



ÓBUDAI EGYETEM

Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet

**Környezettudatos csomagolás
termékfejlesztése hullámpapír lemezből
(Environment friendly packaging from
corrugated board)**

**ÓE RKK
2024.**

**Hallgató neve: Sinkovicz István
Hallgató törzskönyvi száma: T004395/FI12904/R**

TARTALOM JEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	- 3 -
2. Inspiráció	- 4 -
3. A Csomagolás.....	- 6 -
3.1 Csomagolás CÉLJA	- 6 -
3.2 A Papír, MINT CSOMAGOLÓESZKÖZ	- 6 -
3.2.1 HPL (Hullámpapír lemez)	- 7 -
3.2.2 HPL tulajdonságai.....	- 8 -
3.2.3 HPL JELLEMZŐ MECHANIKAI vizsgálatai	- 8 -
3.2.4 Dobozok mechanikai vizsgálata	- 9 -
3.3 FEFCO	- 10 -
4. Papír újrahasznosítás	- 11 -
5. A fejlesztés.....	- 14 -
5.1 Tervezés	- 16 -
5.1.1 A Csomagolás tervezéseE	- 16 -
5.1.2 Anyagválasztás	- 20 -
5.1.3 Mátrix felépítés és kialakítás	- 21 -
5.1.4 Alj és tető, illetve kiegészítő elem	- 24 -
5.1.5 Makettkészítés	- 25 -
5.2 Tesztek és mérések	- 27 -
5.2.1 ISTA teszt	- 28 -
5.3. Korábbi standard és az általam tervezett csomagolás összehasonlító elemzése.....	- 29 -
5.3.1 Technológia idők	- 30 -
5.3.2 Anyagfelhasználás	- 32 -
5.3.3 Technológiai előnyök	- 34 -
5.4 Standardizáció.....	- 34 -
6 Összefoglalás	- 36 -
7. IRODALOMJEGYZÉK	- 37 -

1.BEVEZETÉS

A „Környezettudatos csomagolás termékfejlesztése hullámpapír lemezből” című TDK munka a fenntarthatóság és környezetvédelem területén végzett innovatív munkát képviseli, különös figyelmet fordítva a csomagolástervezésre. A projekt középpontjában egy fitneszgép áll, amelynek csomagolására új, környezetbarát megoldásokat alkalmazok. A hullámkarton újrahasznosításának és a ragasztómentes megoldásoknak a hangsúlyozása illeszkedik a környezettudatosság és technológiai fejlődés integrációjához.

A dolgozat első fejezete bemutatja a TDK munka fő céljait, a fitneszgép csomagolásának, fejlesztésének jelentőségét és az alkalmazott módszereket, amelyek hozzájárulnak egy fenntarthatóbb csomagolástechnológia létrehozásához. A figyelem középpontjában nem csupán a fitneszgép csomagolásának megjelenése áll, hanem annak egyszerűbb újrahasznosítása és a későbbi folyamatok optimalizálása is, amelyek a hullámkarton ismételt feldolgozásából adódnak.

A csomagolás tartalmaz egy külső egységet, ami magába foglalja a rekesztéket és a bele kerülő fitneszgépet. Külön figyelmet kap a terméket tartó rekeszték, amelyet a továbbiakban „mátrixként” fogok nevezni. A célom, hogy bemutassam, hogyan lehet ezt a rekesztéket gyorsabban és hatékonyabban összeállítani.

A dolgozat célja, hogy feltárja a változtatások indokait, és megmagyarázza, miért fontos a környezettudatos termékfejlesztés ezen a területen. Ismertetni fogom a korábbi módszerekhez képest a változtatásokat. Ezeket a változásokat a költséghatékonyságon, az összeállítási folyamaton és a különböző vizsgálatokon keresztül fogom bemutatni.

A választott témám integrálja a fitneszgép specifikus aspektusait és hangsúlyozza a csomagolás fejlesztésének jelentőségét az adott termék kontextusában.

2.INSPIRÁCIÓ

Minden egyes hullámkartonban ott rejlik az újrakezdés lehetősége.

A hullámkartonokkal való foglalkozás nem csupán kreatív tevékenység, hanem egy tudományos és környezetvédelmi döntés is, amely hozzájárul a fenntartható jövő építéséhez. A hullámkarton egy rendkívül sokoldalú és könnyen újrahasznosítható anyag, amely jelentős alternatívát kínál a műanyagok és egyéb környezetszennyező anyagokkal szemben. Bár a papír sem teljesen környezetkímélő módszerekkel lehet előállítani, az ipari gyakorlatokban mégis a legkevésbé környezetszennyező csomagolási megoldások közé tartozik, mint például az üveg vagy a műanyag.

A hullámkartonok újrahasznosítása révén jelentősen csökkenthetjük a hulladék mennyiségét, ami kevesebb erőforrás felhasználását és alacsonyabb ökológiai lábnyomot jelent. A hullámkarton természetes alapanyagokból készül, így lebomlásakor minimalizálja a környezeti hatásokat, szemben sok más csomagolóanyaggal, amelyek tartósan káros hatással lehetnek a környezetre. [1]

Együttműködve a csomagolástechnológia területén, különös figyelmet fordítok arra, hogy az általam tervezett hullámkarton megoldások ne csak esztétikusak, hanem funkcionálisan is hatékonyak és fenntarthatóak legyenek. A dolgozatomban bemutatott termék a hullámkarton innovatív felhasználásának példajaként szolgál, és célja, hogy tovább növelje a fenntartható csomagolási technológiák alkalmazását.

A csomagolás terén végzett munkám során törekszem arra, hogy minden projekt hozzájáruljon a környezeti hatások csökkentéséhez, újrahasznosítása minél könnyebb a környezetre minél kímélőbb legyen. A választott hullámpapírlemez minősége is újrahasznosított formáját (testliner) részesítem előnyben, miközben megfelel a termékek biztonsági és funkcionális követelményeinek. Az ilyen típusú innovatív megoldások nem csupán az ipari alkalmazásokban, hanem a mindennapi

életben is pozitív hatással vannak, mivel hozzájárulnak a fenntartható fejlődéshez és a környezet védelméhez.

3.A CSOMAGOLÁS

3.1 CSOMAGOLÁS CÉLJA

A csomagolás alapvető célja, hogy a termék a gyártás befejezésétől használati értékének csökkenése nélkül, azaz mennyiségének és minőségének megóvásával a leggazdaságosabb módon jusson el a felhasználóhoz. [2]

A csomagolástechnológiai ismeretek sajátos ismerthalmazként értelmezhető, amelyre jellemző a multidiszciplináris jelleg, vagyis különböző tudományterületek eredményeit ötvözi. Az anyagtudományok, a fizika – és mechanika, a kémia mellett a gazdasági és társadalomtudományok fogalmaival, módszereivel is találkozhatunk tanulmányaink során, gondoljunk csak a fogyasztói csomagolások reklámpszychológiai hatására. A csomagolástechnológus szakemberek egyik feladata az ismeretek megszerzése után azok integrálása egységes rendszerré. [3]

3.2 A PAPÍR, MINT CSOMAGOLÓESZKÖZ

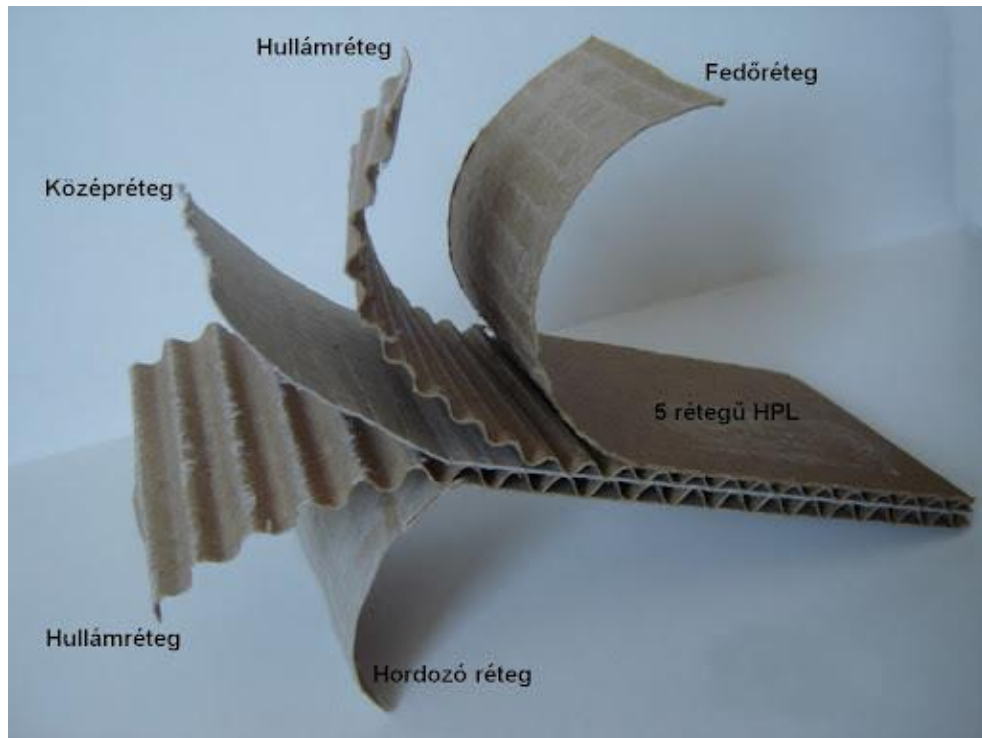
A papír egy a minden napokban használt, könnyedén az emberek figyelmét elkerülő tárgy, mégis az életünket igen nagy kihatással bíró, befolyásoló dologról beszélünk. A papír nagyon sok területen jelen van, ami mégis a legjelentősebb arányt teszi ki az a csomagolás. Az európai papírtermelésben ez az arány meghaladta az 50-55%-ot amit a nyomda ipar követ 30-35%-kal, illetve a kozmetikai terület, ami 8-10% teszi ki. [4]

A papír növényi rostsejtek vizes szuszpenziójából és segédanyagokból víztelenítéssel, nemezelődéssel előállított hajlékony laptermék, melyben kémiaiilag másodrendű hidrogén kötések is jelen vannak. [5]

Hagyományos papírkészítésnél kézzel, szakaszosan készítik, korszerű gyártásnál folyamatosan, papírgépen állítják elő. [3]

3.2.1 HPL (HULLÁMPAPÍR LEMEZ)

A hullámpapírlemez (1. ábra) páratlan rétegszámú, hullámosított és sima papírrétegek váltakozásából álló olyan papírlemez, amelynek hullámosított rétege (rétegei) két oldalról a hullámgerincek mentén sima réteghez van ragasztva. [6]



1. ábra: 5 rétegű hullámpapírlemez [7]

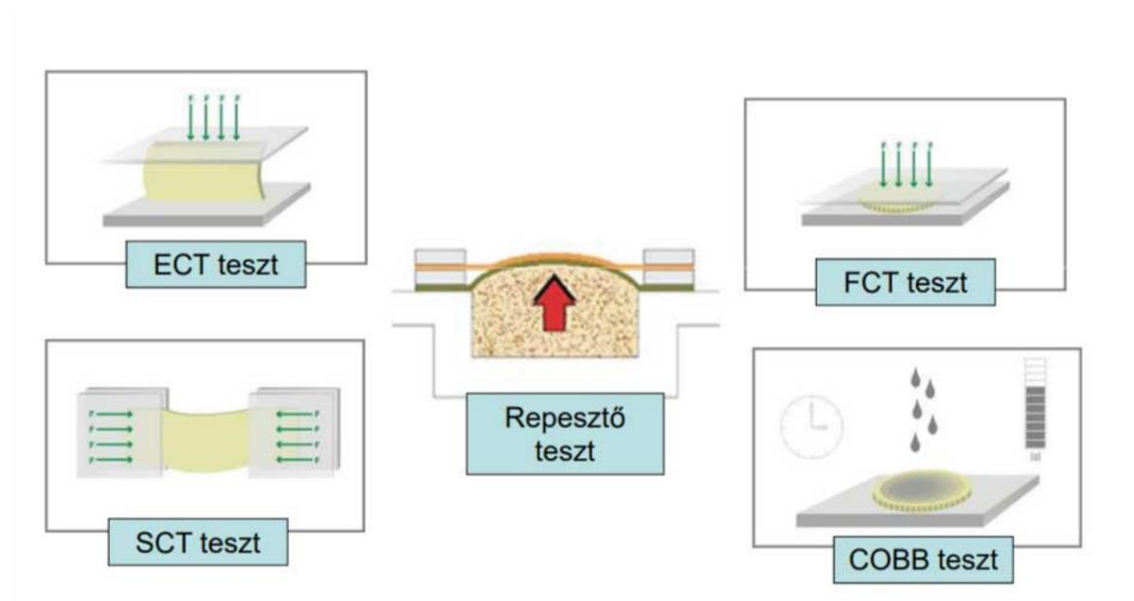
Általában 3, 5 de akár előfordulhat 7 rétegben is a hullámpapír lemez. A hullámpapír lemezek meghatározó jellemzése a hullám réteg alakja, mely alatt a hullámok magasságát és hullám távolságukat értjük.

Ezek a csoportosítások E, B, C hullám a 3 rétegű hullámpapírlemezek esetén, de tovább is lehet kombinálni 5 rétegű hullámpapírlemezekre, mint például az EB és BC hullámok. A dolgozatomban az utóbbi fog előtérbe kerülni.

3.2.2 HPL TULAJDONSÁGAI

Hullámpapírok mechanikai vizsgálatainak közös jellemzője, hogy a mintákat valamilyen, a vizsgálatban előírtan meghatározott nagyságú statikus vagy dinamikus erőhatásnak teszik ki. Az erő irányától és a vizsgált minta típusától függően különböző mérések terjedtek el a nemzetközi ipari gyakorlatban (például: élnyomószilárdság). A vizsgálatokat csoportosíthatjuk aszerint, hogy az alappapírt, a hullámpapírlemezt, vagy a kész dobozt érintik az említett erők (2. ábra).

[3]



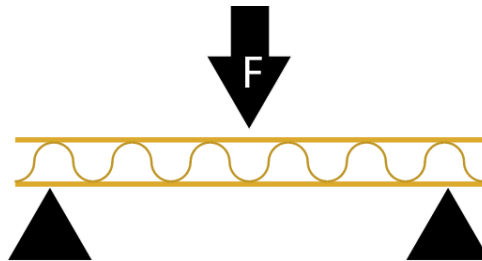
2. ábra: Fontosabb mérések hullámpapír lemezre [2]

3.2.3 HPL JELLEMZŐ MECHANIKAI VIZSGÁLATAI

A hullámpapírlemezek és dobozok mechanikai vizsgálatainál a próbatestek alakja és az erő iránya alapján a következő módszereket különíthetjük el:

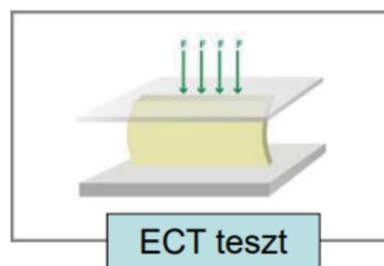
- hajlító merevség,
- élnyomó szilárdság.

Hajlító merevség: a hullámpapírlemez hajlító merevsége (3. ábra) teszi lehetővé a lemez hajlítását és belőle 3 dimenziós forma kialakítását. Ennek köszönhető az is, hogy az alak különböző. Nyomáshatások esetén is megmarad. A hullámpapírlemez merevsége növekszik a lemez vastagságának növelésekor és hosszának csökkentésekor. [3]



3. ábra: Hullámlemez hajlítási merevségének vizsgálat [saját ábra]

Élnyomó szilárdság, Edge Crush Test (ECT). A szabványos (ISO 3037) méretű mintacsík (25 mm széles és 100 mm hosszú) megroppantásához szükséges erőt mérik kN/m-ben. A hullámlemez élnyomó szilárdsága általában 4-14k N/m között vannak. Fontos szerepet játszik a csomagolt áru halmazolhatóságában. A lemez vastagságának és szélességének növekedésekor nő az élnyomó szilárdsága (4. ábra). [3]



4. ábra: ECT – Élnyomó szilárdság vizsgálat [4]

3.2.4 DOBOZOK MECHANIKAI VIZSGÁLATA

A HPL dobozokat használatuk során egymásra helyezik, így az alsó rétege a rakatnak fokozott statikus igénybevételnek van kitéve. Ez a hatás, az úgynevezett halmazolási nyomás. Nagysága azonos

csomagolások esetén és egyenletes, megoszló terhelést feltételezve az alábbi (1) képlettel írható le:

$$N = Q * g * \frac{H-h}{F*h} \quad [\text{Pa}] \quad (1)$$

ahol:

N – a halmazolási nyomás [N/m²]

Q – a csomagolás tömege [kg]

g – a nehézségi gyorsulás [9,81 m/s²]

H – a halmazolási magasság [m]

h – a csomagolás magassága [m]

F – a csomagolás teherátadó felülete [m²]

Doboz nyomóellenállás, Brush crush test (BCT): Az összenyomási ellenállás határozza meg a doboz halmazolhatóságát, ami a csomagolásoknál nagyon fontos. A doboz összenyomási vizsgálata (BCT) a legáltalánosabb és legfontosabb minőségi teszt a kész csomagolóeszközöknél. Általában üres dobozokkal végzik, de lehet megtöltve is. Ezzel határozzák meg a függőleges irányú nyomóerővel szembeni ellenállást N-ban, vagyis a doboz halmazolhatóságát.

3.3 FEFCO

Doboz tervezésnél az 1987-ben kiadott FEFCO és az ASSCO a hullámpapírlemezekből, valamint a tömör lemezekből készült dobozkonstrukciókra kódrendszert dolgozott ki, mely a különböző típusokat számokkal jellemzik. Ez alapján a dobozok azonosítása egyértelművé teszi. [7] A FEFCO által használt kódszámok melyeket a fitness gépnél felhasználtam a következők:

03 – Az úgynevezett teleszkópos vagy fedeles dobozok több darabból állnak. Jellemzőjük a különálló fedél és vagy fenék rész, amit a doboz testébe csúsztatnak.

04 – Hajtogatott burkolatok, melyek leggyakrabban egyetlen szabatból állnak. Két vagy valamennyi oldal, valamint a fedél összetartoznak a fenékkal. A doboz összeállítása általában fűzés és ragasztás nélkül történik. A szerkezeteket záró elemek is kiegészíthetők.

07 – Használtra készen ragasztott dobozok, elvileg egyetlen darabból állnak, laposra hajtva szállítják és egyetlen mozdulattal felállíthatók. Ezek a dobozok készülhetnek fenékkal vagy diagonál hajtogatással.

09 – Belső szerkezeti elemek, melyek betétek, rekesztékek és elválasztólapok lehetnek, esetleg mozgáscsillapító elem szerepét is betölthetik. [7]

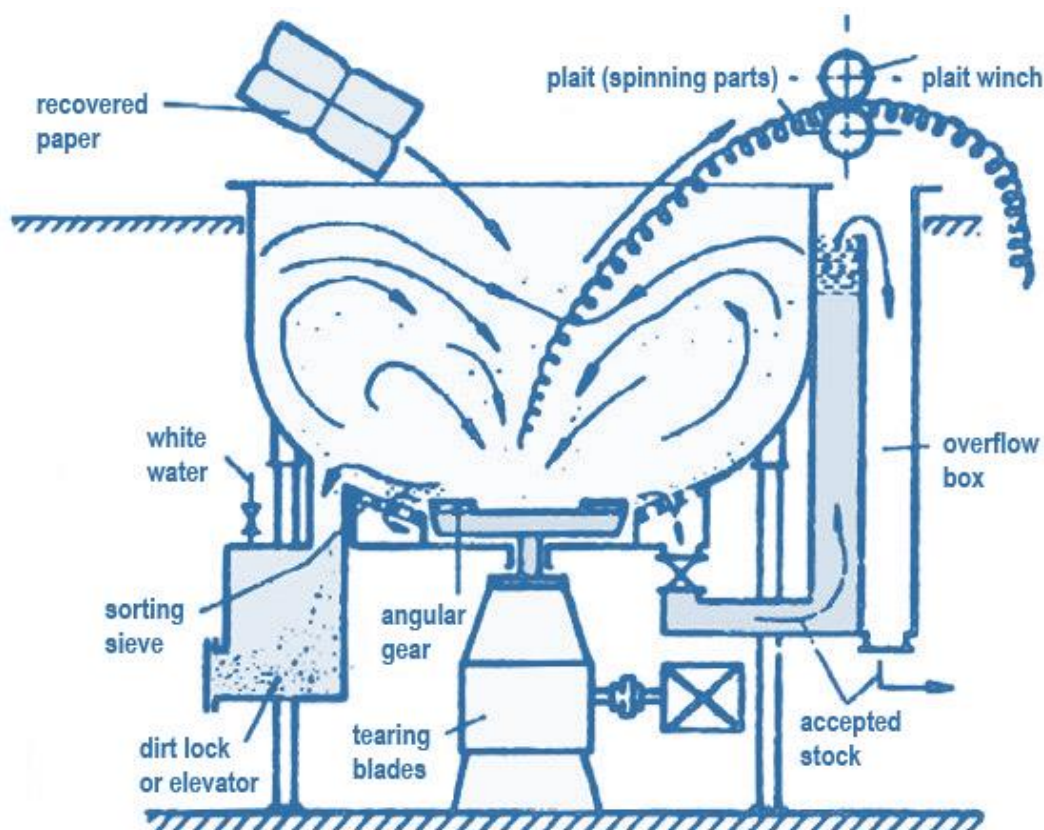
4. PAPÍR ÚJRAHASZNOSÍTÁS

A papír újrahasznosítás olyan folyamat, amely során már használt papírt gyűjtenek, feldolgoznak és újra hasznosítanak, hogy új papírtermékeket állítsanak elő. Ez a folyamat rendkívül fontos a környezetvédelem szempontjából, mivel segít csökkenteni az erdőirtást, a víz- és energiatakarékosságot, valamint a szén-dioxid kibocsátást. Fontos szerepet játszik a környezetvédelemben és a fenntarthatóság elősegítésében. A tudatos papír újrahasznosítás mindenki számára pozitív hatással van úgy a környezetre, mint a jövő generációira. [5]

A szelektíven visszagyűjtött papírhulladék újra feldolgozása egy pulperben kezdődik. Az újrafeldolgozásra szánt papír hulladék különböző szennyeződések tartalmazhat. Ezek lehetnek a rostoknál nagyobb fajsúlyú (parafa, fadarabok, műanyagok stb.) szennyeződések. A szennyeződések eltávolításának a célja a papírlap tisztasága, ami a későbbi feldolgozó papírgép munkáját segíti elő a jobb minőségű alappapír előállításához. A fent említett pulper (5. ábra) egy örvénylő rostanyag-tisztító berendezés. Hengeres vagy kúpos alakú edény, szuszpendált anyagrészecskék sűrűségkülönbség alapján történő tisztításához, centrifugális erő és a folyadék nyíróhatásának

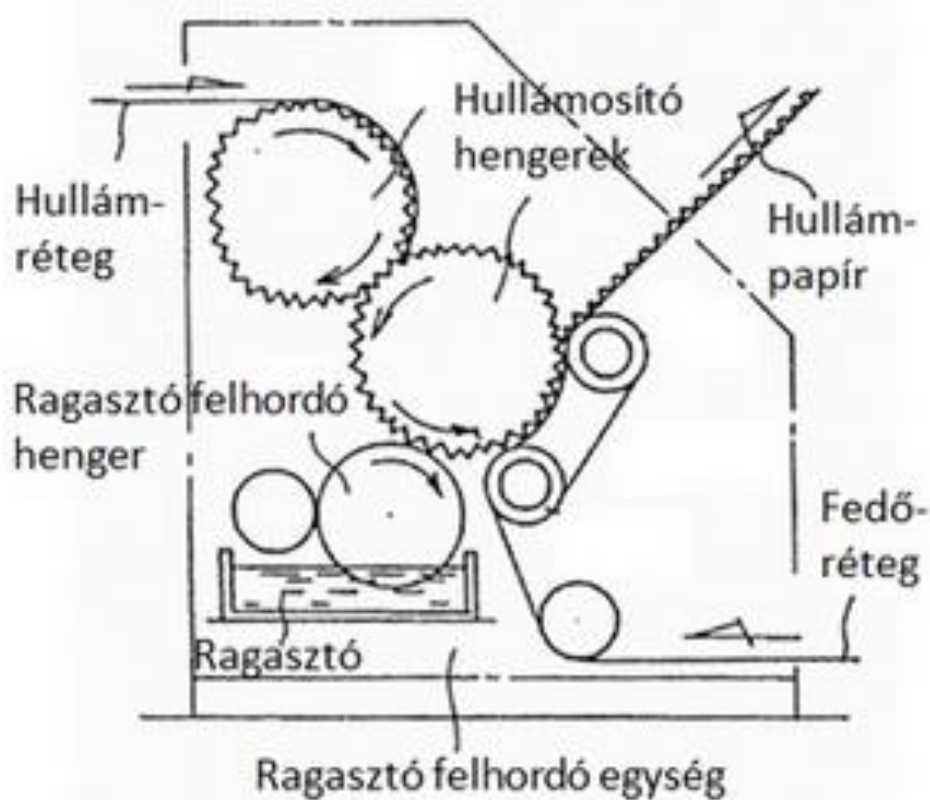
felhasználásával. A hatás eredője az anyagszivattyú, amely szabad örvénylő-mozgást hoz létre az edényben. Itt az érintőlegesen bevezetett híg rostszuszpenzió körmozgásra kényszerül. A nagyobb sűrűségű, illetve tömegű részecskék a falon lefékeződve lecsúsznak és az alsó kifolyó nyíláson távoznak. A kisebb sűrűségű rostok az edény felső részén áramlanak ki. [9]

A papír újra feldolgozás következő lépéseként a megtisztított, felörült papír alapanyag egy papírgépbe kerül, ahol az alappapír gyártása történik. Ezek a gépek a papírgyártás alapberendezései közé tartoznak. Ezen a berendezésen a következő főbb folyamatok mennek végbe: lapképzés, víztelenítés, préselés, szárítás, simítás vagy egyéb felületnemesítés. Ebből a papírból kartont vagy lemez készítés fogja követni. Mivel a munkám folyamán a hullámpapír van fókuszban így a készítési folyamatot egy hullámlamezgép követi, ahol a kívánt hullámrétegű papírt három, öt rétegben össze illesztik, amik mindig tartalmaznak fedő és hullám rétegeket.



5. ábra: Pulper működésének rajza [10]

A hullámpapír lemez legfőbb tulajdonsága, hogy páratlan számban követik egymást a fedő és hullámrétegek. A hullámtermékek gyártásához használatos papírok gyűjtő neve: hullámalappapírok, amit hullámosít géppel készítenek (6.ábra). A hullámosított réteg srenc vagy fluting, a fedőréteg általában srenc, duplex (testliner) vagy kraftliner, a felhasználási céltól függően. A fedő rétegek a hagyományos barna szín mellett fehérek is lehetnek. A hullámtermékek ragasztóanyaga vízüveg (Na_2SiO_3) vagy keményítő alapú.[5]



6. ábra: egy hullámosító egység elvi felépítése látható [11]

Ezt követően vagy vele egy időben készülnek el, egy plusz réteg vagy hullámosított réteg hozzá adásával a hullámpapír lemezek.

5. A FEJLESZTÉS

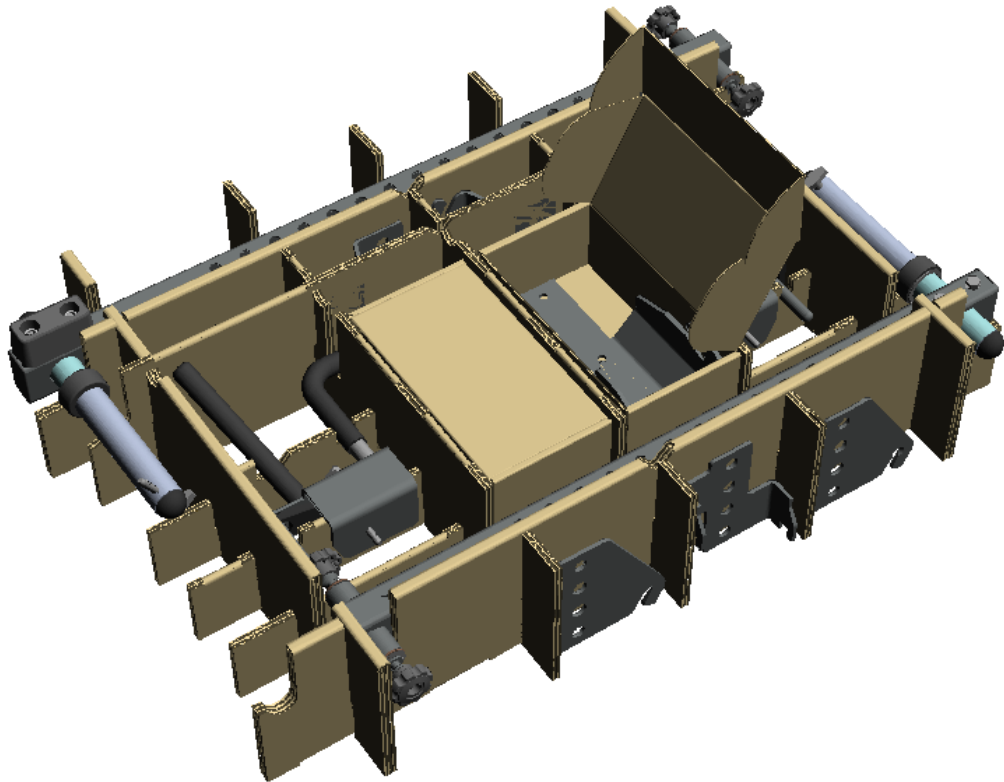
A fejlesztés során egy olyan csomagolási megoldást terveztem, amely kifejezetten a kondigép biztonságos szállítására szolgál. A csomagolás tervezése során több fontos szempontot kellett figyelembe vennem annak érdekében, hogy optimális védelmet biztosítson a termék számára a szállítás során. A fejezet további részeiben bemutatom a tervezés során alkalmazott legfontosabb szempontokat és megközelítéseket.

- Termékek biztonságos elrendezése
- Ragasztási költségek csökkentése
- Fitneszgép megfelelő védelme a szállítás során
- Egy csomagoláson belül legyen az összes alkatrész
- Az alkatrészek a csomagolása során egyszerű logikus elrendezés

Összetett csomagolás tervezése, vagyis a kondigép csomagolásának minden szükséges elemet tartalmaznia kell (7.ábra), hogy teljes körű védelmet nyújtson a szállítás során. A csomagolásnak tartalmaznia kell a megfelelő belső struktúrát és támogatást, hogy minimalizálja a termék sérülésének kockázatát, különösen az ütések és rázkódások ellen. A tervezés során kiemelt figyelmet fordítottam a csomagolás belső mátrixának kialakítására, amely optimális védelmet nyújt a kondigép különböző alkatrészei számára.

Mátrix ragasztás nélküli megoldása a csomagolás egyik fontos jellemzője. A mátrix elemek összeállítása nem igényel plusz kötőanyagokat. Ez a megközelítés egyszerűsíti a gyártási folyamatot, csökkenti a költségeket, és csökkenti a környezeti hatásokat is, mivel elkerülhetők a ragasztóanyagok használata. Bár a szerszámköltségek kezdetben magasabbak lehetnek, a hosszú távú költséghatékonyságot és fenntarthatóságot jelentősen javíthatja az is, hogy nincs szükség külön kasírozó gép alkalmazására.

A csomagolás tervezése során fontos szempont volt a teherbírás maximalizálása (60 kg), különösen a tengeri szállítmányozás esetében. A megfelelő anyagok és szerkezeti megoldások kiválasztása biztosítja, hogy a csomagolás képes legyen elviselni a szállítás során fellépő mechanikai terheléseket. A cél az volt, hogy a csomagolás minden szempontból megfeleljen a kondigép szállításához szükséges védelmi követelményeknek.



7. ábra: Alkatrészek elrendezése a mátrixban [saját ábra]

A fent említett szempontok és megközelítések figyelembevételével a tervezett csomagolás nem csupán a kondigép biztonságos szállítását biztosítja, hanem a gyártási és logisztikai folyamatok hatékonyságát is növeli. A célom az volt, hogy a csomagolás ne csupán funkcionálisan, hanem költséghatékonyság és anyagtakarékosság valamint környezetvédelmi szempontból is optimális megoldást nyújtson.

5.1 TERVEZÉS

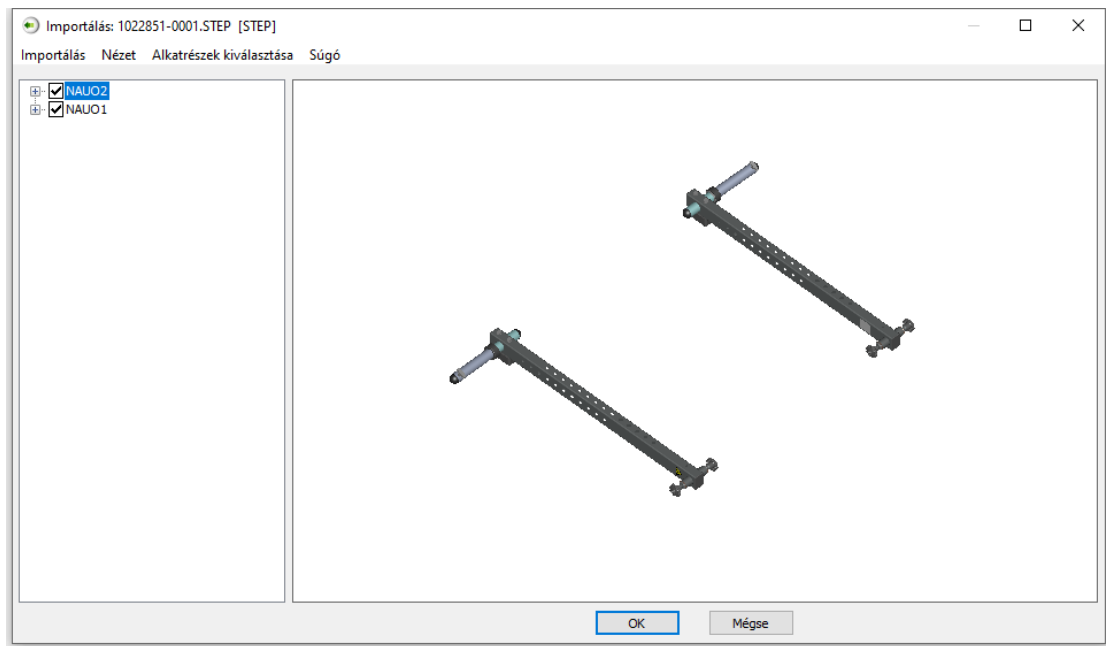
5.1.1 A CSOMAGOLÁS TERVEZÉSE

A csomagolás tervezéséhez szükséges 3D-s állományokat STEP fájlformátumban kaptam meg (8. ábra). Ezeket az állományokat az ArtiosCAD nevű, csomagolás és display tervezésére kifejlesztett szoftverrel dolgoztam fel. Ez a program egy ipari szinten elismert tervezést segítő szoftver, amely lehetővé teszi a komplex csomagolási struktúrák és displayek tervezését mind 2D, mind 3D nézetben.

A tervezési folyamat első lépése az volt, hogy a termékek elrendezését egy háromdimenziós térben végezzem el. A program használata lehetővé tette számomra, hogy részletesen vizsgáljam a csomagolás belső struktúráját és a termékek elhelyezését, így biztosítva a legoptimálisabb elrendezést a biztonságos szállításhoz.

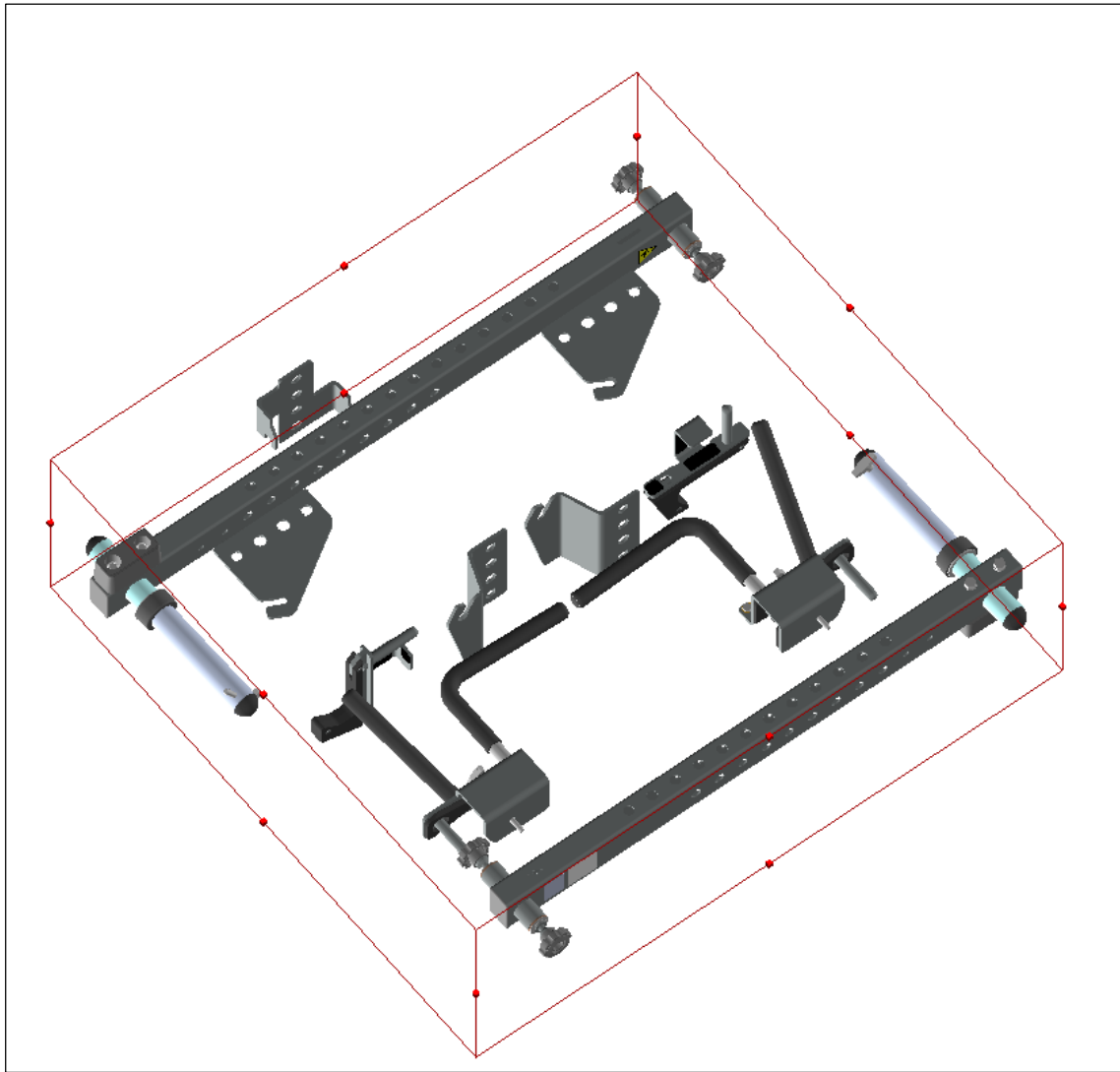
A tervezési folyamat során a következő lépéseket követtem:

1. **Termékek Elrendezése** – Az első lépés a termékek térbeli elrendezése volt, amely során figyelembe kellett venni a termékek méreteit és formáit, valamint a csomagolás struktúráját.
2. **2D és 3D Nézetek Használata** – A tervezés során egyaránt használtam 2D és 3D nézeteket. A 2D nézetek segítettek a csomagolás lapos, sík formájának megtervezésében, míg a 3D nézetek lehetővé tették a térbeli viszonyok és a csomagolás teljes kialakításának részletes vizsgálatát.
3. **Optimalizáció és Finomítás** – A tervezési folyamat során folyamatosan finomítottam a csomagolás struktúráját és elrendezését, hogy biztosítsam a termékek maximális védelmét és a csomagolás funkcionalitását.



8. ábra: Alkatrészek 3D-s állományainak vizsgálata [saját ábra]

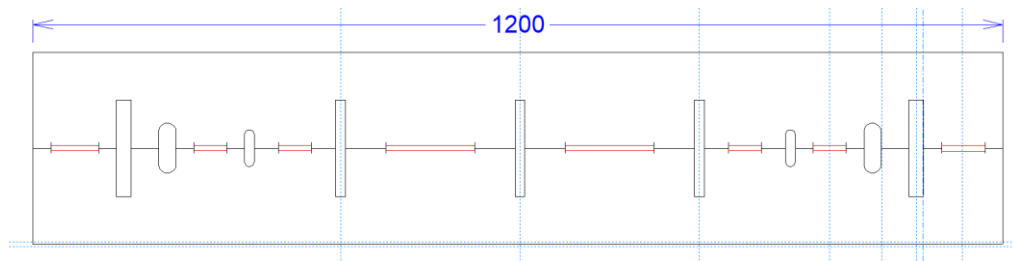
A tervezési folyamat során kiemelt figyelmet fordítottam arra, hogy az alkatrészek elrendezése egyszerűen érthető és jól alkalmazható legyen. Az elrendezés célja az volt, hogy a csomagolás struktúrája biztosítsa a termékek könnyű elhelyezését és hozzáférését. Hangsúlyt fektettem arra, hogy az elrendezés lehetővé tegye a jobbos-balos alkatrészek azonos módon történő felhasználását. A szimmetrikus elrendezés nemcsak esztétikai (kellemes látvány a rekesztékre) előnyöket nyújt, hanem elősegíti az egyszerűbb összeállítást és az alkatrészek rendszerezését (9. ábra).



9. ábra: Alkatrészek elhelyezése térben mátrix nélkül [saját ábra]

Miután megtaláltam ezek elhelyezését jöhet a mátrixok elemeinek megtervezése. A program segítségével három dimenzióban rajzoltam egy síkot, amit a program képes volt azokon a pontokon megszakítani, ahol valamilyen akadályba ütközött. Ezután a kihagyott alakzatokat (10. ábra) elkezdtem formálni, hogy a későbbiekben a szerszám elkészítésekor ne okozzon problémát, ne tartalmazzon extrém alakzatokat, amiket esetleg a szerszám készítő nem lenne képes leformálni, elkészíteni. Próbáltam egyszerűbb alakzatok kialakítására törekedni, ezért az olyan elemek, mint például az ív és egyenesek érintő találkozását elhagyni, ezek ugyanis a stancolásnál hajlamosak

eldeformálódni. A termék gyártása egy rotációs kimetsző szerszámmal történik (11. ábra), itt a kilökő gumik nem csak a papír lelökését segítik a késről, hanem ezzel egyidejűleg a hulladékok kilökését is szolgálják a kimetszek formák mentén. Ezért is volt fontos az egyszerűbb alakzatok kialakítása.



10. ábra: A mátrix elemének kivágásainak finomítása [saját ábra]

A 11. ábrán a méret mm-ben van feltüntetve, illetve az egész munkám során ebben a mértékegységben dolgoztam. A rajzon a fekete vonalak vágásokat, míg a piros vonalak a hajtási pontokat jelölik. A kék szaggatott vonalak segédvonalként vannak jelen. Ezek az ArtiosCad által használt megjelenítési formák.



11. ábra: Göpfert típusú rotációs gép működés közben [saját ábra]

5.1.2 ANYAGVÁLASZTÁS

A mátrixoknál használt alapanyag főként BC-hullám volt. Ez a hullámpapír lemez több szempontot figyelembe véve lett kiválasztva. Mivel a mátrixnak viszonylag nagy tömeggel rendelkező terméket kellett tartania mindenféleképpen szükség volt egy 5 rétegű hullámpapír lemezre.

Az alkalmazott 5 rétegű hullámpapír lemez biztosítja a szükséges mechanikai szilárdságot, amely elengedhetetlen a jelentős tömegű termékek stabil támogatásához. Ez a profilú HPL magas ECT (Edge Crush Test) értékkel rendelkezik, mint egy háromrétegű C-profilú hullámkarton lemez. Az általam használt BC hullám ECT értéke $8,8 \text{ kN/m}^2$ vele szemben a C hullám értéke csak $4,4 \text{ kN/m}^2$, ami dupla erősséget biztosít! Ez garantálja a szükséges statikus és dinamikus teherbírást. Ez az érték, mérőszám, a hullámok nyomásával szembeni ellenállását jelzi, így garantálva a szerkezeti integritást szállítás közben.

Mivel a költséghatékonyság és a környezetvédelem is fontos szempont volt a terméktervezésnél, ezért mindenféleképpen maradni szerettem volna a részben újrahasznosított testliner fedőrétegeknél. Maga a mátrix a választott hullámkartonnal alkalmas a statikus igénybevételek elviselésére, valamint a szállítás során fellépő dinamikus és környezeti termikus hatások kivédésére.

A terméknel használt anyagai a következők:

- Mátrix elemei egy 5 rétegű BC-hullám – aminek mind két fedőrétegét részben újrahasznosított alappapír alkotott.
- A mátrixot magába foglaló doboz alj és tetőrészét egy erősebb (kraft fedőrétegből) BC-hullám alkotja – a megfelelő védelem és későbbi hatások ellenei védelem miatt Kraft alappapírral rendelkező anyagot választottam (1. táblázat).

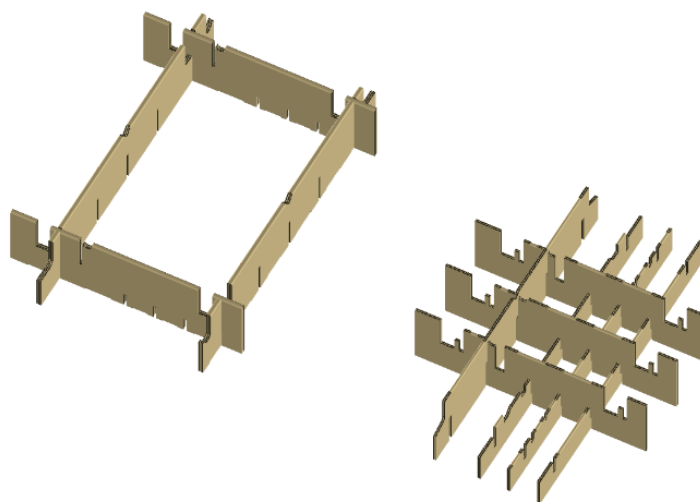
1. táblázat csomagolás HPL tulajdonságai [saját táblázat]

HPL	Mátrix	Alj + Tető
Tömege [g/m ²]	710	745
ECT [kN/m]	8,8	9,3
Behordása*	TL170/WS80/WS90/ WS115/TL170	KL175/WS80/WS90/ WS135/KL175

*TL: Test liner, WS: Wellenstof, KL: Kraft liner

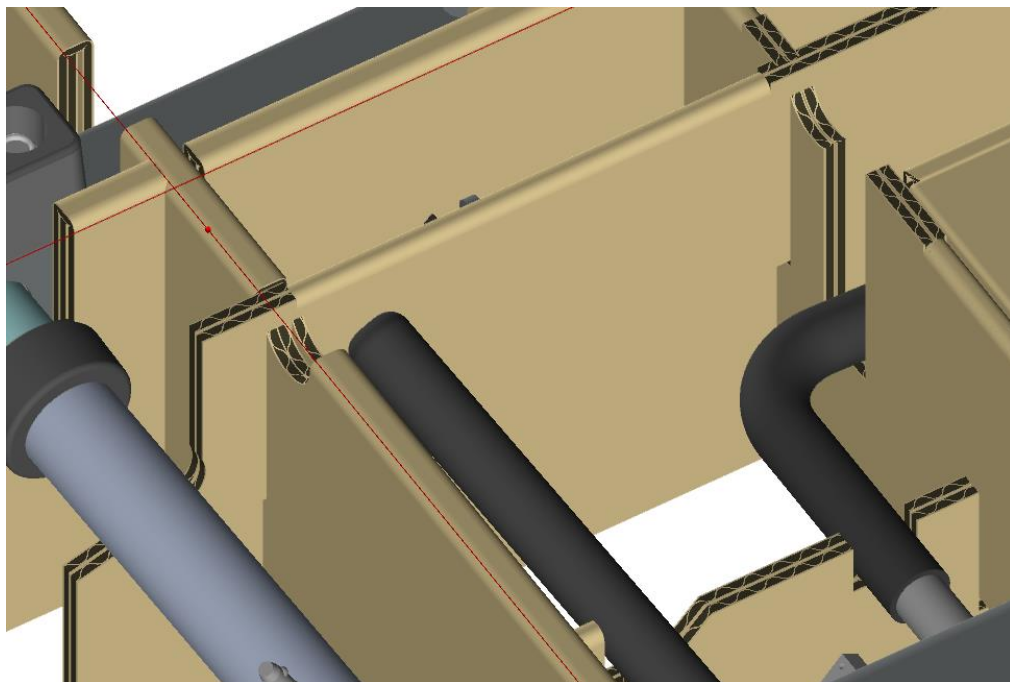
5.1.3 MÁTRIX FELÉPÍTÉS ÉS KIALAKÍTÁS

A mátrix tervezésénél a struktúra két fő komponensre, a fővázra és a belső mátrixra (12.ábra) tevődött. A főváz határozza meg a tartóelemek külső méreteit, és mivel ezek az elemek a legnagyobb terhelésnek vannak kitéve, ezért ezek három egymás melletti hajtott BC-hullámból készültek. A belső mátrix kialakításánál elegendő volt az anyag félbe hajtása. A korábban használt technika okán itt muszáj volt 3 réteget használni, mivel az elv a három egymást reprodukáló leütés volt, így minden eleme a mátrixnak három rétegeket vonzott magával.



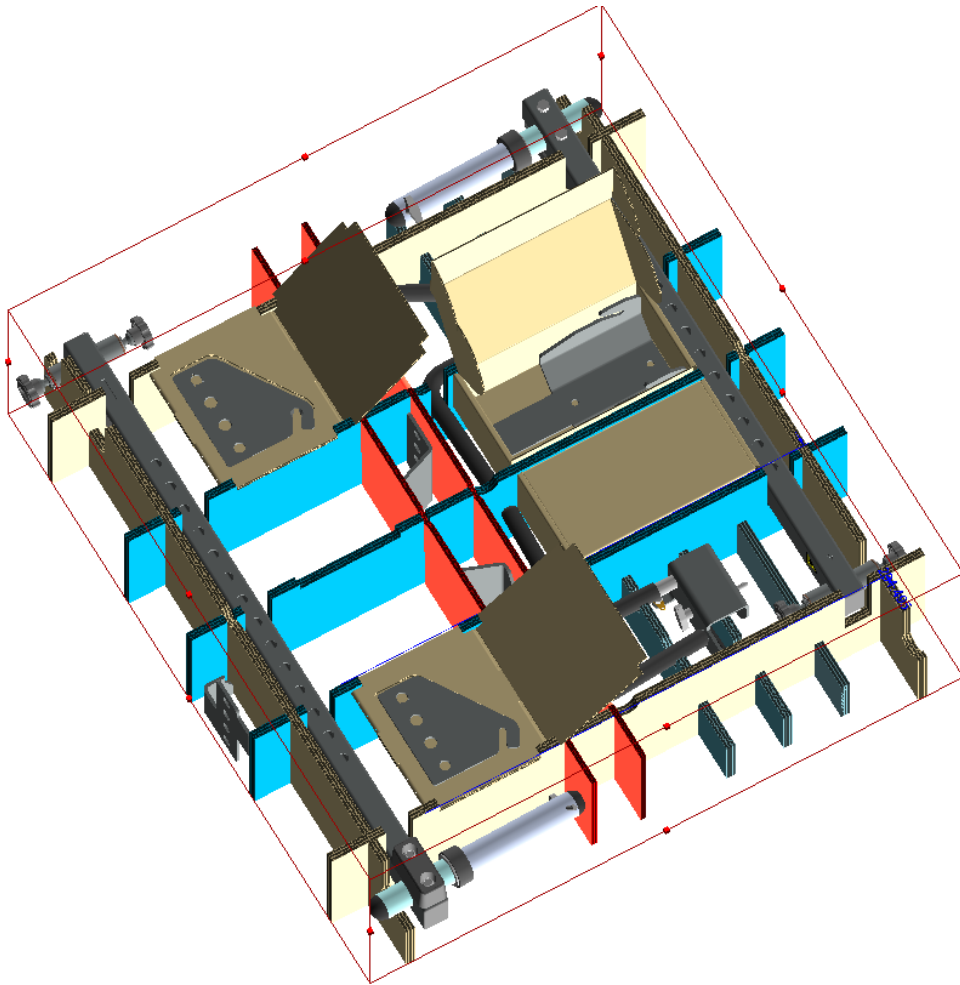
12. ábra: Bal oldalt a főváz és mellette a belső váz [saját ábra]

A ragasztóanyagok alkalmazását szándékosan elkerültem, és a tervezés során mindenféle kötőanyagot mellőztem, helyette hajtogatott elemeket használtam. Ennek előnye, hogy a hajtási pontoknál keletkező potenciális sérülési helyeket is takarhatjuk, ami nemcsak a termék épségét védi, hanem csökkenti a csomagoló munkatársak esetleges fizikai sérüléseit is (13. ábra). A hajtogatott mátrix elemek összetartását a rekesztékek metszési pontjai egymásra gyakorolt erők tartják össze. A belső mátrix csak a kondigép egységeit hivatottak tartani, ide elegendő volt kettő egymás melletti BC hullám elhelyezése, félbehajtása.



13. ábra: Visszahajtott élek csökkentik a termék elhelyezésekor előforduló roncsolást
[saját ábra]

Az első tervezési szakaszban háromdimenziós modellezési eszközökkel végeztem el a szükséges ellenőrzéseket, hogy minden alkatrész megfelelően elhelyezhető legyen a csomagolásban. Ezzel lehetőség nyílt az illesztési hibák azonosítására, valamint annak biztosítására, hogy a tervezett kialakítás megfeleljen a gyártási és csomagolási követelményeknek (14. ábra).



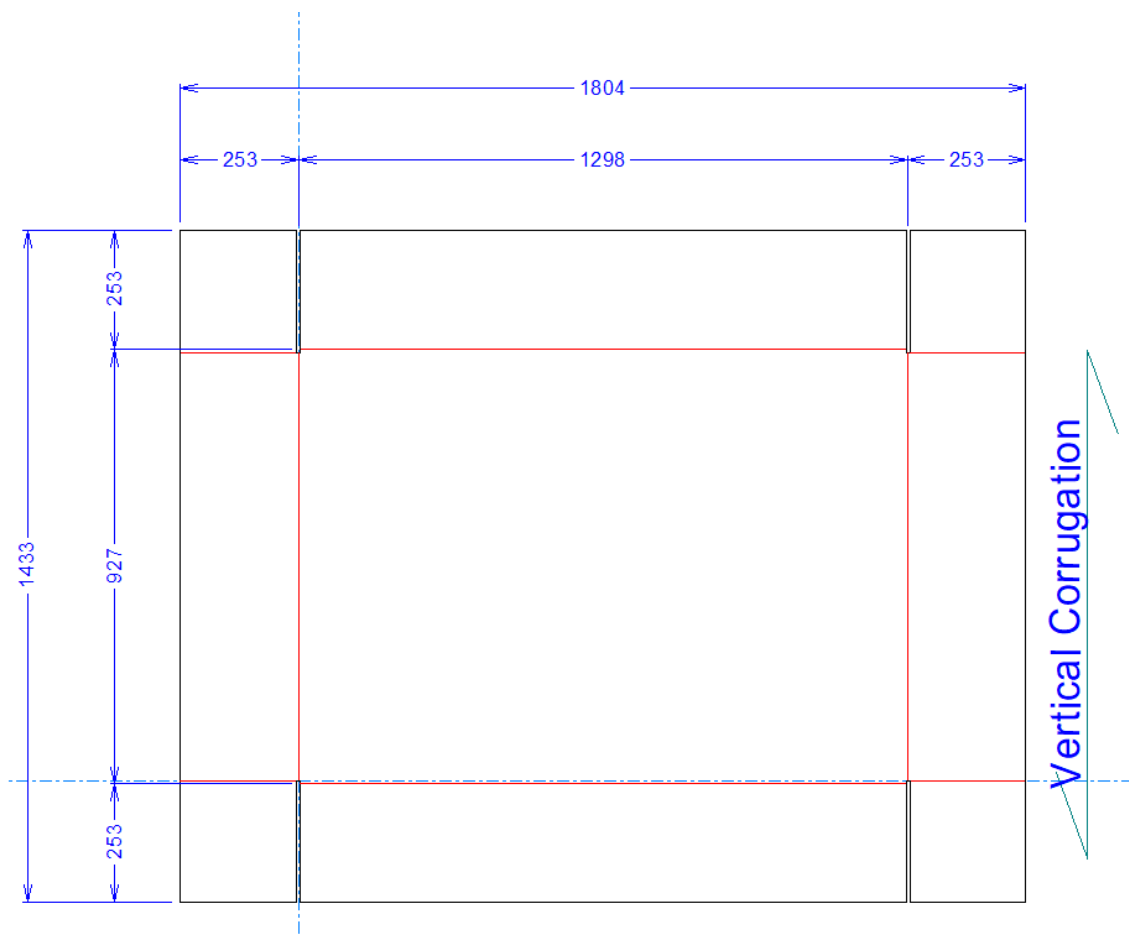
14. ábra: Az első (A terv) verzió 3D alakban [saját ábra]

Kezdeti (A terv) modell rendezett állapotban még csak egyelőre azt határozza meg, hogy melyik alkatrész hová kerül. Ezen az ábrán bár a mátrixot és a fitnessgépet magába ölelő FEFCO 300-as kóddal illetett mélyfedelű doboz még nem látszik, de fontos volt annak a szerepét is figyelembe vennem. A külső tároló doboz a mátrix egyes pontjain egy zárt rekeszt alkotnak ahová a mátrixon felfekvő gépelemek áthelyezhetők. Ez a kialakítás már segíti a csomagolási idő csökkentését, mivel a dobozt és a benne lévő mátrixot a vevő össze illesztve fogja megkapni. A kondigép alkatrészeinek elhelyezéséhez a mélyfedelű doboz tetejét elég eltávolítani utána az alkatrészeket bele lehet helyezni a mátrixba. Mivel ezek az elhelyezendő a fém alkatrészek méretüket

tekintve kicsik, kialakításuk (nem tartalmaz éles pontokat) illetve a tömegük is kicsi, ezért itt a doboz alját kialakító egyszeres BC hullám fal is elegendő védelmet fog majd nyújtani számukra.

5.1.4 ALJ ÉS TETŐ, ILLETVE KIEGÉSZÍTŐ ELEM

A mátrixot magába ölelő doboz egy egyszerű FEFCO 300-as (15. ábra) alkotja. Előnye, hogy hagyományos inline, slotter gépeken plusz szerszám igénybevétele nélkül legyárthatók. Ezek belső dimenzióját a mátrix külső paraméterei határozták meg. Az összeillesztésük a teherbírás megtartása miatt tűzőkapcsokkal lett megoldva.

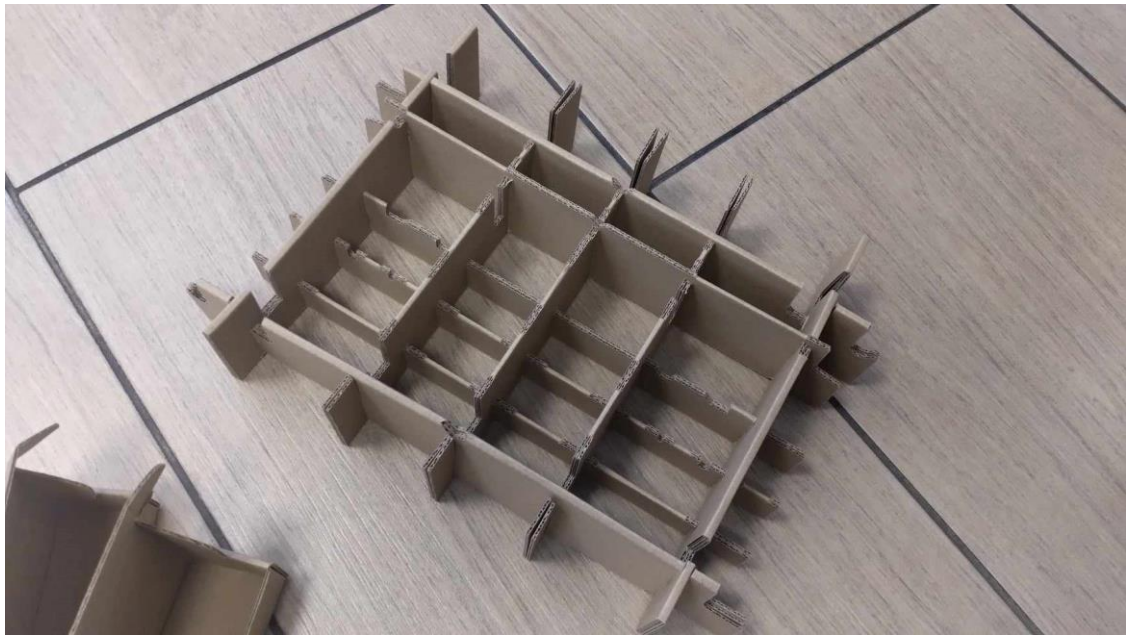


15. ábra: FEFCO 300 műszaki rajz [saját ábra]

A ábrán a méretek mm-ben értendők, a hajtási vonalakat piros míg a vágási vonalakat fekete vonallal jelölte a program.

5.1.5 MAKETTKÉSZÍTÉS

Mielőtt a valós dobozok gyártására került volna sor, egy makettet készítettem, annak érdekében, hogy az esetleges hibákat már a korai tervezési szakaszban észlelhessem és elkerülhessem. A makett elkészítéséhez mikrohullámot (1,5 mm vastagságú) alkalmaztam, ami a BC hullám (6 mm vastagságú) negyed arányos mintájának tökéletes lemásolását tette lehetővé (16. ábra).



16. ábra: Kép a maketról [saját ábra]

Miután a makett minden szempontból megfelelőnek bizonyult, áttértem a prototípus elkészítésére, már a csomagolás valós méretarányában. Ezen minták elkészítéséhez egy plottert használtam (ZüN 2500 márkájú kivágógép). Ezek a plotterek sokoldalúan alkalmazhatók, különösen dobozok mintáinak készítésében, mivel képesek vágási és hajtási vonalak precíz létrehozására a minták ívein. Az elkészült kivágott mintákat összeállítottam, majd különböző fizikai méréseknek vetettem alá és megfigyeltem, hogyan viselkednek az egyes elemei a terhelések alatt. Ezek az adatok később fontos szerepet játszottak a költségszámításban, valamint segítettek az esetleges hibák észlelésében,

amelyeket a 3D modell vagy a mini makett nem tudott helyesen reprezentálni, például az alkatrészek elhelyezésével kapcsolatban.

Az első kivágott minta alkatrészekkel ellátott állapotában néhány módosítást jelöltem, (17. ábra) amelyek lehetővé tették a helymegtakarítást. Logisztikai szempontból nem a szokványos EUR1-es raklap méreteihez kellett igazítanom a csomagolást, mivel a termék nemcsak belföldön és kontinensen belül, hanem óceánon keresztül is szállításra kerül. Ennek következtében a szállítási méreteket, olyan szállítókonténerekhez kellett igazítanom, melyben azok szállítása megtörténik. Ezért egyedi raklapot terveztem a termék számára.



17. ábra: Termék első fizikai változata (B terv) és módosítási lehetőségek [saját ábra]

A tapasztalt észrevételek és következtetések után módosításra került a tervezet, ami egy újabb mérethelyes (C terv) minta elkészítését eredményezte. Ezeket a mintákat később további fizikai vizsgálatoknak, teszteknek is alávettem.

5.2 TESZTEK ÉS MÉRÉSEK

A tesztelés egy fontos része a termék tervezésének. Ilyenkor a kapott konstrukció alapos vizsgálatára és elemzésére kerül sorra. Adatokat gyűjtünk, figyelünk és ezekből következtetéseket kell levonnunk.

A halmozódási nyomási (2) számítása, amely azt becsüli meg, hogy mekkora nyomás nehezedik a legalsó dobozra a felső dobozok tömege miatt. Nagysága azonos csomagolások esetén és egyenletes, megoszló terhelést feltételezve az alábbi egyenlettel számítható ki (2):

$$N = m * g \frac{(H-h)}{A*h} \quad (2)$$

A doboz tömege: $m = 60 \text{ kg}$

Gravitációs gyorsulás: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Teljes magasság: $H = 2,4 \text{ m}$

Alsó doboz magassága: $h = 0,3 \text{ m}$

Terület: $A = 1,2 \text{ m}^2$

$$N = 60 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \frac{2,4 \text{ m} - 0,3 \text{ m}}{1,2 \text{ m}^2 * 0,3 \text{ m}}$$

$$N = 3433,499 \text{ Pa}$$

A számítás megadta, hogy a legalsó dobozra közel 3433,5 Pa nyomás fog nehezedni. A kapott nyomási értéket átváltva kN/m^2 -be azt kapjuk, hogy $3,434 \text{ kN/m}^2$ minimum halmozódási nyomás értéknek megfelelő hullámkarton kell majd választanunk.

5.2.1 ISTA TESZT

Miután véglegesítettem a terveket és a partner is egyetértett a termék kialakításával, az előzetes terveket, illetve az elkészített (C tervű) mintát, a termékkel együtt ISTA-2B tesztnek vetettük alá. Amennyiben ezen a teszten is megfelelő értékekkel szerepel a csomagolás csak azt követően kerülhetett sor a végleges elfogadásra.

ISTA tesztek vagy ISTA csomagolási tesztek, általában előnyben részesítve, az iparágban a legszélesebb körben használt csomagolási és csomagolási tesztelési szabványok.

Az ISTA tesztek segíthetnek megjósolni és megelőzni a leggyakoribb csomagolási problémákat. Az egyetlen dolog, amely megvédi a terméket a szerkezeti vagy környezeti károktól, az a csomagolás, amelyben szállították. Akár belföldön, akár nemzetközi viszonylatban szállítják kartondobozban, ládában vagy speciálisan kialakított dobozban, meg kell győződnie arról, hogy a csomagolás megfelel-e a követelményeknek a szállítás közbeni károsodás megelőzése érdekében. Ezért a csomagolást vizsgálatsorozatnak kell alávetni annak érdekében, hogy megelőzze a termékek szállításakor bekövetkező sokkal nagyobb károkat.

- ISTA 1 sorozat – Nem szimulációs integritás-tesztek
- ISTA 2 sorozat – Részleges szimulációs teljesítménytesztek
- ISTA 3 sorozat – Általános szimulációs teljesítménytesztek
- ISTA 4 sorozat – Fejlett szimulációs teljesítménytesztek
- ISTA 6 sorozat – Speciális ISTA tag teljesítménytesztek

Terhelés szempontjából mindig az adott termék dobozzal együtt mért tömegét másfélszeres konténer magasságával teszteltük. Mivel a termék tengeren, óceánon túli szállításoknak is ki van téve a csomagolást a konténer paramétereire kellett igazítani. A termék tömege a dobozzal együtt megközelítőleg 60 kg (biztonságos mérések és számítások miatt ezt az értéket felfele kerekítettem).

Vagyis ebben az esetben a csomagolásunk 300 mm magas és 60 kg akkor 12,5 x 60 kg tömegű terheléssel kell megfelelnie a teszten. Egy konténer magassága 2400 mm ezt elosztva a termékünk magasságával, ami 300 mm, megkapjuk, hogy a rakat magassága 8 db egymásra pakolását teszi lehetővé, aminek a 1,5 x-es biztonsági szorzója $k=12,5$.

5.3. KORÁBBI STANDARD ÉS AZ ÁLTALAM TERVEZETT CSOMAGOLÁS ÖSSZEHASONLÍTÓ ELEMZÉSE

A termékfejlesztésben az egyik legfontosabb tényező a költséghatékonyság növelése, illetve a környezetvédelem szempontjából az újrahasznosítás könnyebbé tétele.

Ezek elemzése határozza meg, hogy a fejlesztés milyen eredményeket tud felmutatni a korábbi konstrukcióhoz képest. A korábbi konstrukció alapja három egyforma betét (18. ábra) egymáshoz ragasztása volt. Az új továbbfejlesztett csomagolás három rekesztéke egy agyagból van kiszabva, és a szabatot hajtogatással lehet rögzíteni. Mindkét konstrukciónak megvannak az előnyei és sajátosságai.

A ragasztás elhagyása nemcsak költséghatékony, hanem környezetbarát megoldás is. A ragasztómentes csomagolás hozzájárul a hulladék csökkentéséhez és a fenntarthatósághoz, mivel így kevesebb vegyi anyag kerül felhasználásra, és könnyebb a csomagolás újrahasznosítása.

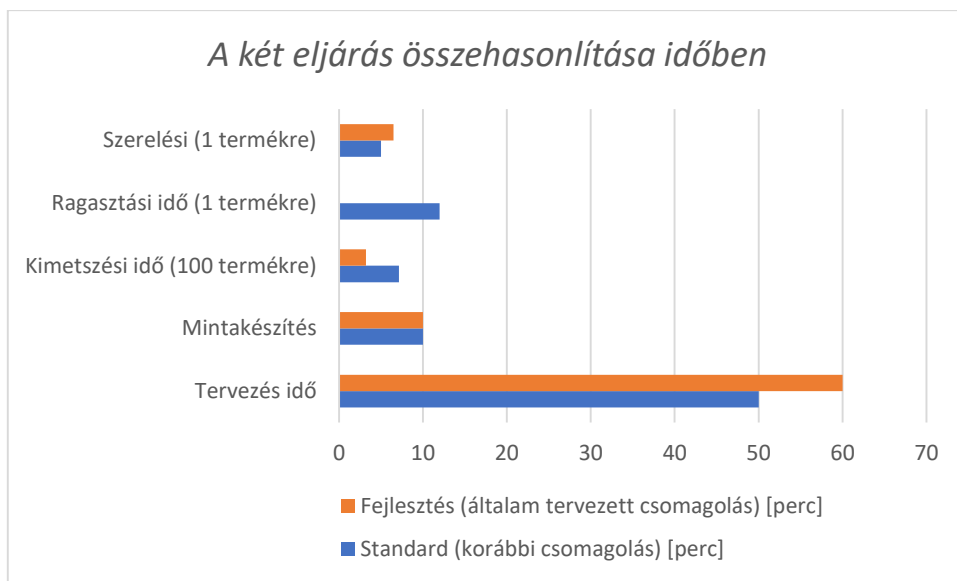
Ahhoz, hogy ezeket eredményét kvantitatív módon ki tudjam fejezni három feltételt kellett megvizsgálnom, úgymint a folyamatokat, az anyagfelhasználás és a költségek!



18. ábra: 3 rétegből álló korábbi konstrukció [saját ábra]

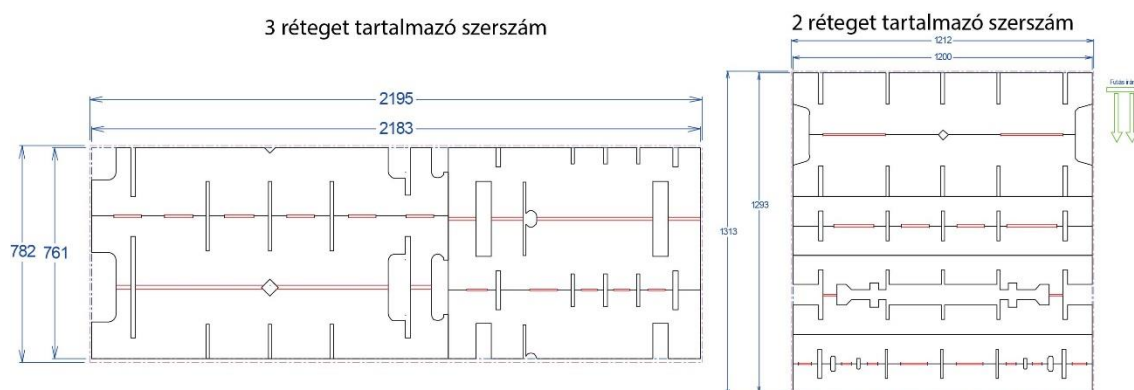
5.3.1 TECHNOLÓGIA IDŐK

A 2. táblázatból jól látható, hogy időben jelentős előnyt biztosít a fejlesztés. A tervezési idő valamivel tovább tart az igényesebb kialakítás miatt, viszont ez az idő a gyártásnál időmegtakarításhoz vezet (19. ábra). A stancolási folyamatoknál elegendő egy terméket egyszer kimetszeni, mint a standard verziónál, ahol a koncepció egy termék háromszoros kivágása volt majd azok össze ragasztása, kasírozása egymással. A kérdés, hogy miért nem harmad annyi időbe telik a fejlesztett termék stancolása az a következő okra vezethető vissza.



19. ábra: Idők ábrázolása folyamatokként [saját ábra]

Mivel a kimetszőszerszám már eleve három réteget tartalmaz ezáltal a szerszám maximális méretre való rendezése miatt két kimetsző szerszámmra lehetett elosztani (20. ábra).



20. ábra: Rendezett szerszámrakoz [saját ábra]

Ez két gépi beállást eredményez, viszont gyártási időben harmadannyi vagy hatod annyi időt vesz igénybe. A standard modellnél minden elem egy szerszámon volt ezáltal minden elemet három rétegben kellett ragasztani, illetve három ívet kellett stancolni egy termékhez. A fejlesztett módszernél a belső rétegek csak egy félbe hajtással vannak megtervezve, ezáltal itt alapanyag csökkenés is megjelenik. Mivel a

fejlesztés célja a ragasztó elhagyása volt itt jelentős időbeli megtérülés tapasztalható. Az össze szerelésnél kisebb idő többlet alakult ki mivel a mátrix elmeit össze kellett hajtani.

2. táblázat A két eljárás összehasonlítása időben [saját táblázat]

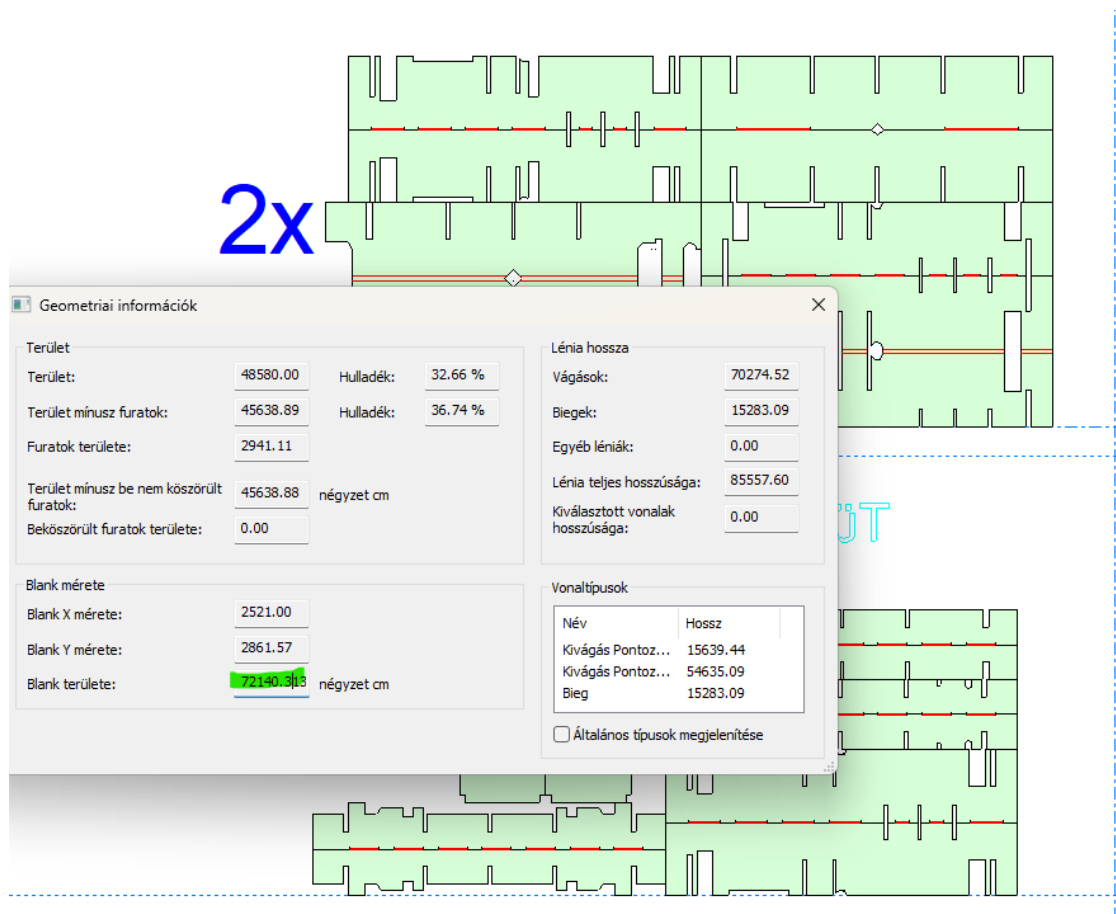
Folyamatok sorrendje	Folyamatok megnevezése	Standard (korábbi csomagolás) [perc]	Fejlesztés (általam tervezett csomagolás) [perc]
1	Tervezés idő	50	60
2	Mintakészítés	10	10
3	Kimetszési idő (100 termékre)	7,14	3,2
4	Ragasztási idő (1 termékre)	12	0
5	Szerelési (1 termékre)	5	6,5

5.3.2 ANYAGFELHASZNÁLÁS

A makett és a méretarányos minta kivágásához szükséges idő (10perc) megegyezett, mivel nincs többletanyag. A három elemből álló rekeszték terítékeinek összes négyzetmétere ($7,25 \text{ m}^2$) megegyezik a hajtással rendelkező elemek összes négyzetméterével ($7,25 \text{ m}^2$). A tervezést segítő program segítségével könnyen megállapítható volt a nettó m^2 (21. ábra).

A szerszámrendezés szempontjából azonban már lényeges különbség tapasztalható. Még a régi módszernél a szerszám az új módszer képest kevesebb (12,6m) léniára lesz szükségünk míg a fejlesztésnél (26,8m) léniára volt szükség, illetve a nagyobb teríték miatt két szerszáma kellett elosztanom a mátrix elemeit. Egyik szerszám a fő váz három rétegben hajtott elemeit tartalmazta a második szerszám a belső 2 rétegben félbehajtott elemeket tartalmazta. Ezáltal a szerszám ára kedvezőtlenebb lett. Másrésztől gyártás szempontól mivel az új módszer lényegében 1

ív/terméket eredményez addig a régi módszernél 3 ív eredményez egy terméket. Ez hosszabb távon a kevesebb leütéssel jár, ami gazdaságosabb ezért bizonyos darabszám felett a szerszámok közötti különbség megtérül. Megtérülést a kimetsző stanc szerszám élettartalma is pozitív irányba viszi el. Kevesebb leütés szükséges egy termék előállításához, ezáltal a kimetsző kések amortizációja is jóval kisebb, vagyis a szerszám hosszabb ideig használható mielőtt tönkre menne.



21. ábra: ArtiosCad program segítségével meghatározott csomagoláshoz használt alapanyag nettó terület m²-ben [saját ábra]

A mátrix elemeinek legyártását követően jöhet a termékek összeállítása. A termékfejlesztés leglátványosabb eleme költség, illetve anyagmegtakarítás szempontból, hogy egy technológia folyamat kimarad. Nincs szükség az elemek összeragasztására. A ragasztómentes

megoldás nem csak költséghatékony, de hosszabb távon is fenntarthatóbb megoldás, hiszen a kevesebb kötőanyag használata kevesebb erőforrást igényel a gyártás során. Így a HPL-él eddig alkalmazott kasírozási idő, ami 12 percet eredményezett egy komplett mátrix elmeinek elkészítéséhez ez az idő és ragasztó mennyiség kiesik a gyártási folyamatból. Az összeszerelés mind a két esetben két embert igényel. Egy ember is képes lenne összeállítani a mátrixot, de két emberrel hatékonyabb, gyorsabb és pontosabb is a művelet.

5.3.3 TECHNOLÓGIAI ELŐNYÖK

A korábbi konstrukció hátránya, hogy az összeillesztett elemek, rétegek elcsúszhatnak egymástól. (22. ábra) Ez összeszerelésnél problémát okozott, esetleges selejtképződést is eredményezhetett. Ezek az elcsúszások a módosított rekesztéknél már nem fordulnak elő, hiszen a rekeszték hajtásai mindig ugyanoda esnek, ezúttal a rekeszték illesztése pontos és kiszámítható lesz.



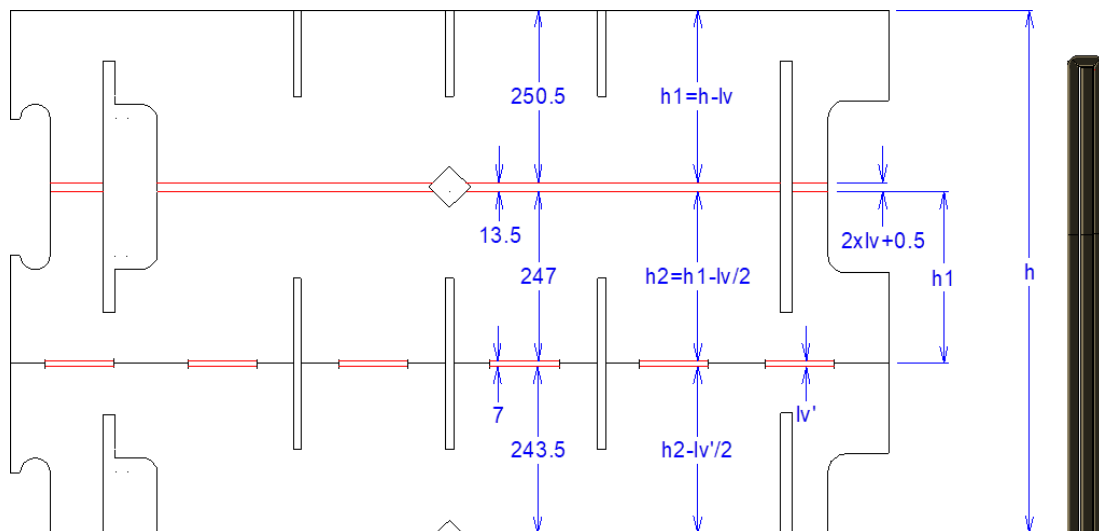
22.ábra Korábbi csomagoláson tapasztalat hiba – a rétegek elcsúszása [saját ábra]

5.4 STANDARDIZÁCIÓ

Nagyon fontos, hogy a kialakított fejlesztés, standardizálható legyen. Azaz a későbbi munkák során is fel lehessen használni, a kiindulási

terveket; azokat a sajátosságokat, szabályokat, amely alapján könnyen felépíthető a modell bármilyen termék csomagolásánál.

A hármas hajtású elem (23. ábra) pontjait meghatározó pontok – kényszerek láthatóak itt. A főbb konstansok a „h” illetve „lv” jelölések.



23. ábra: A méretek viszonyulása egymáshoz [saját ábra]

Az előbbi („h”) a szükséges magasságot 253,5 mm jelöli még az utóbbi („lv”) a használt anyag vastagságát (6 mm). A „h1-h2” a „h” értékből kapott értékek változók lesznek. Fontos figyelembe venni, hogy a gyártás során a stancaforma nyomás hatására az alapanyag összeroppan, ennek az oka a vágások mentén található gumik, ami az anyag összeroppanásához vezet ezért 2 féle alapanyag vastagságot állapítok meg. Egyszer egy elméleti vastagsággal ($lv'=7\text{mm}$) és egy elméleti roppantási vastagsággal ($lv=6\text{mm}$) számolok.

Ezek a képletek segíthetnek egy olyan standard létrehozásában, amely elősegíti az elemek gyorsabb tervezését és szabályhoz kötését, ami a későbbi elemek vagy más termékek felismerhetőségét is eredményezi majd.

6 ÖSSZEFOGLALÁS

A csomagolási tervezésem során több fontos célt sikerült megvalósítanom, melyek közül kiemelten fontos volt a termékek biztonságos elrendezése. Az általam tervezett csomagolás kialakítása biztosította, hogy minden alkatrész megfelelően elhelyezkedjen, ezáltal a szállítás során minimalizáltam a sérülések kockázatát. A fitneszgép esetében különös figyelmet fordítottam arra, hogy a belső struktúrák, mátrixok megfelelő védelmet nyújtsanak, így a kondigép minden része biztonságban volt a szállítás alatt.

Egy másik fontos célom a ragasztási költségek csökkentése volt. A tervezés során olyan megoldásokat alkalmaztam, amelyek lehetővé tették a ragasztás elhagyását. A mátrix elemei hajtogatott kialakítással készültek, így a kötőanyagok használata feleslegessé vált, ami nemcsak a költségeket csökkentette, hanem környezetbarát megoldást is biztosított.

A fitneszgép csomagolásánál további szempont volt, hogy az összes alkatrész egy csomagoláson belül legyen, ezáltal egyszerűbbé váljon a szállítás és a logisztikai folyamatok. Sikerült egy olyan csomagolást terveznem, amely nemcsak a gép összes elemét egy helyen tartja, de a szerelést is megkönnyíti a felhasználó számára. Ez az egyszerű, logikus elrendezés hozzájárult ahhoz, hogy a termék könnyen összerakható legyen.

A ragasztás elhanyagolásának egyik pozitív hatása, hogy mivel a termékeket eddig vízbázisú ragasztóval ragasztották, és mivel a papír szerkezetét a folyadékok gyengítik, így a hullámpapír lemez struktúra szerkezetet erősebb, stabilabb maradhat. A jövőben szeretném ezt a csomagolást tovább fejleszteni, ahol a hullámpapír lemez hullámait is elrejthessem ami az esztétikumot és további roncsolásokat lehetne megelőzni a mátrixba kerülő alkatrészekkel szemben.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Tiefbrunner A.: *Csomagolás és Környezetvédelem*, EFO kiadó és nyomda, Budapest 2002.
- [2] Györgyi A., Tiefbrunner A., Varga J.: *Csomagolás tervezés*, EFO kiadó és nyomda, Budapest 1999.
- [3] Koltai L. – Tiefbrunner A.: *Csomagolóipari technológiák – Csomagolószer ismeret*, ÓE-RKK
ISBN 978-963-449-000-5, Budapest, 2016.
- [4] <https://www.cepi.org> [megtekintve 2024.október 14.]
- [5] Kutasi T.: *Könnyűipari Enciklopédia II/1 Papírgyártási technológia* – 1. kiadás, BMF nyomdája, Budapest 2003.
- [6] Kerekes T.: *Bevezetés a csomagolástechnikába I.-II.*, Papír-Press Egyesülés, Bp., 2000.
- [7] <http://packking.hu/galeria/177.html> [megtekintve: 2024.október.01]
- [8] Széchenyi István Egyetem LÉSZ Tanszék: *A csomagolóanyagok - eszközök műszaki vizsgálatai* [megtekintve: 2024. október 06.]
- [9] Papír-Press Egyesülés: *Papíripari Szaklexikon* – 2003.
- [10] <https://www.kartonfabrik.com/recovered-paper/> (Paper Maker's Encyclopaedia) [megtekintve 2024.október 14.]
- [11] <https://www.vilaglex.hu/Erdekes/Html/HullUgye.htm> [2024.október 14.]