

TDK-DOLGOZAT



**SOPRONI
EGYETEM**

FAIPARI MÉRNÖKI ÉS
KREATÍVIPARI
KAR

Sopron

2023

SOPRONI EGYETEM

FAIPARI MÉRNÖKI ÉS KREATÍVIPARI KAR

Tudományos Diákköri Dolgozat

**„KÖTŐANYAG MENTES CELLULÓZ IDOM ELEMEEK FEJLESZTÉSE ÉS
ALKALMAZÁSTECHNIKÁJA”**

**"DEVELOPMENT AND APPLICATION TECHNOLOGY OF BINDER-FREE
CELLULOSE BINDER ELEMENTS"**

A dolgozat készítője: **Szendi Dorina**

Témavezető: **Dr. Pásztory Zoltán**

Kézirat lezárva: 2023.November 22.

A dolgozat elkészítése a Kulturális és Innovációs Minisztérium által az ÚNKP Program 23-2-I-SOE-132 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.



SOPRONI EGYETEM
Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar
H-9401 Sopron, Bajcsy-Zs. u. 4. Pf.: 132.
Tel: +36 (99) 518-101 Fax: +36 (99) 518-259

NYILATKOZAT

Alulírott Szendi Dorina VSWIGW jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a „Kötőanyag mentes cellulóz idom elemek fejlesztése és alkalmazástechnikája” című

TDK dolgozat

MDK dolgozat

önálló munkám, a dolgozat készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv. szabályait, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében.

Hivatkozások és idézések szabályai:

Az 1999. évi LXXVI. tv. a szerzői jogról 34. § (1) és 36. § (1) első két mondata.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulenszt, ill. a feladatot kiadó oktatót **nem tévesztettem meg**.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot **nem magam készítettem**, vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Soproni Egyetem **megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat**.

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Dátum: Sopron, 2023.10.20.

hallgató aláírása

SZENDI DORINA

2023

Építőművész mester szak

Soproni Egyetem

Faipari mérnöki és kreatívipari kar

*Konzulens: Dr.Pásztory Zoltán
egyetemi docen*

„KÖTŐANYAG MENTES CELLULÓZ IDOM ELEMÉK FEJLESZTÉSE ÉS ALKALMAZÁSTECHNIKÁJA”

"Development and application technology and binder-free cellulose binder elements"

Napjainkban az anyagtudományok és az építészet területén kreatív megoldásokra van szükség a fenntarthatóság és az innováció kihívásainak leküzdéséhez. Ebben a kontextusban az anyagtudomány mellett a kreatív ipar és dizájn is kulcsfontosságú szerepet játszanak, különös tekintettel a fa és cellulóz alapú anyagok felhasználását illetően. E kutatás célja olyan termékek és technológiák kifejlesztése, amelyek nemcsak környezetbarátak és fenntarthatóak, hanem esztétikailag vonzóak és funkcionálisak is. A projekt során kötőanyag-mentes, alacsony sűrűségű hőszigetelő anyagként funkcionáló design elemek kerülnek kialakításra a fa különböző részeiből származó hulladékanyagok felhasználásával.

A kutatás fókuszában a különböző Magyarországon is honos fafajok kérgének és törzsének felhasználhatósága áll, mely vizsgálatok segítségével lehetővé válhat az új termékek építőiparban történő felhasználása. A hosszas kísérletezéssel optimalizált előállítási folyamat magában foglalja az őrlmények előállítását darálás útján, a vízzel való keverésüket, a rostosítást, a formákba öntést, a nedvesség eltávolítását kicsepegtetés révén, majd az előre programozott szárításukat. A laboratóriumi munka során optimalizáltam a gyártási folyamatot és az anyag összetételét valamint a sűrűségét is a megfelelő szigetelőképeség elérése céljából.

A különböző fafajok tesztelése során eltérő eredményeket kaptam, amiket szabványos mérési eljárásokkal dokumentáltam. A nyomószilárdság, tűzállóság, dagadás, zsugorodás, vízfelvevő képesség, hővezető képesség és hangszigetelő képesség tesztek eredményeit összehasonlítottam más anyagok tulajdonságaival, amikből következtetéseket vontam le a későbbi felhasználhatóságra vonatkozóan.

A technológia lehetővé teszi a termékek különböző felületi tulajdonságainak módosítását, viaszos impregnáló réteggel vonhatók be, valamint nem csupán a felületük színeztető, hanem anyaguk is különböző természetes színezőanyagok hozzáadásával szuszpenziós állapotban. A gazdag formaválaszték lehetővé teszi az újrahasznosított cellulózból készült anyagok sokoldalú felhasználását, ezzel új lehetőségeket nyitva az ornamentikáknak és környezetbarát design elemeknek a piacon.

Kulcsszavak: hőszigetelés, cellulóz, rostosítás, mérési eredmények, forma tanulmány.

DORINA SZENDI

2023

Master of Architecture

University of Sopron

Faculty of Wood Engineering and Creative Industries

*Supervisor: Dr.Pásztory Zoltán
assistant professor*

"DEVELOPMENT AND APPLICATION TECHNOLOGY AND BINDER-FREE CELLULOSE BINDER ELEMENTS"

„Kötőanyag mentes cellulóz idom elemek fejlesztése és alkalmazástechnikája”

Today, creative solutions are needed in materials science and architecture to meet the challenges of sustainability and innovation. In this context, alongside materials science, creative industries and design play a key role, in particular with regard to the use of wood and cellulose-based materials. The aim of this research is to develop products and technologies that are not only environmentally friendly and sustainable, but also aesthetically appealing and functional. The project will develop binder-free, low-density thermal insulation design elements using waste materials from different parts of wood.

The research will focus on the usability of bark and trunks of different wood species native to Hungary, which will be tested to enable the use of new products in the construction industry. The production process, optimised through lengthy experimentation, involves the production by grinding, mixing with water, sieving, moulding, dehumidification by dripping and then pre-programmed drying. During the laboratory work, I optimised the manufacturing process and the composition and density of the material to achieve the right insulating level. When testing different species of wood, I obtained different results, which I documented using standard measurement procedures. I compared the results of the tests for compressive strength, fire resistance, swelling, shrinkage, water absorption, thermal conductivity and sound insulation with those of other materials, and drew conclusions about their future usability.

The technology allows for the modification of the different surface properties of the products, they can be coated with a waxy impregnation layer and not only their surface can be coloured, but also their material by adding different natural colouring agents in suspension. The rich range of shapes allows for a versatile use of recycled cellulose materials, opening up new possibilities for ornaments and environmentally friendly design elements on the market.

Key words: thermal insulation, cellulose, pulping, measurement results, shape allowance.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés és célkitűzés.....	5
Tendenciák és a természetes alapú anyagok hasznosításának lehetőségei.....	6
Az Alapanyag.....	7
Hasznosítás.....	8
2. Technológia bemutatása.....	10
Előkészítés.....	10
Rostosítás.....	11
Szárítás.....	11
3. Mérési eredmények.....	12
Hővezetés.....	12
Nyomószilárdság.....	12
Vízfelvevőképesség, dagadás.....	13
Tűzállóság.....	14
4. Formai alapkérdések.....	16
Formatűrőképességi vizsgálatok.....	16
A szita domborítás.....	17
Impregnálás.....	18
Színezhetőség.....	19
5. Design elvek.....	19
Inspiráció.....	20
Termék elvárások.....	20
Használat.....	20
Piac elemzés.....	20
Összefoglalás.....	21
6. Felhasznált irodalom.....	22
7. Ábra melléklet.....	23

1.Bevezetés és célkitűzés

Napjainkban számos olyan kihívással nézünk szembe, amelyek fenntarthatóságot, innovációt és kreatív megoldásokat követelnek az anyagtudományok és technológiák terén. Ezek mellett nagyon fontos az alkalmazástechnológiai kidolgozások és a felhasználási területek bővítése. A természetes alapanyagok minél szélesebb körű hasznosítása a mesterséges, szintetikus és/vagy szénhidrogén alapú termékek helyett. Egyre nagyobb figyelem fordul a hulladékhasznosítás irányába és azokból értéknövelt termékek létrehozására tekintve az elmúlt évtizedekben, illetve évszázadban szabadjára engedett erőforrás felhasználást, széndioxid kibocsátást és hulladéktermelést. A körkörös gazdálkodás elvei alapján vissza kell szorítani a mesterséges anyagok használatát a természetes anyagok javára, minimalizálni kell az energiafelhasználást és drasztikusan növelni a hulladékhasznosítást.

A megújuló alapanyagok közül kiemelkedik a cellulóz, mint az évenként legnagyobb mennyiségben termelődő természetes anyag. Ennek egyik oka a nagyon sokrétű felhasználás, makro és mikro szinten egyaránt. A cellulóz számos előnyös tulajdonsággal rendelkezik, melyek közül kiemelkedő a molekuláris szintű szilárdsága, a nagyszámú hidroxil gyök révén való saját kötési képessége, lásd papírgyártás, illetve fontos még a nanocellulóz előállítási és felhasználási lehetősége is.

Makro szinten fontos, hogy a cellulóz alapú anyagok megmunkálása töredék energiafelhasználással jár, mint a műanyag fém vagy szilikát bázisú anyagoké. Nagyon kedvező és előnyös tulajdonsága az újrahasznosíthatóság, amivel ugyan az a cellulóz lánc több termék életcikluson keresztül is hasznosul. Nem szabad elfelejteni, hogy a cellulóz egyik alapanyaga a légkör szén-dioxidja, amelyből kb. 1,8 tonnára van szükség egy tonna fa előállításához. Mindaddig, amíg a cellulóz tárgyasult formában, azaz termékben manifesztálódik addig nem terheli a légkört. A végső életciklus végén az elégetés során ugyan visszakérül a légkörbe, de közben energiát biztosít fűtés vagy más energia termelési formában.

A fa és a cellulóz alapú anyagok kapcsán jelentős tényre van szükség ahhoz, hogy a fejlődést a fenntarthatóság keretei közé szorítsuk, amibe beletartozik a hulladék anyagok újrahasznosítása és a szintetikus anyagok kiváltása. Számos innovációra van szükség, amely a cellulóz alapú termékek előállítását teszi lehetővé olyan területeken, ahol eddig kőolaj származékokat alkalmaztak és még előnyösebb, ha mindezt cellulóz alapú hulladékból sikerül előállítani.

Építészeti és művészeti tanulmányaim során mindig nagy hangsúlyt fektetek valós gyakorlati problémák megoldására. A tervezés során kiemelt figyelmet fordítok a designra és az anyagtudományi és technológiai keretek kihasználására. A projektet ez a kettős megközelítés kíséri végig.

A kutatásom kapcsolódik egy másik projekthez (TKP Erdőlab), ahol az anyagtudományi és technológiai kérdések kerülnek fejlesztésre. Az ott elért eddigi eredményeket szeretném felhasználni és a design terén tovább fejleszteni, új utat nyitva a cellulóz számára az épület designban.

Szeretném megköszönni Dr. Pásztory Zoltánnak a téma vezetését, és a kutatási szemléletmód elsajátítását.

Jelen kutatás célja kötőanyag mentes cellulóz idom elemek fejlesztése és alkalmazás technikájának kidolgozása, fűrészpor és forgács, illetve nyárfa kéreg felhasználásával. A cellulóz idom elemek épület designban való alkalmazását mutatom be, és a technológiai mozgásteret szélesíteni és jelen dolgozatban bemutatni. Töreksem a multifunkciós alkalmazásra is, így még hatékonyabbá téve a fejlesztés eredményét.

Tendenciák és a természetes alapú anyagok hasznosításának lehetőségei

Az építmények nagyon jelentős arányban felelősek a szén-dioxid kibocsátásért és ennek mérséklésére az Európai Unió 2050-re tűzte ki a karbon semleges építőszektor felállítását. Ami azt jelenti, hogy az adott épület életciklusa során szén-dioxid egyenlege nulla vagy a közeli érték marad. Ennek egyik kulcs eleme az építőanyagokba beépülő szürke energia minimalizálása, vagyis olyan építőanyag, mely előállítása kevés szén-dioxid kibocsátással jár, esetleg maga az anyag szén-dioxid tárolást is megvalósít. Másrészt az épület működtetési energia minimalizálása, ami egyértelműen szigeteléssel és energia hatékony technológiával biztosítható. A fent említett cél elérése érdekében egyre több rendelet lát napvilágot és a jövőben is ez a tendencia várható.

Jó példaként szolgál a hőszigetelőanyag piac változása, ahol a rost alapú szigetelések nagyon dinamikus törnek előre a polisztirol és szálas szigetelésekkel szemben. Több nyugat-európai államban az új épületek esetén megkövetelik az épület karbon lábnyomának bemutatását, a nálunk is érvényben lévő energetikai tanúsítvány mellett.

Ebben a folyamatban foglal helyet a Soproni Egyetemen végzett TKP Erdőlab (2.4-es alprojekt) kutatás is. A kutatás fő célja fa és erdészeti hulladékok hasznosításával magas, hozzáadott értékű hőszigetelő anyag kifejlesztése. Az eredmények alapján megvan a technológia a ragasztó mentes, merev, nagy nyomószilárdságú panel előállítására (1. ábra).



1. ábra Nagy nyomószilárdságú kísérleti panelek

A kutatásom alap ötlete, hogy az előállított rost anyagot ne sík panelek, hanem idomok készítésére használjam. Az idomok számos felhasználási területen jöhetnek számításba, többek között épület szobrászati termékek előállítására, bútor alkatrészek előállítására, egyéb belsőépítészeti termékek előállítására, technológiai idomok, amit több iparág is használni tud, pl. öltöztető próbababák, öntőformák, vad preparátum sablonok stb. Jelen kutatásban az

épület 3D fal díszítő elemek fejlesztését tűztem ki célul. Ennek az építő elemnek funkciója lehet a hőszigetelés is, mert egyre gyakoribbak azon megoldások, ahol egy-egy tárgynak, helyiségnek több funkciója is van növelve a kihasználtságot és hatékonyságot.

Az alapanyag

A faanyag anatómiai felépítésének elemzése alátámasztja azt a vizuális vizsgálat alapján is levonható következtetést, hogy a szerkezeti felépítést tekintve egy meglehetősen inhomogén és anizotróp rendszerrel van dolgunk. A kémiai technológiai és energetikai folyamatokban az egyes anatómiai részek nem kezelhetők külön, bár anatómiai sajátosságok a technológiai folyamatokat is befolyásolhatják. A faanyag a fotoszintézis végterméke, a szén-dioxidnak és a víznek elemösszetételét tükrözi, tehát kijelenthető hogy egy összetett morfológiai szerkezetű, komplex makromolekuláris rendszer számos inkusztáló anyag jelenlétével színesítve.

A sejtfa anyaga strukturálisan is, kémiailag is három vegyületből, ill. vegyületcsoportból áll. A vázanyagot képező makromolekulák cellulózból, a döntően kötőanyag szerepet betöltő aromás szerkezetű ligninből, valamint a sejtfaiban a cellulózzal szoros kapcsolatban lévő és a ligninnel is kémiai kötést képző hemicellulózból (Németh K. 1997).

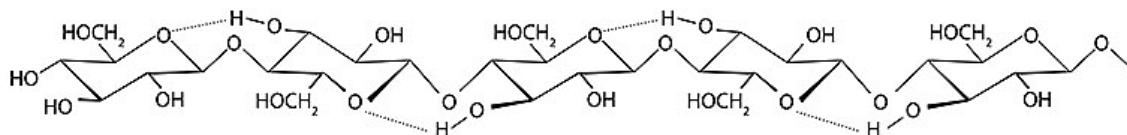
A sejtek fizikai szerkezete rendkívül jelentős, különösen, ha a faanyagok felhasználását vizsgáljuk mechanikai szempontból. A faanyagok szilárdságát meghatározza a sejtek szilárd felépítése. A sejtek hosszúak alakúak, és a faanyag szilárdságát biztosító sejteket farostoknak nevezzük. A mechanikai tulajdonságok szempontjából általában nem különítjük el az igazi farostoktól a szintén szilárdító funkciókat betöltő rosttracheidákat. Ezek együttesen alkotják a lombosfaanyag rost alapállományát, és meghatározzák az olyan jellemzőket, mint a sűrűség, szilárdság, rugalmasság stb.

A tölgyfa fűrészpor mellett nyárfa kéreg hulladékot is használtam a kísérletek során. Kéreg jelentős mennyiségben képződik az erdőgazdálkodás során fajtától, kortól függő arányban, ami akár a 20%-ot is elérheti. Magyarországi viszonylatban mindenképpen több százezer köbméter mennyiségben. Azokban az üzemekben, ahol kérgeznek, ott szeparáltan jelenik meg egy kéreg „választék”, amit leginkább energiatermelésre, kisebb arányban talajjavításra (KEFAG) vagy talaj takarásra használnak. A kéreg összetétele eltér a fától, általában jelentősen több a járulékos anyag tartalma, részben ennek köszönhetően a hamu tartalma is magasabb. A cellulóz arány is kevesebb, mint a fában, de a kísérletek során elegendőnek bizonyult ahhoz, hogy a fibrillált cellulóz rost kellő kötőerőt biztosítson és homogén merev panelokat lehessen előállítani.

A kísérlet során a tölgy és a nyárfa kéreg mintáknál meghatározó tényező volt a rosttartalom és a rosthosszúság. Továbbá befolyásoló tényező a farostok egymás melletti elhelyezkedése, egymás közé ékelődése, illetve hosszirányban való átfedése, amely befolyásolhatja többek között a húzó-és hajlítószilárdságot (Molnár S. 2007).

A cellulóz egy összetett szénhidrát. Képlete $C_6H_{10}O_5$. Béta -D- glükózból származó poliszacharid 2. ábra. A cellulóz a földön előforduló leggyakoribb szerves anyag, mert a növények vázanyagának nagy része cellulóz: a fa 40%-a, a gyapot 50%-a, a len és a kender 80%-a.

A tiszta cellulóz fehér színű, szobahőmérsékleten szilárd anyag. Vízen, híg savban, híg lúgban és szerves oldószerekben nem oldódik, ezért kiváló vázépítő (Bozsaky D. 2017).



2. ábra Cellulóz molekula, láthatóan nagy számú hidroxil gyökkel
(https://www.ttko.hu/kbf/tananyagok_html/kem_38b/index.html)

Hasznosítás

Ahogy korábban írtam a kutatásom fő célja a párhuzamosan folyó TKP kutatásban fejlesztett anyag és technológia számára további felhasználási területeket feltárni, kísérleteket végezni a technológiai mozgástér és lehetőségek feltárására és lehetőleg szélesítésére. Szintén említett cél a multifunkciós termékek fejlesztése is. Erre kiváló alkalmat biztosítanak a belső felfelületeken elhelyezett 3 dimenziós burkolatok, díszítések. A TKP kutatás célja szigetelő anyagok előállítása fa és kéreg hulladékból, ahol az egyik fő szempont a minél jobb hőszigetelő képesség. Vagyis az az anyag, amit a kutatásomban használtam eleve jó szigetelő képességgel bír, és mivel fal felületre kívánom strukturált formában alkalmazni, akár teljes falfelületek kitöltésére, így külső fal esetén az impozáns megjelenés mellett szigetelő hatása is hozzájárul az üzemeltetési költségek (fűtés-hűtés) csökkenéséhez. Ezért röviden szeretnék egy áttekintést adni a szigetelő anyagokkal kapcsolatban.

A 20. században jelent meg a szigetelés külön réteggént, ekkor kezdtek el komolyabban foglalkozni páratechnikai kérdésekkel is. Az elsődleges cél az épületek hővesztésének csökkentése volt, ezt követően jelentek meg a tartószerkezetekre vonatkozó hőtechnikai előírások. Egyfajta kísérleti időszak vette kezdetét, amely sok új fejlesztést hozott a szigetelőanyagok választékában, ekkor jelentek meg az első mesterséges szigetelőanyagok is a piacon.



3. ábra Hagyományos hőszigetelő anyagok sorrendben balról jobbra: ásványgyapot, salakpamut, üveggyapot, üveghab, polisztirol

A 3. ábrán bemutatott szigetelő anyagok annak ellenére, hogy a funkciójukat betöltik jelentős energiafelhasználással és környezet terheléssel állíthatók elő. A valós építési/bontási

gyakorlatban az újra hasznosításuk is problémás. Az építés során képződött polisztirol hulladék gyakran a szemétkben landol. A bontás során is hasonló sorsra kerülnek a ragasztóval dryvit bevonattal „szennyezett” vagy a már elkoszolódott ásványgyapot táblák.

A környezetszennyezés és a globális éghajlatváltozás kérdései egyre fontosabbá váltak. Épületfizikai szempontból szemléletváltás következett be, és az épületeket egyre vastagabb szigeteléssel látják el, ami a hagyományos anyagok esetén még nagyobb környezetterhelést jelent.

Napjainkban a fenntarthatóság elengedhetetlen tényező minden, már meglévő és piacra kerülő terméknél. Ennek eredményeként az építőipar is egyre inkább környezetbarát hőszigetelő anyagok felé fordul, amelyek nem csak hatékonyak, de lényegesen kisebb környezeti lábnyommal rendelkeznek és az újrahasznosíthatóságuk is jelentősen előnyösebb (4. ábra).



4.ábra Természetes alapú szigetelő anyagok sorrendben balról jobbra: fújt cellulóz szigetelés, parafa, agepán rost hőszigetelés, kender tábla, cellulóz kísérleti hőszigetelés

A természetes alapú szigeteléseknek több kapítális előnye van a hagyományos szigetelőanyagokkal szemben. A leglényegesebbek, hogy természetes és megújulóforrásból származnak és az előállítási energia szükségletük csak töredéke egy közet olvasztásának vagy a polisztirol előállításának. A cellulóz alapú anyagok könnyedén újrahasznosíthatóak, biológiailag lebomlanak, vagy energiatermelésre is felhasználhatóak.

A kutatásomban használt cellulóz rost alapú táblák szigetelő képessége $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ körül mozog, ami hasonló érték, mint a piacon lévő rost szigetelések és mindenképpen összemérhető nagyságrend, mint a hagyományos szigetelőanyagok. Az alábbiakban egy fiktív számítást mutatok be a falfelületre elhelyezett akár néhány centiméteres díszítő elem szigetelési hatására. Értelemszerűen egy fal díszítő elem meghatározott vastagsági keretek között mozog, így az 1-5 cm-es tartományt, valamint a 10 cm-es vastagságot mutatom be az 1. táblázatban.

1. táblázat Cellulóz idom díszítés szigetelési hatása a vastagság függvényében

Vastagság (cm)	Hővezetési tényező (W/mK)	Hőellenállás $\text{m}^2\text{K/W}$
1	0,05	0,2
2	0,05	0,4
3	0,05	0,6
4	0,05	0,8
5	0,05	1
10	0,05	2

Összehasonlításként szeretném megadni, hogy egy hagyományos tégláépület 40 cm-es falvastagsággal és 2-2 cm vakolattal nagyságrendileg $1 \text{ m}^2\text{K/W}$ -es értékkel rendelkezik, ami pontosan $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ U értéknek (hőátbocsátási tényező) felel meg. Egy ilyen épület esetén

alkalmazott 5 cm-es belső fal díszítés felére csökkenti az adott felületen fellépő hőveszteséget. A multifunkcionalitásnak tehát lehet jelentősége, különösen kevésbé szigetelt épületek esetén. A belső felületen elhelyezett ragasztó mentes cellulóz díszítő idomok részt vesznek a helyiség pára kiegyenlítésében és mindenképpen egészséges környezetet biztosítanak. Ezen előnyök alapján tartom fontosnak, hogy a természetes alapanyagok ne csak szigetelőanyagok terén, de más épületelemek esetén is szerepet kapjanak, mint pl. a díszítő elemek (gipsz stukkó) vagy a felületi díszítő vagy design elemek.

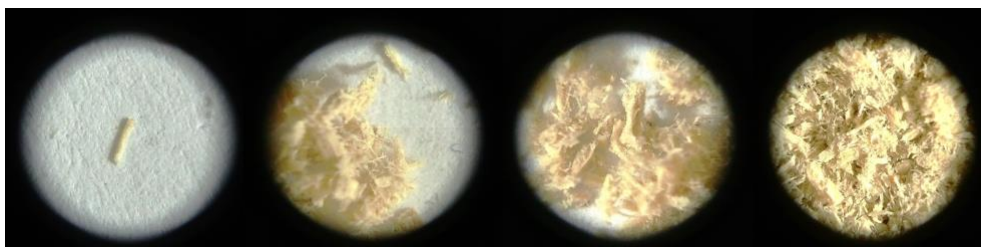
2. Technológia bemutatása

A fa alapanyag esetén felhasznált fűrészpor keretfűrész gépből származik, amely általában nagyobb fűrészpor részeket választ le, mert rost előállításánál a nagyobb szemcseméret előnyösebb a hosszabb cellulóz rost kinyerés miatt. A kéreg pedig kérgező gép tovább aprított daráléka.

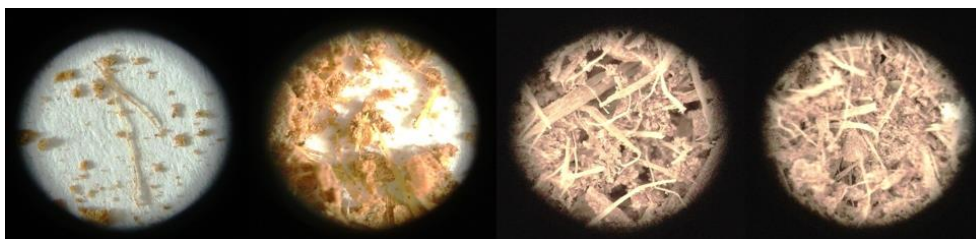
Az általam alkalmazott és fejlesztett technológiának két kulcs területe van, az egyik a rostosítás, a másik pedig az öntőforma készítés. Az öntőformának a design terén jelentős szerepe van, így egy későbbi fejezetben részletezem, itt a technológia sorban csak a fő részeket említem.

A rostosítás régen ismert technológia, de kulcs szerepe miatt tartom fontosnak részletezni. A rostosítás célja a fa részeket lehetőség szerint az anatómiai határok mentén elválasztani és így minél hosszabb cellulóz rostokat előállítani.

Ugyanazon rostosítási eljárás folyamat esetében és ugyanazon faanyag felhasználása során különböző mechanikai tulajdonsággal bíró, szilárdságukban egymáshoz képest jelentősen eltérő mintatesteket kaptam. Némely fa minták puhábbak és porhanyósabbak voltak másokhoz képest. Ezen észrevételt követően szerettem volna feltárni ennek okát, így a rostokat alaposabban kezdtem megvizsgálni, hogy még jobban megérthessem a folyamat lényegét és jelentőségét. Mikroszkóp segítségével megvizsgáltam a rostok vastagságát és hosszát, majd összehasonlítottam egy általam ideálisnak vélt, szilárdságában jobb mintatest eredményeivel. A vizsgálat eredménye, hogy a hosszabb és karcsúbb rostok nagyobb szilárdságot eredményeztek. Mivel a pépben a rostok szélesebb méret szerinti eloszlásban jelennek meg ezért az eloszlás szerinti hosszú rost arányt kellett növelni.



5. ábra Tölgy faanyagból készült rost



6. ábra Nyárfa kéregből készült rost

Az 5. és 6. ábrán látható a két alapanyag közötti különbség, főleg a szemcseméretben. A kéregből az anatómiai adottságok miatt nem nyerhető ki olyan arányban hosszú rost, mint a természetes faanyagból, ennek megfelelően. A kéregből készült lapok szilárdsága kisebb lett. Azonban a gyenge szilárdságú anyag megfelelő lehet terhelést nem viselő, díszítő elemként. Az alábbi 2. táblázatban számszerűsítve is láthatóak a rost méret tartományok.

2. táblázat A tölgy fűrészporból és nyárfa kéregből nyert rost méret

Rost méretek	Szemcseméret tölgy testben (mm)	Szemcseméret kéreg testben (mm)
Vastagság	0,34-1,00	0,11-0,80
Szélesség	0,38-0,80	0,38-0,60
Hosszúság	1,80-280	3,20-8,00

A mintatestek előállítási folyamatát az alábbi lépésekben adom meg:

1. Előkészítés

Az alapanyagot vízzel kevertem össze és hagytam néhány órát, hogy a nedvesség beszívódjon a fűrészpor és kéreg darabokba. Egy kísérleti korong elkészítéséhez 3 kg fűrészpor vagy kéreg darálék lett kimérve, melyhez 25 liter vizet adtam.

2. Rostosítás

A rostosítást a papíripari laborban rendelkezésre álló tárcsás rostosítón végeztem el, több lépésben. A laborberendezés állítható tárcsával rendelkezik, így több ciklusban tudtam a megfelelő rost finomságot elérni. A lignint nem távolítottuk el a pépből és a rostot sem osztályoztuk le.

3. Formába öntés

A rostosítás folyamán nyert rost pépet előre elkészített szita formákba öntöttem, ahol a víz jelentős része ki tudott folyni. A víz eltávozási ideje függött a szita lyukméretétől a rost réteg vastagságtól és minta méretétől is. A szita már idom formára van kialakítva. Az idomokat negatív domborítási eljárással készítettem el, ügyelve arra, hogy a formák kidomboríthatóak legyenek a szita szövetből és vastagságuk az anyag ráhagyásával készüljenek. Az öntőformák előre elkészített zsaluzathoz vannak rögzítve. A formák peremét szolgáló 0,1 mm -es lyuk átmérőjű szitaszövet képes a pépből lefelé és oldal irányba is a vizet elengedni. Amikor már a víz nem távozik a formákból, elkezdtem a leválasztást. Ügyelni kellett, hogy a szitaformákról való leválasztás kellő gondossággal történjen és az anyag egészben megmaradjon a negatív forma lekövetésével együtt.

A gyártástechnológia egy lényeges eleme a rost levegő arány kialakítása, azaz kész termék sűrűsége és pórus térfogata. Ennek mind hőszigetelési, mind anyagfelhasználási szempontból van jelentősége. Ugyanis nem mindegy, hogy 1 kg alapanyagból mennyi termék állítható elő, különösképpen, mivel az alacsonyabb sűrűség szigetelési szempontból még előnyösebb is lehet.

A pép képes arra, hogy felvegye a szita formáját és a domborulatot nagyon finoman lekövesse, de ekkor még állaga nedves és könnyen alakítható.

4. Szárítás

A maradék víz eltávolítása csak szárítás segítségével lehetséges, hiszen a fa és a kéreg rostok jelentős mennyiségű kötött vizet is tartalmaznak, melynek egy részét mindenképpen el kell távolítani.

A szárítógép 80°C-ra volt beállítva, a szárítási idő a minta méretétől függött kisebb minták esetén 24 órát töltött a forma a szárítóban. Nagyobb minták akár 2 napig is száradtak. Ügyelni kellett a megadott időtartam betartására, mivel a minták könnyedén túlszáradhatnak és a felületük megéghet. Fontos, hogy a formák létrehozásakor számolni kellett a száradás során fellépő térfogat csökkenéssel. A nehézség ebben, hogy a térfogat csökkenés oldalirányban és függőleges irányban eltérő.

3. Mérési eredmények

A kísérlet során a két alapanyagból létrehozott mintadarabot különféle teszteknek vetettem alá: tűzállóság, dagadás zsugorodás, vízfelvevő képesség, nyomószilárdság, hővezetőképesség. A két különböző anyagú mintatest mérési eredményeit egy, már a piacon lévő rost alapú Agepan nevű termékkel hasonlítottam össze. A méréseket a Soproni Egyetem NRRC tudományos laborjaiban végeztem, 2023 első szemeszterében. Jelen dolgozat terjedelmi korlátai miatt csak az eredményeket adom meg és a mérési módszereket nem részletezem, de szinte minden esetben a vonatkozó szabványok szerint végeztem a méréseket.

Hővezetés

A mérést az úgynevezett hot plate módszerrel végeztem, a hőáram és a felületi hőmérsékletek mérésével három-három próbatesten. A hőáram a hőmérséklet-különbséggel, a hőáram irányára merőleges keresztmetszettel, valamint a hővezetési tényezővel arányos, és fordítottan arányos a közeg vastagságával.

3. táblázat Hővezetési tényező értékek

Próbatest	Hővezetési tényező (W/m ² K)
Nyár kéreg	$\lambda = 0,054$
Tölgy	$\lambda = 0,057$
Agepan	$\lambda = 0,052$

Az elért eredmények a 3. táblázat szerint piacképes hőszigetelő képességet mutatnak, ezért e szempont szerint a leendő termék megfelelő tulajdonsággal bír.

Nyomószilárdság

A szilárdsági vizsgálatot az MSZ EN 826 nyomószilárdsági szabvány szerint egy Instron 5566 nyomó és hajlítószilárdsági eszközön végeztem.

Minden minta fajtából 15-15 próbatestet vizsgáltam, a próbatest mérete 50 x 50 x 25 mm volt. Az átlag sűrűség $\rho = 268,22 \text{ kg/m}^3$ volt a kéreg, $\rho = 248,28 \text{ kg/m}^3$ a tölgy és $\rho = 202,24 \text{ kg/m}^3$ az összehasonlításként használt Agepán lemezek esetén. A nyomószilárdság átlag értékeit a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat Próbatestek nyomó szilárdságai

Próbatest	Nyomószilárdság (N/mm ²)
Nyár kéreg	4,377
Tölgy	4,379
Agepan	4,251

Az általam készített próbatestek azonos nyomószilárdságúak mint a piacon kapható Agepán márkajelzésű termék nyomószilárdsága.

Vízfelvevő képesség, dagadás

A vizsgálatot az MSZ EN 317:1998 szabvány szerint végeztem el 15 db 50 x 50 x 25 mm méretű próbatesteken. A vízbe merítés előtt a testek súlyát és méreteit megmértem, majd vízbe merítést és leszorítást követően 2 és 24 óra után további méréseket végeztem a három különböző anyagon.

5. táblázat Vízfelvevő képesség és dagadás

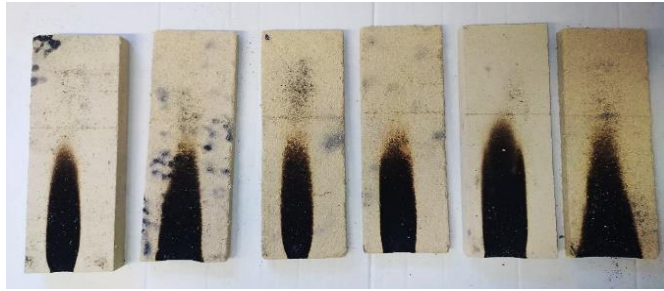
Próbatest	Dagadás (%)	Vízfelvétel (%)
Nyár kéreg	11,08	389,39
Tölgy	6,06	323,72
Agepan	22,60	83,78

Tűzállóság

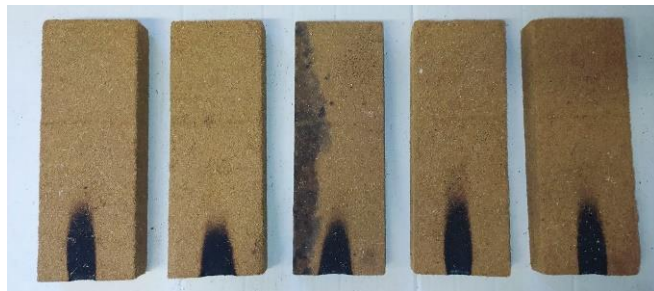
A tűzállósági vizsgálatot ISO 11925-2 szabványok szerint végeztem el. A kéreg, tölgy, és Agepán lemezek esetén 6-6 próbatesten. Az eredményt az élek tűzterhelése esetén mutatom be.

A vizsgálat során 30 másodperces tűzterhelést végeztem majd 30 másodpercig figyeltem a próbatestet, hogy a láng kialszik vagy tovább terjed. A mérések alapján mindhárom próbatest típus a D éghetőségi osztályba sorolható.

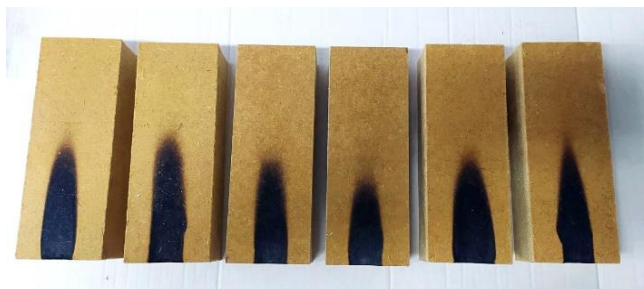
Érdemes megfigyelni, hogy a kéreg panelek szenvedték el a legkevésbé a tűzterhelést.



7. ábra Tölgy fűrészporból készült próbatestek



8. ábra Nyár kéregből készült próbatestek



9. ábra Agepán lemez

4. Formai alapkérdések

A termék az ökodeign alapvetéseit kívánja képviselni. A tervezés során felhasznált vezérgondolatok:

A forma-funkció-anyag hármában az anyag olyan különböző tulajdonságok hordozója, mint az erős-gyenge, nehéz-könnyű, rugalmas-rugalmatlan, kemény-puha. Az ökodeign szempontjai számos anyagkutató és tervezés középpontjába kerülnek manapság. Az ökodeignnak az anyaggal szemben támasztott alapkövetelményei:

1. Időtállóság
2. Hosszú élettartam
3. Minimális környezet – és egészségtámogató hatás
4. Biológiailag lebomló anyagok használata
5. Megújuló anyagok használata
6. Alacsony energia

Az ökoanyagok minimális káros hatással vannak humán és a természeti környezetre, csökkentve ezzel a környezeti terhelést. Az anyaghasználat során a fizikai, szilárdsági, kémiai tulajdonságokat és környezeti hatásokat is figyelembe kell venni. Az ökotermékek esetében a hagyományosan használt anyagoknak számító fa és fa darából készített termékek ökológiailag is elfogadhatóak, ha használatuk és hatásuk a természetes ciklusokban fenntartható szinten marad (Zalavári 2008).

A termék célja, hogy minimálisan terhelje a környezetet és technológiai ciklusában visszaforgatható. A fenntarthatóság a szociálisan érzékeny designer szemlélet vezérfonala. A funkcionális és gazdasági szempontokon túlmenően társadalmi, etikai szempontok érvényesíthetőek. Azonos hangsúllyal kell ügyelni esztétikai, funkcionális, ökológiai, ergonómiai, gazdasági és társadalmi kérdésekre (Géczy 2019).

A forma idomok egyrészt dizájn elemek, mint pl. belsőépítészeti burkolatok, díszítések stukkó vagy három dimenziós fal díszítő formák, illetve lehetnek technológiai idomok, amelyeket számos iparág is használ. Ilyen pl. a kárpitos idomok, bútor elemek, de lehetnek akár öntőformák, próba idomok, vad preparátum formák, stb.

Az eljárás speciális formázási technológiát igényel és visszaható jellegű is lehet az anyagösszetételre pl. ha nagyobb sűrűsége van szükség vagy egyéb, tulajdonságát akarjuk megváltoztatni pl. fokozott tűzállóság vagy vízállóság. Mindennek gazdag formaválasztékkal kell párosulnia, hogy az újrahasznosított és környezetbarát anyag minél több területen használható legyen. Ezzel az ornamentikának új eszközt kívánok a kezébe adni. A költséges, nagy anyagmennyiséget igénylő gipsz vagy műkő elemek és a szokásos polisztirol elemek helyett egy cellulózból készült anyagot kívánok alkalmazni. A termék tervezése során olyan ornamentikákat és formatervezést alkalmazok, amely nemcsak a hőszigetelést segítik elő, hanem esztétikailag is vonzóvá teszi az épületeket. Ezen megoldással nem csak az épületek energiahatékonyságát kívánom növelni, hanem az épületek megjelenését is felfrissíteném és felértékelném vele.

A termék innovatív jellege és a művészeti vonatkozása együttesen teremtenek lehetőséget arra, hogy hőszigetelés mellett a design és a művészet erejét is felhasználjam a fenntartható építészet és tárgykultúra terén.

Formatűrőképességi vizsgálatok

A vizsgálatok első lépési közé tartozik azon aspektus, hogy az anyag különböző formai kérdésekre miképp reagál. A tanulmány az anyagban rejlő lehetőségeket tárja fel, továbbá a kísérlet során rámutat egyéb hiányosságokra vagy erősségekre.

Formatanulmányi lépések:

1. **Benfoglalás**; a szuszpenziós állapotában lévő anyagot egy előre elkészített négyzet alakú szitába töltöttem, amelynek közepébe egy idegen testet helyeztem.
2. **Vastagság különbség**; Megmutatja, hogy az anyag a szitán való kiterülése során mely minimum és maximum vastagságot tudja felvenni.
3. **Minta átvétel**; a szita szövetet origami hajtogatási eljárással alakítottam ki ügyelve arra, hogy a szitának oldalfalai függőlegesek legyenek. Ezt követően töltöttem bele az anyagot és

sütöttem ki. A kísérlet jól szemlélteti a negatív formák lenyomatát az anyagra.

4. **Élképzés jellemzői**; a vizsgálat megmutatja milyen élpontosságot képes felvenni az anyag a szitaszövetről. Lekerekített, derékszögű és vízzel ellátott éllel kísérletezem.

5. **Résekre való érzékenység**; az öntőformákba egy pozitív kör alakot hoztam létre, a kísérlet jól szemlélteti miképp reagál az anyag áttörésekre.

6. **Hajlítás**; a legkisebb vastagságú mintadarabot hajlítottam, ezt követően megfigyeltem, hogy milyen mértékig bírja az anyag, továbbá megtartja-e a felvett hajlítási görbét.

7. **Formai kapcsolatok**; a vizsgálat bemutatja, hogy illesztési kapcsolatok kialakíthatóak-e két panel között.

8. **Önmegtartás**; Ha egy mintatestet függőlegesen helyezünk el, képes-e önsúlyának megtartására repedések nélkül.



10. ábra Anyag és a forma képessége

A Szita domborítás

A mintatestek elkészítése során meghatározó szerepet kap a szitaszövet milyensége, lyuk mérete, anyaga és kialakítása. A folyamat során az egyik legmeghatározóbb szerepet tölti be, hiszen a pépből, amely a formákba van töltve, átszűri a vizet, és ezt követően egy csövön keresztül távozik. A szita lyukmérete igen csak fontos, hiszen a rostoknak nem szabad átszűrődniük, és a gravitációs hatás elve szerint levegő telítődik a rostok között, ami által az anyag jó hőszigetelő képességgel bír.

A kísérlet során különböző lyukméretű (0,2, 0,5,0,1 mm) és anyagú (fém, acél, réz) szitaszövetekkel próbáltam az eljárást elkészíteni, a tapasztalat alapján a legmegfelelőbb a fém 0,1 mm-es lyukmérettel rendelkező szitaszövet volt. A rostsuszpenziós szűrési folyamatot az a tény jellemzi, hogy a szélsőséges méretarányú, rosthosszúságú rostokat egy olyan szítának kell visszatartania, amelynek szemei a rostok méretarányával azonos mérettartományba esnek. A szuszpenzióból a szitára merőlegesen és hossz tengelyükkel érkező rostok a szita síkjával vagy

negatívan domború falával párhuzamosan áramlanak a szitára, és a szita által vissza vannak tartva.



11.ábra A szitaszövet és az anyag

Impregnálás

A szigetelőpaneleknek számos környezeti kihívással kell szembe néznie, amelyek az ellenállóképességét tesztelik, továbbá számos külső beavatkozásra van szükség ahhoz, hogy a termék megfeleljen az épület energetikai elvárásokkal szemben. Céлом, hogy a termék impregnálása természetes anyagokkal legyen megoldva, ami csökkenti a vízfelvevő képességét és ellenállóbbá teszi az idomokat a környezettel szemben. A tudomány során rájöttek egy nagyon érdekes dologra, ha különböző anyagok kerülnek be a fa üregeibe, tulajdonságai megváltoznak, ezt nevezzük modifikációnak. Továbbá a faanyag ellenállóképességét különböző eljárásokkal tudjuk növelni, például impregnálással vagy termikus kezeléssel. Méhviasz kezeléssel kívánom megoldani a felületi kezelést, ez az anyag nagyon rugalmas és tökéletes vízlepergető. A bevonat hasonlatos az emberi bőrre, véd a természet külső hatásaival szemben, és folyamatosan alkalmazkodik hozzájuk. A viasz mélyen beszívódik a fába impregnálja azt és csökkenti nedvességfelvevő képességét, és védi a különféle igénybevételektől, szennyeződésektől, emellett pedig nemesíti a fát.

Színezhetőség

Az idomtestek színezhetőségénél bio-alapú színező anyagokat használok fel. A természetes alapanyagú színezékek környezetbarát alternatívát jelentenek a mesterséges vegyszerekkel történő színezés helyett. Kevesebb káros anyagot juttatnak a környezetbe, és a gyártásuk során kisebb ökológiai lábnyommal rendelkeznek. A panelek felszerelése után céloom hogy ne kerüljenek a levegőbe a termékből származó káros gőzök vagy az emberre káros mérgező anyagok. További fő szempont volt a tervezés során hogy a termék allergiabarát legyen és egyéb irritációt ne keltsen. Az idomtesteken alkalmazott természetes színvilág gazdag és mély színárnyalatokat eredményeznek, és vonzóvá teszik a belső tereket.

A legismertebb színek:

Króm-dioxidok: zöld, kék, zöldeskék, világoszöld színeket eredményeznek

Ultramarinok: lila, rózsaszín, zöld, kék színeket adnak

Vas-oxidok: fekete, sárga és piros színhez

Mica: áttetsző púderekhöz használják, csillámló kissé

Mangán: lila

Vas: kék, sötétkék

Cink-oxid és titán-dioxid: fehér

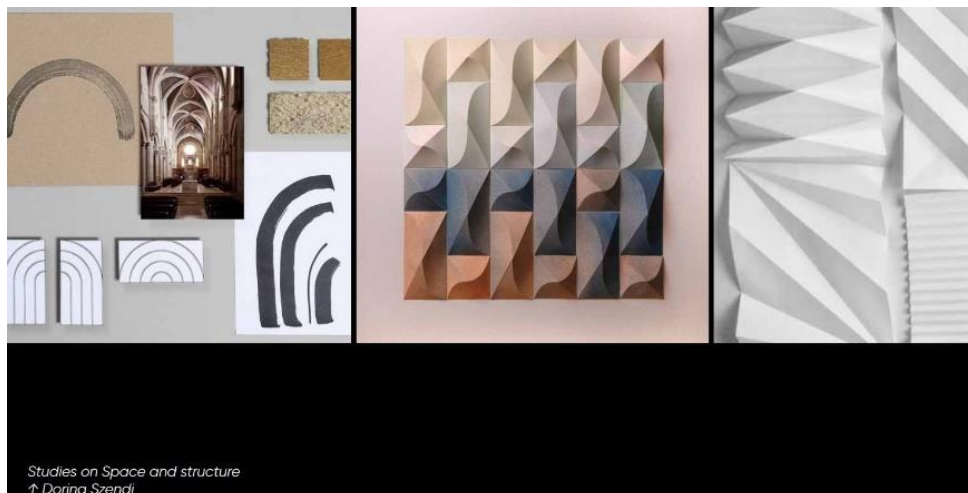
A szuszpenziós állapotában lévő anyaghoz kevertem a színezékeket, fontos hogy a rostosítás már a színezékekkel együtt történt ami által még jobban beszívódik a színezék az anyagba ami által egységes telített felületet kapunk 12. ábra.



12.ábra Színezett minták, bal oldalon természetes alapú színezékekkel, jobb oldalon az alapanyagból fakadó természetes szín.

5.Design elvek

Az ember és a design közötti kapcsolat rendkívül mély és összetett. A design nem csupán esztétikai élményt teremt, hanem befolyásolja az életmódot, a hangulatot, és közvetlen hatással van az emberek életminőségére is. Életünket épített környezetben, tárgyaink, eszközeink viszonylagos relációjában éljük. Ezen kívül a téri helyzetek, folyamatok egymásra hatva, folyamatos kölcsönös összefüggésben nyilvánulnak meg. Időnk nagy részét épített terekben töltjük, amelyek nagy hatást gyakorolnak közérzetünkre és hangulatunkra. Egyre több figyelem hárul arra, hogy a terek és a termékek élménye minél több érzékszervre hatnak. A tervezett anyag képes az ember közérzetének javítására, és hat az érzelmekre.



13.ábra. Formai kísérletek

A formaidomok mérete igazodik az ember számára kellemesen befogadható léptékhez, az elemek egymáshoz kapcsolva sorolhatóak, a 3D-s kialakítás növeli a térélményt és az optikai térélményt. A természetes alapanyagnak köszönhetően melegséget és nyugalmat kelt, tapintásra érezhető az anyag eredetisége, a természetből inspirálódó formai kialakításának köszönhetően vizuális élményt nyújtanak az ember számára.

Inspiráció

Inspirációs forrásként a természetben fellelhető formakincseket vettem alapul. Olyan, a belső térben használatos falburkolati megalkotására törekedtem, amelyek nem csupán a funkcionalitás és a formatervezés területén elfogadhatóak, hanem hozzájárulnak egy olyan környezet megteremtéséhez is, amely bolygónk jobb jövője érdekében jár el.

A természetet állandó inspirációs forrásként kezelem, színek, minták, formák és sok egyéb tanulságot tár elénk.



14. ábra. Origamiforma kísérletek

Termék elvárások:

1. Minimális beépülő energia (szürke energia)
2. Megújuló forrásból származó alapanyag
3. Az újrahasznosított anyagok felhasználása szintetikus anyagok nélkül
4. Alacsony VOC kibocsátás,
5. A hozzáadott adalékanyagoknak természetes eredetűnek kell lenniük
6. Magas minőségi követelményeknek való megfelelés
8. A gyártási folyamat fenntartható
9. Hosszú élettartamra tervezett
10. Az anyagot az életciklusának végén újra kell tudni hasznosítani



15. ábra. Az újrahasznosítás ciklusa és a termék

Használat:

Olyan, enyhén hőhidas belső falak, nem esztétikus megjelenésű falak, repedések, kisebb lyukak, esetén alkalmazható a termék, amik amúgy a fal újra glettelését, festését igényelték volna. A termékkel az adott helyiségek megjelenését is lehet fokozni, amellet hogy kedvező épület energetikai hatással is rendelkeznek. A változatos design kialakításnak köszönhetően, sokrétűen variálható, és alkalmazkodni tud az aktuális terekhez.

Piac elemzése:

A jelenleg piacon lévő belső design hőszigetelések árai rendkívül magasak és a dekor elemekkel ellátott termékek minősége nem biztosít kellő védelmet a hőveszteségek ellen, ezért a kisebb költségvetésből vagy nem korszerű épületben élők számára a jelenlegi nem elégti ki ezen szegmenst. Az energiaválság problémájára való reflektálás rendkívül fontos szerepet játszik a termékben, miszerint csökkenteni tudjuk a vásárló épületének energia felhasználását. Az építőiparon belüli belső hőszigetelő anyagok értékesítési volumene és ára hatalmas volatilitást mutat. Magyarországon a lakásállomány 75%-át szükséges korszerűsíteni energetikai szempontból.

A lakástulajdonosok, akik javítani szeretnének ingatlanaik hőszigetelési tulajdonságán és fontos számukra a designos megjelenés, és ennek a megvalósításához elegendő tőkével rendelkeznek potenciális vevőkört jelentenek.

Összegzés:

A környezetbarát anyagoknak napjainkban létfontosságú szerepe van az építőipar számára. Az anyagfejlesztések és találmányok kora csúcsán tartunk, ahol már nem az a kérdés hogy képesek vagyunk e újat alkotni, hanem valamely hogy az ember igényeit minél inkább kiszolgáló termékeket, fejlesztéseket hozunk létre, mindezt úgy hogy a környezeti terhelést minimalizáljuk. A felelős alapanyag felhasználás kiválasztása, a technológia folyamatos fejlesztése és a célpiac minél széleskörűbb kiszolgálása a cél. A használt előállítási folyamat kísérleti és tudományos oldalról való megismerése egyre mélyebben tárja a megválaszolásra való kérdések sokaságát.

A kísérleti folyamat közben számos tényezőt újra kellett gondolni és az eljárást finomítani. Több sikeres prototípust sikerült elkészíteni, melyeknek már a megálmodott formai paneleket tükrözik. Az anyagon végzett mérési kísérletek biztató eredményekkel büszkélkednek cellulóz hőszigetelési területen, azonban még számos mérési eljárások fontosak lehetnek az anyag tulajdonsága szempontjából. Tehát a következő mérések során a hangszigetelő képességét fogom mérni. Fontos kiemelni hogy ezen technikai mérések visszaigazolást adnak ,hogy az anyag képes e a tervezett design funkciót ellátni.

6.Irodalomjegyzék:

Bózsaky,D. (2017): Építési hőszigetelő anyagok, TERC kiadó 104-105

Bózsaky, D. (2011): Természetes és mesterséges hőszigetelő anyagok összehasonlító vizsgálatai és elemzése, Doktori értekezés, SZIE, Győr

Molnár, S. (2008): Magyarországi erdők fafajcsoport megoszlása, Fahasznosítás Magyarországon, NyME kiadvány, Sopron

Németh,K.(1998) : A faanyag degradációja Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó

Papíripari műszaki- gazdasági tájokoztató, Papíripari vállalat kutató intézete (1980/5.)

Reino Hentumen (1984): A papír- és cellulózipari sziták

Papíripari szemletanulmányok (1991/3):Tudnivalók a lapképző szitákról, víztelenedési viselkedésük Budapest, Papíripari Kutatóintézet Kft.

Géczy, N. (2019) Design Tér- és formakultúra, Scolar Kiadó 208-212

Zalavári, J .(2008) A forma tervezése, Designökológia 185-187

Katie Treggiden -Wasted: When trash becomes treasure

Mohácsiné Ronyecz Ildikó (2015) Természetes fakéreg anyagok hőszigetelési tulajdonságainak vizsgálata és fejlesztése

Ábrajegyzék:

1. ábra. Nagy nyomószilárdságú kísérleti panelek
- 2.ábra. Cellulóz molekula, láthatóan nagy számú hidroxil gyökkel
- 3,ábra. Hagyományos hőszigetelő anyagok sorrendben balról jobbra: ásványgyapot, salakpamut, üvegyapot, üveghab, polisztirol
4. ábra. Természetes alapú szigetelő anyagok sorrendben balról jobbra: fűjt cellulóz szigetelés, parafa, agepán rost hőszigetelés, kender tábla, cellulóz kísérleti hőszigetelés
5. ábra. Tölgy faanyagból készült rost
6. ábra. Nyárfa kéregből készült rost
7. ábra. Tölgy fűrészporból készült próbatestek
8. ábra. Nyár kéregből készült próbatestek
9. ábra. Agepán lemez
10. ábra. Anyag és a forma képessége
11. ábra. A szitaszövet és az anyag
12. ábra. Színezett minták, bal oldalon természetes alapú színezéssel, jobb oldalon az alapanyagból fakadó természetes szín
13. ábra. Formai kísérletek
14. ábra. Origami formai kísérletek
- 15,ábra. ábra. Az újrahasznosítás ciklusa és a termék

7.Ábramelléklet:



Nyomószilárdsági teszt melléklet

Kéreg 50x50mm	Nomószilárdság (N/mm ²)
1.Próbatest	4,3542
2.Próbatest	4,3753
3.Próbatest	4,3814
4.Próbatest	4,3713
5.Próbatest	4,4041
6.Próbatest	4,4385
7.Próbatest	4,3743
8.Próbatest	4,3743
9.Próbatest	4,3742
10.Próbatest	4,3752
11.Próbatest	4,3555
12.Próbatest	4,3726
13.Próbatest	4,3769
14.Próbatest	4,3543
15.Próbatest	4,3858
Átlag:	4,3378
Szórás:	0,0210
Max:	4,4385
Min:	4,3542

Mintatest:Tölgy 50x50mm	Nomószilárdság (N/mm ²)
1.Próbatest	4,3546
2.Próbatest	4,3758
3.Próbatest	4,3815
4.Próbatest	4,3713
5.Próbatest	4,4041
6.Próbatest	4,4385
7.Próbatest	4,3704
8.Próbatest	4,3726
9.Próbatest	4,3724
10.Próbatest	4,3752
11.Próbatest	4,3698
12.Próbatest	4,3726
13.Próbatest	4,3822
14.Próbatest	4,3703
15.Próbatest	4,3858
Átlag:	4,3790
Szórás:	0,0194
Max:	4,4385
Min:	4,3546

Agepan 50x50mm	Nomószilárdság (N/mm ²)
1.Próbatest	4,3542
2.Próbatest	4,3753
3.Próbatest	4,3814
4.Próbatest	4,3713
5.Próbatest	4,4041
6.Próbatest	4,4385
7.Próbatest	4,3743
8.Próbatest	4,3743
9.Próbatest	4,3742
10.Próbatest	4,3752
11.Próbatest	4,3555
12.Próbatest	4,3726
13.Próbatest	4,3769
14.Próbatest	4,3543
15.Próbatest	4,3858
Átlag:	4,3790
Szórás:	0,0210
Max:	4,4385
Min:	4,3542



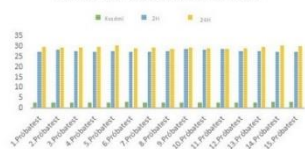
Vízfelvevő képesség, dagadás melléklet

Kéreg minták	Kezdeti Vastagság	2h utáni vastagság	24h utáni vastagság
1.Próbatest	23,80	25,16	26,17
2.Próbatest	23,68	25,45	26,74
3.Próbatest	23,75	25,72	26,25
4.Próbatest	23,67	25,83	26,16
5.Próbatest	23,72	26,14	26,13
6.Próbatest	23,74	25,18	26,26
7.Próbatest	23,74	25,81	26,53
8.Próbatest	23,63	25,64	26,15
9.Próbatest	23,85	25,71	26,49
10.Próbatest	23,57	25,35	26,26
11.Próbatest	23,81	25,92	26,56
12.Próbatest	23,82	25,86	26,53
13.Próbatest	23,72	25,34	26,66
14.Próbatest	23,75	25,44	26,32
15.Próbatest	23,81	26,05	26,34
Átlag	23,74	25,64	26,37
Szórás	0,077	0,306	0,199
Max	23,85	26,14	26,74
Min	23,57	25,16	26,13

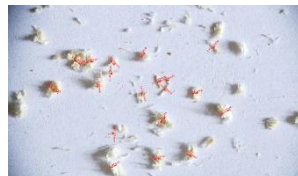
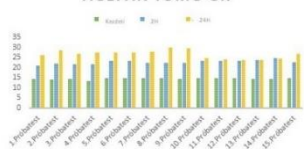
Tölgy	Kezdeti Vastagság	2h utáni vastagság	24h utáni vastagság
1.Próbatest	26,29	27,46	28,08
2.Próbatest	26,24	27,49	27,92
3.Próbatest	26,17	27,54	27,71
4.Próbatest	26,28	27,62	27,9
5.Próbatest	26,27	27,34	27,38
6.Próbatest	26,04	27,76	28,25
7.Próbatest	26,31	27,27	27,68
8.Próbatest	26,15	27,78	28,14
9.Próbatest	26,32	27,65	27,78
10.Próbatest	26,23	27,26	27,67
11.Próbatest	26,19	27,35	27,63
12.Próbatest	26,15	27,68	27,82
13.Próbatest	26,26	27,73	27,64
14.Próbatest	26,31	27,93	28,13
15.Próbatest	26,17	27,33	27,54
Átlag	26,23	27,55	27,82
Szórás	0,079	0,209	0,248
Max	26,32	27,93	28,25
Min	26,04	27,26	27,38

Agepan	Kezdeti Vastagság	2h utáni vastagság	24h utáni vastagság
1.Próbatest	57,65	58,65	61,23
2.Próbatest	57,65	57,23	62,32
3.Próbatest	57,65	58,05	63,43
4.Próbatest	57,65	57,88	61,56
5.Próbatest	57,65	58,02	62,37
6.Próbatest	57,65	58,06	62,47
7.Próbatest	57,65	58,06	62,56
8.Próbatest	57,65	58,13	63,87
9.Próbatest	57,65	58,04	64,95
10.Próbatest	57,65	58,33	61,4
11.Próbatest	57,65	58,06	62,75
12.Próbatest	57,65	57,89	62,56
13.Próbatest	57,65	58,33	663,4
14.Próbatest	57,65	58,23	62,17
15.Próbatest	57,65	58,34	63,56
Átlag	57,65	58,09	102,71
Szórás	0,000	0,310	155,114
Max	57,65	58,65	663,4
Min	57,65	57,23	61,23

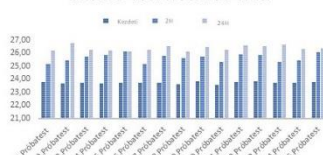
AGEPAN VASTAGSÁG MM



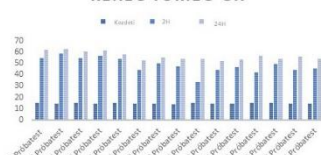
AGEPAN TÖMGR



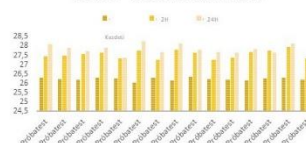
KÉREG VASTAGSÁG MM



KÉREG TÖMGR



TÖLGY VASTAGSÁG MM



TÖLGY TÖMGR

