kihalt *Taxodioxydon germanicum* és a tengerparti mamutfenyő (*Sequoia sempervirens*), ill. a nemzetség egy már kihalt fosszilis faja, a *Sequoioxydon sp.*, a vizsgált törzsek faja.

8 Dendroklimatológiai vizsgálatok eredményei

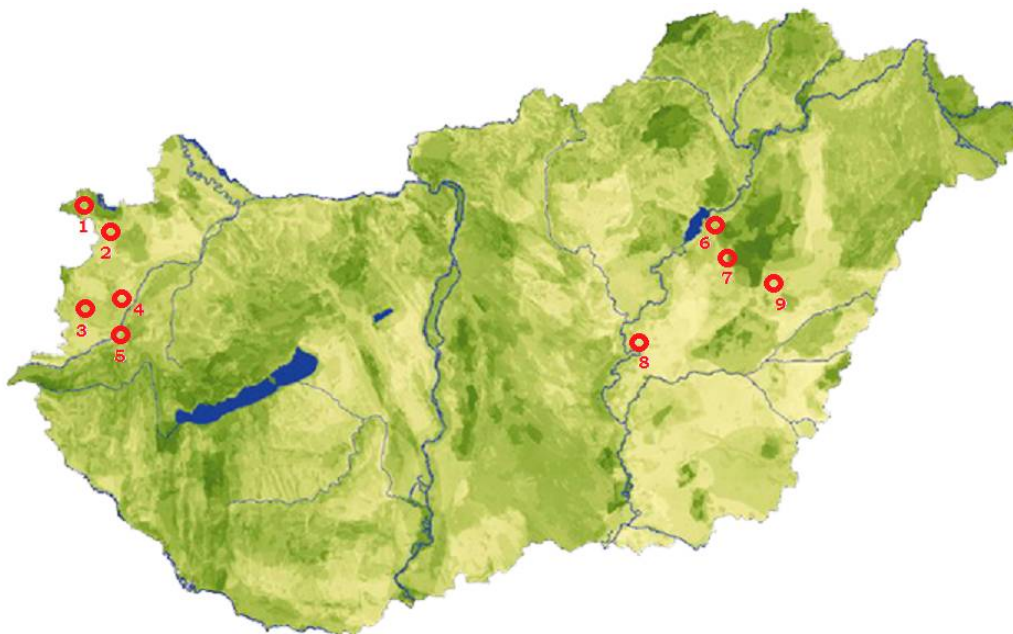
Disszertációm ezen részében kívánom bemutatni, hogy a Cupressaceae család egyes fajainak növekedését milyen mértékben befolyásolja a csapadék, a hőmérséklet illetve a további klimatikus tényezők.

8.1 Minták adatai a dendroklimatológiai vizsgálatokhoz

A mintákhoz származó csapadék és hőmérséklet adatokat, az Agrár klíma 2 (VKSZ_12-1-2013-00-34) projektből származnak, minden törzsnek külön-külön a helykoordináták szerint. Az adatokat 50 esztendőre, 1961-től 2010-ig kaptam meg 0,1 x 0,1 földrajzi fokos térbeli felbontásban. Az általam felhasznált adatok havi lebontásúak.

8.1.1 Minták származási helyei

24 törzsből vettem mintát 2009 és 2014 között, ebből két törzs kiszáradt, kivágott törzs volt (SSG2 , SSS1), így lehetőség volt az egész korong évgűrű vizsgálatára is. A minták Magyarország 9 különböző helyéről származnak, melyből 8 arborétum és 1 magántulajdonú hely. Darabszámukat tekintve, 14 törzs származik a Dunántúlról, valamint 10 darab a Tiszántúlról. Minden törzsnek a saját területéhez kapcsolódó klímaadatait használtam fel, vagyis 9-et. A mintavételezés helyeit 114. ábra mutatja be.



Forrás: Antalfi (2014)

114. ábra Mintavételezés helyei a dendroklimatológiai vizsgálatokhoz

1. Sopron, 2. Nagycenk, 3. Szombathely, 4. Sárvár, 5. Kám, 6. Tiszafüred, 7. Tiszaigar, 8. Tiszakürt, 9. Püspökladány

Sopron – Botanikus Kert

A Soproni Botanikus kert 17,2 hektáros, 1978 óta természetvédelmi terület. A kertet 1987-ben, országos arborétumi központi törzsültetvényre minősítették, mely 1926 óta segíti az erdészeti és faipari oktatást. Élettani, származástani kísérletek folynak, melyek bemutatják a magyar erdőflórát. Az erdészeti fő-, és aljnövényzettel együtt esztétikai keretet nyújt hazánk egyetlen erdő-, és faipari mérnökképzést biztosító intézményének (Erdészeti 1982).

Nagyecenk- Széchenyi-kastély parkja

Széchenyi György 1711-ben örökjogon váltotta meg a nagyecenki birtokot. A kastélyt 1973-ban nyitották meg a nagyközönség számára, benne a Széchenyi István Emlékmúzeumot. Széchenyi Béla (István fia) munkálkodásának eredményeképpen a kastély parkjában négy világrész számos ritka fafajtáját lehet megtalálni, a tulipánfát, vassfát, himalájai és kaukázusi fenyőt, és a kaliforniai mamutfenyő stb. (Kriszt 1994).

Szombathely – Kámoni arborétum

Szombathely Kámoni arborétum alapítója, Dr. Saághy István az 1900-as évek elején. Ő kezdte el az egzotikus fák és cserjék tudatos gyűjtését, megfigyelését és szaporítását. Néhány évvel később, 1920-ban, már 7 hektáros területen 244 fenyő és 310 lombost faj volt található. A kert mai növényállománya mintegy 21.000 db új egyeddel bővült, a taxonok száma 3.000 feletti, beleértve az ország legnagyobb fenyő-, illetve rhododendron gyűjteményét is (Szendi et al 2013).

Sárvár – Sárvári arborétum

Vas megyében több arborétum is található, sárvári arborétum, a Nádasdy - vár szomszédságában helyezkedik el, a 9,2 hektár területen, ami országos jelentőségű védett természeti terület. Itt fedezhetők fel, a legelső írásos emlékek. Mai elődjét 1546-ban alapították, akkor még gyümölcsös és zöldségeskertként. Az arborétum növényanyagát és tájképét tekintve két részre osztható. Az egyik része, az egykori keményfás ligeterdő

maradvány, másik része a hagyományos értelemben vett arborétum, ahol a 200 évvel ezelőtt megkezdett angolpark alapjain alakult ki a mai összkép (Hegedűsné 1984).

Kám – Jeli arborétum

Dr. Ambrózy-Migazzi István gróf alkotta meg a Vas megyei Kám község határban a Jeli arborétumot. Jelenleg Európa egyik legszebb botanikus kertje. A hely adottságai igen kedvezőek voltak az ő céljai szempontjából, így munkáját 1922-ben kezdte el. A táj, a Kemeneshát, kiegyenlítettebb klímájú, csapadékosabb az ország többi részéhez képest. Tíz év munkájával a háta mögött, 5 hektárnyi területet telepített be haláláig. A második világháború a birtokviszonyokat megváltoztatta. A terület az állami erdészeti kezelésébe került, 1953-ban védetté nyilvánították a parki részt és a Hét-forrás környékét (Tóth 1993).

Tiszafüred- Kastélypark

Tiszafüred kistérsége, Jász-Nagykun-Szolnok megyében, a Tisza folyó északkeleti partvidékén helyezkedik el. Védett területe a helyi Madárrezervátum és a Tiszaigari Arborétum. A magántulajdonban lévő Kemény-kastély, ma a Hortobágyi Nemzeti Park egyik irodaépülete. 1920-ban épült Paulik Ágoston tervei szerint. A Kemény-kastély parkjában megtalálhatóak a Cupressaceae család néhány fajainak példányai (Zelenyánszki 1989).

Tiszaigar - arborétum

Tiszaigar az Alföld közepén, Jász-Nagykun-Szolnok megye északkeleti részén fekszik. Az arborétumot XVI. század első felében, Széky Péter, helyi földbirtokos alapította. Akkori elképzelése szerint, egy 36 hektáros sétakertet szeretett volna kialakítani, melynek azóta 150 éves történelme van. Szoros barátság fűzte Bolza Pálhoz, a szarvasi Arborétum alapítójához. Széky Péter hobbijaként tekintette, hogy előbb tudja e meghonosítani a tájidegen fafajokat mint pl. mocsári ciprust, mocsári tölgyet, mamutfenyőt és egyéb különleges fafajokat, a többi arborétumnál vagy botanikus kertnél (Kőszegi 2000).

Tiszakürt - arborétum

Tiszakürt Jász-Nagykun-Szolnok megye területén fekvő tiszazugi község. A község a Kecskemét - Kunszentmárton - Tiszaföldvár háromszögben helyezkedik el. Az arborétum egy olyan területen fekszik, mely korábban árterület volt, északi oldalán a Tiszát határolja. Az olasz származású Bolza József fia, Péter, amikor Tiszakürtön letelepedett, építtetett egy kúriát, közben megkezdte az arborétum fásítását. A jelenleg 60 hektáros átalakított, keményfás őspark 1962 óta működik arborétumként, 1971 óta helyi jelentőségű természetvédelmi terület (Debreczy 1997).

Püspökladány – arborétum

A püspökladányi arborétum telepítése 1954-ben kezdődött meg. Az arborétum egyik részét erdőszerűen telepítették, 2 x 2 m-es hálózatban, sűrűn és elegyesen. A mintegy kéthektáros egykori szántóterületen akkor 1290 faj került telepítésre, majd 1988-ban 8 hektárra bővült. A létesítés óta eltelt idő alatt, az állomány teljesen záródott. Mára 450 fa- és cserjefaj maradt az alapállományból (erti.hu 2014).

8.2 Törzsek kódolása

A törzsek kódját, fafaját, mintavétel helységét, korát és a kivágás évét a 11. táblázat mutatja be. A kódok a helység, valamint a fafaj latin nevei szerint születtek. A vizsgálat során sikerült 9 db Hegyi mamutfenyő (*Sequoiadendron giganteum*), 10 db Mocsárciprus (*Taxodium distichum*), 3 db Kínai mamutfenyő (*Metasequoia glyptrostroboides*) és 2 db Tengerparti mamutfenyő (*Sequoia sempervirens*) törzsből mintát kapnom.

Az évgyűrű adatok, az 5-28. mellékletben találhatóak meg.

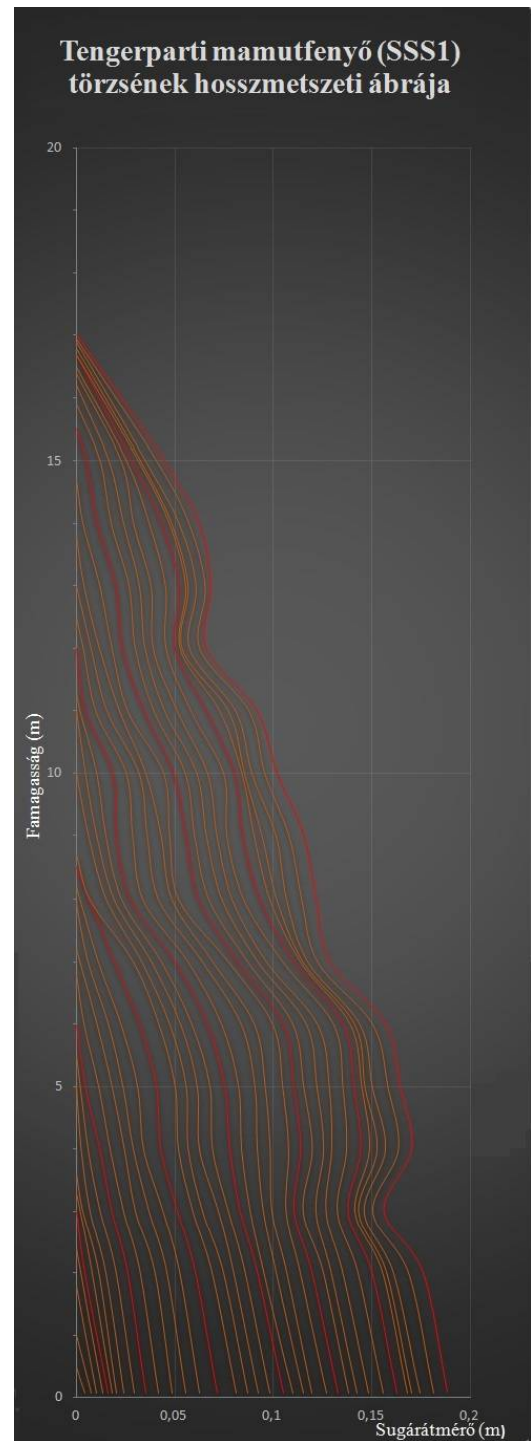
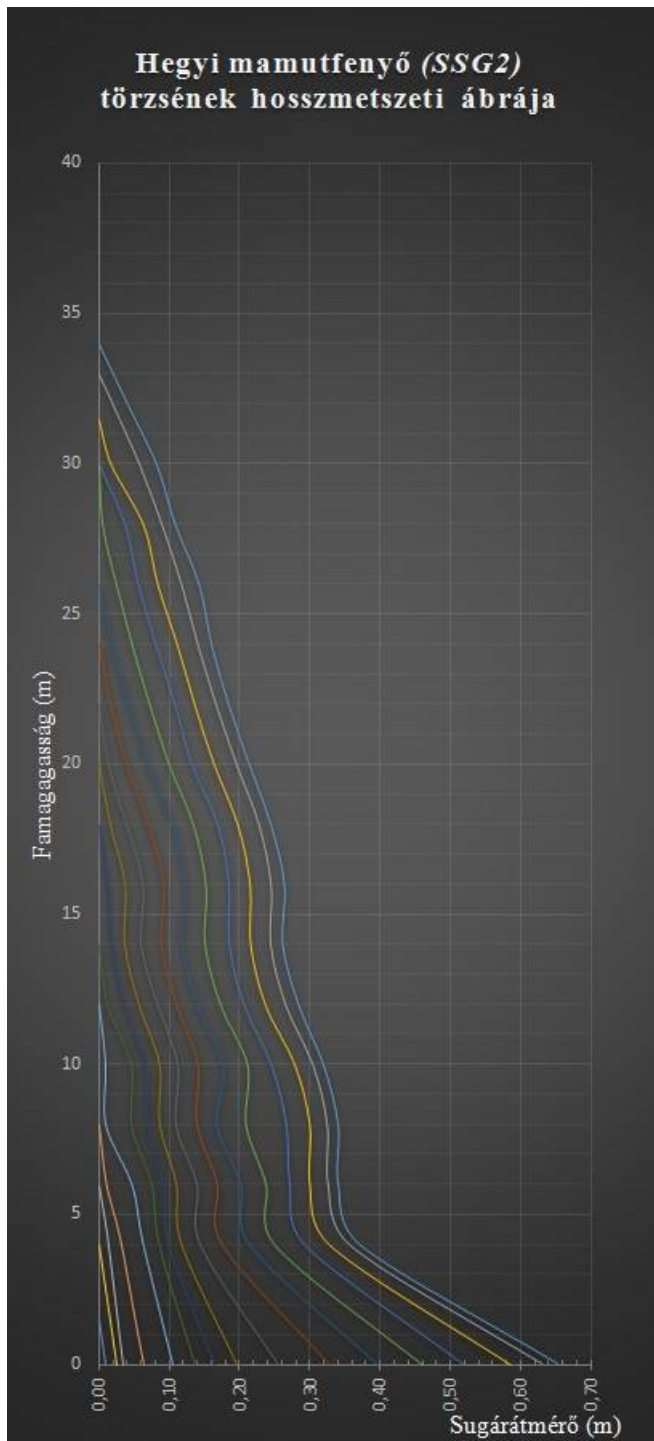
11. táblázat A törzsek kódolása

	Faegyed kódja	Fafaj	Helység	Kor	Mintavétel éve
1.	SSG1	Hegyi mamutfenyő	Sopron	34	2014
2.	STD1	Mocsárciprus	Sopron	19	2014
3.	SSG2	Hegyi mamutfenyő	Sopron	78	2011
4.	SSS1	Tengerparti mamutfenyő	Sopron	35	2011
5.	NSG1	Hegyi mamutfenyő	Nagyecenk	120	2009
6.	SZKMG1	Kínai mamutfenyő	Szombathely	40	2014
7.	SZKSG1	Hegyi mamutfenyő	Szombathely	23	2014
8.	SZKTD1	Mocsárciprus	Szombathely	45	2014
9.	SÁSG1	Hegyi mamutfenyő	Sárvár	41	2014
10.	SÁTD1	Mocsárciprus	Sárvár	117	2014
11.	SZJMG1	Kínai mamutfenyő	Kám	40	2014
12.	SZJSS1	Tengerparti mamutfenyő	Kám	24	2014
13.	SZJSG1	Hegyi mamutfenyő	Kám	39	2014
14.	SZJTD1	Mocsárciprus	Kám	47	2014
15.	TFSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszafüred	29	2014
16.	TITD2	Mocsárciprus	Tiszaigar	108	2013
17.	TITD3	Mocsárciprus	Tiszaigar	45	2013
18.	TISG2	Hegyi mamutfenyő	Tiszaigar	39	2014
19.	TKMG1	Kínai mamutfenyő	Tiszaikürt	39	2013
20.	TKSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszaikürt	22	2013
21.	TKTD1	Mocsárciprus	Tiszaikürt	92	2013
22.	TKTD2	Mocsárciprus	Tiszaikürt	73	2013
23.	PTD1	Mocsárciprus	Püspökladány	41	2014
24.	PTD2	Mocsárciprus	Püspökladány	38	2014

8.3 Növekedésmenet illusztrálása

A faegyedek életük során folyamatosan változnak, nőnek. A fatermésztan egyik alapvető feladata, hogy ezt a növekedést, vagyis a növekedésmenetet figyelemmel kíséri. Általánosan ennek két alapvető módja van. Az egyik, hogy a faegyed növekedését ültetésétől kezdve folyamatosan figyelemmel kísérjük, méreteit rendszeresen mérjük vagy a növekedésmenet leírásának másik módja, a törzselemzés.

Két soproni törzset ábrázoltam, egy 78 éves *Sequoiadendron giganteumot* (SSG2) és egy 35 éves *Sequoia sempervirenst* (SSS1). Ennél a két törzsnél volt lehetőségem évgyűrűnkénti elemzést végezni. A 115. ábrán, a törzsek növekedési jellegzetessége látható.



115. ábra Növekedésmentet ábrázolása két törzsön

A *Sequoiadendron giganteum*-nál (bal oldali ábra) egy-egy vonal között 5 éves időszak látható, míg a *Sequoia sempervirens*-nél (jobb oldali ábra) 1 vonal 1 évet jelöl. A hegyi mamutfenyőnél jól szemem követhető az egyenletes növekedési ráta, még olyan körülmények között is mely nem ideális számára (Magyarország, Sopron), mivel a fa természetes élőhelye

Észak-Amerika hegyvidékei, ahol jellemzően más klimatikus viszonyok között növekedik. A törzs alsó részén pedig a növekedési görbék a *Cupressaceae* család jellegzetes törzs morfológiájára utalnak, az erős terpeszes növekedésre. Ezzel szemben a tengerparti mamutfenyőnél mindezek a jellemzők nem annyira szembetűnőek, mivel a faegyed kora még elég fiatal, 35 éves.

8.4 Évgyűrű elemzés CReMIT és diagramos módszerrel

A 8.5 és 8.6 fejezetben az évgyűrű elemzést végeztem el. Az első részben az évgyűrű szélességet lineáris módszerrel mértem, a második részben, ezekből az adatokból számoltam az évgyűrűk területeit. Mindkét módszerrel megvizsgáltam, matematikailag is a CReMIT módszerrel, keresve az összefüggést az adott fafajok és a területek között.

A CReMIT módszernél, a lineáris korreláció-elemzésben a pozitív előjelű kapcsolat (zöld szín) azt jelenti, hogy az évgyűrű adatokra, a magasabb hőmérséklet szélesebb évgyűrűt, az alacsonyabb hőmérséklet keskenyebb évgyűrűt predesztinál, azaz, mint egy egyenes arányosság (Pödör 2014).

A negatív előjelű kapcsolat (piros szín), pedig, mint a fordított arányosság, magasabb hőmérséklet kisebb évgyűrűt, alacsonyabb hőmérséklet nagyobb évgyűrűt jelent. A módszer korlátja, hogy lineáris kapcsolatot vizsgál/feltételez a két változó között. Ennek alapvetően az az oka, hogy a nemlineáris kapcsolatkeresés matematikailag sokkal bonyolultabb.

A CReMIT módszernek gyakorlatilag nincs köze a kapcsolatszámításhoz, az mindig sima lineáris korreláció-elemzéssel történik. A CReMIT módszer a havi átlag hőmérséklet adatokból különböző átlagokat képez. A csapadék adatokat összegezni, a hőmérséklet adatokat átlagolni kellett, majd a kapott adatokat összevetni az évgyűrű szélességével illetve a körlapnövedékekkel.

Mivel a CReMIT program matematikai összefüggést keres, szükséges volt egy másik módszer is, mellyel meg lehet vizsgálni, az esetleges hibákat, álévgyűrűket előfordulását is. A diagramos módszerrel lehet látni, hogy az adott törzs és a vizsgált klimatikus tényező között milyen összefüggés látható. Amennyiben hasonló lefutású az évgyűrű rajzolata az adott klimatikus tényezővel, akkor álévgyűrű ill. mérési hiba léphetett fel. A diagramokkal kizárható ezen hibalehetőségek forrása is.

Szakirodalmak bizonyítják, hogy az elmúlt évszázadban a Föld klímája megváltozott. Nőtt a levegő átlaghőmérséklete, a szén-dioxid tartalma, a nitrogén vegyületek mennyisége, és változott a csapadék mennyisége is. Az évgyűrű szélessége több tényezőtől függ, hiszen alapvetően befolyásolják az asszimiláció intenzitását és hosszát, ezt a 3.2.2 fejezetben részleteztem. A hidrológiai és meteorológiai tényezők ingadozása és szélsőségei éves változatossággal hatnak az évgyűrű szerkezetére. Negatívan befolyásolja minden olyan év, ahol a fotoszintézist gátolta a rendelkezésre álló víz hiánya, a szélsőséges alacsony vagy magas hőmérséklet, illetve a csökkent fényviszonyok is. A mintavételnél figyelembe vettem, hogy csak olyan törzsek jöhettek szóba, melyeknél feltételezhető volt, hogy mindig rendelkezésükre állt a szükséges élettér.

A 8. 5 és 8.6 fejezetekben 6 – 6 darab, tudományosan már megalapozott klimatikus tényezőt vettem össze az évgyűrű adatokkal.

1, Évgyűrű adatok és az éves átlag hőmérsékletének kapcsolata

Először az évgyűrű szélességeket, ill. a körlap növedékeket vizsgáltam az évi átlag középhőmérséklettel kapcsolatban.

2, Nováky klímaindex

A párolgás területi alakulásában érvényesülnek a földrajzi fekvéssel összefüggően változó éghajlati adottságok is (Nováky1985).

$$K = 100 * T_{\text{átl.év}} / C_{\text{össz.év}}$$

ahol: $T_{\text{átl.év}}$ - éves átlag hőmérséklet

$C_{\text{össz.év}}$ – éves összes csapadék mennyisége

3, Nováky kádpárolgási (felületi párolgási) összefüggése

Az éghajlati mutatónak és a kádpárolgásnak (U típusú) azonos időszakra számított közepes értékei között nem lineáris kapcsolat áll fenn. Nováky a kádpárolgási képletet olyan formában alakította át, amelyben az évet jellemző éghajlati mutató szerepel. Ez az átalakított összefüggés:

$$P = 36400 * T_{\text{átl.év}} / C_{\text{össz.év}} + 104$$

ahol: $T_{\text{átl.év}}$ - éves átlag hőmérséklet

$C_{\text{össz.év}}$ – éves összes csapadék mennyisége

Ennek az eljárásnak az előnye abban van, hogy kihasználja a csapadék, illetve a hőmérséklet térképek szerkesztésénél már elvégzett, az adatok egyfajta ellenőrzését és általánosítását is jelentő interpolálását (Nováky1985).

4. Forestry aridity index (FAI)

Az erdészeti szárazsági index (FAI) segítségével először jellemezték az egyes erdészeti tájak klímáját. A számítás alapjául a tájakat lefedő pontokra interpolált meteorológiai adatok szolgáltak. A FAI képletében szereplő hőmérséklet- és csapadékadatok azokra a periódusokra vonatkoznak, amelyek a fák növekedési viszonyait (fő növekedési és a kritikus időszak) leginkább befolyásolják (Führer 2010).

$$FAI = T_{VII-VIII} / (P_{V-VII} + P_{VII-VIII}) * 100$$

ahol: P_{V-VII} - a legcsapadékosabb hónapok (*május-július*) csapadékösszege

$P_{VII-VIII}$ - a kritikus hónapok (*július-augusztus*) csapadékösszege

$T_{VII-VIII}$ kritikus hónapok (*július-augusztus*) átlaghőmérséklete

5. Hőmérsékleti amplitúdó összefüggése

A téli és nyári félév hőmérsékleti viszonyaiban jelentős eltérés van. Általában a leghidegebb hónapunk a január, legmelegebb pedig a július. Az ingás mértéke a kontinentális hatás erősödésével növekszik, tehát alkalmas a kontinentalitás mértékének kifejezésére.

$$A = T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$$

ahol: T_{max} - éves maximum hőmérséklet

T_{min} - éves minimum hőmérséklet

6. Évgyűrű adatok és az éves csapadék összegének kapcsolata

A dolgozat végén az évgyűrű szélességeket ill. a körlap növedékeket vizsgáltam az évi összecsapadék mennyiséggel kapcsolatban.

8.5 Évgyűrű elemzés évgyűrű szélességgel

Az első részben az évgyűrű szélességek vonal menti mérés alapján vannak összevetve a hőmérséklettel, a Nováky féle klíma indexel és felületi párolgással, valamint a Führer féle erdészeti aszály indexel, és a hőmérséklet amplitúdójának kapcsolatával

8.5.1 Évgyűrű szélesség és a hőmérséklet kapcsolata

A levegő hőmérsékletének egyik legsajátosabb, periodikus időbeli változása, a hőmérséklet napi és évi menete, amit a Föld tengely körüli forgása, valamint a Föld Nap körüli keringése okoz. A Földnek a Nap felőli oldala állandó energia felvételben részesül. Az árnyékos oldal energiát veszít, viszont mindkét terület határán a besugárzás és a kisugárzás is egyensúlyban van (Vig 1995).

A 12. táblázatban a törzsek évgyűrű szélességet vetettem össze az adott évi átlag hőmérséklet kapcsolatával. A lineáris korreláció-elemzés megmutatja, hogy nincs egyértelmű összefüggés a fafajok között, vagy a mintavétel helyével. Csupán két törzsre mutat szignifikáns pozitív (zöld színű) kapcsolatot, a Kámból származó Kínai mamutfenyőnél illetve a soproni Tengerparti mamutfenyőnél. Szignifikáns negatív kapcsolatot 4 törzs mutat, melyek pirossal vannak jelölve. Ezeknél a törzseknél a hőmérséklet emelkedése hátráltatta a növekedést. A számok mutatják a lineáris korreláció-elemzés mértékét.

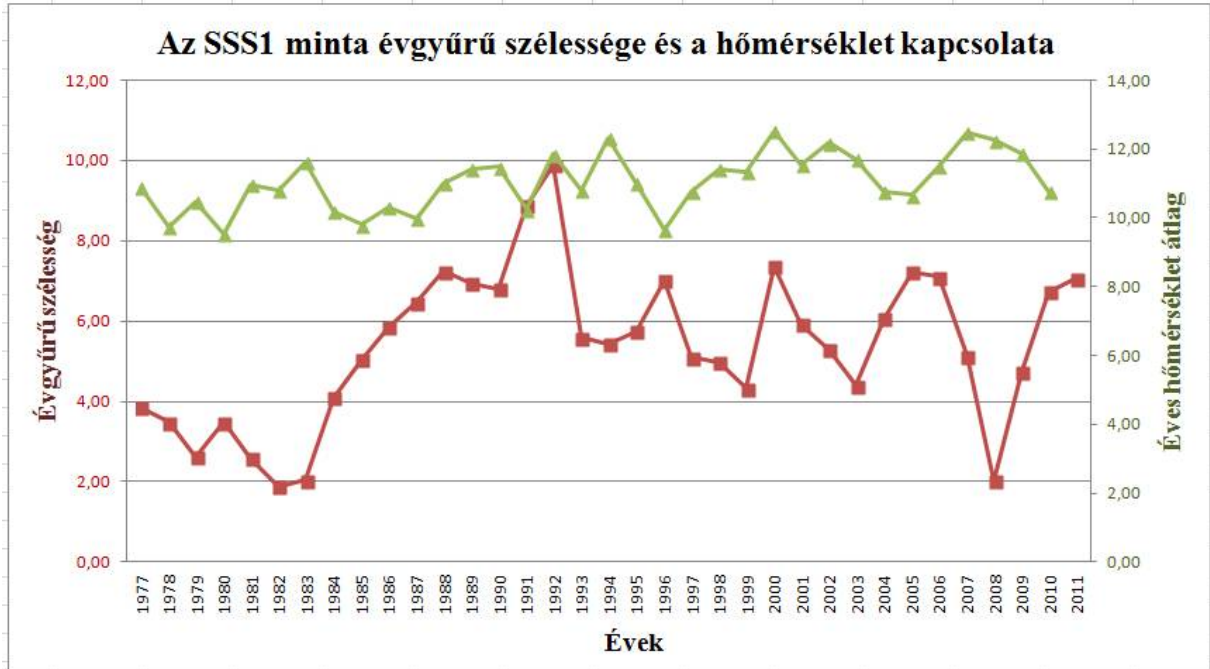
12. táblázat A törzsek évgyűrű szélessége és a hőmérséklet kapcsolata

	Kód	Fafaj	Hely	Kor	Hőmérséklet (r)
1.	SZJSG2	Hegyi mamutfenyő	Kám	24	-0,22
2.	NSG1	Hegyi mamutfenyő	Nagycenk	120	-0,30
3.	SÁSG1	Hegyi mamutfenyő	Sárvár	41	-0,38
4.	SSG2	Hegyi mamutfenyő	Sopron	78	0,21
5.	SZKSG1	Hegyi mamutfenyő	Szombathely	23	-0,29
6.	TFSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszafüred	29	-0,48
7.	TISG2	Hegyi mamutfenyő	Tiszaigar	39	-0,20
8.	TKSG1	Hegyi mamutfenyő	Tizsakürt	22	-0,28
9.	SSG1	Hegyi mamutfenyő	Sopron	34	0,02
10.	SZJMG1	Kínai mamutfenyő	Kám	40	0,42
11.	SZKMG1	Kínai mamutfenyő	Szombathely	40	-0,15
12.	TKMG1	Kínai mamutfenyő	Tizsakürt	39	-0,50
13.	SZJTD1	Mocsárciprus	Kám	47	-0,13
14.	PTD1	Mocsárciprus	Püspökladány	41	-0,23
15.	PTD2	Mocsárciprus	Püspökladány	38	-0,09
16.	SÁTD1	Mocsárciprus	Sárvár	117	-0,23
17.	STD1	Mocsárciprus	Sopron	19	0,11
18.	SZKTD1	Mocsárciprus	Szombathely	45	-0,28
19.	TKTD1	Mocsárciprus	Tizsakürt	92	-0,24
20.	TKTD2	Mocsárciprus	Tizsakürt	73	0,20
21.	SZJSS1	Tengerparti mamutfenyő	Kám	39	-0,05
22.	TiTD2	Mocsárciprus	Tiszaigar	108	-0,07
23.	TiTD3	Mocsárciprus	Tiszaigar	45	-0,09
24.	SSS1	Tengerparti mamutfenyő	Sopron	35	0,44

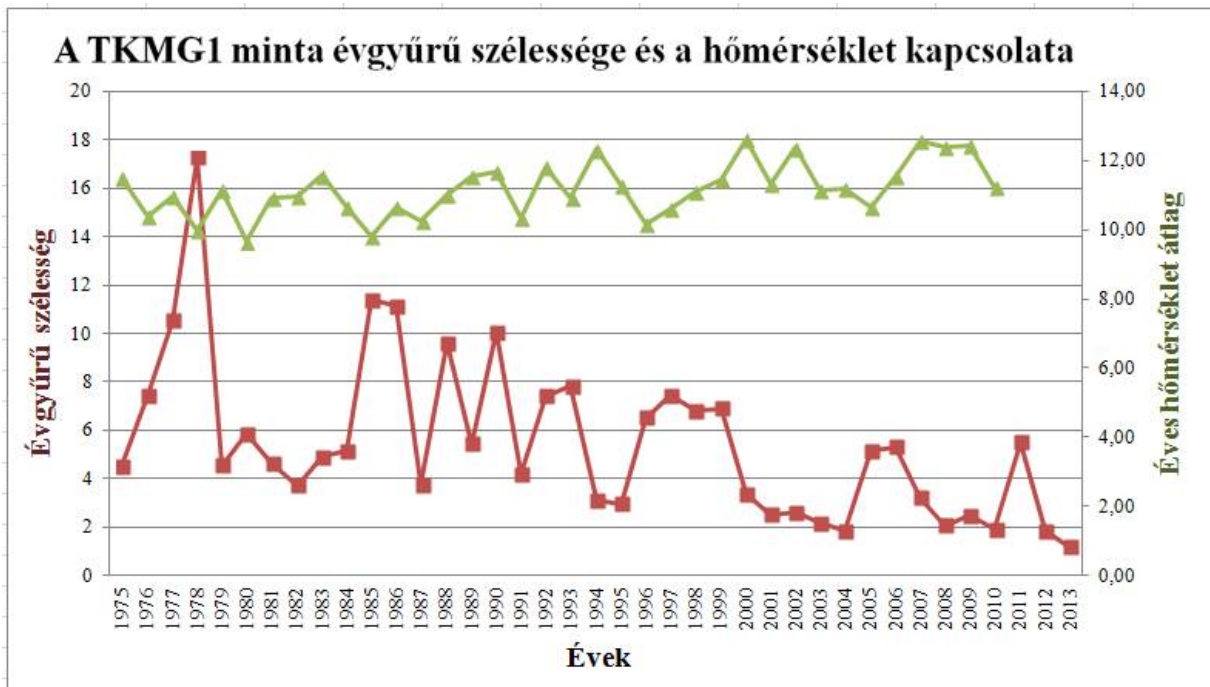
Diagramban kettő törzset emeltem ki, a legpozitívabb, illetve a legnegatívabb kapcsolatot. A soproni Tengerparti mamutfenyőt, melynél a legpozitívabb kapcsolatot mutatja, a 116. ábrán lehet látni. A hőmérséklet követését, főleg az első periódusban, a juvenilis korban lehet látni, majd 1983-tól egy hirtelen növekedés látható a törzsön, itt már nem követve a hőmérséklet ingadozását. A felnőtt korban a törzsnél inkább faji sajátosság látható a növekedés ütemére. Például 1988-tól 1990-ig vagy 1993-tól 1996-ig mutatja, hogy hőmérséklet csökkenés ellenére is, pozitív növekedés lesz.

A 117. ábrán egy tizsakürti Kínai mamutfenyő látható, mely lineáris korreláció-elemzéssel, a legnegatívabb kapcsolatot mutatja a hőmérséklettel. A diagramon látható, a törzs juvenilis korban ugrik meg az első pár évben a törzs növekedése, amit egy hirtelen állandósulás követ

1979-től 1985-ig. Ez után teljesen függetlenül a hőmérséklettől változtatja a növekedés ritmusát.



116. ábra Az SSS1 évgyűrűszélesség és átlagos hőmérséklet diagram



117. ábra A TKMG1 évgyűrűszélesség és átlagos hőmérséklet diagram

8.5.2 Évgyűrű szélesség és a Nováky klímaindex kapcsolata

A törzsek évgyűrű szélessége és a Nováky klímaindex kapcsolatát a 13. táblázat mutatja be. A CREMIT program, lineáris korreláció-elemzése alapján látható, hogy nem született szignifikáns kapcsolat a fafajok, vagy a mintavételi helyek között. A Nováky klímaindex éves hőmérséklet átlagból, illetve, évi csapadékmennyiségből számolható. A *Cupressaceae* család általam vizsgált fajai, nem mutatnak értékelhető eredményt ezzel az összefüggéssel.

13. táblázat A törzsek évgyűrű szélessége és a klímaindex kapcsolata

	Kód	Fafaj	Hely	Kor	Klímaindex (r)
1.	SZJSG2	Hegyi mamutfenyő	Kám	24	-0,01
2.	NSG1	Hegyi mamutfenyő	Nagycekn	120	-0,12
3.	SÁSG1	Hegyi mamutfenyő	Sárvár	41	-0,08
4.	SSG2	Hegyi mamutfenyő	Sopron	78	0,17
5.	SZKSG1	Hegyi mamutfenyő	Szombathely	23	-0,22
6.	TFSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszafüred	29	0,02
7.	TISG2	Hegyi mamutfenyő	Tiszaigar	39	0,05
8.	TKSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszaürt	22	-0,03
9.	SSG1	Hegyi mamutfenyő	Sopron	34	-0,03
10.	SZJMG1	Kínai mamutfenyő	Kám	40	0,18
11.	SZKMG1	Kínai mamutfenyő	Szombathely	40	-0,21
12.	TKMG1	Kínai mamutfenyő	Tiszaürt	39	-0,09
13.	SZJTD1	Mocsárciprus	Kám	47	0,17
14.	PTD1	Mocsárciprus	Püspökladány	41	-0,02
15.	PTD2	Mocsárciprus	Püspökladány	38	-0,16
16.	SÁTD1	Mocsárciprus	Sárvár	117	-0,15
17.	STD1	Mocsárciprus	Sopron	19	-0,14
18.	SZKTD1	Mocsárciprus	Szombathely	45	-0,12
19.	TKTD1	Mocsárciprus	Tiszaürt	92	-0,18
20.	TKTD2	Mocsárciprus	Tiszaürt	73	0,14
21.	SZJSS1	Tengerparti mamutfenyő	Kám	39	-0,12
22.	TiTD2	Mocsárciprus	Tiszaigar	108	0,19
23.	TiTD3	Mocsárciprus	Tiszaigar	45	-0,16
24.	SSS1	Tengerparti mamutfenyő	Sopron	35	0,01

8.5.3 Évgyűrűszélesség és a felületi párolgás kapcsolata

A felületi párolgás hatását az évgyűrű szélességre a 14. táblázat mutatja be. A CReMIT módszer alapján látható, hogy a Nováky kádpárolgás és az évgyűrű szélesség között sincs szignifikáns kapcsolat, ezért diagramos módszerrel itt sem támasztom alá.

14. táblázat A törzsek évgyűrű szélessége és a felületi párolgás kapcsolata

	Kód	Fafaj	Hely	Kor	Felületi párolgás (r)
1.	SZJSG2	Hegyi mamutfenyő	Kám	24	-0,01
2.	NSG1	Hegyi mamutfenyő	Nagycenk	120	-0,12
3.	SÁSG1	Hegyi mamutfenyő	Sárvár	41	-0,08
4.	SSG2	Hegyi mamutfenyő	Sopron	78	0,17
5.	SZKSG1	Hegyi mamutfenyő	Szombathely	23	-0,22
6.	TFSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszafüred	29	0,02
7.	TISG2	Hegyi mamutfenyő	Tiszaigar	39	0,05
8.	TKSG1	Hegyi mamutfenyő	Tizsakürt	22	-0,03
9.	SSG1	Hegyi mamutfenyő	Sopron	34	-0,03
10.	SZJMG1	Kínai mamutfenyő	Kám	40	0,18
11.	SZKMG1	Kínai mamutfenyő	Szombathely	40	-0,21
12.	TKMG1	Kínai mamutfenyő	Tizsakürt	39	-0,09
13.	SZJTD1	Mocsárciprus	Kám	47	0,17
14.	PTD1	Mocsárciprus	Püspökladány	41	0,02
15.	PTD2	Mocsárciprus	Püspökladány	38	-0,16
16.	SÁTD1	Mocsárciprus	Sárvár	117	-0,15
17.	STD1	Mocsárciprus	Sopron	19	-0,14
18.	SZKTD1	Mocsárciprus	Szombathely	45	-0,12
19.	TKTD1	Mocsárciprus	Tizsakürt	92	-0,18
20.	TKTD2	Mocsárciprus	Tizsakürt	73	0,14
21.	SZJSS1	Tengerparti mamutfenyő	Kám	39	-0,12
22.	TiTD2	Mocsárciprus	Tiszaigar	108	0,19
23.	TiTD3	Mocsárciprus	Tiszaigar	45	-0,16
24.	SSS1	Tengerparti mamutfenyő	Sopron	35	0,01

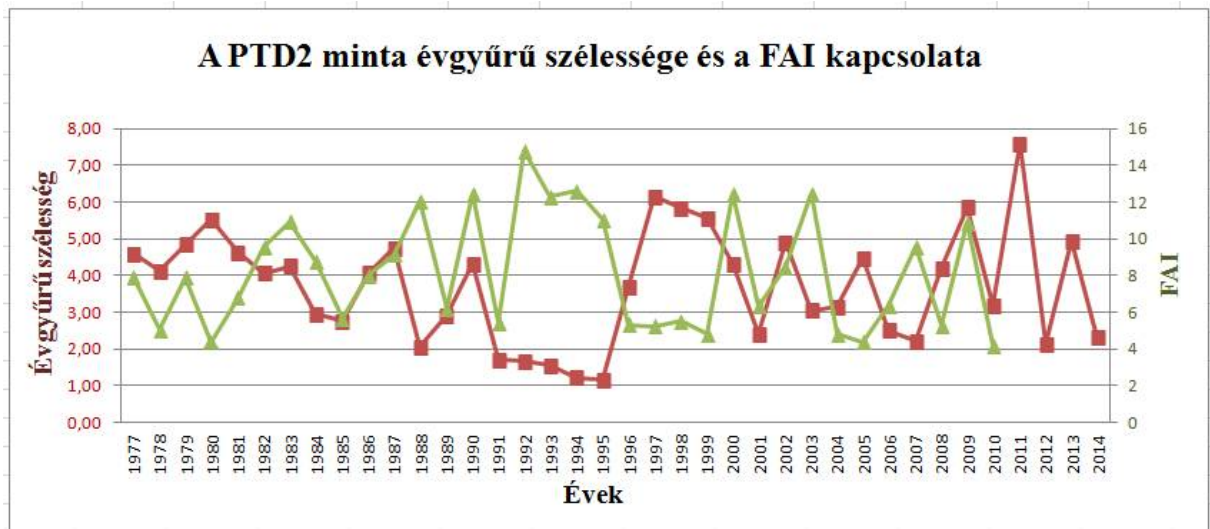
8.5.4 Évgyűrűszélesség és a FAI kapcsolata

A 8.5.3. és a 8.5.4. fejezetekben Nováky féle klíma illetve, kádpárolgási képletével kerestem az összefüggést, ahol éves adatokkal számoltam, sikertelenül. A FAI klímaindexben szereplő adatok viszont havi lebontásúak, melyek a fő növekedési és a kritikus időszakot leginkább befolyásolják. A 15. táblázat mutatja be az évgyűrű szélesség és FAI index kapcsolatát. A havi lebontású adatok sem hoztak pozitívabb eredményt, az éveshez képest.

15. táblázat Az törzsek évgyűrű szélessége és a felületi párolgás kapcsolata

	Kód	Fafaj	Hely	Kor	FAI (r)
1.	SZJSG2	Hegyi mamutfenyő	Kám	24	-0,10
2.	NSG1	Hegyi mamutfenyő	Nagycenk	120	-0,12
3.	SÁSG1	Hegyi mamutfenyő	Sárvár	41	-0,05
4.	SSG2	Hegyi mamutfenyő	Sopron	78	0,11
5.	SZKSG1	Hegyi mamutfenyő	Szombathely	23	0,21
6.	TFSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszafüred	29	-0,09
7.	TISG2	Hegyi mamutfenyő	Tiszaigar	39	0,05
8.	TKSG1	Hegyi mamutfenyő	Tizsakürt	22	0,16
9.	SSG1	Hegyi mamutfenyő	Sopron	34	0,11
10.	SZJMG1	Kínai mamutfenyő	Kám	40	0,18
11.	SZKMG1	Kínai mamutfenyő	Szombathely	40	-0,28
12.	TKMG1	Kínai mamutfenyő	Tizsakürt	39	-0,03
13.	SZJTD1	Mocsárciprus	Kám	47	0,25
14.	PTD1	Mocsárciprus	Püspökladány	41	-0,04
15.	PTD2	Mocsárciprus	Püspökladány	38	-0,35
16.	SÁTD1	Mocsárciprus	Sárvár	117	-0,12
17.	STD1	Mocsárciprus	Sopron	19	-0,37
18.	SZKTD1	Mocsárciprus	Szombathely	45	-0,02
19.	TKTD1	Mocsárciprus	Tizsakürt	92	-0,16
20.	TKTD2	Mocsárciprus	Tizsakürt	73	-0,03
21.	SZJSS1	Tengerparti mamutfenyő	Kám	39	-0,01
22.	TiTD2	Mocsárciprus	Tiszaigar	108	0,26
23.	TiTD3	Mocsárciprus	Tiszaigar	45	-0,15
24.	SSS1	Tengerparti mamutfenyő	Sopron	35	0,06

A 24 törzsből, csupán egy darabnál, a püspökladányi Mocsárciprusnál született szignifikáns kapcsolat, viszont az is negatív. A 118.ábrán látható, hogy a törzs már a 4. évében eltérően viselkedik. Fennállhatna a lehetőség álvgyűrűre, mivel az 1986-os évtől, 1991-ig hasonló lefutásúak a rajzolatuk. Az 1991-es évtől viszont teljesen eltérő viselkedés figyelhető meg, ami 1996-ban átfordul, de szintén nem mutatható ki összefüggés.



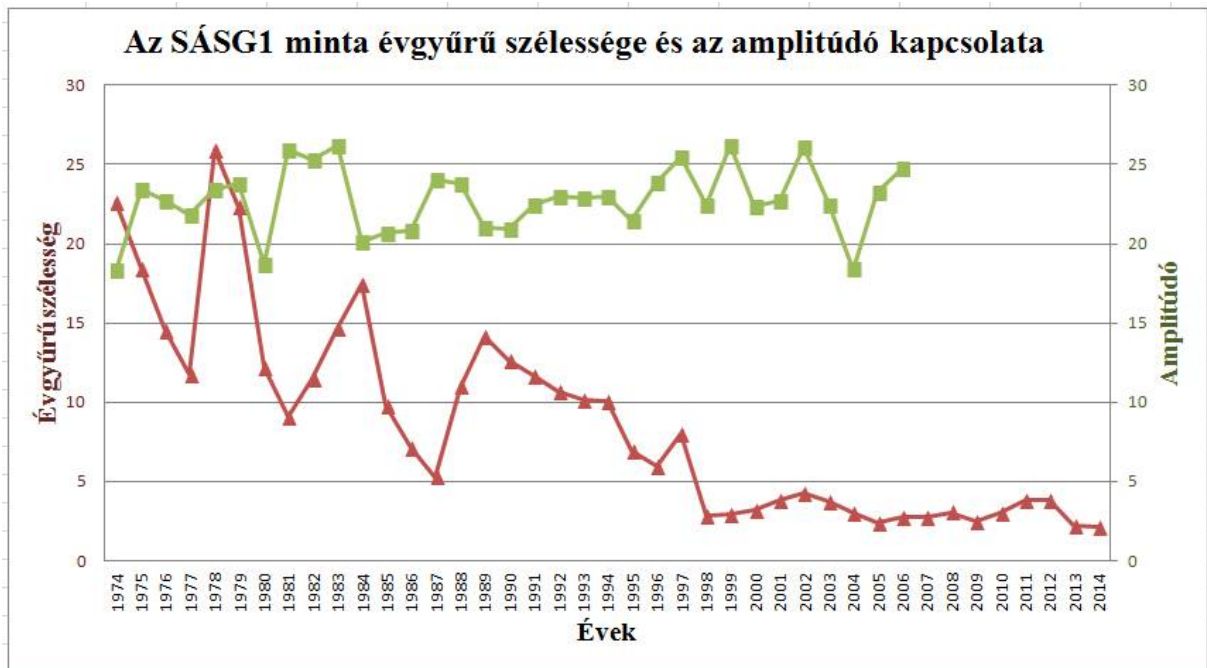
118. ábra A PTD2 évgyűrűszélessége és a FAI kapcsolata diagram

8.5.5 Évgyűrűszélesség és az amplitúdó kapcsolata

A 16. táblázatban a hőmérsékelt kontinentalitás mértéke és az évgyűrű szélesség közötti kapcsolatot kerestem. Csupán három törzsnél született szignifikáns kapcsolat, és mind a háromnál negatív. A legerősebbet, a 41 éves sárvári hegyi mamutfenyő mutatja (119.ábra). A diagramon szembetűnő, hogy semmi közös kapcsolat nincs a hőmérséklet amplitúdója és az évgyűrű szélessége között, teljesen ellentétesen reagál a törzs. Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a mamutfenyő hazájában, a téli minimum hőmérséklet is 10°C, mínusz fokok nincsen jelen, mint hazánkban. Az itthoni hideg telek, negatívan befolyásolják a mamutfenyők növekedését.

16. táblázat A törzsek évgyűrű szélessége és a hőmérséklet amplitúdójának kapcsolata

	Kód	Fafaj	Hely	Kor	Amplitúdó (r)
1.	SZJSG2	Hegyi mamutfenyő	Kám	24	-0,22
2.	NSG1	Hegyi mamutfenyő	Nagycenk	120	-0,28
3.	SÁSG1	Hegyi mamutfenyő	Sárvár	41	-0,51
4.	SSG2	Hegyi mamutfenyő	Sopron	78	-0,12
5.	SZKSG1	Hegyi mamutfenyő	Szombathely	23	-0,37
6.	TFSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszafüred	29	-0,15
7.	TISG2	Hegyi mamutfenyő	Tiszaigar	39	0,07
8.	TKSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszakürt	22	0,17
9.	SSG1	Hegyi mamutfenyő	Sopron	34	0,27
10.	SZJMG1	Kínai mamutfenyő	Kám	40	0,06
11.	SZKMG1	Kínai mamutfenyő	Szombathely	40	0,22
12.	TKMG1	Kínai mamutfenyő	Tiszakürt	39	-0,34
13.	SZJTD1	Mocsárciprus	Kám	47	-0,26
14.	PTD1	Mocsárciprus	Püspökladány	41	-0,02
15.	PTD2	Mocsárciprus	Püspökladány	38	-0,13
16.	SÁTD1	Mocsárciprus	Sárvár	117	0,06
17.	STD1	Mocsárciprus	Sopron	19	-0,32
18.	SZKTD1	Mocsárciprus	Szombathely	45	-0,18
19.	TKTD1	Mocsárciprus	Tiszakürt	92	0,07
20.	TKTD2	Mocsárciprus	Tiszakürt	73	-0,03
21.	SZJSS1	Tengerparti mamutfenyő	Kám	39	-0,08
22.	TiTD2	Mocsárciprus	Tiszaigar	108	-0,16
23.	TiTD3	Mocsárciprus	Tiszaigar	45	0,20
24.	SSS1	Tengerparti mamutfenyő	Sopron	35	-0,22



119. ábra Az SÁSG1 évgyűrűszélessége és az amplitúdó kapcsolata diagram

8.6 Évgyűrű elemzés körlapnővedék mentén

A második részben szintén a hőmérséklet adatok, a Nováky klímaindex és a felületi párolgási adatok, valamint FAI és a hőmérsékleti amplitúdó kapcsolata kerültek elemzésre a körlapnővedékekkel. A módszerrel az évgyűrűk területét lehet illusztrálni. Mivel a minták nagyobb része élő törzsekből lett kivéve, ezért nem volt lehetőségem mérni legkisebb illetve legszélesebb sugarat illetve területarányt. Az évgyűrű adatokon csináltam egy nem lineáris átalakítást, így egy évgyűrű területét az $r^2 \cdot \pi$ képlettel számoltam. Minden évgyűrű sugarát a bétől mérve, kiszámítva annak a területét, majd kivonva az előző évek területét, megkapjuk egy évgyűrű területét. Természetesen, a mérések hiányában, ezek idealizált adatok.

8.6.1 Körlapnővedék és a hőmérséklet kapcsolata

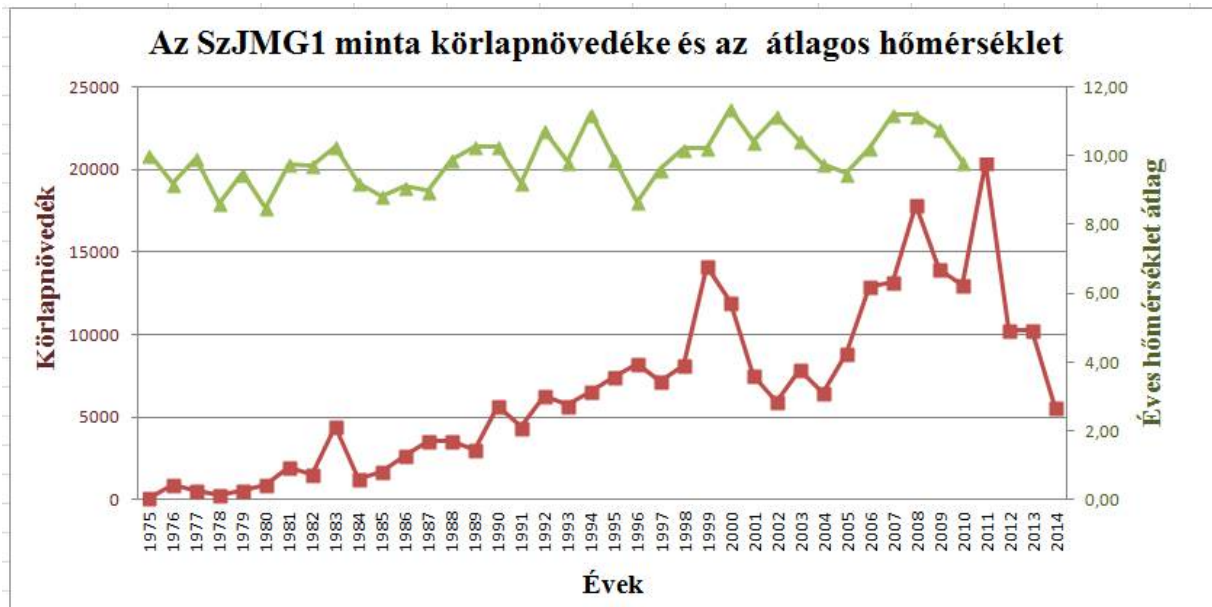
A területszámítás után, a körlapnővedésket összevetve a hőmérséklet adatokkal, már rögtön kitűnik, hogy szorosabb összefüggés látható, mint a lineáris módszernél (12. táblázat). 24 törzsből pont a fele, 12 mutat egyértelmű lineáris korreláció-elemzéssel pozitív kapcsolatot, a többi 12 törzs semleges, és negatív kapcsolat nem született. Az adatokat a 17. táblázat mutatja be. Egyértelmű következtetés azonban itt sem vonható le. A 9 darab Hegyi mamutfenyőből 3-nál van pozitív kapcsolat, a 3 darab Kínai mamutfenyőnél 2-nél van és egynél nincs, a 10 darab Mocsárciprusból 6-nál, a Tengerparti mamutfenyőknél pedig egy

pozitív és egy semleges látható. Helyrajzi összefüggés sem látható, a 12 pozitív kapcsolatú fából 7 darab származik a Dunántúlról, és 5 darab a Tiszántúlról. A legpozitívabb kapcsolatot a kámi, Jeli arborétumból származó Kínai mamutfenyő 0,60-as értékkel, melyet a 120. ábra mutat be. Erre a törzsre egyértelműen pozitív hatást váltott ki a hőmérséklet, mivel a lineáris, évgyűrű szélesség elemzésénél is pozitív szignifikáns kapcsolat született, 0,42-es értékkel, mely a 8. táblázatban látható.

17. táblázat A törzsek körlevegő- és a hőmérséklet kapcsolata

	Kód	Fafaj	Hely	kor	Hőmérséklet (r)
1.	SZJSG2	Hegyi mamutfenyő	Kám	24	0,46
2.	NSG1	Hegyi mamutfenyő	Nagycenk	120	-0,13
3.	SÁSG1	Hegyi mamutfenyő	Sárvár	41	-0,10
4.	SSG2	Hegyi mamutfenyő	Sopron	78	0,54
5.	SZKSG1	Hegyi mamutfenyő	Szombathely	23	-0,04
6.	TFSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszafüred	29	0,22
7.	TISG2	Hegyi mamutfenyő	Tiszaigar	39	0,20
8.	TKSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszaürt	22	0,11
9.	SSG1	Hegyi mamutfenyő	Sopron	34	0,44
10.	SZJMG1	Kínai mamutfenyő	Kám	40	0,60
11.	SZKMG1	Kínai mamutfenyő	Szombathely	40	0,46
12.	TKMG1	Kínai mamutfenyő	Tiszaürt	39	-0,01
13.	SZJTD1	Mocsárciprus	Kám	47	0,33
14.	PTD1	Mocsárciprus	Püspökladány	41	0,37
15.	PTD2	Mocsárciprus	Püspökladány	38	0,47
16.	SÁTD1	Mocsárciprus	Sárvár	117	0,02
17.	STD1	Mocsárciprus	Sopron	19	0,30
18.	SZKTD1	Mocsárciprus	Szombathely	45	0,52
19.	TKTD1	Mocsárciprus	Tiszaürt	92	-0,02
20.	TKTD2	Mocsárciprus	Tiszaürt	73	0,41
21.	SZJSS1	Tengerparti mamutfenyő	Kám	39	0,12
22.	TiTD2	Mocsárciprus	Tiszaigar	108	-0,01
23.	TiTD3	Mocsárciprus	Tiszaigar	45	0,43
24.	SSS1	Tengerparti mamutfenyő	Sopron	35	0,53

A diagramon látható, hogy az évgyűrű növekedés követi a hőmérsékletváltozást szinte végig. Az 1992-től 1995-ig tartó szakaszban a hőmérséklet növekedésére illetve csökkenésére kevésbé reagált a törzs, de nem reagált negatívan rá. Csupán egy helyen van differencia, a 2002-2004 és években, ahol hőmérséklet növekedés ellenére, kisebb évgyűrű született.



120. ábra Az SZJMG1 körlapnövedéke és átlagos hőmérséklet diagram

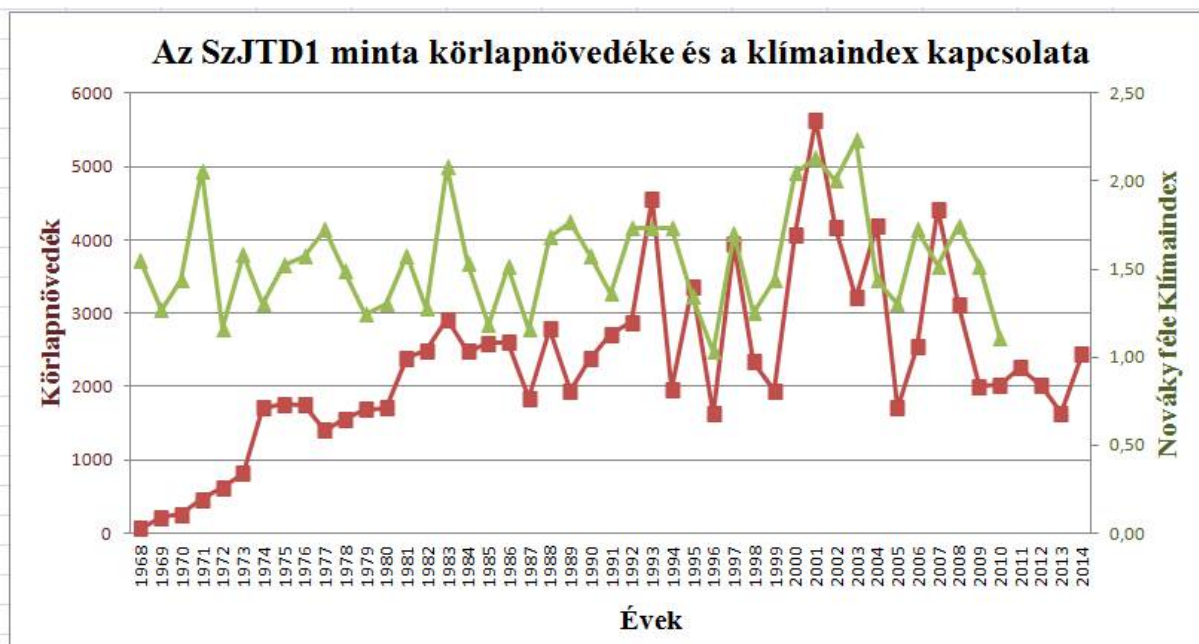
8.6.2 Körlapnövedék és a Nováky klímaindex kapcsolata

Az évgyűrű szélesség és Nováky klímaindex kapcsolata az előző 8.5.2. fejezetben nem adott összefüggést a fajok között. Ugyanez a Nováky klímaindex megvizsgálva a körlap növedékkal is csupán egy törzsszel mutat szignifikánsan összefüggő kapcsolatot (18. táblázat). A kámi 47 éves Mocsárciprusnál pozitív összefüggést adott a CReMIT elemzés.

18. táblázat A törzsek kör lapnövedéke és a Nováky klímaindexnek a kapcsolata

	Kód	Fafaj	Hely	kor	Klíma index (r)
1.	SZJSG2	Hegyi mamutfenyő	Kám	24	0,17
2.	NSG1	Hegyi mamutfenyő	Nagycenk	120	-0,01
3.	SÁSG1	Hegyi mamutfenyő	Sárvár	41	0,16
4.	SSG2	Hegyi mamutfenyő	Sopron	78	0,20
5.	SZKSG1	Hegyi mamutfenyő	Szombathely	23	-0,36
6.	TFSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszafüred	29	-0,05
7.	TISG2	Hegyi mamutfenyő	Tiszaigar	39	0,37
8.	TKSG1	Hegyi mamutfenyő	Tizsakürt	22	0,07
9.	SSG1	Hegyi mamutfenyő	Sopron	34	-0,07
10.	SZJMG1	Kínai mamutfenyő	Kám	40	0,13
11.	SZKMG1	Kínai mamutfenyő	Szombathely	40	0,07
12.	TKMG1	Kínai mamutfenyő	Tizsakürt	39	-0,07
13.	SZJTD1	Mocsárciprus	Kám	47	0,43
14.	PTD1	Mocsárciprus	Püspökladány	41	0,03
15.	PTD2	Mocsárciprus	Püspökladány	38	-0,12
16.	SÁTD1	Mocsárciprus	Sárvár	117	0,03
17.	STD1	Mocsárciprus	Sopron	19	-0,14
18.	SZKTD1	Mocsárciprus	Szombathely	45	0,13
19.	TKTD1	Mocsárciprus	Tizsakürt	92	-0,13
20.	TKTD2	Mocsárciprus	Tizsakürt	73	0,13
21.	SZJSS1	Tengerparti mamutfenyő	Kám	39	-0,15
22.	TiTD2	Mocsárciprus	Tiszaigar	108	0,23
23.	TiTD3	Mocsárciprus	Tiszaigar	45	-0,11
24.	SSS1	Tengerparti mamutfenyő	Sopron	35	-0,06

A diagramon nagyon szépen kirajzolódik, a klímaindex és a kör lapnövedék kapcsolata (121. ábra). Kezdeti szakaszban 1968 és 1974 között folyamatos növekedés látható, majd a felnőtt korra szépen felveszi a klíma változását a törzs növekedése. A legszembetűnőbb az 1998 és 2005 év közötti szakasz, ahol egyszerre érték el a maximum értéket.



121. ábra Az SZJTD1 minta körlapnövedéke és a Nováky klímaindex diagram

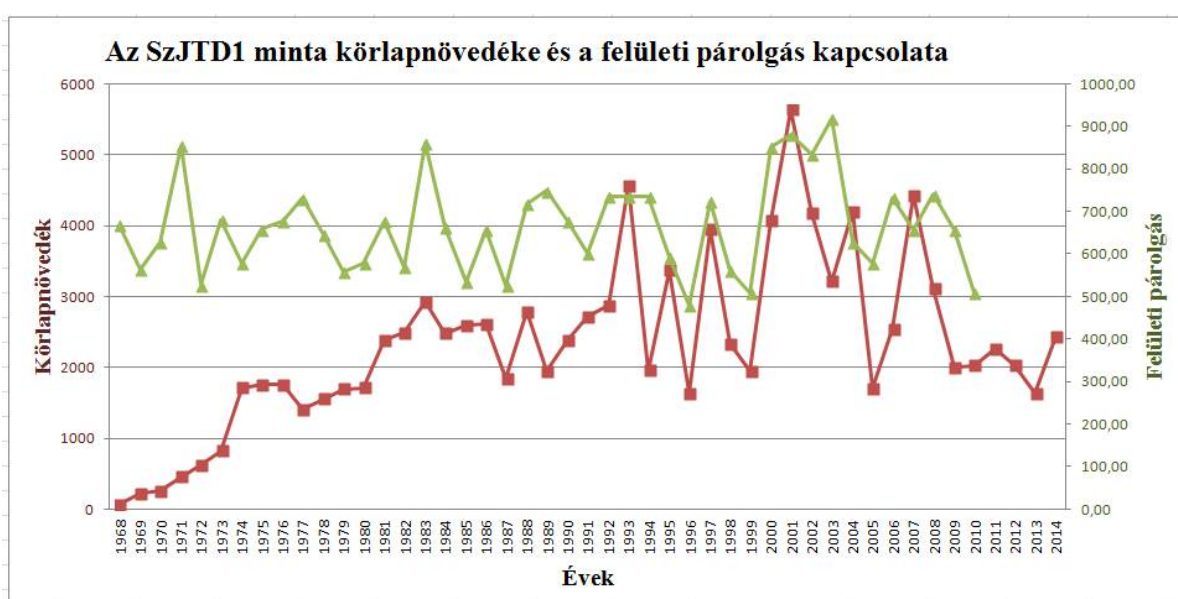
8.6.3 Körlap növedék és a felületi párolgás kapcsolata

A 19. táblázat mutatja be a törzsek körlapnövedékének és a felületi párolgásnak a kapcsolatát. Itt is egy szignifikáns pozitív kapcsolat született, szintén a kámi Mocsárciprusnál, és szintén 0,43 értékkel. A 121-es és 122-es ábrát összehasonlítva látható, hogy a Nováky klímaindexnek és a felületi párolgásnak azonos a lefutása (122. ábra).

19. táblázat A törzsek körlapnövedéke és a felületi párolgás kapcsolata

	Kód	Fafaj	Hely	kor	Felületi párolgás (r)
1.	SZJSG2	Hegyi mamutfenyő	Kám	24	0,17
2.	NSG1	Hegyi mamutfenyő	Nagyecenk	120	-0,01
3.	SÁSG1	Hegyi mamutfenyő	Sárvár	41	0,16
4.	SSG2	Hegyi mamutfenyő	Sopron	78	0,20
5.	SZKSG1	Hegyi mamutfenyő	Szombathely	23	-0,28
6.	TFSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszafüred	29	-0,36
7.	TISG2	Hegyi mamutfenyő	Tiszaigar	39	-0,05
8.	TKSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszaürt	22	-0,37
9.	SSG1	Hegyi mamutfenyő	Sopron	34	-0,07
10.	SZJMG1	Kínai mamutfenyő	Kám	40	0,13
11.	SZKMG1	Kínai mamutfenyő	Szombathely	40	0,07
12.	TKMG1	Kínai mamutfenyő	Tiszaürt	39	-0,07
13.	SZJTD1	Mocsárciprus	Kám	47	0,43

14.	PTD1	Mocsárciprus	Püspökladány	41	0,03
15.	PTD2	Mocsárciprus	Püspökladány	38	-0,12
16.	SÁTD1	Mocsárciprus	Sárvár	117	0,03
17.	STD1	Mocsárciprus	Sopron	19	-0,14
18.	SZKTD1	Mocsárciprus	Szombathely	45	0,13
19.	TKTD1	Mocsárciprus	Tiszakürt	92	-0,13
20.	TKTD2	Mocsárciprus	Tiszakürt	73	0,13
21.	SZJSS1	Tengerparti mamutfenyő	Kám	39	-0,15
22.	TiTD2	Mocsárciprus	Tiszaigar	108	0,23
23.	TiTD3	Mocsárciprus	Tiszaigar	45	-0,11
24.	SSS1	Tengerparti mamutfenyő	Sopron	35	-0,06



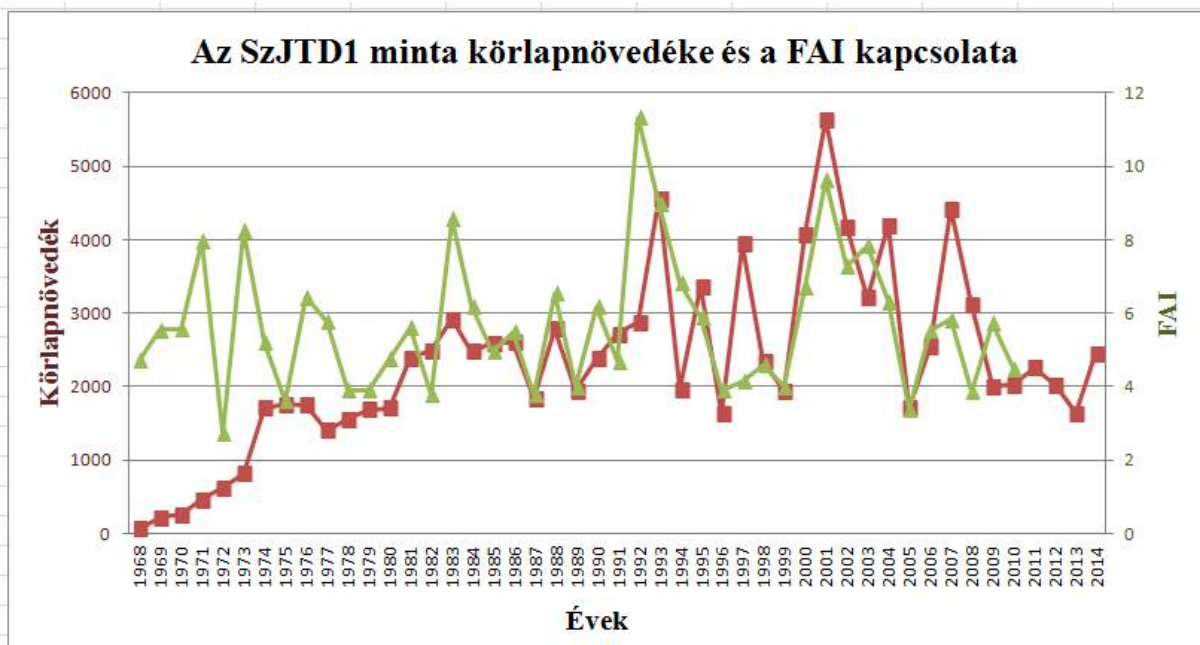
122. ábra Az SZJTD1 minta körlapnövedéke és a felületi párolgás kapcsolata

8.6.4 Körlap növedék és a FAI kapcsolata

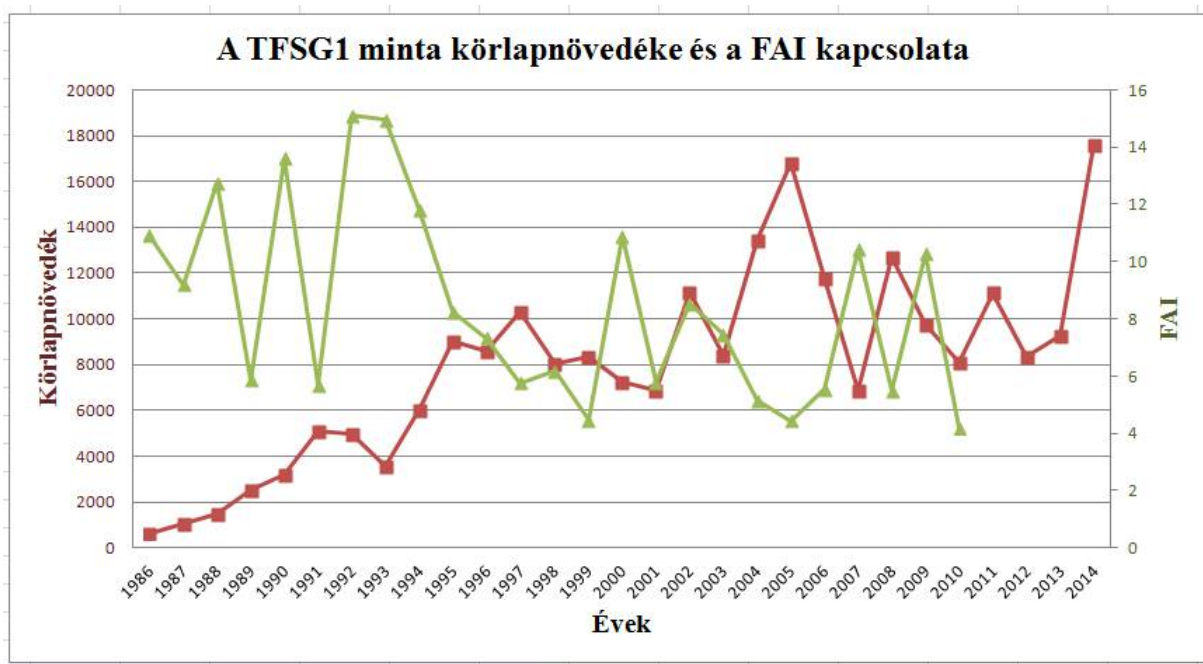
A körlapnövedék és a FAI kapcsolatát a 20.táblázat mutatja be. Összesen 4 szignifikáns kapcsolat született, két pozitív illetve két negatív. A legpozitívabb kapcsolat a kámi Mocsárciprusnál jött létre, 0,48-as értékkel. Diagramon látható, hogy a növekedés első szakaszában a törzs növekedése fokozatos, kevésbé reagál a FAI-ra (123.ábra). Az 1979-es évtől fokozatosan felveszi az index ritmusát. Az 1997-1998-as évnél álévgyűrű feltételezhető. A tiszafüredi hegyi mamutfenyő adta a legnegatívabb kapcsolatot -0,55-ös értékkel, melynek diagramját a 124.ábra mutat. A FAI és a körlapnövedék között szinte semmilyen összefüggés nincs. Csúpan a 2002 –es, 2004-es évek közötti rész egyezik.

20. táblázat A törzsek körlelapnövedéke és a FAI kapcsolata

	Kód	Fafaj	Hely	Kor	FAI (r)
1.	SZJSG2	Hegyi mamutfenyő	Kám	24	-0,05
2.	NSG1	Hegyi mamutfenyő	Nagycenk	120	-0,07
3.	SÁSG1	Hegyi mamutfenyő	Sárvár	41	0,27
4.	SSG2	Hegyi mamutfenyő	Sopron	78	0,09
5.	SZKSG1	Hegyi mamutfenyő	Szombathely	23	-0,52
6.	TFSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszafüred	29	-0,55
7.	TISG2	Hegyi mamutfenyő	Tiszaigar	39	-0,16
8.	TKSG1	Hegyi mamutfenyő	Tizsakürt	22	-0,48
9.	SSG1	Hegyi mamutfenyő	Sopron	34	-0,16
10.	SZJMG1	Kínai mamutfenyő	Kám	40	0,02
11.	SZKMG1	Kínai mamutfenyő	Szombathely	40	-0,05
12.	TKMG1	Kínai mamutfenyő	Tizsakürt	39	0,01
13.	SZJTD1	Mocsárciprus	Kám	47	0,48
14.	PTD1	Mocsárciprus	Püspökladány	41	0,05
15.	PTD2	Mocsárciprus	Püspökladány	38	-0,19
16.	SÁTD1	Mocsárciprus	Sárvár	117	-0,01
17.	STD1	Mocsárciprus	Sopron	19	-0,21
18.	SZKTD1	Mocsárciprus	Szombathely	45	0,19
19.	TKTD1	Mocsárciprus	Tizsakürt	92	-0,15
20.	TKTD2	Mocsárciprus	Tizsakürt	73	-0,03
21.	SZJSS1	Tengerparti mamutfenyő	Kám	39	-0,36
22.	TiTD2	Mocsárciprus	Tiszaigar	108	0,30
23.	TiTD3	Mocsárciprus	Tiszaigar	45	-0,05
24.	SSS1	Tengerparti mamutfenyő	Sopron	35	-0,19



123. ábra Az SZJTD1 minta körlapnövedéke és a FAI kapcsolata



124. ábra A TFSG1 minta körlapnövedéke és a FAI kapcsolata

8.6.5 Körlap növedék és az amplitúdó kapcsolata

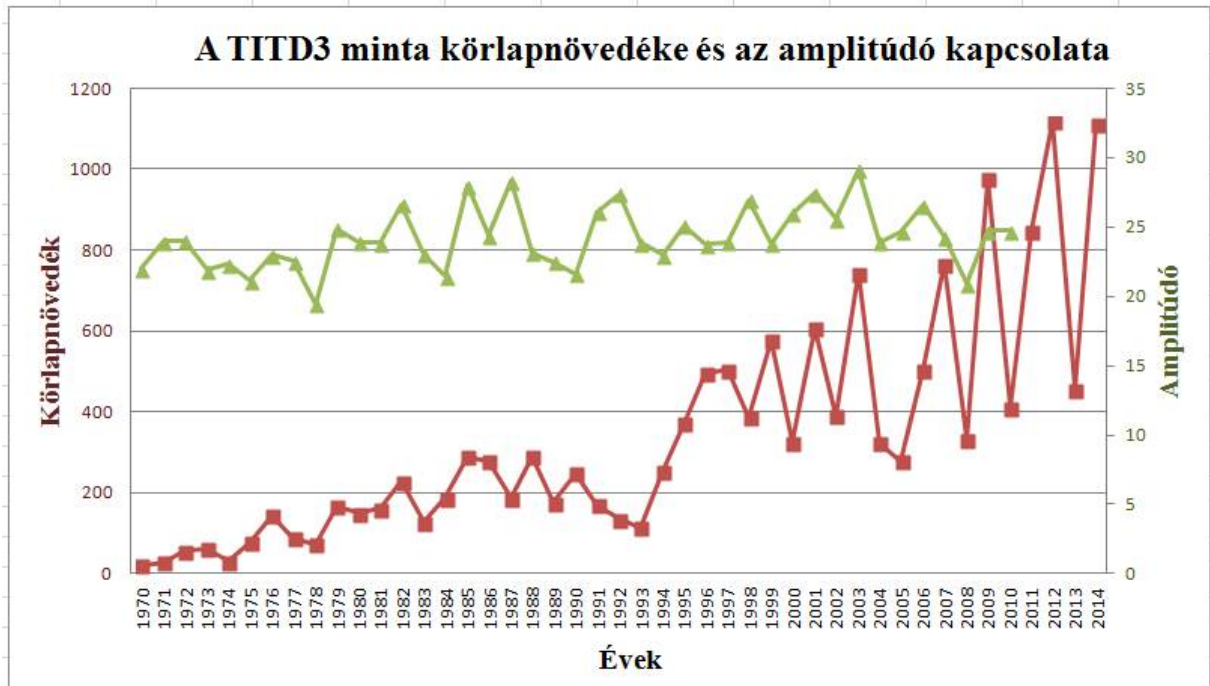
A körlapnövedék és a hőmérsékleti amplitúdó közötti kapcsolatot a 21.táblázatban lehet látni. Öt darab szignifikáns kapcsolat jött létre, abból egy negatív illetve négy pozitív. Ez a kép kicsit pozitívabb, mint az évgyűrű szélességnél a 8.5.5. fejezetben, ahol csupán három negatív szignifikáns kapcsolatot adott. A legerősebb összefüggést a tiszaiigari, 45 éves

Mocsárciprus adta (125.ábra). Az első 20 évben szépen követte az körlapnövedék az amplitúdót, majd, 1993-ban látható egy differencia. A felnőtt éveiben váltakozik a rövid évgyűrű a szélessége, ugyanúgy ahogy az amplitúdó lefutása is.

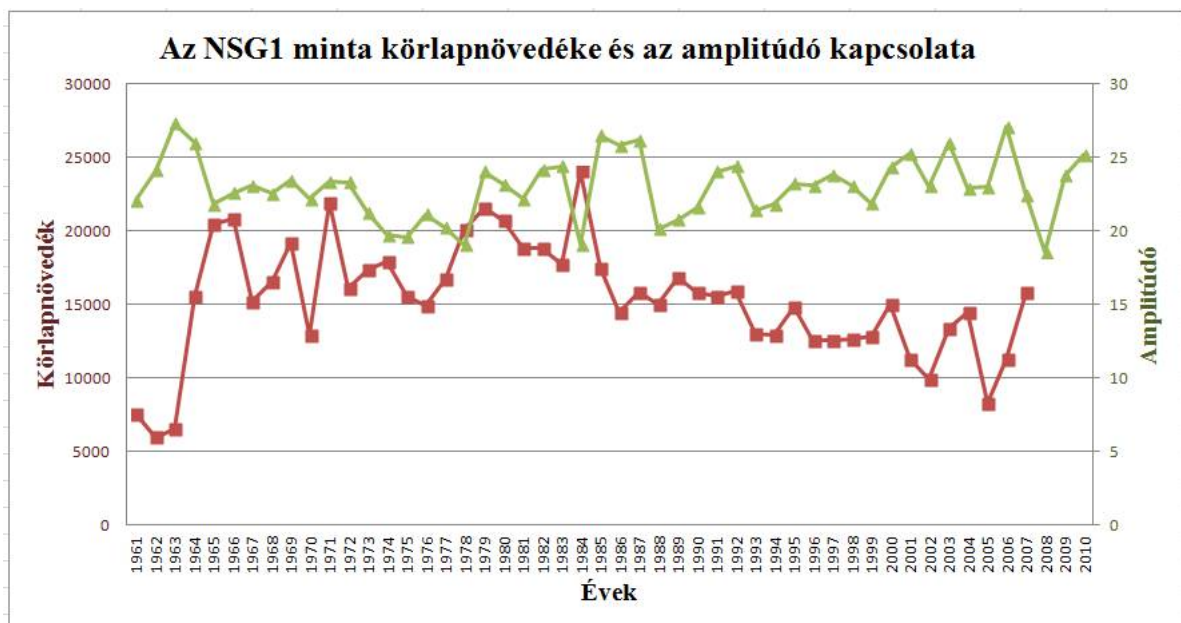
A legnegatívabb kapcsolatot a 120 éves nagycenki minta adta. Ennél a törzsnél a legszembetűnőbb, hogy a hőmérséklet amplitúdójával teljesen eltérően növekedett a törzs. Azonos lefutás csak 1-1 évben látható, mint például 1969-ben (126.ábra).

21. táblázat A törzsek körlapnövedéke és az amplitúdó kapcsolata

	Kód	Fafaj	Hely	Kor	Amplitúdó (r)
1.	SZJSG2	Hegyi mamutfenyő	Kám	24	0,09
2.	NSG1	Hegyi mamutfenyő	Nagycenk	120	-0,31
3.	SÁSG1	Hegyi mamutfenyő	Sárvár	41	-0,13
4.	SSG2	Hegyi mamutfenyő	Sopron	78	0,07
5.	SZKSG1	Hegyi mamutfenyő	Szombathely	23	-0,17
6.	TFSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszafüred	29	-0,03
7.	TISG2	Hegyi mamutfenyő	Tiszaigar	39	0,28
8.	TKSG1	Hegyi mamutfenyő	Tizsakürt	22	0,07
9.	SSG1	Hegyi mamutfenyő	Sopron	34	0,18
10.	SZJMG1	Kínai mamutfenyő	Kám	40	0,17
11.	SZKMG1	Kínai mamutfenyő	Szombathely	40	0,37
12.	TKMG1	Kínai mamutfenyő	Tizsakürt	39	0,10
13.	SZJTD1	Mocsárciprus	Kám	47	0,28
14.	PTD1	Mocsárciprus	Püspökladány	41	0,33
15.	PTD2	Mocsárciprus	Püspökladány	38	0,09
16.	SÁTD1	Mocsárciprus	Sárvár	117	0,10
17.	STD1	Mocsárciprus	Sopron	19	-0,18
18.	SZKTD1	Mocsárciprus	Szombathely	45	0,33
19.	TKTD1	Mocsárciprus	Tizsakürt	92	0,06
20.	TKTD2	Mocsárciprus	Tizsakürt	73	-0,03
21.	SZJSS1	Tengerparti mamutfenyő	Kám	39	0,16
22.	TiTD2	Mocsárciprus	Tiszaigar	108	-0,14
23.	TiTD3	Mocsárciprus	Tiszaigar	45	0,41
24.	SSS1	Tengerparti mamutfenyő	Sopron	35	-0,03



125. ábra A TITD3 minta körlapnövedéke és az amplitúdó kapcsolata



126. ábra Az NSG1 minta körlapnövedéke és az amplitúdó kapcsolata

8.7 Évgűrű elemzés és a csapadék kapcsolata

Disszertációmban a csapadék és az évgűrű szélesség kapcsolatának nem szántam külön szerepet. Csupán CReMIT módszerrel néztem összefüggést, amit a 22. táblázatban összegeztem. A vonalas mérésnél szignifikáns kapcsolat csupán egy törzs esetében született,

az egyik tiszai Mocsárciprusnál -0,30 értékkel. A körlapnövédéknél is csupán 4 db pozitív, ami lineáris korreláció-elemzéssel értékelhető. 2014-ben konzulensként részt vettem Eichert Gergely „Hullámtéri erdők és a vízviszonyok kapcsolatának vizsgálata Gemencen” című diplomamunkájában (Eichert 2014). Az irodalmi adatoknak megfelelően sikerült egyértelműen alátámasztani az elérhető talajvíz azon tulajdonságát, miszerint a klímajellemzők faállomány életére vonatkozó hatását tompíthatja. Annyira igaznak bizonyult ez a feltevés, hogy az évgyűrűk mérete nem függ a csapadékmennyiségtől, vagy az aszálytól. A talajvíz a növény számára elegendő víz felvételét teszi lehetővé életfolyamataihoz és vízszükségletének fedezésére. A nyár végi meleg periódusok pozitívan hatottak a növekedésre, így alátámasztható, hogy az aszályidőszakban fellépő meleg serkenti a párologtatást, és ezzel a fa életműködését is, vagyis az évgyűrű szélessége, a hőmérséklettel mutat szorosabb összefüggést.

Hasonló eredményre jutott Babos Károly, aki hat lombos fafaj (csertölgly, óriásnyár, turkesztáni szil, vénic szil és nemesített nyarak) 54 példányra esetén az átlagos évgyűrűszélesség és az éves csapadékmennyiség összefüggését vizsgálta, Magyarország 14 lelőhelyén. Megállapításai szerint csak igen kis mértékben (0-24,1%) befolyásolta a csapadék, az évgyűrűszélességet (Babos 1984).

22. táblázat A törzsek évgyűrű szélessége és körlapnövédéke a csapadékkal

	Kód	Fafaj	Hely	Kor	Csapadék évgyűrűszélesség (r)	Csapadék körlapnövédék (r)
1.	SZJSG2	Hegyi mamutfenyő	Kám	24	-0,13	0,05
2.	NSG1	Hegyi mamutfenyő	Nagyecenk	120	0,06	0,01
3.	SÁSG1	Hegyi mamutfenyő	Sárvár	41	-0,15	-0,29
4.	SSG2	Hegyi mamutfenyő	Sopron	78	-0,10	0,01
5.	SZKSG1	Hegyi mamutfenyő	Szombathely	23	0,18	0,37
6.	TFSG1	Hegyi mamutfenyő	Tiszafüred	29	-0,15	0,43
7.	TISG2	Hegyi mamutfenyő	Tiszaigar	39	-0,16	0,17
8.	TKSG1	Hegyi mamutfenyő	Tizsakürt	22	-0,03	0,46
9.	SSG1	Hegyi mamutfenyő	Sopron	34	0,03	0,23
10.	SZJMG1	Kínai mamutfenyő	Kám	40	0,00	0,18
11.	SZKMG1	Kínai mamutfenyő	Szombathely	40	0,18	0,20
12.	TKMG1	Kínai mamutfenyő	Tizsakürt	39	-0,12	0,12
13.	SZJTD1	Mocsárciprus	Kám	47	-0,28	-0,30
14.	PTD1	Mocsárciprus	Püspökladány	41	-0,06	0,19
15.	PTD2	Mocsárciprus	Püspökladány	38	0,17	0,35

16.	SÁTD1	Mocsárciprus	Sárvár	117	0,06	-0,04
17.	STD1	Mocsárciprus	Sopron	19	0,07	0,19
18.	SZKTD1	Mocsárciprus	Szombathely	45	0,01	0,14
19.	TKTD1	Mocsárciprus	Tizsakürt	92	0,06	0,10
20.	TKTD2	Mocsárciprus	Tizsakürt	73	-0,08	0,04
21.	SZJSS1	Tengerparti mamutfenyő	Kám	39	0,07	0,24
22.	TiTD2	Mocsárciprus	Tiszaigar	108	-0,30	-0,31
23.	TiTD3	Mocsárciprus	Tiszaigar	45	0,10	0,22
24.	SSS1	Tengerparti mamutfenyő	Sopron	35	0,16	0,30

A vizsgálati eredményekből kimutatható, hogy nem látható egyértelmű növekedési kapcsolat vagy összefüggés a faegyedek vizsgált jellemzői és a klimatikus (hőmérséklet, csapadék, Nováky klímaindex, felületi potenciális párolgás, FAI, amplitúdó) tényezők között.

További kutatások lennének szükségesek ahhoz, hogy az eredeti mediterrán éghajlatú élőhelyükön, az Amerikai Egyesült Államokban milyen kapcsolat áll fent a klimatikus tényezők és a *Cupressaceae* család faegyedei között, ahol a nyári átlagos nappali csúcshőmérséklet 29 °C, télen 19 °C, és éjszaka sincs hidegebb 8-10 °C - nál.

9 Tézisek

1. **Vizsgálataimmal bizonyítottam, hogy több fafaj elegyes állománya alkotta az egykori bükkábrányi erdőrészletet.** A korábbi kutatások alapján, melyek szerint csupán a törzsek alakjából és a kéreg jellegzetességei alapján megállapították, hogy az ősfák kizárólag Mocsárciprusokból (*Taxodium distichum*) álltak, cáfolom. A fafaj meghatározás valós megoldása a fa belső, sejtes szerkezetében található meg. Kutatásommal bizonyítottam, hogy Mocsárcipruson kívül megtalálható a Tengerparti mamutfenyő (*Sequoia sempervirens*) vagy a már kihalt *Taxodioxyton germanicum*, *Sequoioxyton sp.* és a *Glyptrostrobos europaeus* is.
2. **Kutatási vizsgálataimmal alátámasztottam, hogy egy adott fafaj (jelen esetben a *Taxodium distichum* és a *Sequoia sempervirens*, illetve az ősi *Taxodioxyton germanicum* és *Sequoioxyton sp.*) beazonosításához az udvaros gödrökének méreteinek meghatározása és összevetése nem nyújt megbízható információt. Így az nem alkalmazható a fafaj meghatározásánál mérvadónak.** A vizsgálati eredmények értékelése arra utal, hogy a szignifikancia értékek nem minden esetben mutatnak szignifikáns összefüggést az egyes fa egyedeknél. Ugyanazon faegyeden belül ezzel szemben a mintavétel helyétől függően is változhat a szignifikancia érték nagysága, vagyis mutathat szignifikáns különbséget. A fafaj meghatározásához elengedhetetlenül szükséges a xylotómiai jegyek vizsgálata.
3. **Anatómiai és mikroszkópos vizsgálataimmal bizonyítottam, hogy az általam meghatározott három, kihaltnak vélt fafajból kettő a *Taxodioxyton germanicum* és a *Sequoioxyton sp.*, xylotómiai sajátosságokban megegyeznek a ma élő *Taxodium distichum* és a *Sequoia sempervirens* fafajokkal.**

4. Vizsgálataimmal bizonyítottam, hogy a *Cupressaceae* család vizsgált fafajainak (*Sequiadendron giganteum*, *Sequoia sempervirens*, *Taxodium distichum*, *Metasequoia glyptostroboides*) növekedése között nem található szoros összefüggés a hazai ökológiai viszonyok között. A vizsgált fafajokon túl, a mintavételi helyek sem adnak egyértelmű kapcsolatot a fajok növekedési ütemére vonatkozóan.
5. Lineáris korreláció-elemzéssel bizonyítottam, hogy nincs szoros összefüggés a klimatikus tényezők (hőmérséklet, csapadék, Nováky klímaindex, felületi potenciális párolgás, FAI, amplitúdó) és vizsgált fajok (*Sequiadendron giganteum*, *Sequoia sempervirens*, *Taxodium distichum*, *Metasequoia glyptostroboides*) évgűrűszélessége, növekedése között.
6. Vizsgálataimmal bizonyítottam, hogy a legtöbb és legszorosabb összefüggés a fajok (*Sequiadendron giganteum*, *Sequoia sempervirens*, *Taxodium distichum*, *Metasequoia glyptostroboides*) körlapnövédéke és a hőmérséklet kapcsolatban mutatkozott meg. A vizsgált nem őshonos fajok növekedésében a hőmérséklet szerepe a meghatározó, a hazai növekedési jellemzők mellett.

10 Összefoglalás

A Bükkábrányban 7,2 millió éven át a föld alá temetett mocsárerdő felszínre kerülésével páratlan jelentőségű fosszilis növénymaradványok vizsgálatára kerülhetett sor. A 16 darabból álló közel 6 m-es törzsek eredeti helyükön állva impozáns látványt nyújtanak koruknál és méretüknél fogva nem csak a szakavatatlan szemnek, hanem mind az őslénytannal, mind a növényvilággal, erdészettel és faiparral foglalkozó szakembereknek is. Bárki is kezd hozzá az ősfák titkainak feltárásához, kihívást jelent a múlt megismerése.

Célom volt, hogy a mocsárerdőt alkotó törzsek átfogó vizsgálatát megvalósítsam, amely kiterjed a beazonosított fafajok mikroszkópos jellemzőinek meghatározására. A vizsgálati minták magas fokú degradáltsága következtében sajnos nem lehetett meghatározni a tervbe vett fontosabb fizikai (sűrűség, zsugorodás, párafelvétel) tulajdonságokat. Az előzetes sűrűség vizsgálatok megmutatták, hogy a vizsgálatot csak nagyon körültekintő mintaválasztással lehet elvégezni, annak érdekében, hogy a kapott sűrűségértékek valósak legyenek.

Kutatásom alatt kilenc törzs fafajának meghatározása történt meg, a 2-es, a 4-es, az 5-ös, a 6-os, a 7-es, a 9-es, a 10-es, a 11-es és a 13-as. A minták hisztológiai elemzése egyértelműen rá mutat arra a tényre, hogy a megtalált törzsek egykoron egy elegyes fenyőerdő részei voltak. Az eddigi vizsgálatok alapján, ma már az is bizonyított tény, hogy a mocsárerdőt egy több fajtából álló állomány alkotta.

A fafaj meghatározási vizsgálatok kezdetén már látható volt, hogy mindegyik törzs a *Cupressaceae* család tagja. Erre utalt a törzsek morfológiája, alakja, ill. a kéreg jellemzői, annak barázdáltsága, vastagsága, ill. szerkezete. A fény- és elektronmikroszkópos elemzések során feltárásra került a fatörzsek anatómiai szerkezete. A különböző mikroszkópos elemzések, a fatestet felépítő sejtek típusainak, a bélsugarak fajtájának és egyéb hisztológiai jellemzők (hosszparenchimák, udvarosgödörkék, és a sejfalvastagodási módok, stb.) meghatározása nagy biztonsággal választ ad a fafajra vonatkozóan.

Az elvégzett xylotómiai vizsgálatokból világosan kiderült, hogy a kilenc törzsből háromnak (5-ös, 9-es és 11-es) a fafaja Mocsárciprus (*Taxodium distichum*), vagy a már kihalt *Taxodioxyton*

germanicum. A 2-es, 6-os, 7-es, 10-es és a 13-as törzs fafaja Tengerparti mamutfenyő (*Sequoia sempervirens*), vagy a nemzetség már kihalt egyik tagja, *Sequoioxylon sp.*, valamint a 4-es törzs *Glyptostrobus europaeus* szintén kihalt fafaj. A késő miocén kor éghajlati, klimatikus, valamint termőhelyi jellemzői lehetővé tették, a Mocsárciprus és a Tengerparti mamutfenyő természetes előfordulását a Kárpát-medencében.

A dendroklimatológiai vizsgálatokhoz 24 törzsből származnak a minták, melyek mind a *Cupressaceae* család tagjai. Két féle módszerrel lettek vizsgálva illetve összevetve a faegyedek. A CReMIT módszernél, lineáris korreláció-elemzésben, valamint hagyományos grafikus diagramos módszerrel. Mindkét módszernél a lineáris évgyűrűszélességek és körlapnövedékek lettek összevetve a klimatikus adatokkal (hőmérséklet, Nováky klíma index, felületi párolgás, FAI, amplitúdó és csapadék). A vizsgálati eredményekből kimutatható, hogy nincs egyértelmű növekedési kapcsolat vagy összefüggés a faegyedek vizsgált jellemzői és a klimatikus tényezők között. Ezek az eredmények arra engednek következtetni, hogy a *Cupressaceae* család vizsgált tagjainak fent említett jellemzői, nem hozhatók kapcsolatba a hazai klímával. További kutatások lennének szükségesek ahhoz, hogy nem telepített körülmények között, hanem eredeti élőhelyükön milyen kapcsolat áll fent a klimatikus tényezők és a *Cupressaceae* család faegyedei között.

11 Irodalomjegyzék

1. Andacs, N. (2007): Világritkaság a 8 millió éves bükkábrányi erdőmaradvány. <http://www.geographic.hu/index.php?act=napi&id=9795> (látogatva:2010.05.04.)
2. Babos K. (1984): A csertölgy és néhány más fafaj évgyűrűszélessége és az éves csapadék összefüggésvizsgálata, Botanikai közlemények 71.p. 123-132.
3. Bánfalvy, F. (2007): Bükkábrányból előkerülő mocsárciprusok konzerválása. www.hermuz.hu/muzeumandragogia/.../m_ciprusok_konzervalasa.pdf (látogatva:2010.05.05.)
4. Butterfield B.G., Meylan B.A., Peszlen I.M. (1997): A fatest háromdimenziós szerkezete (three diemensional structure of wood), Faiparos tudományos alapítvány, Budapest
5. Csókáné Szabados, I. (2002): Az évgyűrűszélesség és egyes termőhelyi tényezők kapcsolata, PhD értekezés, Sopron
6. Dávid, Sz., Kern, Z. (2007): Keleti-bakonyi és gercsei tölgyek dendrokronológiai és dendroökológiai vizsgálata. (in Gömöri, J. (2007): Az erdő és a fa régészete és néprajza), MTA VEAB, Sopron, 103-121. p.
7. Debreczy Zs. (1997): Tiszakürt, arborétum, TKM Egyes., Budapest
8. Dietz, R. S. – Holden, J. C. (1970): Reconstruction of Pangaea: Breakup and Dispersion of Continents, Permian to Present. *Journal of Geophysical Research* 75, no. 26 (September 10), 4939-4956.
9. Dolezych, M., Van der Burgh, J., (2004): Xylotomische Untersuchungen an inkohlten Hölzern aus dem Braunkohlentagebau Berzdorf (Oberlausitz/Deutschland). *Feddes Repert.* 115 (5/6), 397–437.
10. Dr.Gencsi László (1980): Erdészeti növénytan I., Mezőgazdasági kiadó, Budapest
11. Eichert G. (2014): Hullámtéri erdők és a vízviszonyok kapcsolatának vizsgálata Gemencen, diplomamunka, Sopron
12. Erdei, B. – Dolezych, M. – Hably, L. (2009): The buried Miocene forest at Bükkábrány, Hungary. *Palaeobotany and Palynology*, 155 (2009), 69-79.
13. Erdészeti és Faipari Egyetem Botanikus Kert (1982): Az Erdészeti és Faipari Egyetem Botanikus Kertjének katalógusa, Erdészeti és Faipari Egyetem Kiadó, Sopron
14. Fehér S., Antalfi E., Börcsök Z., Molnár S. (2008):A bükkábrányi ősfák anatómiai és sűrűségi vizsgálata, Faipar – A faipar műszaki tudományos folyóirata, LVI. évf. 9-15. oldal
15. Ferguson, D. K. (1967): On the phytogeography of coniferales in the European Cenozoic. *Palaeogeograph3"*, *Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 3. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 73-110.
16. Fühler E. (2010): A fák növekedése és a klíma. *Klíma-21 Füzetek* 2010. évf. 61. szám 98-108.p
17. Gencsi L. Dr. (1980): Erdészeti növénytan I., Növénytársaság, növényélettan, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

18. Goldstein J. I. et al. (1992): Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis (A Text for Biologists, Materials Scientists and Geologists), Plenum Press, New York
19. Greguss, P. (1945): A középeurópai lomblevelű fák és cserjék meghatározása szövettani alapon, Az Országos Magyar Természettudományi Múzeum Kiadó, Budapest
20. Greguss, P. (1955): Identification of living gymnosperms on the basis of xylotomy, Akadémiai Kiadó, Budapest, 105,177-180. p.
21. Greguss, P. (1967): Fossil Gymnosperm Wood in Hungary – from the Permian to the Pliocene, Akadémiai Kiadó, Budapest
22. Greguss, P., (1972): Xylotomie of the Living Conifers. Akadémiai Kiadó, Budapest. (329 pp)
23. Grynaeus, A., Horváth E., Szabados I. (1994):Az évgyűrű mint természetes információhordozó, Erdészeti lapok CXXIX évf., 1994. július-augusztus, 9-11. p.
24. Hably, L. (2008): Magyar Florida, avagy Bükkábrány igazi arca, Természet Világa, 139. évfolyam, 4. szám, 178-179.p.
25. Hámor-Vidó M., Hofmann T., Albert L. (2010) : In situ preservation and paleoenvironmental assessment of Taxodiacea fossil trees in the Bükkalja Lignite Formation, Bükkábrány open cast mine, Hungary, International Journal of Coal Geology, p. 203–210
26. Hegedűsné Lövey Ilona (1984): Sárvár, Arborétum, Tájak, Korok, Múzeumok kiadó, Budapest
27. Hoadley, R. B. (1980): Understanding Wood: A Craftsman's Guide to Wood Technology, The Taunton Press, Newtown, 7., 58-59., 97.p.
28. Hoadley, R. B. (1990): Identifying Wood, The Taunton Press, Newtown, Connecticut
29. Hofmann, T. – Csonka-Rákosa, R. – Rétfalvi, T. – Albert, L. (2007): Preliminary chemical analysis of the fossils from Bükkábrány. Nemzetközi Konferencia, Miskolci Hermann Ottó Múzeum, Miskolc, 2007. szept. 10.
30. Hollendonner, F. (1913): A fenyőfélék fájának összehasonlító szövettana, „Patria” irodalmi vállalat és nyomdai részvénytársaság, Budapest
31. [http://dendrodan.wordpress.com/category/dendrochronology/\(látogatva: 2012-04-16\)](http://dendrodan.wordpress.com/category/dendrochronology/(látogatva: 2012-04-16))
32. <http://users1.ml.mindenkilapja.hu/users/berzetok/uploads/Mamutfenyok.ppt> (látogatva:2010.05.05.)
33. <http://www.erti.hu/hu/arbor%C3%A9tumok/p%C3%BCsp%C3%B6klad%C3%A1ny> (látogatva: 2014-11-13)
34. <http://www.geographic.hu/index.php?act=napi&id=9795> (látogatva:2010.05.05.)
35. https://www.met.ed.ucar.edu/search/module_images.php?currentPage=22&module_id=522 (látogatva:2014.11.05.)
36. <http://www.sulinet.hu/foci/workshop/foldtan/eufoldtan/karbon.jpg> (látogatva:2010.05.05.)
37. Jáger, V. (2007): Évgyűrűk, Magyar Nemzet magazin, 2007. aug.4.
38. Kaennel, M., Schweingruber, F. H. (1995): Multilingual Glossary of Dendrochronology, WSL Birmensdorf

39. Kázmér, M. (2007): Taxodium mocsárerdő a bükkábrányi felsőpannon rétegekben. Kirándulásvezető a Magyarhoni Földtani Társulat őslénytan-Rétegtani Szakosztályának 2007. július 24-i terepbejárásához. 2 p.
40. Klein, P., Eckstein, D. (1988): Die Dendrochronologie und ihre Anwendung, Spektrum der Wissenschaft. I., 56-68. p.
41. Koch S., Sztrókay K. (1968): Ásványtan II. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 546-547.p.
42. Kordos, L., Begun, D. R. (2002): Rudabánya: A late miocene subtropical swamp deposit with evidence of the origin of the African apes and humans. Evolutionary Anthropology 11, 45–57.
43. Kordos, L. (2007): Megkövesült erdők Bükkábrányból és máshonnan, Természet Világa, 138. évfolyam, 12. szám
44. Kőszegi J. (2000) Tiszaigar ; Arborétum, Magánkiadás, Budapest
45. Kusumi, J., Tsumura, Y., Yoshimaru, H., Tachida, H. (2000): Phylogenetic relationships in Taxodiaceae and Cupressaceae sensu stricto based on matK gene, chlL gene, trnL-trnF IGS region, and trnL intron sequences. American Journal of Botany, vol. 87, no 10. 1480-1488.
46. Krausel R. (1949): Die fossilen Koniferenhölzer (unter Ausschluss von Araucarioxylon karus), Paleonogr. B. 89, 83-203p.
47. Kriszt György (1994): Nagycenk : Széchenyi-kastély , TKM Egyesület, Budapest
48. Li, J. (1998): Metasequoia: An Overview of Its Phylogeny, Reproductive Biology, and Ecotypic Variation. Arnoldia, The Magazine of the Arnold Arboretum, vol. 58. no 4. 54-59.
49. Magyar, I. – Geary, D. H. – Müller, P. (1999): Paleogeographic evolution of the Late Miocene Lake Pannon in Central Europe. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 147, 151-167.
50. Majer, A. (1972): Évgyűrű-kronológia, Erdészeti lapok CVII évf. 4.szám, 164-171. p.
51. Mihalik, E. – Nyakas, A. – Kálmán, K. – Nagy, E. (1999): Növényanatómiai praktikum, JATEpress, Szeged 137-158.p.
52. Molnár, S. (2000): Faipari kézikönyv I., Faipari tudományos Alapítvány, Sopron, 47.p.
53. Molnár, S. – Fehér, S. – Börcsök, Z. – Ábrahám, J. (2007): A bükkábrányi Taxodiaceae leletek anatómiai és kémiai vizsgálatának néhány eredménye. Nemzetközi Konferencia, Miskolci Hermann Ottó Múzeum, Miskolc, 2007. szept. 10.
54. Molnár, S. – Albert, L. – Fehér, S. – Börcsök, Z. – Ábrahám, J. – Hofmann, T. – Antalfi, E. (2008): Anatomical and chemical characteristics of Miocene Taxodiaceae species from Bükkábrány (Hungary). Wood Matters – A celebration of the work of John Barnett, The Linnean Society of London, International Academy of Wood Science, International Association of Wood Anatomists, 29-30. May 2008. London
55. Morgós, A., McQuirk G., L., Gondár E. (1987): *The cheapest method for conservation of waterlogged wood. The use of unheated sucrose solutions.* ICOM Committee for Conservation, 8th Triennial Meeting. Sydney. Preprints, Working Group 7, 313–319.

56. Morgós, A. (2002): A dendrokronológiai vizsgálatok lehetősége a faépítészeti emlékek kormeghatározásában, Népi műemlékek helye az európai integrációban, Nyíregyháza-Sóstófürdő
57. Nováky B. (1985): A lefolyás éghajlati adottságai a Zagyva-Tarna vízrendszerben, Vízügyi közlemények LXVII.évf. 1. 78-93.p.
58. Pálfalvy, I., Rákosi, L. (1979): Die Pflanzenreste des Lignitflöz-führenden Komplexes von Visonta.- A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése (Annual Report of the Geological Institute of Hungary), Budapest, az 1977. évről, 47-66 (in Hungarian with German abstract)
59. Pinna, G. – Meischner, D. (2000): Europäische Fossilagerstätten. European Palaeontological Association, Springer Verlag,
60. Pozsgai I. (1995): A pásztázó elektronmikroszkópia és elektronsugaras mikroanalízis alapjai, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest
61. Pödör, Z., Edelényi, M., Jereb, L. (2014): Systematic Analysis of Time Series – CReMIT. Infocommunication Journal, VI(1), 16-22.
62. Reed S. J. B. (1993): Electron Microprobe Analysis, Cambridge University Press
63. Reukema, D. L. (1959): Missing annual ring sin branches of young Douglass Fir. Ecology , 480-482. p.
64. Schütt, P. – Weisgerber, H. – Schuck, H. J. – Lang, U. M. – Stimm, B. – Roloff, A. (2004): Lexikon der Nadelbäume, Nikol Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. Hamburg, 531-543, 559-571.
65. Schweingruber, F. H., Schoch, W. H. (1992): Holz, Jahrringe und Weltgeschehen, Baufachverlag, Dietikon
66. Schweingruber, F. H. (1996): Tree Rings and Environment Dendroecology. Paul Haupt Publishers Berne, Stuttgart
67. Schweingruber, F. H. (2007): Wood Structure and Environment (Springer Series in Wood Science), Springer-Verlag, New York
68. Scott V. D., Love G. and Reed S. J. B. (1995): Quantitative Electron-Probe Microanalysis, Ellis Horwood Ltd., New York
69. Somlyódy L. Herodek S., Aradi Cs., Molnár E., Clement A., Rátky I., Dévai Gy., Simonffy Z., Istvánovics V., Szilágyi F., Koncsos L., Várallyay Gy., Varrga Gy. (1997): A Kis-Balaton Alsó Tározó felülvizsgálata. Szintézisjelentés. BME Vízellátás és Csatornázás Tanszék, Budapest, 1-152.
70. Stallings W. (1937): Some early papers on tree-ring, Tree –ring Bull No. 3 Vol 15. p.27-28
71. Szendi Zs., Kalauz J., Mátyás Cs., Németh G., Somkuthy F., Szabadkai Z. Szendi Zs., Tóth J. (2013): Kámoni arborétum, Erdészeti Tudományos Intézet – Kámoni Arborétumért Egyesülte, Szombathely
72. Tóth K. (1993): A Jeli Arborétum, Szombathelyi Áll. Erdőgazd., Szombathely
73. Tuzson, J. (1901): A tarnóczi kövült fa (*Pinus tarnocziensis* n. sp.). Természetrajzi füzetek, 24: 273-316.

74. Van der Burgh, J. (1973): Hölzer der niederrheinischen Braunkohlenformation. 2. Hölzer der Braunkohlengruben "Maria Theresia" zu Herzogenrath, "ZukunftWest" zu Eschweiler und "Victor" (Zülpich-Mitte) zu Zülpich. Nebst einer systematisch-anatomischen Bearbeitung der Gattung Pinus L. Rev. Palaeobot. Palynol., vol. 15, pp. 73–275.
75. Veperdi, G. (2005): Dendrometria, Oktatási segédanyag, Sopron
76. Veperdi, G. (2008): Erdőbecsléstan, Oktatási segédanyag, Sopron
77. Veres, J. (2007): A bükkábrányi 8 millió éves mocsárerdő, BAZ Megyei Múzeumi Igazgatóság, Miskolc
78. Vig P. (1995): Éghajlattan: Egyetemi jegyzet vadgazda mérnök hallgatók részére, Sopron: Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron, 152 p.
79. Wagenführ, Rudi (2007): Holzatlas, Fachbuchverlag Leipzig, Deutschland
80. Yong-fu, Y. (1995): Origin, evolution and distribution of the Taxodiaceae. Acta Phytotaxonomica Sinica, 33(4), 362-389.
81. Zelenyánszki A., Gombás I., Almádi L. (1989): Szolnok megye természeti értékei, MTVB kiadó, Szolnok

12 Ábrajegyzék

1. ábra A bükkábrányi bányá	7
2. ábra Évmilliókkal ezelőtti erdő látképe	8
3. ábra Páfrányfenő	9
4. ábra Az ipolytarnóci ősfá	9
5. ábra A Pannon-tenger 9,5 millió évvel ezelőtt	10
6. ábra A Pannon-tenger 8 millió évvel ezelőtt	10
7. ábra A Pannon-tó elhelyezkedése a mai Magyarországon a miocén kor végén	11
8. ábra Mocsárciprus légzőgyökerei	14
9. ábra Különbözö fafajok évgyűrűszerkezetei (fönrööl lefelé: <i>Fagus sylvatica</i> ,	22
10. ábra Egy fenő keresztmetszeti képe	23
11. ábra A vizsgált törzsek helyzete a feltárt mocsárerdő maradványban	26
12. ábra A 10-es minta keresztmetszete	27
13. ábra A fenő fátestének három metszési síkja	29
14. ábra Thermo scientific típusú mikrotóm	30
15. ábra Metszet leragasztása, és kellékei	30
16. ábra Pressler fúró	31
17. ábra Mintatartó növedékcspas mintához	32
18. ábra Markazit kiválás az ősfákon	33
19. ábra A 6-os törzs, ősi <i>Sequoioxylon sp.</i> röntgenspektruma	35
20. ábra Egy ma élő <i>Sequoia sempervirens</i> röntgenspektruma	36
21. ábra Az 5-ös törzs, ősi <i>Taxodioxylon germanicum</i> röntgenspektruma	37
22. ábra Egy ma élő <i>Taxodium distichum</i> röntgenspektruma	38
23. ábra Hosszparenchimák a keresztmetszeten (2-es minta)	40
24. ábra Udvaros gödörkéek 1-3 sorban (2-es minta)	41
25. ábra A bélsugár heterogén felépítésű (2-es minta)	41
26. ábra A bélsugár parenchimák végfala sima (2-es minta)	41
27. ábra A keresztveződesi mezö taxodiod gödörkéek (2-es minta)	41
28. ábra A bélsugarak 1 sejt sorosak (2-es minta)	42
29. ábra A hosszparenchimák harántfalai simák (2-es minta)	42
30. ábra Keresztmetszet (4-es minta)	42
31. ábra 5-6 szögletű tracheida sejtek (4-es minta)	42

32. ábra Udvaros gödörkék 1-4 sorban (4-es minta).....	43
33. ábra A bélsugár homogén felépítésű (4-es minta).....	43
34. ábra A bélsugár parenchimák végfala sima (4-es minta).....	43
35. ábra A kereszteződési mező taxodiod gödörkéi (4-es minta)	43
36. ábra A bélsugarak 1 sejtsorosak (4-es minta).....	44
37. ábra A hosszparenchimák harántfalai simák (4-es minta)	44
38. ábra Keresztmetszet a hosszparenchimákkal (5-ös minta)	44
39. ábra Udvaros gödörkék (5-ös minta)	45
40. ábra Homogén felépítésű bélsugár (5-ös minta).....	45
41. ábra A kereszteződési mező (5-ös minta)	45
42. ábra Két sejtsor széles bélsugarak (5-ös minta)	46
43. ábra A hosszparenchima harántfala dudoros (5-ös minta).....	46
44. ábra Keresztmetszet (6-os minta)	46
45. ábra Udvaros gödörkék 1-3 sorban helyezkednek el (6-os minta)	47
46. ábra A bélsugár heterogén felépítésű (6-os minta).....	47
47. ábra A bélsugár parenchimák végfala sima (6-os minta).....	47
48. ábra Kereszteződési mezőben cupressoid típusú gödörkék láthatók (6-os minta).....	47
49. ábra A hosszparenchimák harántfalai simák (6-os minta)	47
50. ábra Keresztmetszet bélsugárral(7-es minta)	48
51. ábra Heterogén felépítésű bélsugár (7-es minta).....	48
52. ábra 1-4 szélességben udvaros gödörkék (7-es minta)	48
53. ábra Taxodiod típusú gödörkék (7-es minta)	49
54. ábra A bélsugár sejtek végfalai simák (7-es minta).....	49
55. ábra A hosszparenchima harántfala sima (7-es minta)	49
56. ábra Keresztmetszet bélsugárral(9-es minta)	50
57. ábra Homogén felépítésű bélsugár (9-es minta).....	50
58. ábra Udvaros gödörkék (9-es minta)	50
59. ábra Cupresszoid típusú gödörkék (9-es minta).....	51
60. ábra A kereszteződési mező (9-es minta)	51
61. ábra Egy sejtsor széles bélsugarak (9-es minta).....	51
62. ábra A hosszparenchima harántfalán dudorok láthatóak (9-es minta).....	51
63. ábra A hossztracheidák szabályos rendeződése (10-es minta).....	52

64. ábra A hosszparenchimák szórtan helyezkednek el (10-es minta).....	52
65. ábra Az udvarosgörörkék 2-3 sorban láthatók a hossztracheidákban (10-es minta).....	52
66. ábra Kereszteződési mezőben cupressoid típusú gödörkék láthatók (10-es minta).....	52
67. ábra A bélsugár heterogén (10-es minta).....	53
68. ábra A bélsugár parenchimák végfala sima (10-es minta).....	53
69. ábra A hosszparenchimák harántfalai simák (10-es minta).....	53
70. ábra A pásztahatár éles (11-es minta).....	54
71. ábra A hosszparenchimák tangenciális sávokba rendeződnek (11-es minta).....	54
72. ábra A bélsugarak homogén felépítésűek (11-es minta).....	54
73. ábra Kereszteződési mező taxodiod gödörkéi (11-es minta).....	55
74. ábra Az udvarosgödörkék 1-3 sorban helyezkednek el (11-es minta).....	55
75. ábra A bélsugarak két sejtsor szélesek is lehetnek (11-es minta).....	55
76. ábra A hosszparenchimák harántfalán dudorok vannak (11-minta).....	55
77. ábra Keresztmetszet a hosszparenchimákkal (13-as minta).....	56
78. ábra Kereszteződési mezőben 1-2 taxodiod gödörke található (13-ös minta).....	56
79. ábra Udvaros gödörkék 1-2 sorban (13-ös minta).....	56
80. ábra Heterogén felépítésű bélsugár (13-ös minta).....	57
81. ábra A kereszteződési mező (13-as minta).....	57
82. ábra A hosszparenchima harántfala sima (13-as minta).....	57
83. ábra Keresztmetszet, a hosszparenchimák szórt elhelyezkedése (<i>Taxodium distichum</i>).....	59
84. ábra A bélsugarak homogén felépítésűek (<i>Taxodium distichum</i>).....	59
85. ábra A bélsugár parenchimák végfalai simák (<i>Taxodium distichum</i>).....	60
86. ábra Kereszteződési mező cupressoid gödörkéi (<i>Taxodium distichum</i>).....	60
87. ábra Az udvarosgödörkék tóruszai halványan láthatók (<i>Taxodium distichum</i>).....	60
88. ábra Az udvarosgödörkék 1-2 sorban láthatóak (<i>Taxodium distichum</i>).....	60
89. ábra A bélsugarak 1-2 sejtsor szélesek (<i>Taxodium distichum</i>).....	61
90. ábra A hosszparenchimák harántfalán dudorok vannak (<i>Taxodium distichum</i>).....	61
91. ábra Keresztmetszet (<i>Sequoia sempervirens</i>).....	61
92. ábra Udvaros gödörkék 1-2 sorban láthatóak (<i>Sequoia sempervirens</i>).....	62
93. ábra Tórusz csipkézett körvonala látható (<i>Sequoia sempervirens</i>).....	62
94. ábra Heterogén felépítésű bélsugár (<i>Sequoia sempervirens</i>).....	62
95. ábra A bélsugár parenchimák végfala sima (<i>Sequoia sempervirens</i>).....	62

96. ábra Egy sejtsoros bélsugár (<i>Sequoia sempervirens</i>)	63
97. ábra Hosszparenchimák harántfala sima (<i>Sequoia sempervirens</i>)	63
98. ábra Keresztmetszet (<i>Metasequoia glyptostroboides</i>).....	63
99. ábra Tracheidák 5-6 szögletűek (<i>Metasequoia glyptostroboides</i>).....	63
100. ábra Udvarosgödörkék 1-2 sorban helyezkednek el (<i>Metasequoia glyptostroboides</i>).....	64
101. ábra Homogén felépítésű bélsugár, taxodiod típusú gödörkék, a bélsugár parenchima fala sima (<i>Metasequoia glyptostroboides</i>).....	64
102. ábra Bélsugarak egy sejtsorosak (<i>Metasequoia glyptostroboides</i>).....	65
103. ábra Hosszparenchimák harántfala sima (<i>Metasequoia glyptostroboides</i>).....	65
104. ábra Az udvaros gödörkék szájnnyílásai.....	70
105. ábra Az udvaros gödörkék udvarának nagysága	71
106. ábra A kereszteződési mezők gödörkéinek méretei ábrázolva az SPSS módszerrel.....	72
107. ábra A mocsárciprus faanyaga	77
108. ábra A tengerparti mamutfenyő faanyaga.....	78
109. ábra A mocsárciprus természetes elterjedése napjainkban	79
110. ábra A tengerparti mamutfenyő természetes elterjedése napjainkban.....	79
111. ábra A földrészek helyzete a kréta korban	80
112. ábra A <i>Taxodium</i> nemzetség elterjedése a különböző földtörténeti korokban.....	81
113. ábra A <i>Sequoia</i> nemzetség elterjedése a különböző földtörténeti korokban.....	81
114. ábra Mintavételezés helyei a dendroklimatológiai vizsgálatokhoz	83
115. ábra Növekedésmenet ábrázolása két törzsön.....	88
116. ábra Az SSS1 évgűrűszélesség és átlagos hőmérséklet diagram.....	94
117. ábra A TKMG1 évgűrűszélesség és átlagos hőmérséklet diagram	94
118. ábra A PTD2 évgűrűszélessége és a FAI kapcsolata diagram	98
119. ábra Az SÁSG1 évgűrűszélessége és az amplitúdó kapcsolata diagram.....	100
120. ábra Az SZJMG1 körlapnövedéke és átlagos hőmérséklet diagram	102
121. ábra Az SZJTD1 minta körlapnövedéke és a Nováky klímaindex diagram	104
122. ábra A SZJTD1 minta körlapnövedéke és a felületi párolgás kapcsolata.....	105
123. ábra Az SZJTD1 minta körlapnövedéke és a FAI kapcsolata.....	107
124. ábra A TFSG1 minta körlapnövedéke és a FAI kapcsolata	107
125. ábra A TITD3 minta körlapnövedéke és az amplitúdó kapcsolata.....	109
126. ábra Az NSG1 minta körlapnövedéke és az amplitúdó kapcsolata	109

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindenkinek, aki az elmúlt négy évben hozzásegített doktori disszertációm elkészítéséhez, és mindenkinek, aki az elmúlt hét évben segített a bükkábrányi ősfák vizsgálatában. Köszönettel tartozom témavezetőmnek, dr. Fehér Sándornak a fáradozásért és a sok hasznos tanácsért, melyekkel a téma feldolgozása során segítségemre volt.

Köszönetem fejezem ki, intézetigazgatóknak, Prof. Német Róbertnek, továbbá a Faanyagtudományi Intézet munkatársainak, kiemelten Dr. Csupor Károlynak, Szeles Péternek és Horváth Imrének.

Köszönetem szeretném kifejezni Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar oktatóinak, dolgozóinak, évfolyamtársaimnak, akikhez a dolgozat készítése folyamán kérdéseimmel fordulhattam, ezenkívül tapasztalataikkal, segítségeikkel, javaslataikkal támogatták munkámat. Köszönöm Dr. Pödör Zoltánnak, Dr. Börcsök Zoltánnak, Csikós Szabolcsnak, Valent Józsefnek, Oszlányi Péternek és Horváth Ernőnek.

Szeretnék köszönetet mondani az Erdőmérnöki Kar dolgozóinak a segítségükért, konzultációs lehetőségeimért. Köszönöm Dr. Gribovszi Zoltánnak, Németh Eszternek, Szalai Lászlónak.

Köszönöm az arborétumok Igazgatóinak, akik a mintavételi engedélyükkel segítették kutatómunkámat.

Külön köszönettel tartozom családomnak, barátaimnak, akik az elmúlt évek során végig hittek munkám eredményében és sikerében.

Köszönettel
Antalfi Eszter