

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

**Ceruzaipari frízek telítési minőség-ellenőrzése lehetséges új
fafajok bevonásával**

Sajtos Dániel

Faipari Mérnök BSc

III. évfolyam



Témavezető:

Dr. Komán Szabolcs, egyetemi docens

Soproni Egyetem

Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar

Faipari és Műszaki Intézet

2023

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzés.....	3
2.	Irodalmi áttekintés	4
2.1.	A ceruza története	4
2.2.	Megelőző tanulmányok a témából	5
2.3.	Védőkezelés	5
2.4.	Vákuum szárítás	7
2.5.	Főbb vákuumos szárítási technológiák, amelyeket az iparban alkalmaznak	9
2.5.1.	Vezetőképességi fűtés vákuumos szárítás	9
2.5.2.	Ciklikus vákuumos szárítás	9
2.5.3.	Túlhevített gőz vákuumos szárítás (SSV)	9
2.5.4.	Mikrohullámú vákuumos szárítás.....	9
2.5.5.	Rádiófrekvenciás vákuumos szárítás (RFV)	9
2.6.	Általán vizsgált faanyagok.....	10
2.6.1.	Bükkfa (<i>Fagus sylvatica</i>)	11
2.6.2.	Kislevelű hárs (<i>Tilia cordata</i>) és Ezüst hárs (<i>Tilia tomentosa</i>).....	13
2.6.3.	Császárfa (<i>Paulownia tomentosa</i>)	14
2.6.4.	Éger (<i>Alnus glutinosa</i>).....	15
2.6.5.	„I-214” olasz nyár (<i>Populus italica-214</i>)	16
2.6.6.	Lucfenyő (<i>Picea abies</i>).....	17
2.6.7.	Jegenyefenyő (<i>Abies alba</i>)	18
3.	Alkalmazott anyagok és módszerek	20
3.1.	Kapacitív elven működő mérőműszer.....	20
3.2.	Rezisztográf.....	21
4.	Eredmények.....	23
4.1.	Nedvességtartalom és sűrűség meghatározása	23
4.2.	Telítés után hibák	27
5.	Összefoglalás	31
6.	Summary.....	32
7.	Köszönetnyilvánítás	33
8.	Irodalomjegyzék	34
9.	Táblázatjegyzék.....	36
10.	Ábrajegyzék.....	36

1. Bevezetés és célkitűzés

A ceruzaipari alapanyagokra speciális minőségi követelmények vonatkoznak, ami magába foglalja a homogén szerkezetet, viszonylag kis különbséget a pászták között, az egyenes szálúságot és a hibamentes faanyagot, különösen a göcsök szempontjából. Ennek következtében viszonylag kevés a ceruzagyártásra alkalmas fafaj. A rendelkezésre álló szűkös nyersanyagforrás miatt pedig óriási verseny folyik a gyártók között. Mire a gyártáshoz szükséges lamella elkészül, a rönkből kb. 7% faanyag kerül felhasználásra. Ez a nagyon alacsony kihozatali arány indokolja, hogy a gyártás minden egyes fázisa jól átgondolt és a végtermék szempontjából kifogástalan minőséget eredményezzen.

A ceruzaipari lamellák előállításához viszonylag nagy keresztmetszet szükséges, amelyet a felvágás előtt viasszal való telítés előz meg. Annak az ellenőrzésére, hogy a frízek telítési minősége megfelelő-e nincsen kiforrott módszer. Egy új fafaj, egy új telítőanyag, esetleg új technológia magában rejti a veszélyt, hogy a frízek nem telítődnek teljes keresztmetszetükben. Annak kiszűrése pedig, hogy a telítés nem megfelelő, különösen fontos, hogy még a felvágás előtt megtörténjen.

A kutatás célja kettős. Egyrészt egy olyan minőség-ellenőrzési módszert szeretnék kidolgozni, amely a frízokről már a telítés után, de még a felvágás előtt képes megállapítani annak megfelelőségét. A kutatás a laboratóriumi vizsgálatok mellett, egyidejűleg egy külsős cég telephelyén valósulna meg. A cél egy olyan folyamat kidolgozása, amely akár a gyártási technológiába illeszkedve, közvetlen információt szolgáltat az üzemek számára. Másrészt a kutatásba szeretnék olyan fafajokat bevonni, amelyek szóba jöhetnek a ceruzagyártás szempontjából, de alkalmasságukra kísérletek eddig még nem történtek.

2. Irodalmi áttekintés

Az írás a maradék örömök egyike. Igazából szükségtelen hozzá működő számítógép, internet, az úgynevezett felhő - elég a ceruza meg a papír. -James Powell [1].

A ceruza évszázadok óta része a mindennapjainknak. A latin *cerussa* szóból ered melynek jelentése ólomfehér, így utalva a ceruza ősére az ólomvesszőre. Később az ólmot átváltotta az ón, amelyet írásra-rajzolásra használtak ez volt az úgynevezett ónvessző. Ezeket a vesszőket szükségszerűen fadobozban tárolták, lévén az ón rúd önmagában lágy és könnyen hajlítható. Ez az eljárás vezetett ahhoz, hogy kifejlődjön a ma ismert grafit ceruza [2].

2.1. A ceruza története

Egy ismeretlen személy fedezte fel 1564-ben az angliai Scatwallte völgyében a ceruza legfontosabb elemét, a szén egyik módosulátát a grafitot. Gyártását először a németországi Steinben kezdte el 1761-ben Kasper Faber, a Faber Castell megalkotója. Így rendkívül felemelő és egyben megtisztelő érzés, hogy egy ilyen múltú céggel működhetnek együtt.

A ceruzát alapvetően két fő egységre lehet bontani: a grafitra, illetve annak a vázára. A ceruzabélnek három alkotó eleme van: a grafit, az anyag és a korom, ezekre a kutatásaim során nem térek ki, esetlegesen a jövőben foglalkozok vele. A másik fő alkotó része a váza, amely lehet fa, fém, műanyag, vagy különféle kompozit, ezek közül a fával foglalkozok a kutatásban. A kész ceruzát ezeken kívül tartalmaznak különféle tartósítók és színező anyagokat. Ezek az anyagok nagy részben befolyásolják az egész gyártási technológiát, rájuk részletesen kitérek [2].

Mivel a ceruza egy hétköznapi használatnak kitett eszköz, így számos jogszabály vonatkozik rá, a felületkezeléskor és a telítéskor. Természetesen ezek az eljárások nem érdeklik a felhasználókat, ők szeretnék megkapni ugyan azt a ceruzát, amit évek óta vásárolnak. Ezáltal folyamatosan kötelező hozni azt az elvárt magas minőséget, amely szükséges az írószer piacra. A technológia mögött több évszázad bevált munkája rejlik. Telítéskor a ceruzafríz 12 bar nyomáson egy olyan bekevert anyagot kap, mely tartalmaz megfelelő arányban viaszt és egyfajta színező anyagot. Azon túl a dolgozatom létrejötté amiatt történik, mert szeretnénk új fafajok bevonásával foglalkozni a ceruzafrízek telítéskor.

Szeretnék kitérni dolgozatomban, hogy kik foglalkoztak korábban ilyen vagy ehhez hasonló témával, a védőszeres telítésről, a nyomási paraméterekről, illetve a másféle fafajok viselkedésével és tulajdonságaival.

2.2. Megelőző tanulmányok a témából

A kutatásom megkezdése előtt korábban foglalkoztak már a császárfa ceruzaként való alkalmazásával. Ebben a kísérletben *Paulownia Elongata* volt a vizsgált hibrid, amelyet párhuzamosan referenciaként *Populus tremolával* és *Juniperus excelsa* bevonásával csináltak. A TS 5171 (1987) ceruzaszabvány szerint a borókából, nyárfából és császárfából készült ceruzákat hegyezővel kihegyezték és ezt követően kiértékelték őket. A szabvány szerint a ceruzának könnyen faraghatónak, és a levágott felületnek simának és egyenesnek kell lennie. Ezeken kívül a grafit tapadási tesztet úgy végezték el, hogy a kihegyezett ceruzák hegyét egy síkfelület felé tartották, és addig nyomták a felületre, amíg a hegye el nem tört. Ezentúl értékelték még a fa tapadási tesztét, ami során a ceruzamintákat 1,5 m magasból 5 alkalommal a betonpadlóra ejtették, ilyenkor a két felület elválasztását vizsgálták [3].

A minták elkészítése után fizikai, mechanikai és technológiai tulajdonságot vizsgáltak. Minden vizsgálathoz 50 próbatestet készítettek. Így a varianciaanalízis és a Duncan-féle többszörösstartomány tesztek kimutatták, hogy szignifikáns különbségek vannak a fafajok között. A császárfát megelőzte a rugalmassági tulajdonságaival a nyárfa és a boróka. Ridegségben is alumaradt, a fa törékenysége kulcsfontosságú a ceruzaiparban.

A tanulmányban elért eredmények arra utalnak, hogy a császárfa egy megfelelő alternatív alapanyag lehet a ceruzagyártásban, ahhoz képest, hogy a ridegsége és a hajlítási szilárdsága nem erre utal.[3].

2.3. Védőkezelés

Jelenleg a világban nagy figyelmet fordítanak a faanyagok védőkezelésére. Ezek meghosszabbítják az élettartamukat, és lehetővé teszi a fa védelmét a kedvezőtlen tényezőktől. Fontos kritérium a védőkompozíció árának és a minőségének aránya. A védőkezelések során a természetes fa a kapott impregnáló anyagokkal lehetővé teszi az általam használt minták vízfelvételének és duzzadásának a csökkentését, így megnövelve a fatermékek élettartamát [4].

Számos külföldi cikk foglalkozott a vizsgált viaszokkal, mint telítő anyaggal. Ebben a tanulmányban a fafelület fotooxidatív lebomlásával foglalkoztak.

A víz miatti degradációjának és az ultraibolya sugárzás megakadályozására módosított polietilén (az egyik leggyakrabban használt hőre lágyuló műanyag, jele: PE) ellenállást alkalmaznak. Azontúl a módosított polietilén viasz és az oxidált paraffin szinergetikus hatása tovább csökkentette az öregedési fokozatot és a fa víz felvételének a folyamatát. Ezáltal azt láthatjuk, hogy a módosított szintetikus viasz és a kompozit viaszbevonat hatékonyan megakadályozza a fafelület a fotooxidatív lebomlását. Hosszú távú fotostabilitást és tartós hidrofób védőhatást biztosít a fán. Vizsgálták az öregedési viselkedést is természetes méhviaszos bevonaton és módosított szintetikus bevonaton is fafelületen. Az eredményekből megtudtuk, hogy a természetes méhviaszos meleg viaszozással kezelt fa esetében hosszú távú ultraibolya fény alatti öregedés után a változása nagyobb volt, mint a módosított szintetikus viaszos meleg viaszozással kezelt fánál. E során változott a fa színe, fénye, vízfelvétele, érintkezési szöge. A fő öregedési tényezők az ultraibolya sugárzás, a nedvesség, a hőmérséklet és az oxigénexpozíció, ezek specifikus bomlási folyamatokhoz vezetnek, például oxidációs és fotokémiai és fotofizikai folyamatokhoz [5].

A viaszok és emulziói a nem biocid favédelemben az egyik legfontosabbak. A fotokémiai lebomlás kezdetben színváltozással, majd a fényesség elvesztésével jelentkezik, ezeket érdesítéssel lehet ellenőrizni. A fa színének a változása közvetlen jele a kémiai vagy biológiai változásoknak. Ha a viasz emulziókat vákuum kezeléssel juttatják a fára, az UV-degradáció által érintett zónán átjutnak a viaszok, és a kezelt fa várhatóan a teljes élettartamában védve marad [6].

Ugyan ezt a technológiát alkalmazzák a SEFAG Zrt Csurgoi üzemében, itt 12 bar nyomáson telítik a 210x85x45 mm-es fahasábokat, melysorán a hár faanyag teljes keresztmetszetén behatol a telítő anyag. Fontos a megfelelő időtartam-nyomás kiválasztása, hiszen, ha nem megfelelően telítődik az alapanyag, utólag nagyon nehezen lehet után telíteni, hiszen megtalálható már benne az előző réteg. Ennek tudatában választottunk olyan fajtákat is a kísérlethez, melyek az iparban nem mindenhol állnak meg a helyüket például császárfák. Bízunk abban, hogy a telítés javítja azokat a tulajdonságait, amik ennél az iparágnál szükségesek. Ugyanakkor több faj már megállta a helyét az iparban, de új felhasználási területet keresünk nekik, így megoldva az alapanyag hiányban szenvedő környezetünket. Bevonunk olyan anyagokat is, amelyek első sorban nem állnak meg a helyüket sem a bútoriparban az esztétika miatt, sem az épületasztalos iparban a tartósság miatt, mint például a füledt bükk. Reménykedünk, hogy a megfelelő telítési folyamat után, mind esztétikában, mint felhasználhatóságban

javulnak a tulajdonságaik. Ha nem adnánk az oldathoz pác szerű anyagot, maga a viasz nem színezné meg jelentősen a faanyagot. A szín segít egalizálni a különféle foltosabb, a szokásostól eltérő részeket.

A magas olvadáspontú viaszok rövid távon rosszabb védelmet nyújtanak, mint az alacsonyabb olvadáspontúak, de az első jobban teljesít a tartós teszteken. Azontúl a színváltozásokkal szemben a magas olvadáspontú jobb védelmet nyújt, hiszen vastagabb filmréteget képez a felületen [6].

Vizes viaszból három különbözőt és két koncentrációban impregnálnak a fába: egy oxidált polietilén viasz emulziót (WE6), egy montánviasz emulziót (LGE), és egy polietilén emulziót (WE1). Kereskedelmi forgalomban kaphatóak ezek az emulziók [6]. Elsősorban a kémiai reagensek kezelésén alapul a fa funkcionális javítása, ezek többsége mérgező, például króm, arzén, réz és más kémiai reagensek. Ugyanakkor egyes reagensek önmagukban nem mérgezőek, de a környezetbe kerülve mérgező anyagokká alakulhatnak. A kémiai konzerváló szerek komoly problémát jelentenek a környezeti egészségre és az ökológia minőségre. Esős időszakokban a szerek ki lúgozódhatnak és felszabadulhatnak a fából, így az esővíz által a talajba folyókba legvégül a tengerekbe és az óceánokba kerülhetnek víz- és üledékszennyezést okozva [7].

Az ilyenek kikerülésére, megfékezésére van például dupla fala a faanyag mártó kádaknak, hogy megakadályozzák az egyszerre nagy dózisu kiömlést és természet károsítást.

Az előkészítési technológiában nagyon fontos lépés a szárítás, hiszen ez is befolyásolja a sikeres telítést ezáltal a megfelelő faanyagvédelmet.

2.4. Vákuum szárítás

Az 1900-as évek eleje óta javasolták a vákuum szárítót a fának a szárítására. Az alkalmazott fűtési mód szerint osztályozhatóak. A vákuum szárítási módszereket négy csoportban határozhatjuk meg: dielektromos vákuum, túlhevített gőzvákuum, ciklikus vákuum és vezetőképes fűtővákuum. Az alacsony hőmérsékleten és nyomáson való szárítás előnye, hogy kevesebb fahiba alakulhat ki. Ilyen nyomáson a víz alacsonyabb hőmérsékleten forr. A szárítás gyorsasága különösen fontos olyan gyártási környezetben, ahol az idő-és a mennyiség fontos költségtényező [8].

Az én általam látogatott Csurgói üzemben, egy nagy teljesítményű vákuum szárító található *(1.ábra)*, ahova a rakatok egyszerre jutnak be, de az előkészületekben nem egyszerre készülnek el. Így előfordul az is, hogy megvannak várakoztatva a telített rakatok, a szárítás előtt.



1. ábra: Csurgón alkalmazott vákuum szárító (saját kép).

Korábbi tanulmányokból tájékozódva a légköri nyomás 10%-án (102mBar) a víz 37 °C-on forr. A tölgy tipikus szárítási ütemterve a hagyományos szárításnál 43 °C-on (110 °F) kezdődik, és a végső szakaszban meghaladja a 72- 82 °C-ot (160-180 °F). Az alacsonyabb hőmérsékleten való szárítás a másik nagy előnye, hogy a faanyag az oxigén hiány miatt megőrzi az eredeti színét [8].

Vákuumszáritásnál általában az egyensúlyi nedvességtartalom (EMC) kisebb, mint a hagyományos módszernél. Mérések kimutatták, hogy az egyensúlyi fanedvesség és a nyomás között közvetlen kapcsolat van állandó hőmérsékleten- és állandó nyomáson fordított összefüggés van a hőmérséklet és az EMC között. Légköri nyomáson az egyensúlyi nedvesség elsősorban a relatív páratartalomtól és a hőmérséklettől függ, de a vákuumszáritásnál az EMC a hőmérséklettől és a teljes nyomástól függ [8].

Légköri nyomás alatt a kevés levegő miatt az abszolút nyomást a vízgőznyomásnak tekinthetjük. Az abszolút nyomás és a telített gőznyomás arányából kiszámíthatjuk a relatív páratartalmat. Korábbi kutatások kimutatták, hogy az egyensúlyi nedvesség fordítottan arányos a környezeti nyomással, ez a hatás 50kPa nyomás alatt a legnagyobb [8].

2.5. Főbb vákuumos szárítási technológiák, amelyeket az iparban alkalmaznak

2.5.1. Vezetőképességi fűtés vákuumos szárítás

Az eljárás során a hőt a fának közvetlen forró felülettel való érintkezéssel adják át. A forrólemezes szárítás az egyik ilyen technológia, amikor a fémlemezek (amik nagyrészt alumíniumok) közé fektetik, melyeket a rajtuk átfolyó forró olvadék melegít fel [8].

2.5.2. Ciklikus vákuumos szárítás

Másnéven szakaszos szárításban hagyományos módszerekkel melegítik a fűrészárut (pl. konvekciós eljárással, forró levegőt eresztve át a rakatok között.) Miután felfelemelegítették vákuumot hoznak létre, ebben az időszakban történik a szárítás. Amint a faanyag maghője lecsökken a ciklus megismétlődik [8].

Két fázisa van ennek az eljárásnak egyik a kezdeti gyors száradás majd annak a lelassulása, ahogy az anyag belseje megközelíti a környezeti nyomást. Összehasonlításképpen ezzel az eljárással a 27 mm-vastag tölgy anyagot 10 nap alatt tudja leszáritani, míg a hagyományos eljárással ez megközelíti a 30 napot [8].

2.5.3. Túlhevített gőz vákuumos szárítás (SSV)

Az előbb felsorolt két szárításnak vannak hátrányai, például a ciklikus vákuumszáritásnál a fűtési szakaszban nem történik meg a szárítás, és a konduktív fűtésnél a fűrészárú kézi felrakása jelentős időt vehet igénybe. A túlhevített gőznek a forráspontonál magasabb hőmérsékletű vízgőzt tekintjük. Ha ezt használjuk alacsony nyomásnál, és a faanyag rétegeken kényszerítjük át, akkor folyamatos vákuumszáritás és konvekciós melegítés érhető el. Ezt a folyamatot nevezzük SSV-nek az az túlhevített gőz vákuumszáritásnak, vagy konvektív vákuumnak [8].

2.5.4. Mikrohullámú vákuumos szárítás

A dielektromos fűtés egy másik formája a mikrohullámú sütő, kombinálva vákuummal, mely szintén alkalmazható szárításra. Ez az eljárás szinte teljesen állandó sebességgel zajlik, a hagyományos szárítással szemben. A rádiófrekvenciákhoz képest a mikrohullámú sütők rövidebb hullámhosszúak és egyenletesebbek. Ezek a tulajdonságok potenciálisan gyorsabb száradást eredményeznek, főként mert nagyobb az energia intenzitás [8].

2.5.5. Rádiófrekvenciás vákuumos szárítás (RFV)

A faanyag szárítására szolgáló dielektromos fűtés legtöbb kereskedelmi alkalmazása rádiófrekvenciát használ, az RFV technológiában. A rádiófrekvenciás vákuumos szárításnál a fa váltakozó elektromágneses térnek van kitéve, ami a fában lévő poláris

víz-molekulák eltolódását okozza, követve a változó térirányt, energiaelnyelést okoznak ezek az elmozdulások, ami hőként diszipálódik. A fa hőmérsékletét annyira megemeli ez a jelenség, hogy beindítsa a nedvességvándorlás mozgató rugóit [8].

A környezetvédelmi aggályok új érdeklődést váltottak ki az elmúlt pár évben a nem biocid megoldásokra, például víz-taszító szerek után. A legfontosabb faanyagvédelemben használt szerek a viaszok, melyek víz-taszító hatással bírnak, főként a paraffinviaszok.[6]

Két tényezőtől álnak a fűrészárú szárításnak a környezeti hatásai: az illékony szerves vegyületek (VOC) kibocsátásából, és az energiafogyasztásból. A faanyag szárítása a leginkább energia igényes eljárás a fatermékek gyártása során. A fűrészárú termelés teljes energiafordításának több mint a 80%-át teszi ki a szárítás. Ezzel jelentősen megdrágítva a szárított faanyagot [8].

Egészségügyi és környezetvédelmi szempontból a VOC szénalapú vegyületek, amelyek a fában természetesen előfordulnak, szárítás után felszabadulhatnak. Ezek a vegyületek károsak lehetnek mind az egészségre, és a körülöttünk lévő környezetre, amiatt szabályozott úton történik a kibocsátás [8].

Összesen nyolc fafajjal végeztem a kísérleteket egyszerre. Amiatt fontos, hogy együtt folytak a mérések, hiszen egy rakatban mentek be a telítőbe és a szárítóba is.

2.6. Általam vizsgált faanyagok

Kutató munkám során bükk (*Fagus sylvatica*), kislevelű hárst (*Tilia cordata*), ezüst hárst (*Tilia tomentosa*), császárfat (*Paulownia tomentosa*), éger (*Alnus glutinosa*), I-214-es nyárfat (*Populus italica*-214), lucfenyő (*Picea abies*), jegenyefenyő (*Abies alba*) faanyagokkal dolgoztam.

2.6.1. Bükkfa (*Fagus sylvatica*)

A vizsgált bükkfa minták fülledtek voltak, de mindez nem befolyásolja az elterjedését, és az elő fa jellemzőit.

A bükk az északi mérsékelt égövön őshonos és mintegy 13 faja létezik. Kiemelkedően fontos szerepe van az egyszerűen bükknek nevezett az általam is vizsgált *Fagus sylvaticának*. Zárt állásban szép hengeres törzset tud fejleszteni, vágási magassága 35-40 m-t is elérheti. Vágásérettségi korában a törzsmérete akár meghaladja a 70 centimétert is.

Fája világos vöröses vagy halványsárga tónusú. A fiatal szírt likacsú, ezáltal a korai és a késői pászta edényei között nincsen nagy különbség. Idősebb korában jellemző a vörösbarna álgeszt, de az egészséges geszt és a szíjacs nem különül el egymástól.

Az álgesztelés (2.ábra) áll a fahibái között az első sorban, ami idős korában nagyon gyakori. Jellemző még rá az ág benövés helyeken a kínai bajusz, sudarlósság, külpontosság, görbeség, a fagyléc és különböző repedések (1.táblázat).

Fája nagy sűrűségű légszárazon $\sim 720 \text{ kg/m}^3$ (3.ábra) a zsugorodási anizotrópiája 2,04 így hajlamos a vetemedésekre.

A bükk kémhatása enyhén savas, pH: 5,1-5,4.

Rosttelítettségi pontja 32-35%.

Pórustérfogata 55% [9].

1. táblázat Bükk faanyag zsugorodási jellemzői.

Zsugorodás (%)	
Rostirányú	0,3
Húrirányú	11,8
Sugárirányú	5,8
Térfogati	14-17,9-21



2. ábra Megfigyelhető a két bükk közötti eltérés, baloldali egy korhadáshoz közeli fülledés, míg a jobboldali egy kezdetleges fülledésű (saját kép).



3. ábra Előfordultak kimagaslóan nagy tömegű próbatestek, melyet nem minden esetben követett magas nedvességtartalom (saját kép).

2.6.2. Kislevelű hárs (*Tilia cordata*) és Ezüst hárs (*Tilia tomentosa*)

Nemzetségének 40 faja ismert, én két fajtát a Kislevelű hársot (*Tilia cordata*) és az Ezüst hársot (*Tilia tomentosa*) vizsgálom. Hazánkban lévő hársak 20-35 m magasságig nőnek és vágásérettségi korban akár 80 centis átmérő is elérnek.

A hazai hársfajok nem különülnek el egymástól (4.ábra). A színes geszt nélküli szórt likacsú fája fehéres-sárgás, gyakran vöröses-barna árnyalattal rendelkezik. Az edényei szintén egyenletesen elszórtan helyezkednek el így a korai és kései pászták nem különülnek el az évgűrűn belül.

Fája finomszerkezetű és egyenletesen faragható a tér minden irányában (2.táblázat).. Viszonylag kevés fahiba jellemző rá, de az álgesztesedés és a fagyléc rá is jellemző. Nem hiába alkalmazzák a ceruza iparban a fáját, az egyik legalkalmasabb erre a célra.

Puha alacsony sűrűségű, légszárazon $\sim 530 \text{ kg/m}^3$

Kémhatása enyhén savas, pH: 5,2

Pórustérfogata 68% [10].

2. táblázat Hárs faanyag zsugorodási jellemzői.

Zsugorodás (%)	
Rostirányú	0,3
Húrirányú	9,1
Sugárirányú	5,5
Térfogati	14,9



4. ábra Kétfajta hárs fajt használtunk, kislevelű és ezüst hársat ezek szeparálva kerültek a rakatba (saját kép).

2.6.3. Császárfa (*Paulownia tomentosa*)

A botanikusok *Paulownia* nemzetségben 7-9 önálló fajt különítenek el. Mi a kutatásunk során egy hazai hibriddel dolgozunk, ami Garé településről származik. Kínában 75-80 éves korban akár 35-45 métert is elér a magasságuk, 2-3 méter törzsátmérővel. Magyarországon a *Paulownia tomentosa* 25 méter magas és akár 1,2 méter átmérőjű törzse lehet. Kérge szürke, világos-vagy sötétbarna, fiatal korában jellemző a paraszemölcsös kéreg. Puha kérge van ezáltal könnyen roncsolódik külső behatásoktól.

A geszt és a szijács határ nem különül el erősen (5.ábra), a bél nagy átmérőjű, ami elősegíti a belső feszültségeinek az elvezetéséhez (3.táblázat). Az edényei gyűrűs vagy félig gyűrűs elrendezésűek.

Nem tartós fafaj, a talajjal érintkezve legfeljebb 5 évet bír, ugyanis se az időjárást, sem a rovarokat nem állja.

Sűrűsége $\sim 300 \text{ kg/m}^3$ légszárazon.

Kémhatására és pórusterfogatára még nem található számottevő információ [11].

3. táblázat Császárfa faanyag zsugorodási jellemzői.

Zsugorodás (%)	
Rostirányú	0,3
Húrirányú	9,1
Sugárirányú	5,5
Térfogati	14,9



5. ábra Császárfán erősen kivehető a szíjács és geszt határa (saját kép).

2.6.4. Éger (*Alnus glutinosa*)

Nemzetségének mintegy 30 faja ismert, hazánkban az mézgás érnek (*Alnus glutinosa*) és a hamvas égernek (*Alnus incana*) van jelentősége.

Vágásérettségi krában 20-30 m magasságra is megnőhet, átmérője elérheti a 70 centit is. Kérge fiatalon sima szürkésbarna, de sok keresztirányú paraszemölccsel van tarkítva, idősebb korában ez szürkésfekete színben táblásan cserepes lesz.

Fája színes geszttel nem rendelkezik (6. ábra), de a kisebb színárnyalat különbség van a belső gesztrészek között. Színe sárgászöröses, jellemzőek a bélfoltok rá, és a hullámos évgyűrűk elmosódva látszanak. Szórtlikacsú fáján, az edények finomak a bélsugarai pedig szabad szemmel is kivehetőek.

Kevés károsítója akad, de a bélkorhadás idősebb korában jellemző rá, illetve a fagyrepedések mentén keletkező gombafertőzések. Nem sorolható az erősen zsugorodó fafajok közé, de húr-és sugárirányban teknősödési hajlamot mutat (4.táblázat). Különböző felületkezelő anyagok alkalmazásánál figyelembe kell venni a csersav és a zsírtartalmát.

Sűrűsége $\sim 550 \text{ kg/m}^3$ légszárazon.

Pórustérfogata 68 % [12].

4. táblázat Éger zsugorodási jellemzői.

Zsugorodás (%)	
Rostirányú	0,4
Húrirányú	9,3
Sugárirányú	4,3
Térfogati	13,6



6. ábra Az éger színe natúran közel megegyezett a telítés utáni hárs színeivel (saját kép).

2.6.5. „I-214” olasz nyár (*Populus italica*-214)

A nyár nemzetségnek mintegy 35 faja ismert, a fűzfafélék családjából származik. Az északi mérsékelt égöv fái, de történtek már telepítések Dél-Amerikában is. Vágásérettségi korában (7-8 év) a magassága eléri a 20-25 métert és közel 30-35 centiméteres törzsátmérőt, de ez erősen termőhely függő [13].

A *Populus euramericana* „I-214” Ma Európa legelterjedtebb nyár hibridje. Legnagyobb területet ő foglalja el hazánkban, rendkívül gyorsan nő, kedvelt ültetvényes faanyag. Homogén fája világos árnyalatú, nagyon laza szerkezetű és alacsony sűrűségű (5.táblázat).

A geszt és a szijács nem válik el határozottan egymástól, emellett a szijács nedvessége 30-40 %-kal kisebb, mint a geszté. Szórt likacsú fájában az edények átmérője az évgyűrű széllessége mentén csökken. Legnagyobb problémát már a választékolásnál az ághelyek jelentik. Jellemző még a fagyléc, külpontosság, álgesztesedés. Az álgeszt nehezíti a telítést.

Sűrűsége $\sim 360 \text{ kg/m}^3$ légszárazon.

A nyarak kémhatása enyhén savas pH:5,8 [14].

5. táblázat I-214 olasznyár zsugorodási jellemzői.

Zsugorodás (%)	
Rostirányú	0,2-0,4
Húrirányú	5,9-8,6
Sugárirányú	3,1-5,3
Térfogati	9,5-14,7

2.6.6. Lucfenyő (*Picea abies*)

Közép- és Észak-Európában elterjedt és erdészetileg az egyik legfontosabb fafaj. Nemzetiségében közel 50 fafaj található. Latinun *Picea abies* vágásérettségi korában elérheti a 30-50 m magasságot míg az átmérője az 1,5 métert is

A geszt és a szijács nem különül el színben (7.ábra), szalmasárga, fehéres színű. Az évgyűrűn belül markánsan elkülönül a korai és késői pászta. Fája gyantát tartalmaz, ami megnehezíti a telítés folyamatát. Rendkívül homogén tracheidákból épül fel a fatest, a korai és késői pászta tracheidái eltérő méretűek. Erdőpusztulások során nagyon megfogyatkozott az állománya. Jellemző a szűkárósítás már az élő fára is. Jelen esetben az apró tű göcsei és a gyantatáskái megnehezítik a ceruza frízként való gyártását, de ez már a telítéskor szembe ütközhet (6.táblázat).

Sűrűsége alacsony $\sim 470 \text{ kg/m}^3$ légszárazon, de emellett jó szilárdsági és kiváló rugalmassági tulajdonságokkal rendelkezik.

Pórustérfogata 71%

A lucfenyő pH értéke alacsony, savas kémhatású pH 3,8 [15].

6. táblázat Lucfenyő zsugorodási jellemzői.

Zsugorodás (%)	
Rostirányú	0,2-0,4
Húrirányú	5,9-8,6
Sugárirányú	3,1-5,3
Térfogati	9,5-14,7



7. ábra A lucfenyő gyantatartalma megnehezíti a telítését (saját kép).

2.6.7. Jegenyefenyő (*Abies alba*)

Az *Abies nemzetség* mintegy 50 faja ismert, többségük hegyvidéki fafaj Európában, Észak-Amerikában és Ázsiában terjedtek el. Közönséges jegenyefenyő (*Abies alba*) sok esetben együtt kerül forgalomba a lucfenyővel, nem könnyű felismerni őket, a gyantajáratok irányadók a lucfenyőben.

Vágásérett korában eléri a 30-40 m magasságot, az akár 1,5 m törzsátmérő mellett Kérge sokáig sima, szürkés, világos, idősebb korában pikkelyes lesz. A fatest sárgásfehér, de az egészséges fánál a geszt és a szijács nem különül el (8.ábra).

Gyantatartalom hiánya miatt a gombák és rovarok támadásánál nem áll ellen, így a kevésbé tartós fafajok közé sorolandó. A kialakuló ágörvek rontják a felhasználási kihozatait (7.táblázat).

Sűrűsége alacsony $\sim 450 \text{ kg/m}^3$ légszárazon.

Pórustérfogata 73%

A jegenyefenyő kémhatása enyhén savas $\text{pH}: 5,5-6,1$ [16].

7. táblázat Jegenyefenyő zsugorodási jellemzői.

Zsugorodás (%)	
Rostirányú	0,1
Húrirányú	7,2-7,6
Sugárirányú	2,9-3,8
Térfogati	11,5



8. ábra A jegenyefenyőt telítés után kiválóan összelehet hasonlítani a lucfenyővel, megtudva mennyit számít a gyantatartalom (saját kép).

3. Alkalmazott anyagok és módszerek

3.1. Kapacitív elven működő mérőműszer

MSZ EN 13183-3:2005

Ez a készülék segítséget nyújtott a helyszínen a faanyagoknak pontos nedvességtartalmának a meghatározására. Használata úgy működik, hogy egy hatos skálán megfelelő tól-ig sűrűségtartományban be kell állítani a műszert, amit ráhelyezve a próbatestre megadja annak a százalékos nedvességtartalmát.

A számunkra megfelelő beállítás a császárfához a 2-es, a hársokhoz, égerhez, nyárhoz a 3-as, a bükkhöz pedig a 6-os beállítást alkalmaztuk. Az eszközön fel van tüntetve, hogy milyen fákhoz mit érdemes használni.

$U_{\text{átl}} = 7\text{-}30\%$, magasabb nedvességtartalom felett nem pontos.

Érzékeny a fűrészáru vastagságára (9.ábra), és a nedvesség eloszlására a faanyagban.

Sűrűsége érzékeny (tolerancia +/- 40kg/m³), emiatt pontosan kell beállítani.

Légrés, rejtett fahibák kritikus kérdés.

Mérés közben vibrációt ki kell zárn.

Felületi minőség (fűrészelt, gyalult) szintén befolyásoló tényező.

Készülékhez gyárnak mellékelni (kérni) kell: EN ISO/IEC 17025 tanúsítványt.

Kalibráló egységgel minden mérési sorozat előtt ellenőrizni kell a készüléket [17].



9. ábra Az érintőszondán megfelelő sűrűség beállítása után lehet csak mérni (saját kép).

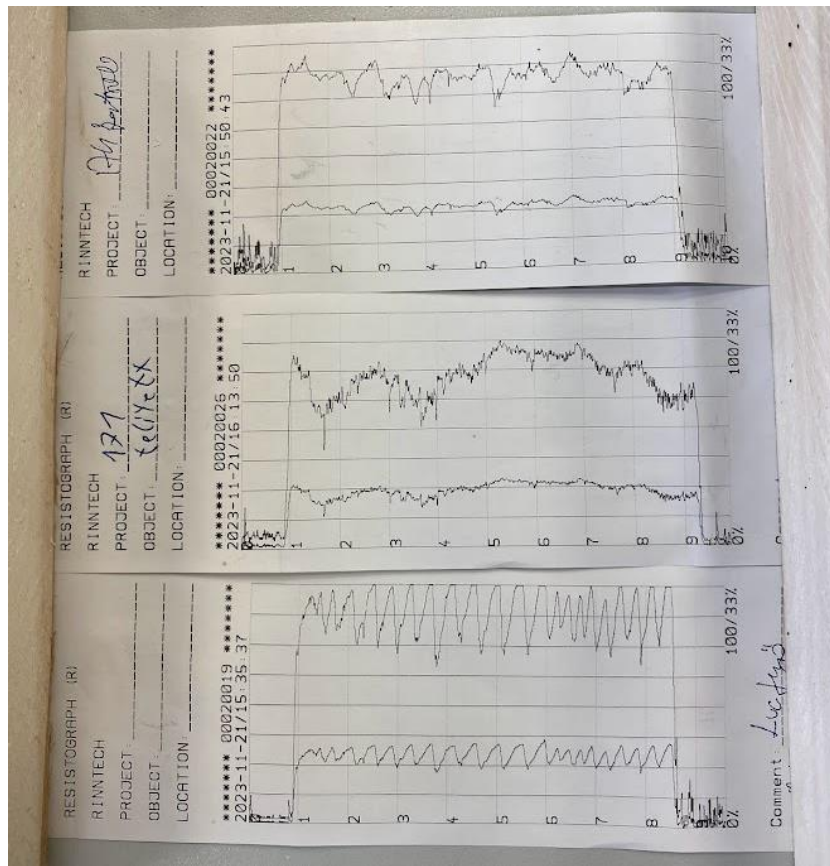
3.2. Rezisztográf

Ez a berendezés a fúrás alapuló faanyag belső vizsgálatára szolgál (10.ábra). A fúrás közben felvett teljesítményt állandó előtolás mellett méri és regisztrálják. A speciális fúrószerű átmérője 3mm, amelynek egy speciális geometriája van. A legújabb fejlesztés akkumulátoros kialakítású és vezeték nélküli kapcsolatban van a nyomtató egységgel, mely azonnal, már a fúrás közben nyomtatja a mért eredményeket. A 3mm-es átmérő lehetővé teszi faszerkezetek és kötéseik vizsgálatát, azok észrevehető sérülése nélkül.



10. ábra Rezisztográf készülék a hozzá tartozó nyomtató egységgel (saját kép).

A hordozható nyomtató egy hosszú szalagon rajzolja meg a diagramot $M=1:1$, azaz valós méretarányban (11.ábra). A mérés nagyon gyors, 1-2 perc alatt elvégezhető. Mivel egyértelmű és könnyen értékelhető a kapott ábra, lehetővé teszi a szerkezeteknél az azonnali hiba felismerést és a hiba helyének meghatározását. A fúrószerű hossza alapesetben 30 vagy 44cm, de akár rendelhető 1,5m hosszúságban is. A mérési pontosság is választható (1mm és 0,1mm) [18].



11. ábra Három különböző mérés összehasonlítása a legfelső telítetlen I-214-es nyár, középen ez telített változatlanban, míg legalul egy lucfenyő referencia látható (saját kép).

A méréseket egy korábban már telített I-214-es próbatesteken végeztem. Ezeket a fűrés előtt ketté vágtam, és az ott mutatott hibák alapján választottam ki a megvizsgálandó részeket.

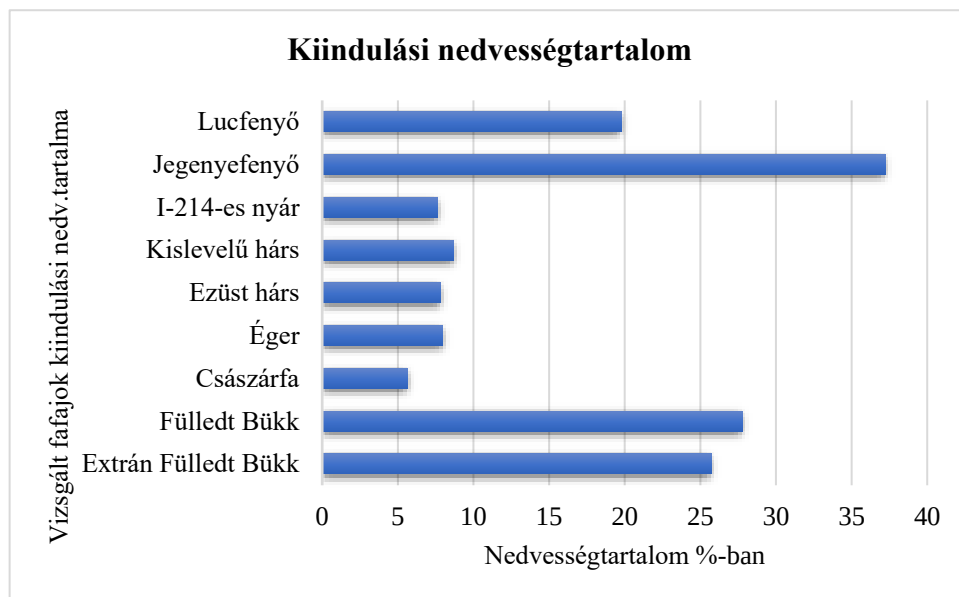
Amely során azt tapasztaltuk, ahol a telítési hiba jelentkezett a frízekben ott nagyobb a rezisztográfnek a teljesítmény felvétele, vagyis a fűró ellenállása. Ezzel arra következtethetünk, hogy ott a faanyag sűrűbb.

Illetve voltak olyan minták, ahol látszódott a pásztahatár mentén egy világos csík, ahol nem volt telítve, ott is kimagasló értékeket mértünk a magasabb sűrűség vagy a kevés telítőszer végett.

4. Eredmények

4.1. Nedvességtartalom és sűrűség meghatározása

A választott nyolc faj közül sajnos nem volt mind azonos nedvességtartalmon (12.ábra), (9.táblázat), ami megnehezíti az együttes feldolgozásukat. A legdrasztikusabb kiugrás a jegenyefenyőnél volt tapasztalható, ahol olykor 63%-os nedvességtartalmat mértünk (8.táblázat), ez az érték a mérőműszer pontossági határának több mint a kétszerese.



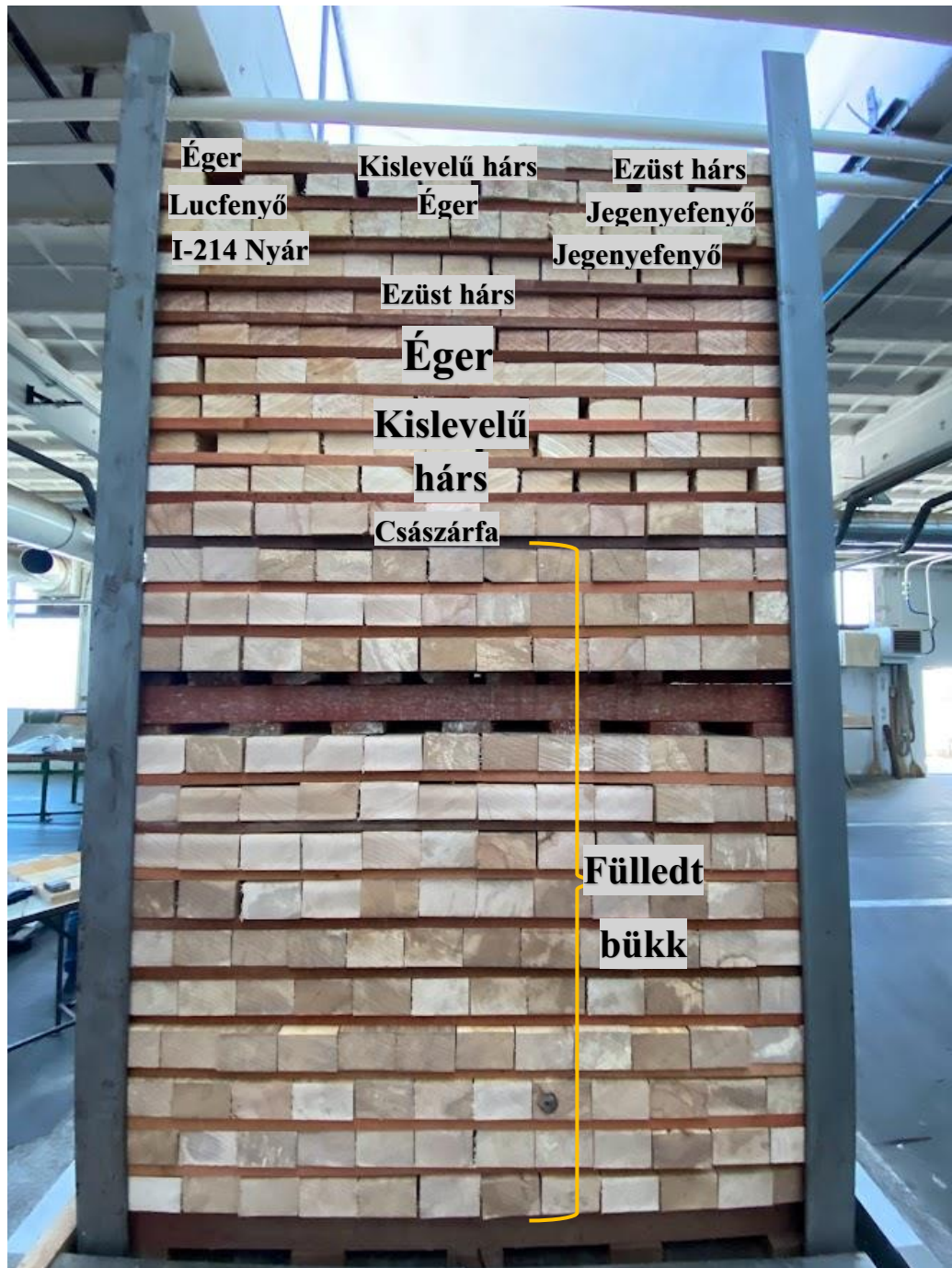
12. ábra Frízek kiindulási nedvességtartalmai.

8. táblázat Jegenyefenyő nedvességtartalma és sűrűsége, a kimagasló értékek az érdekesek.

Réteg	Sűrűség [kg/m ³]	Nedvességtartalom [%]
Jegenyefenyő	478	37,25
	Tömeg [g]	Nedvességtartalom [%]
Max:	508,5	63
Min:	245,9	17,5
Szórás:	55,36	11,94

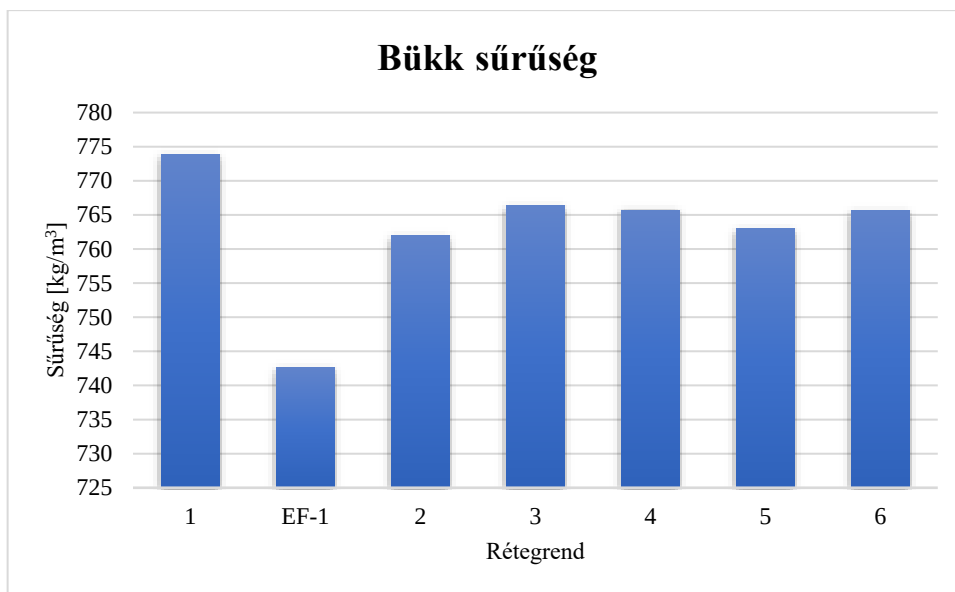
9. táblázat Választott faanyagok kiindulási sűrűsége a nedvességükhöz viszonyítva.

Mért fajok	Nedvességtartalom [%]	Sűrűség [kg/m ³]
Erősen Fülledt Bükk	25,7	742,66
Fülledt Bükk	27,8	766,06
Császárfa	5,6	232,48
Éger	8	491,66
Ezüst hárs	7,8	490,43
Kislevelű hárs	8,7	592,07
I-214-es nyár	7,6	324,84
Jegenyefenyő	37,3	478,06
Lucfenyő	19,8	461,15



13. ábra Oldal nézete a kész rakatnak, innen a telítőbe megy (saját kép).

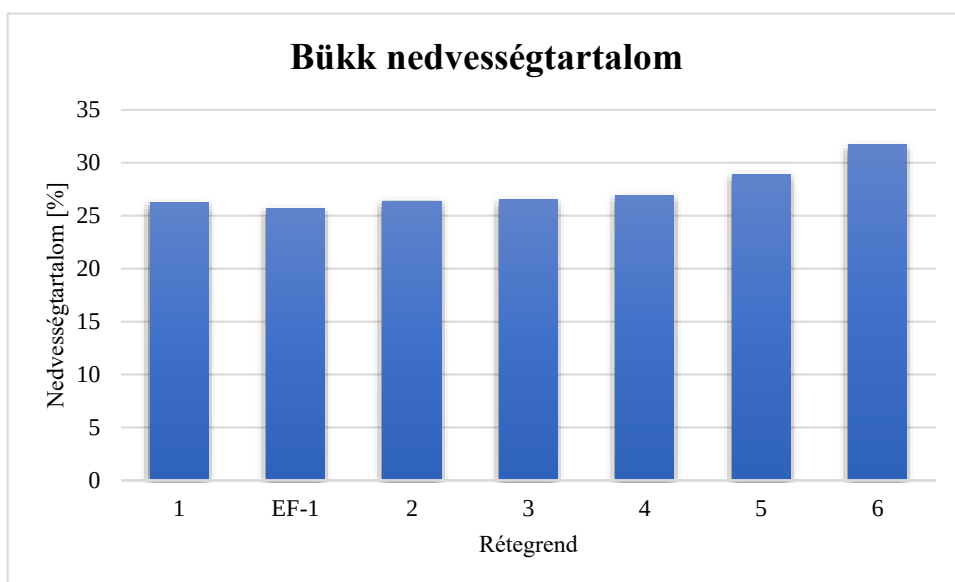
Összesen 24 réteget tartalmaz a rakat (13.ábra), ezekből 16 sort a konzulensemmel mi pakoltunk és mértünk a maradék 8 réteget az ott dolgozók egészítették ki.



14. ábra Különböző szinteken lévő bükk sűrűsége átlagolva, EF jelentése erősen fülledt.

Összesen bükkből 6 réteget tettünk be (14-15.ábra), amit lemértünk a berakás előtt.

A legelső szinten igyekeztünk olyanokat válogatni, amik erősen fülledtek voltak, olykor már közel a korhadáshoz. Ezekkel külön foglalkoztunk, így összetudtuk hasonlítani az egészségesebb mintákkal. A sűrűségben különbség pusztán 5-6% volt, de grafikonon ábrázolva kiugrónak számít a nagy átlaghoz képest.



15. ábra Bükk kiindulási nedvességtartalma, nem volt tapasztalható kiugró eltérés.

A nedvességtartalomban kimagasló érték nem volt megfigyelhető, még a fülledt anyagoknál sem. Ezáltal arra juthatunk, hogy a fülledt bükk faanyag nedvességtartalma nem eltérő a többi szinthez képest, míg a tömegében nagyobb az eltérés.



16. ábra Rugós kötöző heveder (saját kép).

A telítőbe menő rakatokat rugós spaniferrel kötik le (16.ábra). A célja a telítőanyaggal telített faanyag dagadása által történő méretváltozás lekövetése. Ha nem rugót alkalmaznának akkora feszültség keletkezne, hogy kár okozhat a berendezésben a kibontáskor. Emiatt is nem pakolják tele a rakatokat mielőtt mennek a telítőbe, mert hatalmas a térfogat változása.

4.2. Telítés után hibák

A már telített és akár leszáritott rakatok kinti fedett tárolókban vannak elhelyezve, innen történik majd a feldolgozás.



17. ábra A hibás és nem megfelelő frizek tárolása (saját kép).

A nem megfelelő frízeket felvágás előtt és után is kiválogatják ezekből keletkeznek ezek a nagy rakások (17.ábra). Itt szétnézve találhatóak rejtett fahibák, nem megfelelő telítések, és mérethibából származó anyagok is.

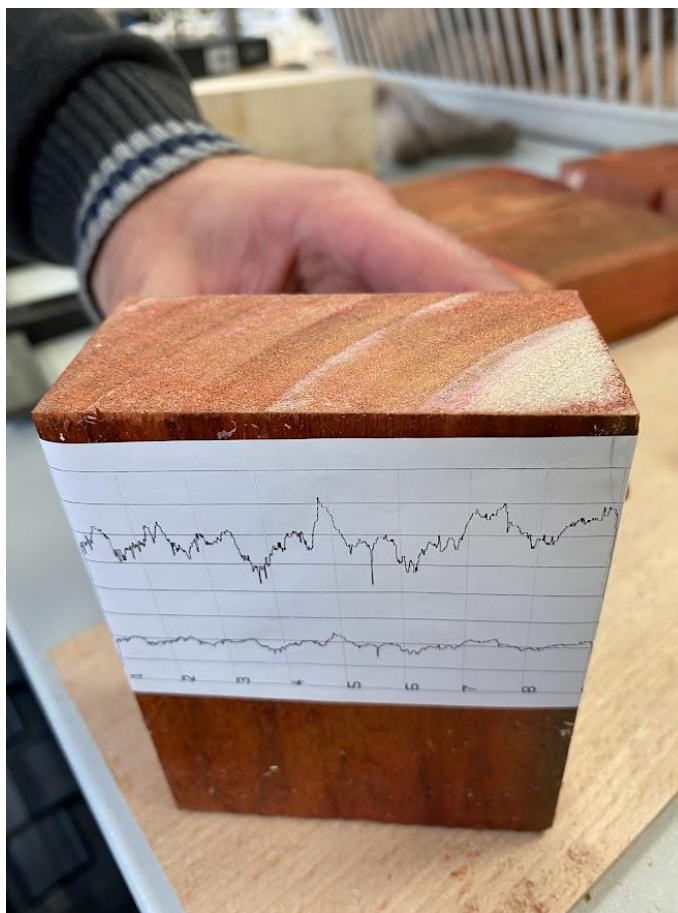
Ezekre még kifogunk térni a közeljövőben, hogy mi miatt tapasztaljuk azt, hogy ott kevés a telítőanyag (18.ábra).



18. ábra Telítési hibák kirajzolódása hat félbevágott frízen, keresztmetszeten kiválóan látszanak a foltok (saját kép).



19. ábra Sugárirányban még inkább látszódik a kiugrás (saját kép).



20. ábra Húrirányban nagyobb összehasonlítást kapunk (saját kép).

Ahol magasabb a teljesítményfelvétel ott nincs megfelelően telítve az anyagunk (19-20.ábra). A mostani mérés egy előkísérlet volt a rezisztográffal, hogy kitudjuk-e mutatni a telítési problémákat és a tapasztaltak alapján ez sikeresnek mondhatjuk.

Ahol a kapott diagramon lecsökken az ellenállás ott nagyobb telítési dózis található. Normál faanyag eseténél minimum és maximum érték két vonaltartományban mozog. A látszólag megfelelően telített faanyagban is 3-4 osztás érték között mozog a telítés.

5. Összefoglalás

Dolgozatom témája: Ceruzaipari frízek telítési minőség-ellenőrzése lehetséges új fafajok bevonásával volt.

Az eddig munkám során előkészítettem a telítésre szánt mintákat, és míg a telítés zajlik párhuzamosan elkezdtem egy másik mérési folyamatot az itteni laborban. A mérésekhez rezisztográf nevű készüléket és egy korábban már telített I-214-es próbatesteket alkalmaztam. Ezeket a fűrés előtt ketté vágtam, és az ott mutatott hibák alapján választottam ki a megvizsgálandó részeket. Ezt követően végeztem több kontroll fűrés különböző fafajok bevonásával, így kitudtuk értékelni a kapott eredményeket.

A telítésre előkészített frízeknek a helyszínen lemértük a tömegüket és a nedvességtartalmukat, így megkaptuk az ahhoz tartozó sűrűséget. Mivel nem voltak egyenlő nedvességtartalmúak a próbatestek így amik eltérőek voltak azokból mintákat hoztunk és leszáritottuk őket, hogy pontos képet kaphassunk.

A rezisztográfus első mérések pozitívan alakultak, úgy néz ki, hogy ezt a módot még jobban kidolgozva lehet majd használni nagyüzemi technológiában is.

A következő fázis már a telítés utáni visszamérés lesz, ahol komplex képet kaphatunk a telítés milyenségéről.

Méréseimet folytatni fogom, csak az eddig lemért és kiértékelt adatokat mutattam be, illetve a vele kapcsolatos irodalmat. Jelenleg a cégnél meg kell várni a technológiai sorrendet, de megéri várni, mert valós ipari kísérleteket tudok elvégezni. Ezekből kész eredmények még nem állnak rendelkezésemre, de párhuzamosan zajlik a dolgozat írásával a telítés.

Bízunk abban, hogy a már telített rakatunkat tovább feldolgozásra tudják bocsájtani, és a következő konferenciára már a saját magunk által telített ceruzákat használhassuk jegyzeteléshez.

6. Summary

The topic of my thesis was: The saturation quality control of ceramic friezes with possible new wood species.

In my work so far, I have prepared samples for saturation and while saturation is taking place, I have started another measurement process in parallel in the local laboratory. For the measurements, I used an apparatus called a resistograph and a previously saturated I-214 specimen. I cut these in two before drilling and selected the parts to be tested based on the defects they showed. I then performed several control borings with different species of wood so that I could evaluate the results.

The weight and moisture content of the prepared friezes were measured on site to obtain the corresponding density. As the samples were not of equal moisture content, those that were different were sampled and dried to obtain an accurate picture. The initial measurements with the resistograph were positive, and it looks as if this method can be further developed for use in large-scale technology.

The next phase will be the post-saturation back-measurement, where we can get a complex picture of the saturation.

I will continue my measurements, but I will only present the data measured and evaluated so far, and the literature on the subject. At the moment, I have to wait for the technological order in the company, but it is worth waiting because I can perform real industrial experiments. I do not have ready results from these yet, but saturation is taking place in parallel with the writing of the thesis.

We hope that our already saturated stack can be further processed and that we can use our own saturated pencils for note-taking at the next conference.

7. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni témavezetőmnek Dr. Komán Szabolcs egyetemi docensnek, aki a témavezetőm e kutatás során nyújtott segítségét. Köszönöm neki az átadott tudását és gyakorlati tapasztalatát, az ő kapcsolatai nélkül mindez a pályázat és a mérések nem jöhettek volna létre.

Köszönöm a Faanyag és Műszaki intézetnek a rendelkezésemre bocsájtott mérőberendezéseket, nyár és császárfafa anyagot és a helyszínt.

Mind azontúl szeretnék köszönetet nyilvánítani a nürnbergi Faber-Castell® cégnek, és a SEFAG Zrt. Csurgói Faipari Gyárnak, akik a hársfa, bükkfa, éger, luc- és jegenyefenyő frízeket biztosították számomra.

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-23-1-I-SOE-137 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

8. Irodalomjegyzék

- [1] <https://www.citatum.hu/kereso.php?kereses=ceruza&lap=1&r=2> Utolsó megtekintés 2023.11.21.
- [2] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Ceruza> Utolsó megtekintés 2023.11.21.
- [3] B. Kaygin, D. Kaplan, és D. Aydemir, „Paulownia Tree as an Alternative Raw Material for Pencil Manufacturing”.
- [4] N. Nikulina és S. Nikulin, „Protective wood treatment with an oligomer containing styrene units”, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, okt. 2021, o. 261–265. doi: 10.34220/mmeitsic2021_261-265.
- [5] K. Niu és K. Song, „Hot waxing treatment improves the aging resistance of wood surface under UV radiation and water”, *Prog Org Coat*, köt. 161, o. 106468, dec. 2021, doi: 10.1016/J.PORGCOAT.2021.106468.
- [6] B. Lesar, M. Pavlič, M. Petrič, A. S. Škapin, és M. Humar, „Wax treatment of wood slows photodegradation”, *Polym Degrad Stab*, köt. 96, sz. 7, o. 1271–1278, júl. 2011, doi: 10.1016/J.POLYMDEGRADSTAB.2011.04.006.
- [7] Y. Wang, Z. Zhang, H. Fan, és J. Wang, „Wood carbonization as a protective treatment on resistance to wood destroying fungi”, *Int Biodeterior Biodegradation*, köt. 129, o. 42–49, ápr. 2018, doi: 10.1016/J.IBIOD.2018.01.003.
- [8] O. Espinoza és B. Bond, „Vacuum Drying of Wood—State of the Art”, *Current Forestry Reports*, köt. 2, sz. 4. Springer International Publishing, o. 223–235, 2016. december 1. doi: 10.1007/s40725-016-0045-9.
- [9] Molnár S., Farkas P., Börcsök Z, Zoltán Gy. (2016): Földünk ipari fái. ERFARET Nonprofit Kft., Sopron 41-44.o.
- [10] Molnár S., Farkas P., Börcsök Z, Zoltán Gy. (2016): Földünk ipari fái. ERFARET Nonprofit Kft., Sopron 73-76.o.
- [11] Molnár S., Farkas P., Börcsök Z, Zoltán Gy. (2016): Földünk ipari fái. ERFARET Nonprofit Kft., Sopron 407-409.o.
- [12] Molnár S., Farkas P., Börcsök Z, Zoltán Gy. (2016): Földünk ipari fái. ERFARET Nonprofit Kft., Sopron 61-63.o.
- [13] <https://mek.oszk.hu/00500/00544/html/zarva/olasz.htm> Utolsó megtekintés 2023.11.21. Szilágyi Ferenc "dr. Bányai János" Műszaki Kollégium Székelyudvarhely, Románia, Hargita megye Fák és cserjék”
- [14] Molnár S., Farkas P., Börcsök Z, Zoltán Gy. (2016): Földünk ipari fái. ERFARET Nonprofit Kft., Sopron 93-99.o.

- [15] Molnár S., Farkas P., Börcsök Z, Zoltán Gy. (2016): Földünk ipari fáit.
ERFARET Nonprofit Kft., Sopron 89-91.o.
- [16] Molnár S., Farkas P., Börcsök Z, Zoltán Gy. (2016): Földünk ipari fáit.
ERFARET Nonprofit Kft., Sopron 76-78.o.
- [17] A szárított faanyag minőségének korrekt meghatározása, különös tekintettel az EU-s szabványokra. Prof. Dr. Németh Róbert. <https://docplayer.hu/14482283-A-szaritott-faanyag-minisegenek-korrekt-meghatarozasa-kulonos-tekitettel-az-eu-s-szabvanyokra.html> Utolsó megtekintés 2023.11.21.
- [18] Divós Ferenc, Öry Botond Imre, Műszerrel támogatott faszerkezet vizsgálatok, *Instrument-supported wooden structure analysis*. Anyagvizsgálók Lapja 2022/I. lapszám
- MSZ EN 13183-3:2005** A fűrészárú nedvességtartalma. 3.rész: Meghatározás kapacitásméréssel.

9. Táblázatjegyzék

1. táblázat Bükk faanyag zsugorodási jellemzői.....	11
2. táblázat Hárs faanyag zsugorodási jellemzői.....	13
3. táblázat Császárfa faanyag zsugorodási jellemzői.....	15
4. táblázat Éger zsugorodási jellemzői.	16
5. táblázat I-214 olasznyár zsugorodási jellemzői.	17
6. táblázat Lucfenyő zsugorodási jellemzői.....	18
7. táblázat Jegenyefenyő zsugorodási jellemzői.	19
8. táblázat Jegenyefenyő nedvességtartalma és sűrűsége, a kimagasló értékek az érdekesek.	24
9. táblázat Választott faanyagok kiindulási sűrűsége a nedvességükhöz viszonyítva	24

10.Ábrajegyzék

1. ábra: Csurgón alkalmazott vákuum szárító (saját kép).	8
2. ábra Megfigyelhető a két bükk közötti eltérés, baloldali egy korhadáshoz közeli fülledés, míg a jobboldali egy kezdetleges fülledésű (saját kép).	12
3. ábra Előfordultak kimagaslóan nagy tömegű próbatestek, melyet nem minden esetben követett magas nedvességtartalom (saját kép).	12
4. ábra Kétfajta hárs fajt használtunk, kislevelű és ezüst hársat ezek szeparálva kerültek a rakatba (saját kép).	14
5. ábra Császárfán erősen kivehető a szijács és geszt határa (saját kép).	15
6. ábra Az éger színe natúran közel megegyezett a telítés utáni hárs színeivel (saját kép).	16
7. ábra A lucfenyő gyantatartalma megnehezíti a telítését (saját kép).	18
8. ábra A jegenyefenyőt telítés után kiválóan összelehet hasonlítani a lucfenyővel, megtudva mennyit számít a gyantatartalom (saját kép).	19
9. ábra Az érintőszondán megfelelő sűrűség beállítása után lehet csak mérni (saját kép).	20
10. ábra Rezisztográf készülék a hozzá tartozó nyomtató egységgel (saját kép).	21
11. ábra Három különböző mérés összehasonlítása a legfelső telítetlen I-214-es nyár, középen ez telített változatlanban, míg legalul egy lucfenyő referencia látható (saját kép).	22
12. ábra Frízek kiindulási nedvességtartalmai.	23

13. ábra Oldal nézete a kész rakatnak, innen a telítőbe megy (saját kép).	25
14. ábra Különböző szinteken lévő bükk sűrűsége átlagolva, EF jelentése erősen fülledt.	26
15. ábra Bükk kiindulási nedvességtartalma, nem volt tapasztalható kiugró eltérés.....	26
16. ábra Rugós kötöző heveder (saját kép).	27
17. ábra A hibás és nem megfelelő frízek tárolása (saját kép).	27
18. ábra Telítési hibák kirajzolódása hat félbevágott frízen, keresztmetszeten kiválóan látszanak a foltok (saját kép).	28
19. ábra Sugárirányban még inkább látszódik a kiugrás (saját kép).....	29
20. ábra Húrirányban nagyobb összehasonlítást kapunk (saját kép).	29