

TDK dolgozat

Schantl István

Soproni Egyetem

Faipari Mérnöki kar és Kreatívipari Kar

Faipari és Műszaki Intézet

Faanyagtudományi Intézet

Új típusú védőszerrel kezelt faanyag égéshőjének és hamutartalmának vizsgálata

Készítette: Schantl István Építész MSc II.évf.

Témavezető: Dr. Komán Szabolcs egyetemi docens

Dr. Bak Miklós tudományos munkatárs

Készült: Sopron, 2021.11.27.

Tartalom

Bevezetés.....	4
Áttekintés a vizsgálandó mintatestek vonatkozásában.....	5
Nanorészecskék.....	5
Nanorészecskék faanyagvédelem.....	5
Erdei fenyő (<i>Pinus silvestris</i>).....	6
Bükk (<i>Fagus sylvatica</i>).....	7
Vizsgálati módszerek.....	8
A mérés alapanyagainak elő készítése.....	8
Alkalmazott nanorészecskék.....	8
Gombabontásnál használt fajok.....	10
Pincegomba (<i>Coniophora puteana</i>).....	10
Lepketapló (<i>Trametes versicolor</i>).....	11
Faenergetikai ismeretek.....	11
Hamutartalom.....	11
A hamutartalom mérési módszerek ismertetése.....	12
A méréskor használt berendezések, eszközök:.....	12
Gyakorlati bemutatás.....	14
Égés.....	17
A vizsgált minták égéshőjének kaloriméteres meghatározása.....	18
Kaloriméter részei:.....	19
A mérés menete:.....	20
A mérési eredmények bemutatása.....	22
Köszönetnyilvánítás.....	32
Irodalom jegyzék.....	33
Képjegyzék.....	34
Táblázat jegyzék.....	35
Diagram jegyzék.....	35

Bevezetés

A fenntartható fejlődés egyik fontos eleme, hogy a felhasznált anyagok minél nagyobb arányban származzanak fenntartható gazdálkodásból, illetve megújuló forrásból. Ez utóbbira az egyik legjobb példa napjainkban a faanyag, amely megújuló, CO₂ semleges alapanyagként nagy szerepet játszik a gazdaságban és a mindennapokban egyaránt. Ezt jól mutatja az évről-évre növekvő faanyag felhasználás világszerte.

Mindezek mellett azonban néhány olyan jellemzővel is rendelkezik a faanyag, amelyek korlátozzák a felhasználását. Ilyen például a gombakárosítókkal szembeni mérsékelt ellenállás, amely részben előny is, hiszen biológiai úton lebomló anyagról van szó, másrészt azonban hátrány, ha ez túl korán következik be. Szintén felhasználást korlátozó tényező, hogy a napsugárzás hatására könnyen megváltozik a színe, valamint, hogy a környezetének nedvességváltozását követve változtatni tudja a méretét. E jellemzők javítására léteznek különböző faanyagmódosító eljárások, azonban ezek többnyire nagy energiafelhasználással, és/vagy környezeti kockázatokkal járnak.

A nanorészecskék előtérbe kerülése a közelmúltban felvetett néhány új lehetőséget, amely más területeken (műanyag- és textilipar) már bevált az említett jellemzők javítására. Ezen eredmények átültetése a faanyagra olyan eredményeket hozhat, amely tovább bővítheti elsősorban az alacsonyabb értékű, háttérbe szorult faanyagok felhasználhatóságát. A nanotechnológiával kapcsolatban egyre szélesebb körben folynak ilyen irányú kutatások, amik eredményeként a jövőben meg fognak jelenni olyan megsemmisítésre kerülő alapanyagok, termékek, amelyek már ilyen technológiával módosítottak.

A faanyag energetikai célú felhasználása szempontjából elengedhetetlen többek között az alapanyag égéshőjének illetve a hamutartalmának ismerete. A nanotechnológiával módosított faanyagok esetében azonban még nem áll rendelkezésre, információ arra vonatkozólag, hogy a különböző nanorészecskék hogyan befolyásolják ezeket az energetikai jellemzőket. Fontos kérdés a hamutartalom számszerűsített meghatározásán kívül, a hamualkotók feltérképezése is.

A kutatás elsődleges célja a normál és a nanotechnológiával módosított faanyagok közötti különbségek kimutatása az energetikai célú felhasználás során. A vizsgálati eredmények az égéshő és a hamutartalom értékeiben jelentkező különbségek mellett az eddig alkalmazott technológiával szembeni új követelményekre is rávilágíthatnak. A visszamaradt égéstermék

további felhasználhatósága, környezetre gyakorolt hatása szempontjából fontos a hamualkotók összetételének és mennyiségének ismerete.

Áttekintés a vizsgálandó mintatestek vonatkozásában

Nanorészecskék

Méretüket tekintve legalább egy fizikai tengely mentén 100 nm-nél kisebbek dimenziójú. A Nanoanyagok speciális tulajdonsággal rendelkeznek a részecskék előállítása és vizsgálata során megmutatkozott, hogy ezek az anyagok viselkedése több szempontból eltérő a nagyobb méretű részecskék ez viszonyítva. Az eltérés oka az, hogy nanorészecskék mérettartománya közelebb esik az atomi méretekhez mint a korpuszkuális anyagokhoz, így egyfajta átmenetet képviselnek az atomok és a nagyméretű anyagi részecskék között. Egyik jelentős különbség a nano és a makroszkópos dimenzió között hogy egy nanorészecskék tömegéhez viszonyítva felülete akár tízszerese is lehet a makroszkópos részecskéhez-képest azonos kémiai összetétel mellett.

Felhasználási területét tekintve egyre inkább bővülő a különböző nanorészecskék előállítása és felhasználása az ipar az élelmiszer előállítás és az orvostudományok területén. Vizsgálatok alapján számos egyszerű vagy összetett nanorészecske hasznosnak bizonyult akár aktív hatóanyagként, fertőtlenítő és tartósítószerként akár vivőanyagként illetve diagnosztikai alkalmazásban. Méretéből fakadóan könnyen bejutnak különböző anyagok célzott területeihez, mindez a felülethez kötve hosszú hatásidőjük. (SZEKERES B. ET AL.,2020,)

Nanorészecskék faanyagvédelem

Az faipar számára a nanotechnológia különböző faanyagvédelmi és felületkezelő anyagok tulajdonságait javítja. Ilyen a festék és a lakkgyártók termékei ahol például a víztaszító képesség, a karcállóság és az UV védelem, ezáltal a kezelt anyag tartóssága is megnövekedik. Faanyagvédelem esetében a nanoméretű fémes faanyagvédőszerek például ezüstöt, szilíciumot, rezet, cink-oxidot vákuumnyomásos kezeléssel juttatnak a fátestbe. A kezelés után meg lehet védeni célzottan bizonyos gombáktól, rovaroktól. A tartósítószeres részecskéi megfelelő mennyiségben, mélységben és nagyobb homogenitással tudnak bejutni a fába.

Előny még hogy az ilyen fajta tartósítószer bejuttatás a hidrofób biocid nano hordozókkal való réteg kialakulása jobb vízzel szembeni védelmet biztosít.(Henger,2020)

Erdei fenyő (*Pinus silvestris*)

Földünk egyik legalkalmazkodóképességű faja Földközi tengertől, a Brit szigetektől és az Észak Nyugat szibériai területekig mindenhol előfordul. Kezdve a sík vidéktől és közel 2000 méter magasságig megtalálható. Magassága 20-40 méter a mellmagassági átmérője 0,1-1 m, egyenes törzsű, hengeres. A geszt és a szijács élesen elkülönül. Idősebb törzseknél a geszt az átmérő kétharmada, vöröses színezetű a szijács világosabb sárgásfehér. Az évgűrűk jól elkülöníthetőek, szélessége az éghajlati viszonyoktól erősen változó. A késői pászta (nyár) aránya 30% körüli és sűrűsége lényegesen nagyobb a koraihoz képest. A faanyag sűrűsége igen változó a termőhelyétől függően légszárazon 330- 890 kg/m³ között mozog. A bútortipar számára a 490 kg/m³ középértékű (borovi fenyő néven illeti) faanyagot kedveli.

Az erdei fenyőt kiválóan alkalmazzák forgács, farost, fagyapotlemez gyártásra. Vegyszerezést követően a gyantátatlom eltávolítása után a papírgyártásban is alkalmazzák. Építőiparban is nagy szerepet képvisel a faházgyártás, kültéri falétesítmények, kerítések alapanyaga. Használják tartószerkezeti ragasztott tartok gyártására, belsőépítészeti szerkezetek (lépcsők, burkolóanyagok) alapanyaga a dekoratív megjelenése miatt.



1. kép Erdei fenyő (*Pinus silvestris*) rönk és a szabadban álló egyede

Bükk (*Fagus sylvatica*)

A fafaj az északi mérsékelt övben őshonos, Európában kiemelkedően fontos szerepe van. Hazánkban domb és a középhegységek faja, 200-800 m magasságban, gyertyános és kocsányos tölgyvel alkotva elegyes állományt. kedveli a páradus élő helyét, nem bírja a szárazságot. Összefüggő állományokat a csapadékos és párdus hegy- és dombvidéken alkot.

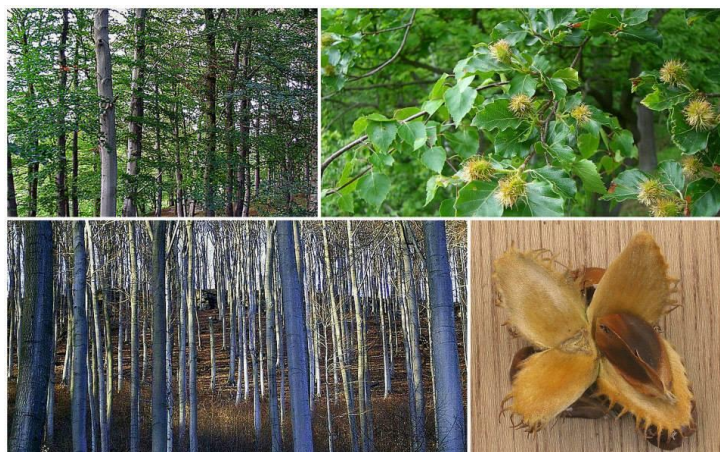
Magasságát tekintve 35-40 m magasságot is elérheti, ágtszta törzshossza 15-20 m. Mellmagassági átmérője véghasználati korban 0,4-0,7m. Kérge világosszürke, sima, ritkán repedezett.

A fatest színezete halványsárgás vagy vöröses tónusú. A geszt és a szíjács nem különödik el egymástól, idősebb korban előfordul az álgesztesedés. A fatest szórt likacsú, évgyűrűi élesen elkülönülnek egymástól, bél sugarai szélesek szabadszemmel jól látható. Fizikai tulajdonságait említve a bükk faanyag nagy sűrűségű légszárazon $540-910 \text{ kg/m}^3$.

Fa hibái közül az álgesztesedést említik elsősorban, de külön figyelmet kell fordítani a faanyag minősítésekor a kéreg benövésekre és a nem látható göcsökre. Gyakori hiba a sudarlosság, görbeség, külponosság illetve a különböző repedések. Lábon álló legyengült fákat különböző rovarok és gombák támadhatják meg, csökkentve a faanyag értékét.

A bükk nem tartozik a természetesen tartós fafajok közé, alacsony a gomba állósága, erősen füledékeny. Kültéri felhasználása csak telítést követően javasolt.

Megmunkálása nehézségek nélkül dolgozható fel, jól fűrészelhető, marható, esztergályozható. Gőzölést követően kiválóan hámozható. Gőzöléssel előkészített faanyag kiválóan hajlítható illetve egalizálja a színbeli tarkaságát és a faanyagban ébredő belső feszültségeket. Felhasználása sokoldalú, a bútoripar egyik legértékesebb fája. A bútoriparban alkalmazzak frontok és takart elemek formájában egyaránt. Furnériparban hámozással műszaki furnérokat késeléssel szín furnért alítanak elő belőle. Felhasználható farostlemezgyártásra, fagyapotgyártásra a cellulózgyártásnak viszont pótolhatatlan alapanyaga.



2. kép Bükk (*Fagus sylvatica*)

Vizsgálati módszerek

A mérés alapanyagainak elő készítése

A mérések a fent megemlített két fa fajt alkalmazza az erdeifenyőt és a bükköt. Ezek az anyagok korábbi kutatásból származnak, amik már átestek nanorészecskés kezelésen és két féle gombabontáson.

A nanorészecskés kezeléshez öt féle szuszpenziót alkalmaztak három fajta koncentrációban. A koncentrációk 0,5%, 1%, 2 %, és 5% töménységűek voltak. A nanoszuszpenziókkal való kezelés után (minden kezelésnél és minden koncentrációnál) a minták felét átmosták. Összesen 60 db a minta mennyisége egy fafajhoz. Ezáltal kezelésenként és koncentrációként 2 db minta test állrendelkezésre, amit két különböző gombabontásra vizsgáltak. A gombabontáshoz két gombafajt alkalmaztak a pincegomba (*Coniophora puteana*) és a lepketaplógombát (*Coriolus versicolor*). Összesen 120 db különböző minta áll rendelkezésre.

Alkalmazott nanorészecskék

- Cink-oxid ZnO
- cin-borát ZnBO_3
- Ezüstkolloid
- Réz-borát
- Réz-oxid

Cink-oxid ZnO

Színe és állaga fehér port hevítve sárga sakkban és bázisban oltható vízben oldhatatlan. Általánosságban felhasználják olajfestékekben hintőpor és kozmetikumokban. Faanyag módosításban leírták, hogy bükk esetében a csökkenti a vízfelvételt és méretstabilitást, biztosít.

Cink-borát ZnBO_3

Fehér alaktalan por, híg savak oldják, vízben kevésbé oldódik. Víz tartalma 1% körüli, cink-oxid tartalma 46% körüli, B_2O_3 tartalma 39%, Olvadáspontja 980°C , javítja az égetett anyagárium a máz tapadását, mázak ömlesztő szere.

Ezüstkolloid

Vízben oldott kolloid állapotú ezüst részecskék alkotják, Mikroba ölő szer.

Réz-borát CuB_4O_7

Kék kristályos por, híg savak és az ammónia oldata oldja. Víz hatására bázikus sóva alakul. Előállítás két vegyértékű rézsók és bor tartalmú vegyületek reakciójával történik. Porcelánfestéknek használják.

Réz-oxid

Az egyvegyértékű rézvegyületnek általában szintelenek a réz(II) vegyületek állandóbbak és általában kék színűek. a Réz (I) és Réz (II) rézionok komplex vegyületek képzésére hajlamosak. Színe sárga és vörös lehet. A réz oxidok és egyéb keverékeit különböző színező anyagoknak használják üveg és zománc iparban. A faiparban elterjedt a réz faanyag védőszerként való alkalmazása, hatékonyan bizonyul a réz nanorészecskéket tartalmazó tartósító szerek a farontógombák elleni végelemben.

Gombabontásnál használt fajok

Pincegomba (*Coniophora puteana*)

A termőtest mérete 4-25 cm között változhat. Kezdetben vékonyan szétterülő később meg vastagodó a termőtest, ami az aljtalantól könnyen leválasztható.

Felülete fiatalon sima, később félgömb alakú szemölcsöktől egyenetlen és sárgásbarna. Szegélye fehér, pelyhesrostos, legszéle sugarasan gyapjas. Állaga viaszszerű később porcszerűen merevvé



3. kép Pincegomba (*Coniophora puteana*)

válk. Apró kerek felszínre simuló termőtestei, később tenyérnyi vagy még nagyobb foltokká olvadnak össze. A friss termőtest nyáron vagy ősszel képződik. A termőrétege sima vagy hullámosan ráncos, idősen a spórától barnán poros.

Előfordulása egész évben, a nedveskörnyezetet kedveli, jellemzően beépített faanyagokban, bányákban, pincékben, oszlopokban, házak belsejében. Magyarországon gyakori barnakorhasztó faj, előfordul lomos és fenyő faanyagban egyaránt, szabadban ritkán található meg.

Terjedésére jellemző hogy a vattaszerű, fehér-barna micéliumkötegeit használja. Megjelenése néha termőtest nélküli ilyenkor, legyező alakban szétterjedő micéliumrostokból álló vékony, hártyaszerű bevonatként látható.

Lepketapló (*Trametes versicolor*)

A termőtest mérete 2-10 cm átmérőjű az alakja félkör-, vese formájú vagy szalagszerű. Felülete bársonyos, szösös, körkörös sávokkal. Az egyes sávok váltakozóan eltérő színűek, amik barnásak, szürkések, sárgásak, feketések lehetnek. Széle lehet kissé hullámos, ritkán karéjos, színe világosabb a belső sávoknál, az egyes kalapok többnyire csoportosan, zsindekszerűen helyezkednek el.



4. kép Lepketapló – (*Trametes versicolor*)

A termőrétegen a pórusok aprók, kerekdedek vagy kissé szögletesek, színe fehéres, később halványsárga színűek. Húsa vékony és szívós, idősebb korában fásodó, nincs különösebb szaga és íze. Előfordulása elsősorban lombos fákon, ritkán fenyőkön is. Általában a fa ágain és tuskóin. A termőtest egyéves, de egész évben megtalálható.

Faenergetikai ismeretek

Hamutartalom

Hamunak nevezünk a szerves anyagok teljes elégetése után visszamaradó (többnyire por alakú, esetleg nagyobb darabokká összeolvadt) anyagot, amely az oxidáció nem illékony termékeiből, szervesetlen sókból, oxidokból áll.

Biomasszával való tüzelés során keletkező hamu tulajdonágai igen változatosak. A különbségek adódnak a növény fajtájától, a termőhelyétől, éghajlatától a tüzelőanyag tárolásától, valamint a felhasznált növényi rész fajtájától (kéreg fa, levél).

A hamu sűrűséget leginkább az alapanyag határozza meg. A tiszta fa magasabb értéket képvisel 0,51g/cm³ értékkel, míg a papírhulladék alacsonyabb 0,24 g/cm³.

A kezeletlen faanyag elemi összetétele legnagyobb részt oxigénből (43,4-44,5%) és szénből (48,5-50,4%) tevődik össze. A hidrogén tartalom 5,8-6,3% és a nitrogéntartalma 0,04-0,26% körül állapítható meg. Az összetétel tükrözi a szén-dioxidot és a vizet, mint kiindulási anyagot

a fotoszintézis folyamatában. A szervetlen elemi alkotók mennyisége 0,1-0,55% között mozognak, ezeket hívjuk hamu alkotóknak. Összetételét tekintve 80%-ban alkáli- és alkáliföldfémek (kálium, magnézium, kalcium).

Az égési hőmérséklet módosításával változik a hamutartalom. Egy kisebb méretű házi kályha nem haladja meg a 700°C –ot, de az ipari nagy teljesítményű kazánok igen. Ha hőmérsékletet 1300 °C-ig felemeljük, akkor nagymértékben megváltozik a hamu elemi összetétele illetve a tömege is csökkenhet 22,9%-47,8%-kal.

Szerkezetileg három hamuformát különíthetünk el: laza, stabilizált és granulált. A laza szerkezetű hamu finomszemcsés porkönnyen bekerülhet a légutakba fölöttébb káros hatású. A stabilizált hamu 30-40%-os nedvesség tartalomig visszanedvesített majd kikeményedik. A por tatalma viszont kijutva levegőbe még problémát okoz. A granulált hamu a hamunedvesítését és természetes karbonizációt követően 5% -os nedveség alá visszaszárítják. Ez a hamuforma a legkedvezőbb elemben az előállítása bonyolultabb és drágább.

A hamutartalom mérési módszerek ismertetése

A hamutartalom meghatározásához a mérést az MSZ EN ISO 18122-2016 szabványban (Címe: Szilárd bio-tüzelőanyagok. A hamutartalom meghatározása) rögzített módszer alapján végeztük el. Ügyelve hogy a mérés során a szabályozott körülmények hőmérsékleti és idő ciklusok megfelelően be legyenek tartva, valamint a minták tömegének pontos meghatározására.

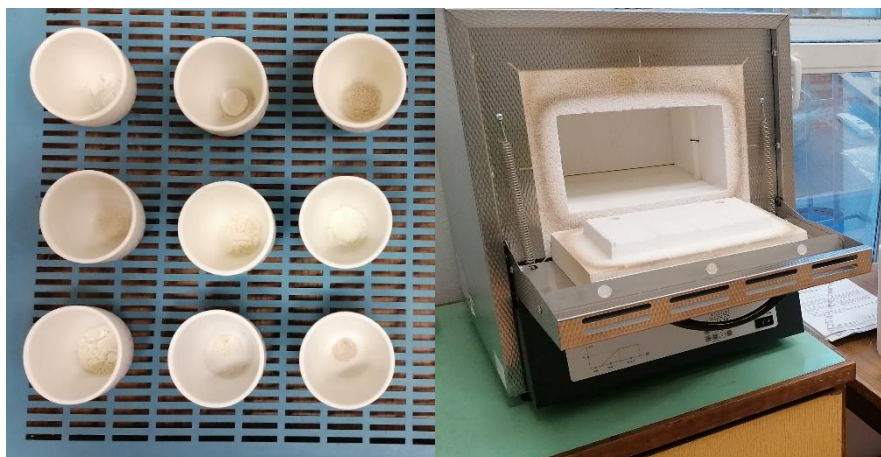
A méréskor használt berendezések, eszközök:

Hevítő edény

Anyagát tekintve egy semleges, közömbös anyag ilyen a porcelán, a szilikát vagy a platina. Mérete akkora hogy a beletöltött minta az alsó felületén 0,1g/cm² maximális anyag eloszlást lehetővé tegye.

Hevítő kemence

Folyamatos, egyenletes hőmérséklet előállítására alkalmas berendezés, mai meghatározott időpontokban emeli vagy csökkenti a hőfokot egy bizonyos értékig, majd ezen a szinten tartja a megadott ideig.



5. kép Hevítő tégely (balra), Nabertherm típusú hevítő kemence (jobbra)

Mérleg

Legalább 0,1 mg pontossággal történő tömeg méréséhez alkalmasnak kell lennie.

Exszikkátor

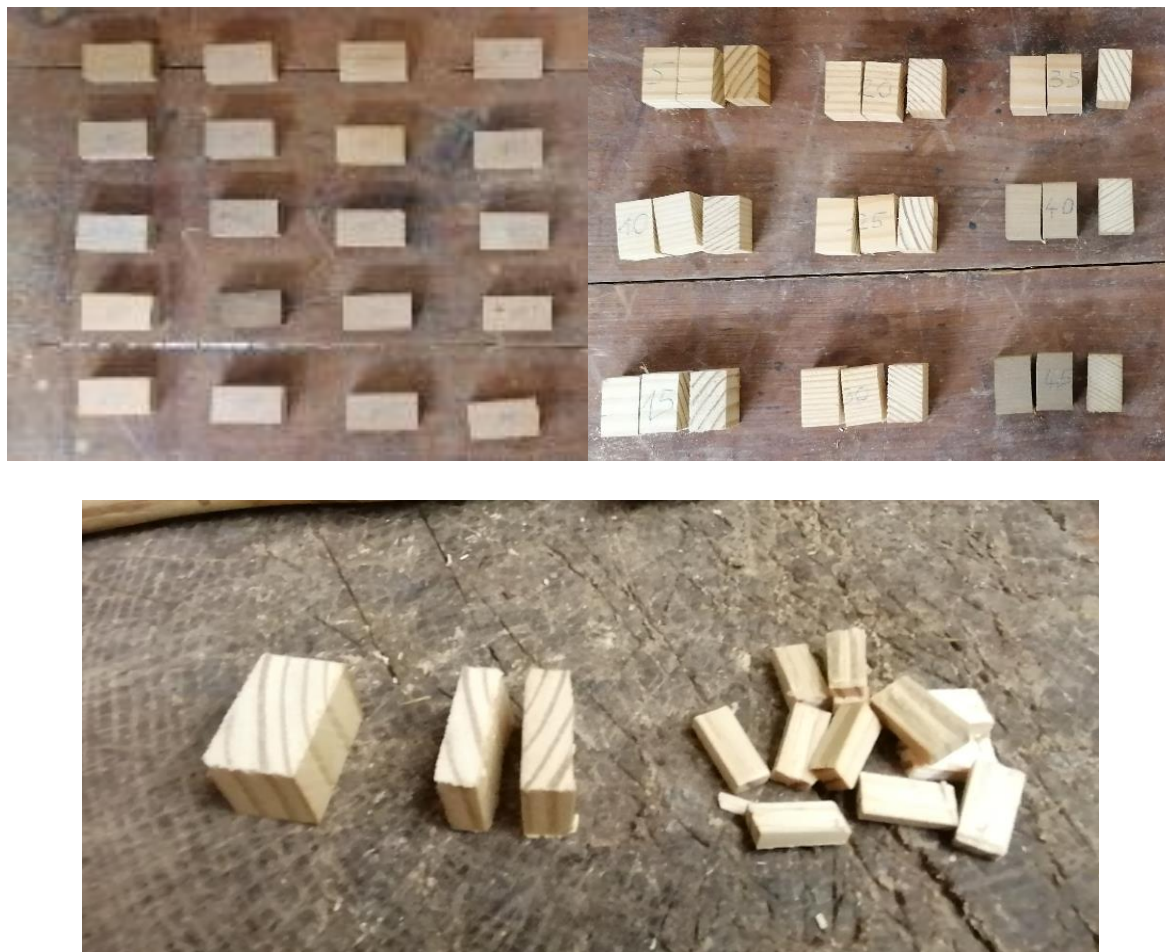
A kemencéből kivett mintákat ebben a laboratóriumi edényben hűtjük vissza szobahőmérsékletre, illetve száríthatjuk is.



6. kép Kern típusú analitikai mérleg (balra), Exszikkátor (jobbra)

Gyakorlati bemutatás

A mérések megkezdése előtt, az égetéshez szükséges minta anyagot kell előkészíteni. Hamutartalom méréshez a rendelkezésre álló próbatétek 15x25x50 mm-esek. Darálás útján porrá kell őrölnünk a faanyagot. A daráló paramétereit miatt a fent említett dimenziójú próbatesteket apró daraokra kell szeletelni, hasítan. Nagyságrendileg ez a méret kb. 5x5x15mm.



7. kép Az eredeti mintatest aprítási lépései

A vizsgálatok elvégzéséhez 1mm, vagy annál kisebb méretű fapor használható. Mivel a próbatesteken különböző kezeléseket végeztek, minden minta darálása után a készüléket gondosan ki kell takarítani. A darálékot gondosan felcímkézve zárható műanyag zacskóba gyűjtjük.



8. kép A további feldolgozásra elkészített aprított, majd őrölt minták

Következő lépésben petri-csészékbe töltve a faporokat egy Memmert típusú szárító szekrényben 24 órán keresztül és 103,5°C-on szárítjuk.



9. kép Memmert típusú szárító szekrény a mintákkal

Míg a faanyag szárad, addig a későbbiekben használni kívánt hevítő téglákat a Nabertherm típusú kemencébe helyezzük és $550 \pm 10^{\circ}\text{C}$ -on 60 percig égetjük. Az edényeket a kemencéből egy hőálló lemezre helyezzük. A megfelelő hőmérséklet elérése után az exsikkátorba átrakjuk őket, hogy átvehessék a labor hőmérsékletét. Miután kihültek egyenként lemérjük 0,1 mg pontossággal.

A következő lépésben a mintákat egyesével a csészékbe adagoljuk, majd lemérjük a faporral töltött csészék tömegét. A szárított faporból legalább 1 grammot használjuk, majd egyenletesen oszlassuk el a csésze alján. A szabvány előírja, ha a hamutartalom nagyon alacsony értéket mutat, akkor nagyobb edényt és több faport kell alkalmazni. A mérések során ez a probléma került elő. A faporral megtöltött csészéket behelyezzük a hideg kemencébe, ezután következik a fűtés.

A fűtés két fő szakaszból áll:

I.szakasz: 250°C-ra melegítés 50 perc alatt majd 60 percig tartani ezen a hőmérsékleten azért, hogy az illékony anyagok távozzanak a faanyagból.

II. szakasz: Folytatva a melegítést, úgy hogy 550 ± 10°C-ra fűtsön fel, és tartsa ezen a hőmérsékleten 120 percig.

120 perc elteltével a fűtés befejezését követően az edényeket kivesszük a kemencéből, és a hőálló lemezen 5-10 percig hagyjuk őket hűlni, majd ezt követően szárítószer nélküli exszikkátorba helyezzük. Miután szobahőmérsékletre hűlt 0,1 mg pontossággal visszamérjük a csészéket a hamuval együtt.

A hevítési ciklus végén korom jele arra utal, hogy nem volt megfelelő az égetés. (A mérések során nem tapasztaltuk.)

A szabvány két lehetőséget ír erre az esetre:

a) A csészét 30 percre visszatesszük a forró (500°C-os) kemencébe, amíg a tömeg változása kevesebb, mint 0,5 mg.

b) Desztillált vizet vagy ammónium-nitrátot cseppentünk a mintához mielőtt visszatennénk a szobahőmérsékletre hűtött kemencébe. Újra felfűtjük a kemencét 550 ± 10°C-ra és ezen a hőmérsékleten tartjuk további 30 percig, amíg tömegének változása nem haladja meg a 0,5 mg-ot.

A hamutartalom százalékban kifejezve a következő képlet segítségével számítható ki:

$$A_s = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_3} * 100, \text{ ahol}$$

m_1 : az üres csésze tömege grammban kifejezve

m_2 : a csésze és a minta együttes tömege grammban kifejezve

m_3 : a csésze és a hamu együttes tömege grammban kifejezve

Égés

Az energiatermeléshez, hőközléshez szükséges hő meghatározó részét tüzelőanyagok égetése útján nyerik. Az égés a tüzelőanyagok éghető részeinek a levegő oxigénjével való gyors egyesülése, amely hőfejlődéssel jár. Az égés egy oxidáció, amely során az éghető anyagok kémiaiilag kötött energiájának bizonyos mennyisége hő formájában szabadul fel. A tüzelőanyagokat legtöbb esetben légköri nyomáson égetik el, eközben gáz-halmazállapotú füstgáz keletkezik. Az égés folyamatában a fizikai tényezők (keverés, levegő-hozzávezetés, füstgáz-elvezetés, tüzelőterek kiképzése, tüzelőberendezés fajták stb.) szerepe a kémiai tényezőkkel azonos fontosságú.

A tüzelőanyagoknak égési tulajdonság szempontjából éghető és nem éghető összetevői vannak.

Éghető összetevők: C, H, S.

Nem éghető összetevők: O, H₂O, N, hamu

Az egyes összetevőket a tüzelőanyag általában nem elemi állapotban, hanem különféle vegyületek formájában tartalmazza, ezért a tényleges összetétel meghatározása igen nehéz. A gyakorlatban az elemi összetétellel (tömeg vagy térfogatszázalékban kifejezve) jellemzik a tüzelőanyagokat. A C, H és O-tartalom a tüzelőanyag égési tulajdonságai, a kén-tartalom és nitrogéntartalom pedig elsősorban a korrózió és környezetszennyezés szempontjából fontos paraméter.

A kén jelenléte nem kívánatos, mert az elégetéskor keletkező kén-oxidok savas esőt eredményeznek, és erős korrózió hatásúak. A nem éghető rész szervesetlen vegyületei hamuként maradnak vissza. A tüzelőanyagok tüzeléstechnikai szempontból legfontosabb jellemzője az égéshő és a fűtőérték

Égéshő

Az egységi mennyiségű faanyag elégetésekkor keletkező hőmennyiséget égéshőnek nevezzük.

A tüzelőanyag tömeg- vagy térfogategységének teljes elégetésekor keletkező átalakulási hő: az a hőmennyiség, amely az egységnyi mennyiségű tüzelőanyag tökéletes elégetésekor 25°C állandó hőmérsékleten, 3,0 MPa túlnyomású oxigénben felszabadul. Az égéshő kísérletileg kaloriméterben határozható meg. Az elégés után gáz halmazállapotú oxigén, nitrogén, széndioxid, nitrogén-oxidok és kén-dioxid, folyékony halmazállapotú víz és szilárd halmazállapotú hamu marad vissza.

Fűtőérték

Az elégetéskor a tüzelőanyagból eltávozó és a hidrogén elégéséből keletkező víz párolgási hőjével csökkentett égéshő. (A tökéletes égés után a víz gőz halmazállapotú).

A vizsgált minták égéshőjének kaloriméteres meghatározása

A kaloriméter hőkapacitása az a hőmennyiség, ami a 25°C-os kaloriméter hőmérsékletét 1°C megemeli. A kaloriméter hőkapacitásának meghatározása úgy történik, hogy egy ismert égéshőjű anyagot (etanolanyag) oxigénnel töltött kaloriméterbombában elégetve a kaloriméteredényben lévő adott mennyiségű víz hőmérséklet emelkedését mérik meg. A kaloriméterhőkapacitása az elégetéskor keletkező felszabaduló hőmennyiség által változó víz hőmérsékletből számolható. Ez alapvetően a készülékünk bekalibrálását jelenti.

Kaloriméterhőkapacitása:

$$C = \frac{Q \cdot m + C_1 + C_2 + C_3}{D_t - K}, \text{ ahol:}$$

C = a kaloriméter hőkapacitása, J/°C

Q = az etanolanyag égéshője, J/g

m = az etanolanyag tömege, g

C₁ és C₂ = a gyújtóhuzal és pamutszál égéséből adódó korrekció, J

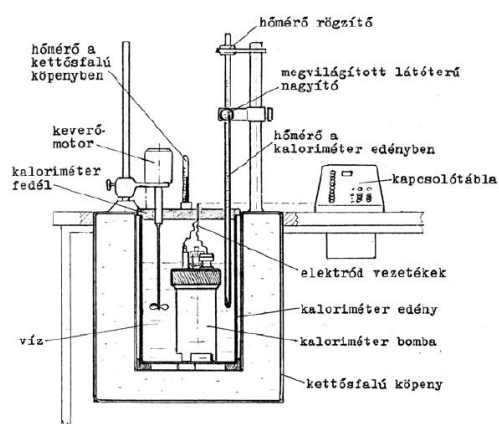
C₃ = a salétromsav képződése során keletkező hő miatti korrekció, J

D_t = hőmérséklet-emelkedés (a főkísérlet során), °C

K = a kaloriméter és a környező levegő közti hőcsere miatt szükséges korrekciós tényező, °C

Az ismeretlen tüzelőanyag-minta égéshőjének meghatározását, ugyanilyen feltételekkel, ugyanazon berendezéssel és ugyanazon a kaloriméterbombával kell elvégezni. A meghatározott tömegű tüzelőanyag-mintát oxigénnel töltött bombában elégetve a kaloriméteredényében lévő víz hőmérséklet emelkedését méri. Az ismert kaloriméter hőkapacitásból és a tüzelőanyag égésének következtéből adódó hőmérsékletváltozásból kiszámítható az ismeretlen minta égéshője.

A méréskor használt berendezés egy IKA 2000C márkájú kaloriméter.



10. kép Szemléltető a kaloriméter felépítéséről és működési elvéről
és az alkalmazott IKA 2000C típusú kaloriméter

Kaloriméter részei:

Kaloriméterbomba: Vastagfalú, kb. 300cm³ űrtartalmú hengeres edény. Anyaga saválló acél. Két egységből áll, az alsóegysége maga a bomba test, a felső egység egy légmentesen zárható fedél. A fedélen keresztül jut be az oxigén egyszelen keresztül, itt csatlakozik az elektromos gyújtás a gyújtó pamutszál számára. A fedéllel összetartozóan van kialakítva a minta tégely tartója.



11. kép A kaloriméterbomba és a felső rész külön

Kaloriméteredény:

Vékonyfalú, kb. 3-4 liter űrtartalmú nikkelezett fém tartály, felülete a sugárzó hő visszaverés miatt fényesre polírozott. A környezettel való hőcsere megakadályozására vízzel töltött kettősfalú köpeny veszi körül. A víz hőmérséklet változásának mérését ebben a kaloriméteredényben végezzük. A hőmérsékletmérésre elektronikus úton történik tízezred °C-os nagyságrendben.

Keverőberendezés: A helyileg fel-lépő hőmérséklet- különbségek egalizálására szolgál.

Gyújtóberendezés: a bombában a elektromos izzítást hoz létre, ami a pamut gyújtószálat belobbantja.

A mérés menete:

1. A méréshez szükséges minta előkészítése, tömegének meghatározása.

A vizsgálandó anyag szerkezetét tekintve fapor. Amit korábban a hamutartalomméréshez is használtunk. A mintát pasztillaprés segítségével mérés előtt pasztillájuk.

A vizsgálandó minta súlyát úgy kell megválasztani, hogy a reakció során a kaloriméteredényben lévő víz melegedése kb.: 2-3 °C legyen. (Biomassza 0.5-1.0 g). A mintát a mintatartó tégllybe helyezzük el úgy, hogy a gyújtófonál hozzá érjen a mintához.

2. A méréshez szükséges oxigén nyomását 30 bar értékre kell beállítani.

A kísérlet dinamikus elv szerint 25 °C-on (a belső tartály induló hőmérséklete) történik. A szükséges vízhőmérsékletet beállítása hűtőrendszer segítségével történik.

A kalorimetrikus kísérlet során a mérőcellában a következő folyamatok mennek végbe:

- A mérőcella fedele automatikusan becsukódik és a feltáráedény a belső tartályba kerül
- A töltőberendezés tiszta oxigénnel tölti fel a bombát 30 bar nyomásig.
- Egy külső nyomás alatti forrásból víz áramlik a készüléken át és az üzemeltetési hőmérsékletre (25 °C) melegszik fel.
- A belső tartály temperált vízzel (üzemi hőmérséklet) megtöltődik.
- A keverő gondoskodik az egyenletes hőmérséklet-eloszlásról.
- Az égetendő mintát a gyújtóberendezéssel elektromosan meggyújtja.
- A belső tartály vizének hőmérsékletemelkedését mérjük, és meghatározzuk a keletkezett égéshőt.
- A kísérlet végén a belső tartály vize kiürül, a mérőcella fedele kinyílik.



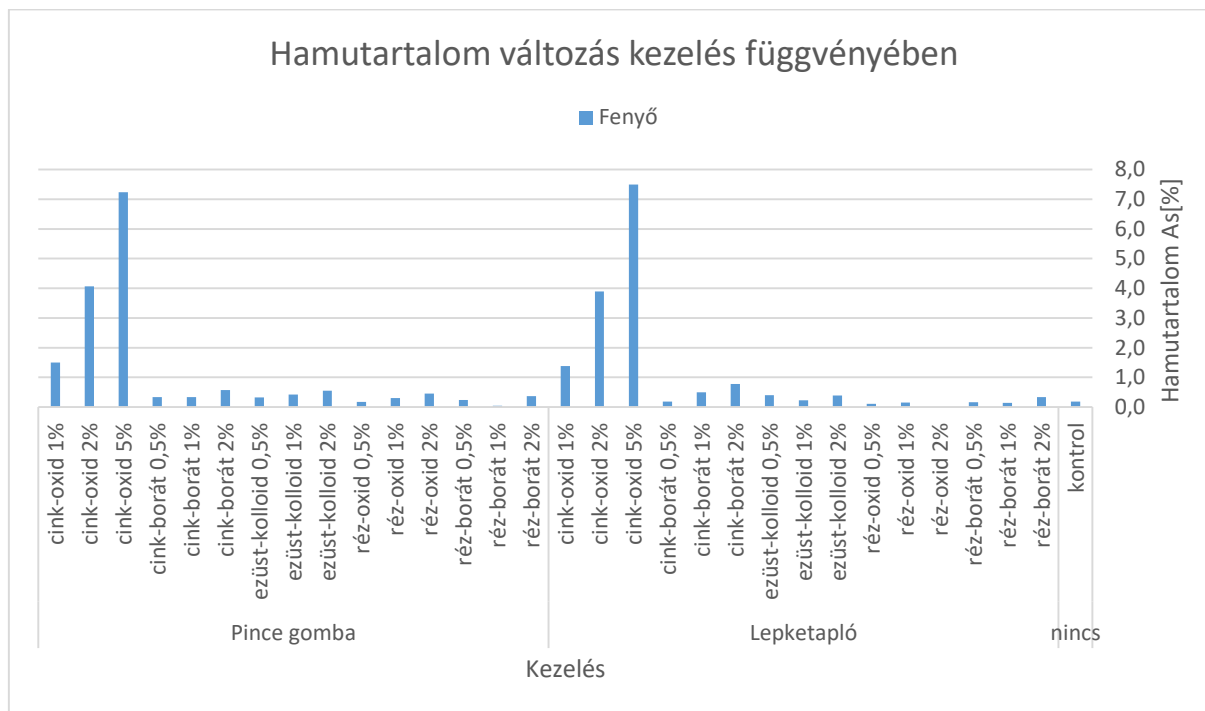
12. kép Pasztylakészítő

A mérési eredmények bemutatása

A mérések, adatait táblázatokba gyűjtöttem ki és különböző diagramokat készítettem, amik megkönnyítik az elemzést.

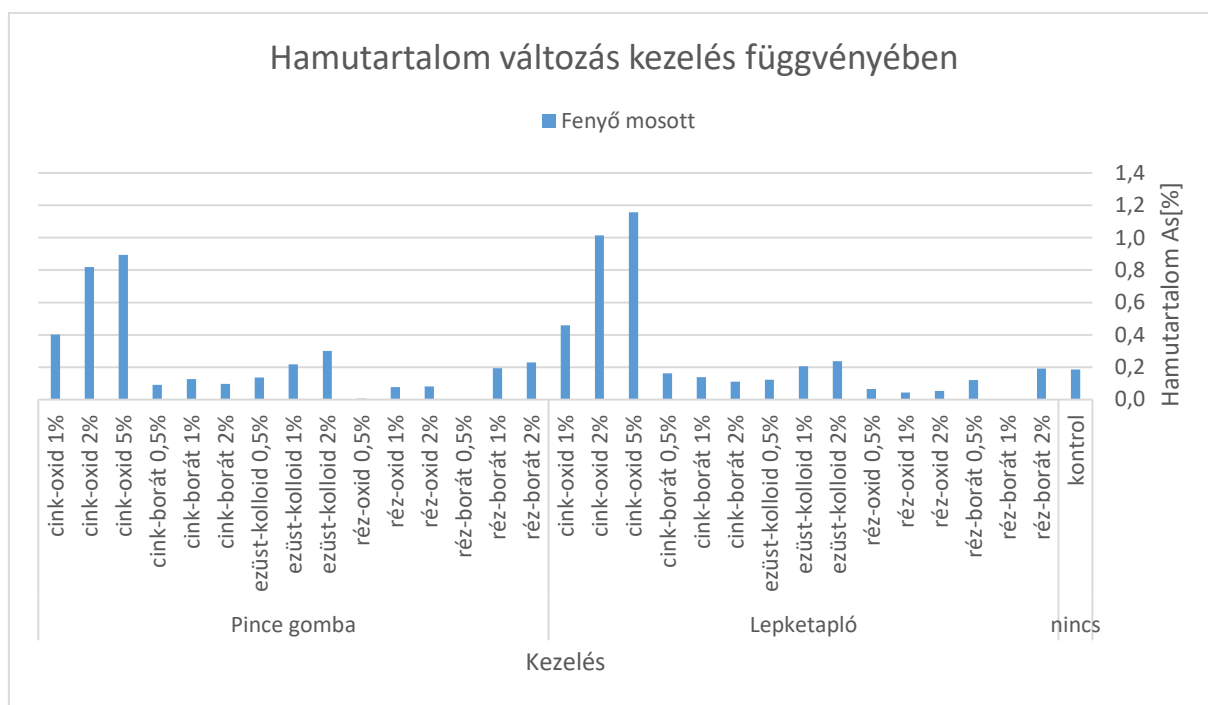
Gomba faj	Kezelés	Fenyő	Fenyő mosott	Bükk
		Hamutartalom As[%]		
Pince gomba	cink-oxid 1%	1,506	0,401	1,317
	cink-oxid 2%	4,063	0,818	1,984
	cink-oxid 5%	7,232	0,894	3,431
	cink-borát 0,5%	0,342	0,090	0,189
	cink-borát 1%	0,342	0,126	0,157
	cink-borát 2%	0,570	0,097	0,313
	ezüst-kolloid 0,5%	0,331	0,136	0,115
	ezüst-kolloid 1%	0,421	0,216	0,271
	ezüst-kolloid 2%	0,548	0,300	0,389
	réz-oxid 0,5%	0,174	0,006	0,226
	réz-oxid 1%	0,303	0,078	0,259
	réz-oxid 2%	0,458	0,080	0,101
	réz-borát 0,5%	0,238	0,000	0,336
	réz-borát 1%	0,047	0,193	0,262
	réz-borát 2%	0,373	0,228	0,424
Lepketapló	cink-oxid 1%	1,381	0,459	na.
	cink-oxid 2%	3,892	1,015	na.
	cink-oxid 5%	7,497	1,157	na.
	cink-borát 0,5%	0,183	0,161	na.
	cink-borát 1%	0,500	0,137	na.
	cink-borát 2%	0,774	0,110	na.
	ezüst-kolloid 0,5%	0,399	0,122	na.
	ezüst-kolloid 1%	0,231	0,206	na.
	ezüst-kolloid 2%	0,392	0,237	na.
	réz-oxid 0,5%	0,112	0,066	na.
	réz-oxid 1%	0,149	0,043	na.
	réz-oxid 2%	-0,169	0,053	na.
	réz-borát 0,5%	0,160	0,121	na.
	réz-borát 1%	0,147	-0,022	na.
	réz-borát 2%	0,339	0,192	na.
nincs	kontrol	0,186		0,413

1. táblázat Hamutartalom összegzés



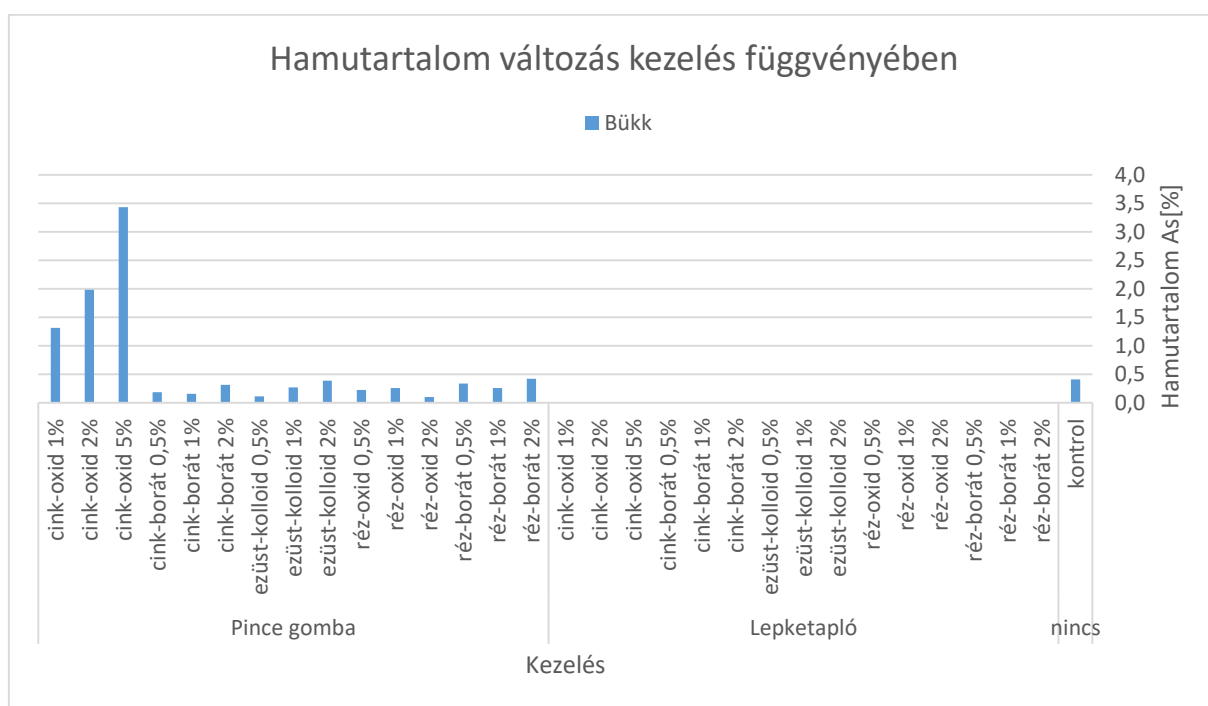
1. diagram Hamutartalom változása erdeifenyő esetén a kezelés függvényében

Az 1. diagramon az erdei fenyő hamutartalmi értéket láthatjuk. A diagramból leolvasható hogy a hamu alkotók mennyisége növekszik a nanorészecske koncentrációjával. a cink-oxiddal való telítés sikeresnek bizonyult kimagasló értékű. Az 1%-os koncentráció értékhez tartozó értéke 1,506%, míg az ezután következő 1% koncentrációhoz tartozó kezelés hamutartalma csak 0,421% az ezüst-kolloidnál. A kontrol fenyő értéke 0,186%-os hamutartalmat mutat. A gombakezelés nem befolyásolta akkora mértékben a hamutartalmat.



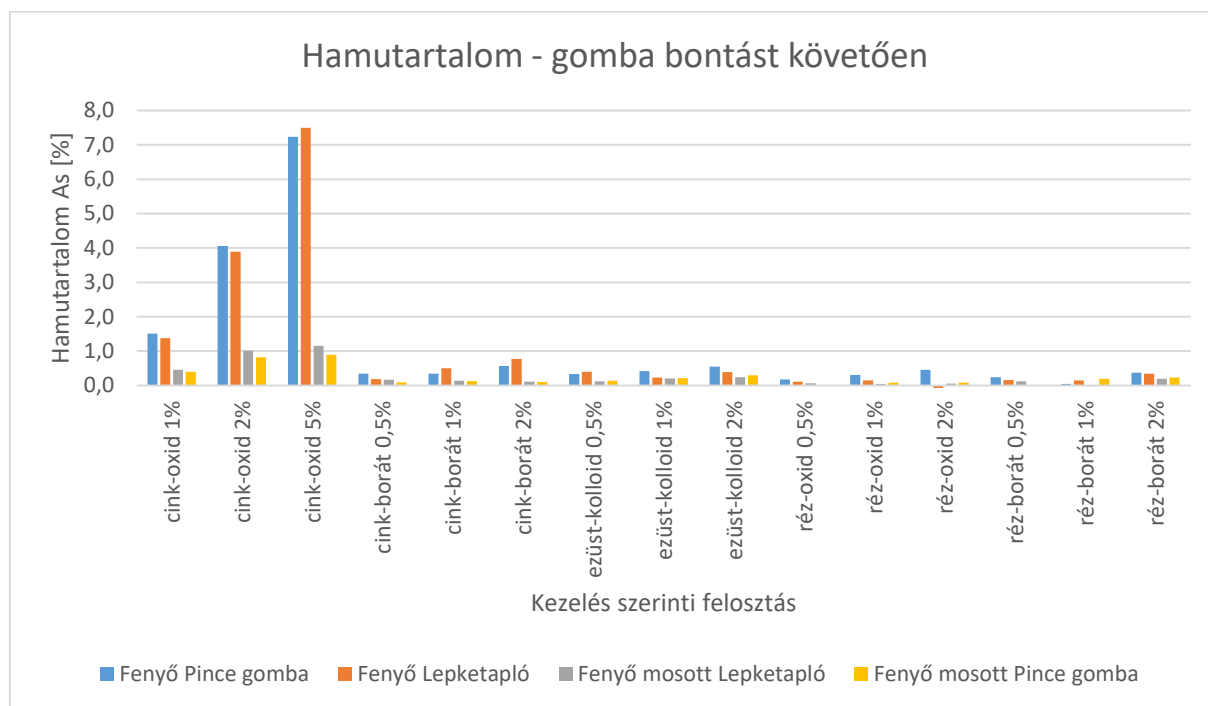
2. diagram Hamutartalom változása mosott erdeifenyő esetén a kezelés függvényében

A 2. diagramon a mosott erdei fenyő értékeit láthatjuk. A hasonlóan látható, mint az 1. diagramon hogy nano szuszpenzió koncentráció növekedésével növekszik a hamualkotók mennyisége is. Elterést viszont tapasztalhatunk mennyiségi szempontból itt a maximális érték az 1% koncentrációt illetően 0,459%-os hamutartalmat mutat. A minta testek mosása hatással volt a szuszpenziók megmaradó koncentrációjára.



3. diagram Hamutartalom változása bükk esetén a kezelés függvényében

A bükk hamutartalom változását 3. diagramon szemléltetem, hasonlóan érzékelhető a hamu alkotók mennyiségi növekedése a nano anyagok koncentrációjának vonatkozásában. A maximális hamu tartalmi érték az 1% nano kezelésnél 1,317 % ami cink-oxid-nál tapasztalható. A 3. diagramon és a 1. táblázatban is látható hogy nem teljes a mérések még folyamat alatt vannak, így nem rendelkezek adatokkal a bükk lepketapló gomba bontott anyagairól és a bükk mosott mintáival kapcsolatban



4. diagram Hamutartalom változása fenyő esetén a gombabontást figyelembe véve

A hamutartalom mérése esetén első ránézésre elmondható hogy a nanorészecske koncentráció növekedésével megemelkedett a hamu alkotók mennyisége. A legjelentősebben visszamaradt hamualkotó a cink-oxididdal kezelt faanyagoknál jelentkezik. Elmondható hogy a kimosódás hatással volt a nanokezelésre. A fenyő esetében a 7,497% a maximális hamutartalom a kimosott fenyő esetén 1,157% míg a büknél 3,431% okos volt.

A kontrol értékek fenyőnél 0,186% a büknél 0,041% volt.

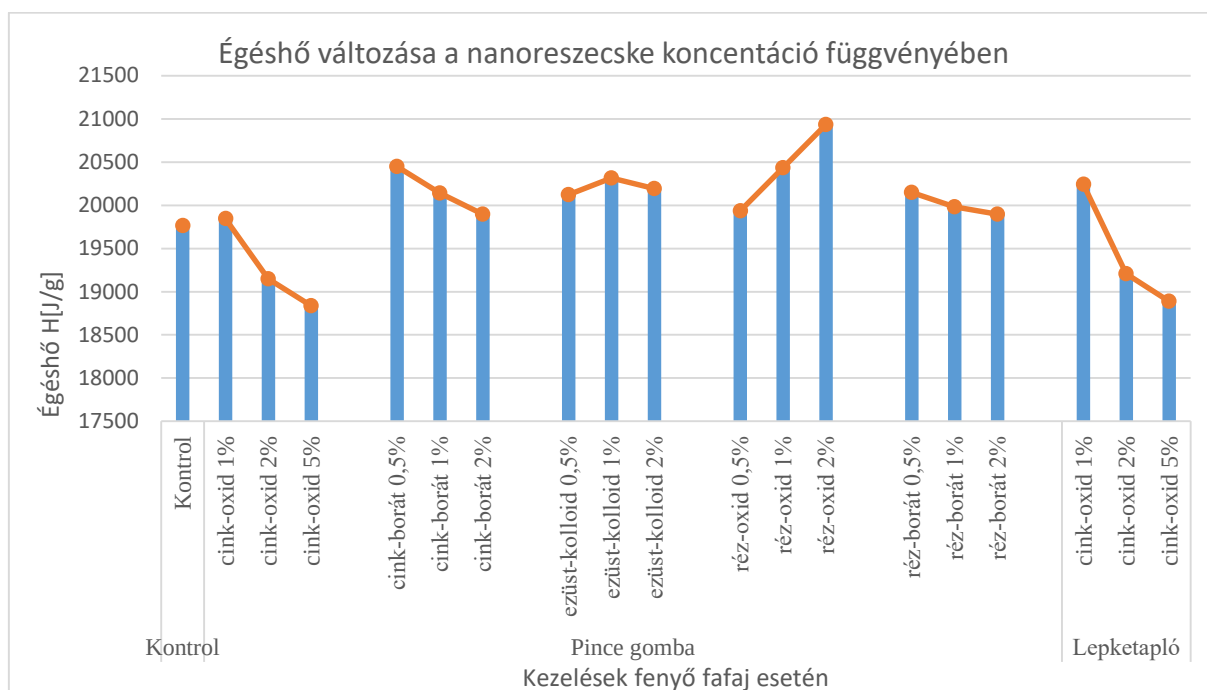
A 1. táblázatban találhatunk, negatív hamutartalmi értéket az ok az értékek nem megfelelő visszamérésből származhat, a mérés megismétlését teszi szükségese a későbbiekben.

A gomba bontás esetleges hatását nem lehet egyértelműen megállapítani (4. diagram), a későbbi elemzések során figyelembe vehető hogy a gomba test a fejlődése során építette be a micéliumaiba nanoszuszpenziós elemeket.

Gombakárosítás	Kezelés	minta sorsz.	Égэшő H (J/g)
Kontrol	Kontrol	fenyő kont. 87	19765,0
	cink-oxid 1%	F5	19845,3
	cink-oxid 2%	F10	19148,3
	cink-oxid 5%	F15	18835,3
	cink-borát 0,5%	F20	20448,0
	cink-borát 1%	F25	20142,0
	cink-borát 2%	F30	19897,0
	ezüst-kolloid 0,5%	F35	20124,3
	ezüst-kolloid 1%	F40	20316,3
	ezüst-kolloid 2%	F45	20192,0
Pince gomba	réz-oxid 0,5%	F50	19933,7
	réz-oxid 1%	F55	20432,0
	réz-oxid 2%	F60	20935,7
	réz-borát 0,5%	F65	20149,0
	réz-borát 1%	F70	19980,7
	réz-borát 2%	F75	19896,3
Lepketapló	cink-oxid 1%	F80	20244,0
	cink-oxid 2%	F85	19208,3
	cink-oxid 5%	F90	18890,0

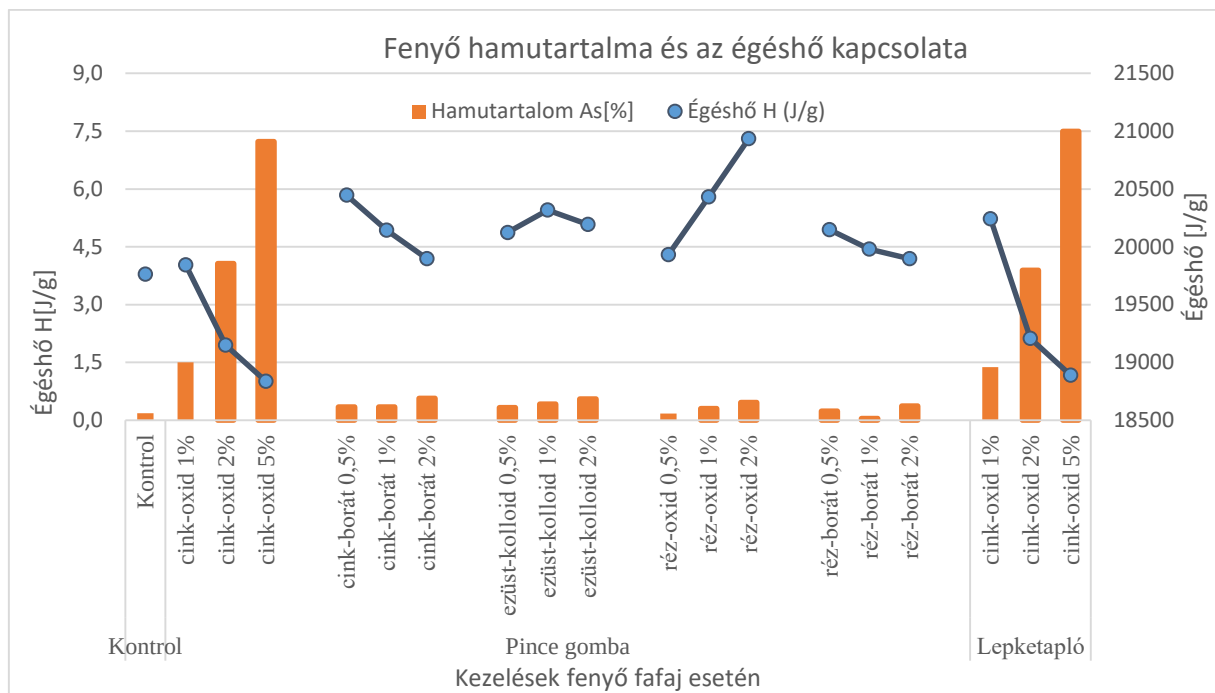
2. táblázat Éгэшő összegzése

Az meghatározott égэшő adatokat a 2. táblázat tartalmazza. Látható hogy az erdei fenyő mintákból összesen 19 db áll rendelkezésre. Egy égэшő érték egy minta 3 db mérési átlagából adódik.



5. diagram Égésző és a kezelés kapcsolata

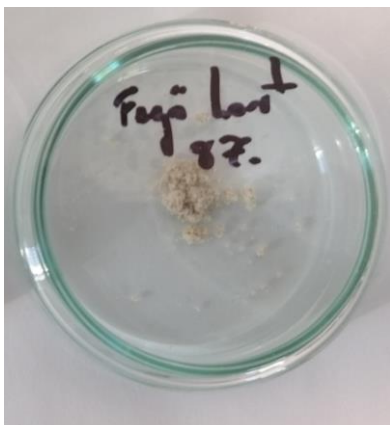
Az 5. diagramon szemlélteti akartam, hogy a nanorészecske koncentrációjának növekedésével csökkenő égésző értéket kapunk. A cink-oxid, cink-borát és a réz-borát esetében ez igazolva is lett. Az ezüst-kolloid esetében nem egyértelmű, de a réz-oxid a nano koncentráció növekedésével növekvő égészőt mutatott. A legnagyobb égésző értékünket is a réz-oxid 2%-os mintája, adta ami 20936 J/g. Kontrol érték 19765 J/g.



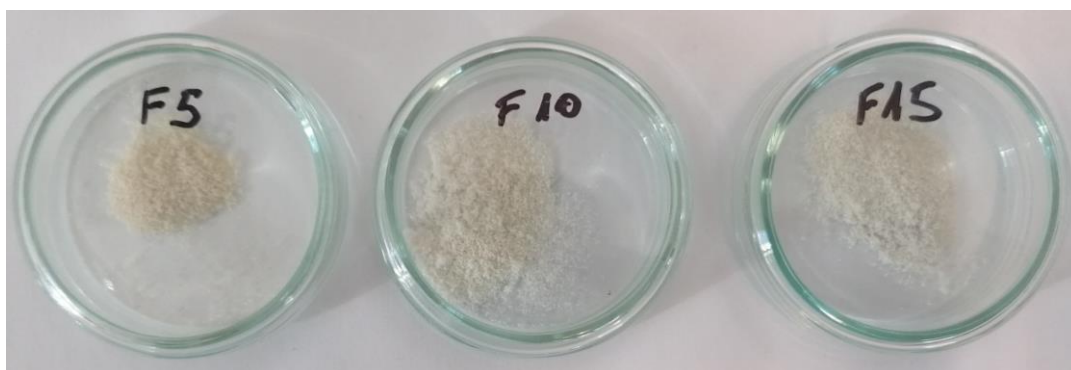
6. diagram A hamutartalom és az égéshő viszonya kezelések figyelembevételével

Az erdei fenyő növekvő koncentrációjú kezelései növekvő hamutartalmat eredményeztek össze vetve az égéshő értékeivel (6. diagram) látható hogy a valamilyen arányossági összefüggés van. További mérések szükségesek a feltárásához.

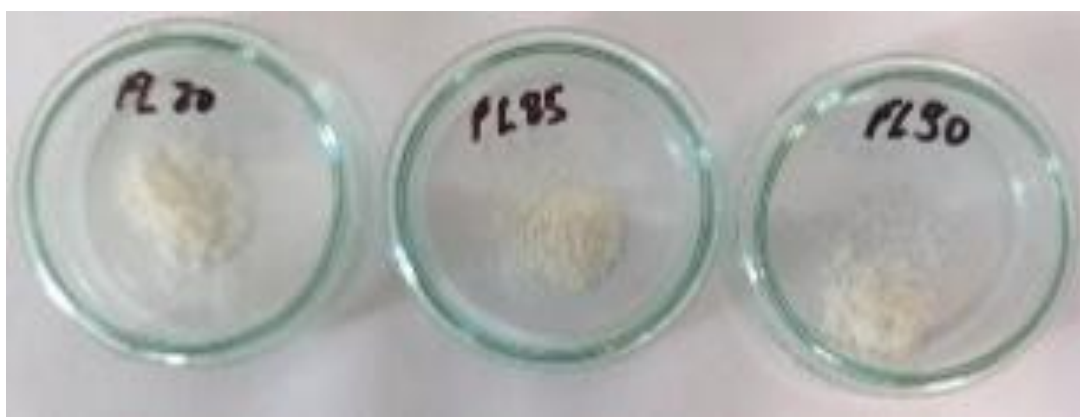
A képeken hamutartalom mérést követően petri-csészében tárolt hamut láthatjuk. 13. kép a fenyő kontrol.



13. kép Kontrol erdei fenyő hamu

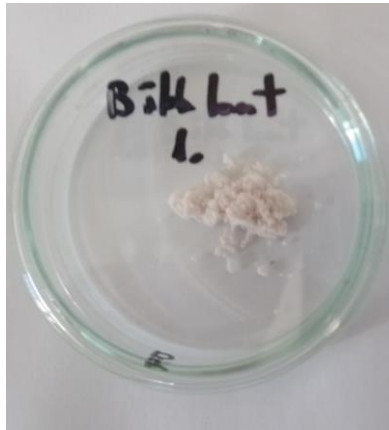


14. kép Erdei fenyő Cink-oxid 1%,2%,5% hamuja

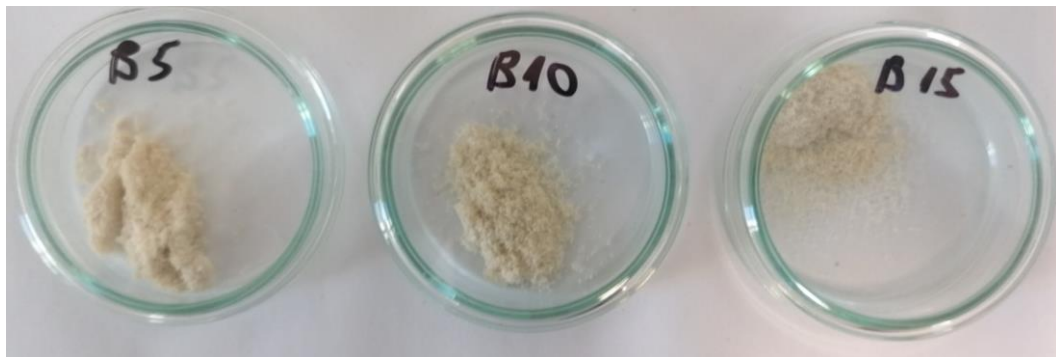


15. kép Mosott erdei fenyő Cink-oxid 1%,2%,5% hamuja

A 14.-15. képen balról-jobbra haladva a nanokoncentráció növekszik, cink-oxiddal kezelt faanyag, erdei fenyő (fent), mosott erdei fenyő (lent). A 14 képen kivehető hogy térfogatilag is növekedés látható.



16. kép Bükk kontrol hamu



17. kép Bükk Cink-oxid 1%,2%,5% hamuja

Megfigyelhető színbeli eltérés a visszamaradt hamun a bükk kontrol rózsaszínes (16. kép) míg a bükk cink-oxiddal kezelt hamu (17. kép) fehér. A cink-oxiddal kezel anyagok hamuja jellemzően fehér színezetű.

Összefoglalás:

Elmondható, hogy a hamutartalom vizsgálat során egyértelmű összefüggés tapasztalható a hamu mennyisége és a nano szuszpenzió típusa és koncentrációja között. A hamutartalom mérés fontossága meg jelenhet egy esetleges telítési kezelés mérőszámaként is. A vizsgált anyagok hamutartalm a cink-oxidos kezelés során eltérés mutata mindig magasabb volt ez az érték a többi kezelés során ezek az értékek átlagosan az erdeifenyőnél 0,32%, a mosott erdei fenyőnél 0,14% a bükk esetében 0,25%. A cik-oxidos kezelés átlag értékei fafajra lebontva a erdei fenyőnél 4,26% a mosott erdei fenyőnél 0,79% a bükk esetében 2,24%. Vizuális megjelenésben az égés során visszamaradt hamu mennyisége a konszentráció növekedést tükrözi. A hamu színezete, a használt kezelőanyagtól függő eltérést tapasztalhatunk (fekete, fehér sárga, barna és ezek árnyalatai).

Az égéshő vizsgálatoknál a tapasztalat az hogy a kezelések konszentrációjának növekedésével csökkenő ékéshő mennyiséget mérhettünk, kivétel a réz-oxidos kezelésnél ott növekedett az égéshő a konszentráció növekedésével. A legnagyobb égéshő értékünket is a réz-oxid 2%-os mintája, adta ami 20936 J/g. Az égéshő vizsgálatokat az erdei fenyő mintákon vizsgáltuk eddig. A gomba bontás esetleges hatását nem lehet egyértelműen megállapítani, a későbbi elemzések során figyelembe vehető hogy a gomba test a fejlődése során építette be a micéliumaiba nanoszuszpenziós elemeket, amik eltávolításuk után csökkentette-e volna a hamualkotók mennyiségét.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tatom a Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki kar és Kreatívipari Kar, Faipari és Műszaki Intézet és Faanyagtudományi Intézetnek, hogy helyet és lehetőséget biztosítottak a kutatómunkák elvégzéséhez.

Külön köszönet Dr. Komán Szabolcsnak és Dr. Bak Miklósnak a türelmükért, és a témavezetésükért.

AZ INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTERIUM ÚNKP-21-2-I ÚJNEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.



Irodalom jegyzek

Nanorészecskék – múlt, jelen, jövő, Közegészségügy – Összefoglaló Közlemény, Szerk.: Szekeres Barbara Gabriella, Szűcs-Somlyó Éva, Lehel József, Kővágó Csaba, Állatorvostudományi Egyetem, Budapest, University of Veterinary Medicine, Budapest, DOI: <https://doi.org/10.29179/EgTud.2020.1-2.16-38>

Henger Zoltán, Szilícium alapú nanorészecskék fa-víz kapcsolatokra gyakorolt hatásának vizsgálata, Szakdolgozat, 2020, Sopron

Földönk ipari fái Szerk.: Molnár Sándor, Farkas Péter, Börcsök Zoltán, Zoltán György. ISBN 978-963-12-5239-2, 2016, Sopron

Molnár Sándor, Faanyagismeret, ISBN 9639553173, 2004, Budapest

Jahola Etelka, Faanyagok hamutartalmának változékonysága, Szakdolgozat, 2015, Sopron

Götz Sándor Bálint, Fás szárú energetikai ültetvények energiatartalma, Szakdolgozat 2015, Sopron

Internetes hivatkozások

Tüzelőanyag-Vizsgálatok, ELTE Kémiai Technológiai és Környezetkémiai Tanszék, 2004, https://www.muszeroldal.hu/measurenotes/Tuzeloanyag_vizsgalatok.pdf, 2021.11.29.

Haidekker Borbála, Hamu és pernye mint másodnyersanyag, <https://hulladekonline.hu/files/167/>, 2021.11.29

Miskolci Gombász Egyesület (MIGE), <http://www.miskolcigombasz.hu/fajlista/index.php?action=showKind&langOrder=hu&caller=kindList&kindId=643> 2021.11.29.

Chiara Civardi et al., Micronized copper wood preservatives: An efficiency and potential health risk assessment for copper-based nanoparticles, https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026974911500086X?casa_token=Emx5rmWUW4MAAAAA:TGQWMZ5MNYEOP5pyR8Gprq6v8NSuCiSETDTpsLQk5ef1EQtbr4xrwmaua56nAfMJU8OIMxBdS_w#! 2021.11.29.

Fazekaskémia C, <http://agyagismeret.blogspot.com/2011/05/c-cink-borat-znbo-3-alaktalanpor-hig.html>, 2021.11.29.

Fazekaskémia R, <http://agyagismeret.blogspot.com/2011/05/r-rez-borat-4-o-7-kek-kristalyos-por.html>, 2021.11.29.

<https://sciencealpha.com/hu/the-zinc-oxide-characteristics-properties-and-production-chemical-reactions/>

Képjegyzék

1. kép Erdei fenyő (<i>Pinus silvestris</i>) rönk és a szabadban álló egyede, https://kertlap.hu/nemes-fenyok/erdei-fenyo/ , https://www.oee.hu/hirek/agazati-szakmai/modosultak_favalasztek	6
2. kép Bükk (<i>Fagus sylvatica</i>), https://kertlap.hu/nemes-fenyok/erdei-fenyo/ , https://www.oee.hu/hirek/agazati-szakmai/modosultak_favalasztek	8
3. kép Pincegomba (<i>Coniophora puteana</i>), http://www.miskolcigombasz.hu/upload/media_thumbnail/9/2156/21761.jpg	10
4. kép Lepketapló – (<i>Trametes versicolor</i>), http://www.miskolcigombasz.hu/upload/media_thumbnail/9/728/19136.jpg	11
5. kép Hevítő tégely (balra), Nabertherm típusú hevítő kemence (jobbra)	13
6. kép Kern típusú analitikai mérleg (balra), Exszikkátor (jobbra).....	13
7. kép Az eredeti mintatest aprítási lépései	14
8. kép A további feldolgozásra elkészített aprított, majd őrölt minták	15
9. kép Memmert típusú szárító szekrény a mintákkal	15
10. kép Szemléltető a kaloriméter felépítéséről és működési elvéről	19
11. kép A kaloriméterbomba és a felső rész külön	20
12. kép Pasztillakészítő	21
13. kép Kontrol erdei fenyő hamu.....	29
14. kép Erdei fenyő Cink-oxid 1%,2%,5% hamuja	29
15. kép Mosott erdei fenyő Cink-oxid 1%,2%,5% hamuja.....	29
16. kép Bükk kontrol hamu	30
17. kép Bükk Cink-oxid 1%,2%,5% hamuja	30

Táblázat jegyzék

1. táblázat Hamutartalom összegzés.....	22
2. táblázat Égэшő összegzése	26

Diagram jegyzék

1. diagram Hamutartalom változása erdeifenyő esetén a kezelés függvényében	23
2. diagram Hamutartalom változása mosott erdeifenyő esetén a kezelés függvényében	24
3. diagram Hamutartalom változása bükk esetén a kezelés függvényében	24
4. diagram Hamutartalom változása fenyő esetén a gombabontást figyelembe véve	25
5. diagram Égэшő és a kezelés kapcsolata	27
6. diagram A hamutartalom és az égэшő viszonya kezelések figyelembevételével	28