

DIPLOMADOLGOZAT

Balázs Ádám
Gépészmérnöki szak

Gödöllő
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnöki MSc Szak

ADDITÍV TECHNOLÓGIÁKHOZ (3D NYOMTATÁS) HASZNÁLT
PLA FILAMENTEK LEBOMLÁSÁNAK ÉS FIZIKAI
TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA

Belső konzulens: dr. Zsidai László
egyetemi docens

Készítette: Balázs Ádám
EYJZIP
levelező

Intézet/Tanszék: Műszaki Intézet/
Gépüzemfenntartás Tanszék

Gödöllő
2023.

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK MESTERSZAK
Gépészeti mechatronika specializáció

DIPLOMADOLGOZAT
feladatlap

Balázs Ádám (EYJZIP)

részére

A diplomadolgozat címe:

Additív Technológiákhoz (3D nyomtatás) használt PLA filamentek lebomlásának és fizikai tulajdonságainak vizsgálata

Feladatkiírás:

Bevezetés, szakirodalom feldolgozása, a probléma bemutatása, I.Kísérleti rész: Természetes öregítési vizsgálat, II.Kísérleti rész: Öregítőkamra tervezése, minőségbiztosítás, gazdasági számítás, összefoglalás

Közreműködő tanszék: Mechatronika


Külső konzulens: -

Belső konzulens: *Dr. Zsidai László, egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet*

Beadási határidő: 2023. május 2.

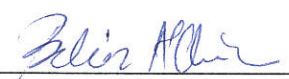
Gödöllő, 2023. március 06.

Jóváhagyom


(tanszékvezető)


(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. 05. hó 09. nap

(külső konzulens)

4. sz. függelék – Hallgatói és konzulensi nyilatkozat minta

NYILATKOZAT

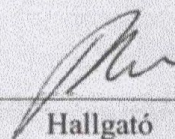
Alulírott BALÁZS ADÁM, a Magyar Agrár- és Élettudományi
Egyetem, SZENT ISTVÁN Campus,
GÉPÉSZMÉRNÖKI MESTER szak nappali/levelező* tagozat

végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a
felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem.

Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas
összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf
formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben,
illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása
mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023 év 05 hó 09 nap


Hallgató

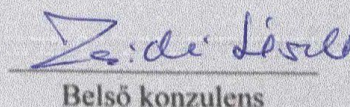
NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a
Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom áttekintettem, a hallgatót az irodalmi
források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védésre javaslom /
nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023 év 05 hó 09 nap


Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

Tartalom

1	Bevezetés:.....	4
1.1	Probléma felvetés:.....	5
1.2	Célmeghatározás:.....	5
2	Szakirodalom feldolgozása:.....	7
2.1	Gyártási technológiák csoportosítása és összehasonlítása:.....	7
2.1.1	Additív gyártás:.....	7
2.1.2	Szubtraktív megmunkálás:.....	8
2.1.3	Öntészet:.....	8
2.2	A 3D nyomtatásban alkalmazott legfőbb nyomtatási elvek:.....	9
2.2.1	Vat polymerization – Kádas fotopolimerizáció:.....	9
2.2.2	Powder Bed Fusion – Porágyas fúzió.....	9
2.2.3	Material és Binder Jetting – Anyag és Kötőanyag sugaras nyomtatás.....	10
2.2.4	DMLS (Direct metal Laser Sintering) – Fémpor nyomtatás:.....	10
2.3	FDM nyomtatás:.....	11
2.3.1	Az FDM nyomtatók működési alapelve:.....	12
3	3D nyomtatás műanyag filamentjei:.....	14
3.1	Műanyagok:.....	14
3.2	Műanyagok csoportosítása:.....	14
3.2.1	Eredetük szerint:.....	14
3.2.2	Képlékeny alakítás szempontjából.....	15
3.3	Műszaki műanyagok:.....	15
3.3.1	Tipikus filament anyagok:.....	16
4	Öregítő vizsgálatok:.....	17
4.1	Mesterséges öregítési fémeknél:.....	17
4.2	Fémek természetes öregítése:.....	17
4.3	Polimerek mesterséges öregítése:.....	18

4.4	Polimerek természetes öregítése:	18
4.5	Komposztálás:	19
4.6	Anyagvizsgálatok:	20
4.6.1	Szakítóvizsgálatok:	20
4.6.2	Keménység vizsgálatok:	22
5	Kísérleti rész:	24
5.1	Házi komposztáló építése:	24
5.2	Munka kezdete, projekt felépítés kidolgozása:	25
5.3	Kísérletben résztvevő filamentek vizsgálata:	28
5.3.1	Tömegmérés:	28
5.3.2	Keménység mérés:	30
5.4	Külső fizikai elváltozások:	32
5.4.1	Szakítópróba:	34
6	Összefoglaló:	37
7	Mesterséges öregítés:	39
7.1	Tervezési munka ismertetése, célmeghatározás:	39
7.2	Öregítő kamra felépítése, alkatrészei:	40
7.2.1	Kamra (ház):	40
7.2.2	Kamra fűtése:	41
7.3	Párásítás:	41
7.4	UV sugárzás szimulálása:	43
7.5	Öregítő kamra szabályozása:	43
7.6	Szabályzás Arduino Uno mikrovezérlővel:	44
7.7	A programkód főbb részletei:	45
7.7.1	Általánosságban a programkódról:	45
7.7.2	A programkód részletei:	45
8	Gazdasági számítás:	50

8.1	Tétellista a felhasznált elemekről:.....	50
8.1.1	Kereskedelmi forgalomban kapható alkatrészek:	50
8.1.2	Egyedi alkatrészek:	54
8.2	Teljes költség:	56
9	Minőségbiztosítás:	57
9.1	Ishikawa diagram:	57
10	Összefoglaló:	58
11	Köszönetnyilvánítás:.....	59
12	Felhasznált irodalom:.....	60
13	Ábrajegyzék:.....	61
14	Diagrammok:	62
15	Táblázatok:	63
16	Melléletek:	64
16.1	1-es számú melléklet	64
16.2	2-es számú melléklet	66
16.3	3-as számú melléklet:	76
16.4	4-es számú melléklet:	79

1 Bevezetés:

Az elmúlt években egyre nagyobb teret hódítanak a különféle additív gyártástechnológiák, kiváltképp a 3D nyomtatás (1. ábra). Mára már több helyen alkalmazzák akár egyedi, akár kisebb szériás gyártásoknál. Az additív technológiák teljesen más alapon nyugszanak, mint a termikus és szubtraktív technológiák, viszont egyre inkább a meglévő folyamatláncok részévé válnak. A hibrid megmunkálóközpontokban egyaránt megtalálhatók az additív és a szubtraktív, valamint az additív és öntészeti gyártási folyamatok is. Legnagyobb előnyei a gyors mintapéldány készítés és a kisebb alkatrészek, segédeszközök beszerzése terén domborodnak ki az átfutási idő radikális csökkentése és a testre szabás kiterjesztése által. Manapság a gyártás során használatos anyagok nagyon változatosak és sokrétűek, így a különféle műanyagoktól kezdve, a fémeken és a fán keresztül egészen a különféle szervesanyag- és ételnyomtatásig terjed. Szélesebb körben, mind iparban, mind pedig a hobbi nyomtatás szintjén még a legelterjedtebb a különféle műanyagok nyomtatása. Munkám alapját a MATE Műszaki Intézet 2021.11.24-én megrendezett őszi intézeti TDK pályamunkám szolgált.



1. ábra - Műanyag nyomtatás FDM nyomtatóval [<https://www.tonerpartners.hu>]

1.1 Probléma felvetés:

A kőolaj alapú üzemanyagok és polimerek fejlődése az emberiség javát szolgálta számos módon. A kőolaj alapú műanyagok robbanásszerűen megugró gyártástechnológiai ágazat lett az additív gyártás, ebből az ágazatból is a 3D nyomtatás. Kevés műszaki terület fejlődött az elmúlt években olyan gyorsan és olyan ütemben, mint ez.

A 3D technológia különösen a kereskedelmi, technológiai, ipari és tudományos felhasználásban vált nélkülözhetetlenné, eldobhatók és nagyon hasznosak lehetnek tartós, összetételüktől és specifikus alkalmazástól függően. Azonban, a kőolajkészletek végesek, és az árak valószínűleg tovább fognak emelkedni a jövőben. Ezenkívül a globális felmelegedés, amelyet részben a nagy mennyiségű felszabaduló szén-dioxid okozott, a fosszilis tüzelőanyagok égésének folyamata egyre inkább fontos probléma.

Azt már szinte mindannyian tudjuk, hogy a műanyag bár annak idején az emberiség egyik legnagyobb találmányának számított, mára már a környezetszennyezés fő szimbólumává vált. Noha tudatosan egyre jobban szoríthatjuk ki az életünkéből, még így is nagyon nehéz teljesen műanyagmentesen élni.

A téma felvetésem egy a mesterképzésem alatt hallgatott szabadon választható kurzuson felvetett kérdés adta. Az Additív 3D technológiák című kurzus keretein belül a 3D nyomtatás anyagairól volt előadás, és a nyomtatáshoz használt polimereknél felmerült a kérdés, hogy vajon, ha elásunk a földbe egy PLA filament szálát vajon mennyi idő múlva bomlik le?

Ezen ötletet átgondolva döntöttem úgy, hogy ezen a vonalon elindulva több kísérletet teszek a témában és elkezdem vizsgálni, hogy a biológiailag lebomlónak nevezett filament típusok hogyan viselkednek külső környezeti hatásoknak kitéve, illetve mennyi idő után bomlanak le ténylegesen.

1.2 Célmeghatározás:

Témameghatározás után a következő mérföldköveket és célokat tűztem ki magam elé:

- Munkám elsősorban, hogy megvizsgáljam a 3D nyomtatásban használatos műanyagok, ezek közül is tüzetesebben a PLA bomlékonyságát, illetve, hogy maga az anyag fizikai tulajdonságai miként reagálnak a külső környezet hatásaira.
- Vizsgálataim során különféle külső hatásoknak kitett helyeken, általam készített házi biokomposzt talajban helyezem el a műanyag szálakat, majd vizsgálom, az idő múlásával milyen változásokon mennek keresztül, illetve, ha lebomlanak az mennyi időt vesz igénybe. A kísérletet első körben természetes környezetben folytatom le, egy fél éves időperiódus alatt.

- A vizsgált szálakat fizikai teszteken hasonlítom össze egy kontrolcsoporttal. Elvégzek rajtuk tömeg- és keménységmérést, valamint szakítópróbát.

Hosszú távú célom majd egy mesterséges öregítődoboz tervezése, amiben készítek egy mesterséges környezetet, ahol a biopolimerek bomlását elősegítő hatásokat hozok létre. Az elásott szálakat bizonyos idő után újból kivesszem a talajból és különféle fizikai vizsgálatoknak vetem alá őket. Azt vizsgáltam, hogy a mesterséges öregítés során lezajló kémiai reakciók miként érintik az anyag fizikai tulajdonságai, mint például a szakadási nyúlás, keménység, tömeg változása, illetve színbeli elváltozás.

2 Szakirodalom feldolgozása:

A következőkben ismertetem az általam, munkám során használt és feldolgozott szakirodalmat.

2.1 Gyártási technológiák csoportosítása és összehasonlítása:

Ha megmunkálási eljárásokról beszélünk, akkor manapság alapvetően három fő csoportról tudunk beszélni, ezek rendre:

-additív megmunkálás

-szubtraktív megmunkálás

-öntészet

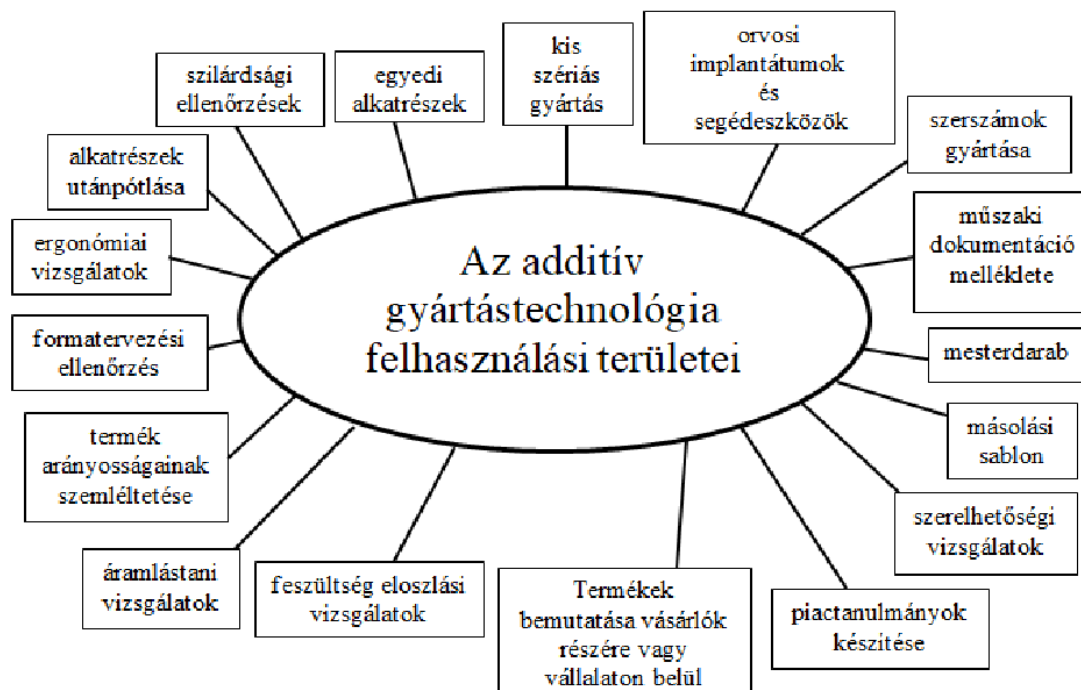
Ezek néhány fontosabb szempont szerint összehasonlítottam a következő táblázatban:

1. Táblázat: Gyártási technológiák főbb tulajdonságainak összehasonlítása [Saját táblázat]

x	Gyártási idő:	Gyárthatóság:	Költség:	Sorozatszám:
Additív:	Lassú	Bármilyen forma	Drágább anyag, olcsóbb gép, közepes szakértelem.	Kis sorozathoz
Szubtraktív:	Relatív gyors	Limitált geometria	Olcsóbb anyag, drágább gép, magas szakértelem.	Közepes- és nagysorozathoz
Öntészet:	Lassú	Bármilyen forma	Magas költség, csak nagy darabszámú gyártásnál profitábilis.	Nagy sorozathoz

2.1.1 Additív gyártás:

Az additív gyártás vagy megmunkálás során kapott terméket a különféle alapanyagok rétegenként egymásra építése során kapjuk. Napjainkban a nyomtatható anyagok tárháza igen széles skálán mozog. Felhasználási területük egyre szélesebb körű, manapság már szinte az ipar minden területén alkalmazzák. Ezekről néhány példát a 2. ábrán láthatunk. A 3D nyomtatás első felhasználási területeinek egyike a prototípus gyártás, mely során kikísérletezik a terméket, s utána már a hagyományos gyártási módszerekkel sokszorosítják azt. De a technológia már régen kilépett ebből a körből, s egyre nagyobb. [Huszár,2021]



2. ábra - Az additív gyártástechnológia felhasználási területe [Kis,2017]

A felhasználható anyagok közül a legjelentősebbek: műanyagok, fémek, papírok, kerámiák, ételszármazékok stb.

2.1.2 Szubtraktív megmunkálás:

A **szubtraktív** megmunkálás olyan anyagmegmunkáló módszer, amelynél a kiinduló darabról a fölösleges részeket egy arra alkalmas szerszám, azaz a forgácsolószerszám segítségével forgács formájában távolítják el. A forgácsolás történhet mértanilag határozott és határozatlan élű szerszámmal. A határozott élű szerszámok közé tartozik például az esztergálás vagy a fűrészlap, a határozatlan élű szerszámok közé például a köszörűkorong. A forgácsolás fontosabb módszerei: esztergálás, gyalulás, marás, fúrás, köszörülés.

[Szilágyi, 1975]

2.1.3 Öntészet:

Az **öntészet** feladata és célja az, hogy a megolvasztott fémet egy üreges öntőformába öntve öntvényeket állítson elő. Az öntés termékei igen változatosak. Öntéssel készítik például a gépállványokat és házakat, háztartási gépek, járművek, elektrotechnikai eszközök stb. alkatrészeit.

Csoportosításuk az öntött fém milyensége szerint lehet vas- és acélöntészet, illetve fémöntészet (minden, ami nem vasalapú) [Varga,1964]

2.2 A 3D nyomtatásban alkalmazott legfőbb nyomtatási elvek:

A következő alfejezet a leggyakrabban használt nyomtatási eljárásokat tartalmazza. Bemutatom azok technológiáját és működési elvét, valamint ismertetem a jellemző felhasználási területüket.

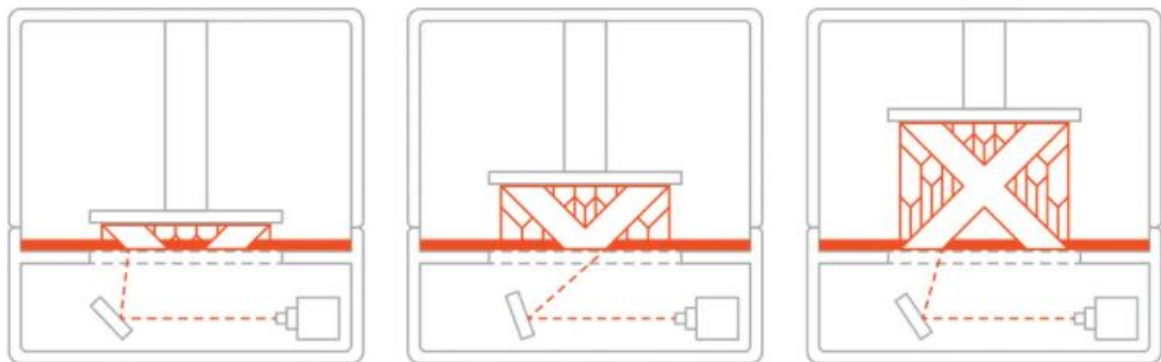
2.2.1 Vat polymerization – Kádas fotopolimerizáció:

A kádas fotopolimerizációnál egy fényforrás segítségével szilárdítunk meg fényre érzékeny oldatot. Az így megkeményített rétegekkel szinkronban, fokozatosan emeljük ki a kád oldatból a testet. Ezzel az eljárással magas felületi minőség és pontosság érhető el. Gyógyászati alkalmazásban már bizonyított a technológia. A nyomtatás folyamatát a 3. ábrán szemléltetem.

Két fő típusa létezik:

SLA (Stereolithography) esetén a fényforrás egy lézer, amelyet tükrökkel irányítanak a megfelelő pozícióba, ezzel megrajzolva a rétegeket.

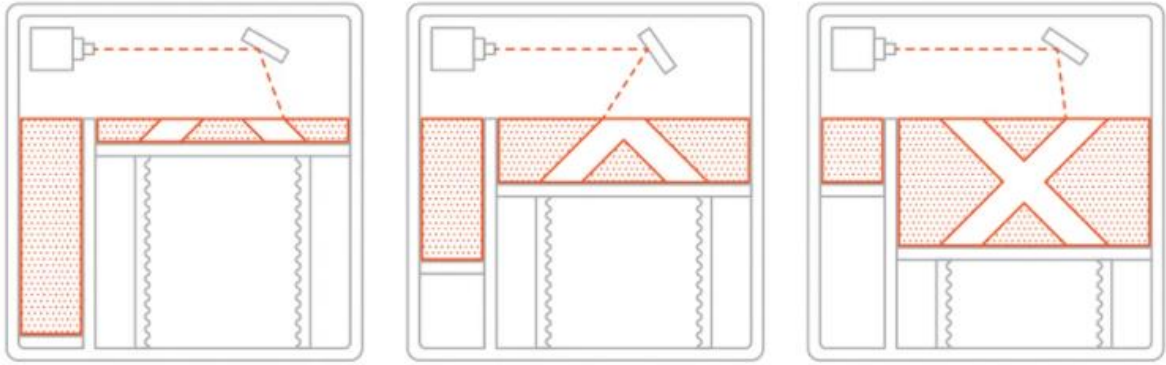
Másik a **DLP (Digital/Direct Light Processing)** elven működő gépek, amelyek esetén a fényforrás nem pontszerű, hanem egy kijelző segítségével egyszerre egy réteget vetítve keményíti meg azt. [all3dp.com]



3. ábra - Kádas fénypolarizáció [all3dp.com]

2.2.2 Powder Bed Fusion – Porágyas fúzió

Porágyas fúzió (4.ábra) esetén hőforrás segítségével olvasztjuk meg az egymásra felvitt por réteg adott részeit. Az eljárás egyik előnye, hogy ezzel az eljárással műanyag és fém alkatrészek is készíthetőek. Funkcionális alkatrészek gyártására használható.

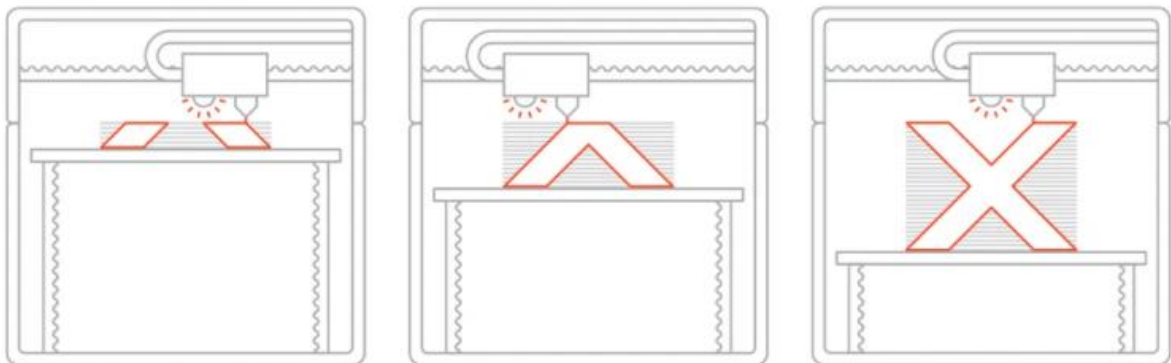


4. ábra - Porágyas fúzió [all3dp.com]

Az eljárás másik előnye, hogy a folyamat során meg nem olvasztott por a nyomtatás során támaszként alkalmazható. Ezáltal a támaszelem szerepéről a fel nem használt por gondoskodhat. [all3dp.com]

2.2.3 Material és Binder Jetting – Anyag és Kötőanyag sugaras nyomtatás

Material Jetting eljárás esetén a fotopolimer cseppeket visznek fel szelektíven, amelyet UV lámpa segítségével szilárdítanak meg (5.ábra). Ez az eljárás áll talán a legközelebb a klasszikus tintasugaras nyomtatókhoz. Az eljárás előnye is ebből jön, hogy különböző fajta és színű anyagok egyszerre vihetők fel. Egyszerre lehet a támaszanyagot és a modellt nyomtatni. [all3dp.com]



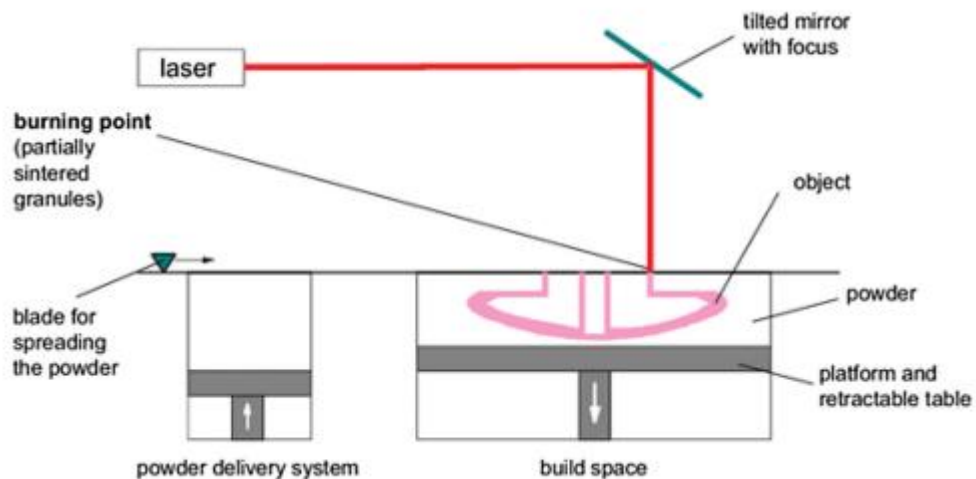
5. ábra - Anyag és Kötőanyag sugaras nyomtatás [all3dp.com]

2.2.4 DMLS (Direct metal Laser Sintering) – Fémpor nyomtatás:

A DMLS (Direct Metal Laser Sintering) technológia a fémpor alapanyag lézer által történő összeolvasztásával építi fel az alkatrészeket. Mivel itt is rétegről rétegre gyártunk, egészen speciális geometriájú, nagy szilárdságú fém alkatrészeket készíthetünk közvetlenül a digitális 3D-s tervekből. Leggyakoribb alkalmazási területek:

- Formakövető hűtéssel ellátott fröccsöntő szerszámok,
- Topológiaiilag optimalizált alkatrészek,
- Egészségügyi protézisek, implantátumok,
- Speciális belső szerkezetű fém alkatrészek,

Gyakran használt alapanyagok a technológiánál: szerszámacél, rozsdamentes acél, alumínium, kobalt króm, titán, nikkel ötvözetek. Működési elvét az 6. ábra mutatja be:



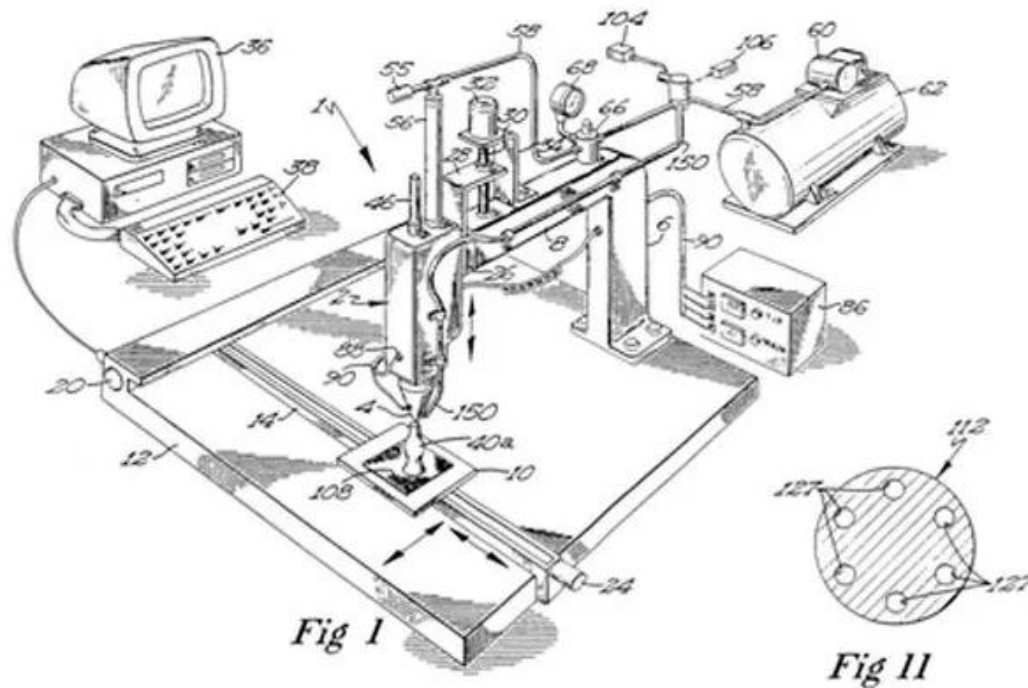
6. ábra – Fémpor nyomtatás elvi vázlata [Sintering and additive manufacturing,2016]

2.3 FDM nyomtatás:

Az egyik leggyakrabban alkalmazott és talán legmegfizethetőbb eljárás az FDM (Fused Deposition Modelling) vagy huzal leolvasztásos modellezés. Ezeknek a nyomtatónak a működési alapelve, hogy a nyomtató fej egy fűtőelemmel ellátott fűvőka, amivel a gép egy tárgyasztalon rétegről-rétegre végigrajzolja a modellt. Ezeket a rétegeket egymásra építve megkapjuk a 3 dimenziós tárgyat. Hőre lágyuló műanyag szálakkal működtethető az ilyen típusú gép, igen széles választékkal: PLA, ABS, PETG, TPU... stb.

Az FDM eljárás egyik nagy előnyeinek tekintjük, hogy az alapanyag ár relatív olcsó, valamint, hogy a valódi műanyagból készült tárgyak végfelhasználásra azonnal alkalmasak. A 3D nyomtatás során a falvastagság és kitöltési sűrűség is állítható, így nagyon könnyű, de erős alkatrészek állíthatóak elő. Az FDM eljárás hátrányai közé sorolhatjuk, hogy időigényes nyomtatási eljárás, lassú, valamint a rétegvonalak a többi 3D nyomtatási eljáráshoz képest jobban látszanak (rétegződés), támaszanyag nyomai gyakran láthatóak a kezeletlen nyomtatott tárgyakon. Emiatt az utómunka általában elkerülhetetlen ezeknél a nyomtatásoknál.

Az FDM nyomtatókat 1980-as években találta fel és fejlesztette ki Scott Crump, aki erre a technológiára egy egész céget épített fel, ez a Stratasys. Első szabványát 1989-ben nyújtotta be az általa megálmodott gépről (7. ábra).



U.S. Patent June 9, 1992 Sheet 1 of 3 5,121,329

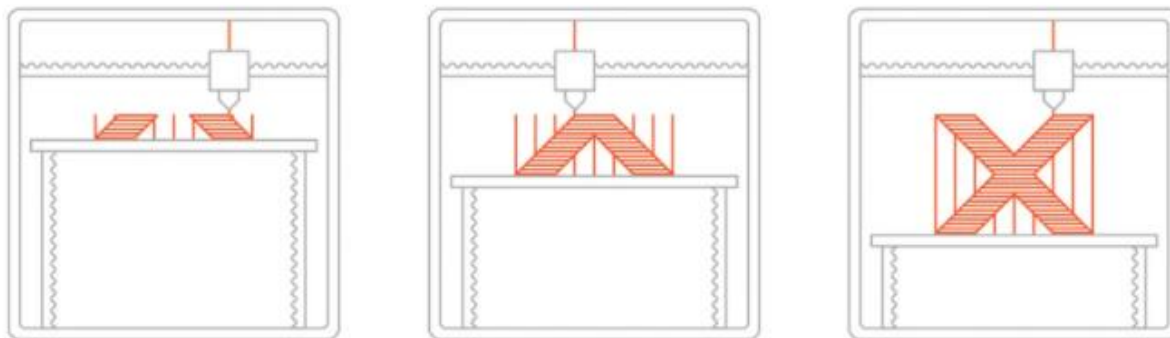
7. ábra - Az eredeti FDM nyomtató szabványa (1989) [www.3dsourced.com]

2.3.1 Az FDM nyomtatók működési alapelve:

Az FDM nyomtatásnál maga a folyamat több lépéssel a nyomtatófej előtt már elkezdődik. Az első lépés egy tervezőszoftverben kezdődik, ahol a megtervezett tárgynak az ún. G kódját legenerálja a program beépített szoftvere (firmware), ami a nyomtatót ellátja a nyomtatáshoz szükséges információkkal. Miután a nyomtató beolvassa a szerkesztett fájlt a firmware-ből, kiszámítja a nyomtatófej mechanikai útját és működését, valamint egy becsült nyomtatási időt. [printit.hu]

A technológia két leggyakoribb anyaga, az ABS és a PLA műanyagok. Az alapanyag tekercsen kb. 2-3 mm átmérőjű különböző műanyag szál formájában áll rendelkezésre. Ez a szál bele van húzva egy fejbe, amit egy motor mozgat a megfelelő helyre. A műanyag szál közben kb. 200 °C körüli hőmérsékleten megolvad, de amint kijut a fejből igen gyorsan lehül és megszilárdul (8.ábra). Így készül rétegről rétegre egymásra olvasztva a termék. A tekercsek egy színűek, így leginkább egyszínű termékek készülnek ezzel az eljárással, de

létezik olyan FDM nyomtató is, ahol 2 vagy 3 különböző színű tekercset tudnak egy termékhez felhasználni. A rétegek vastagsága kb. 0.2 mm.



8. ábra - FDM nyomtatás folyamata [printit.hu]

3 3D nyomtatás műanyag filamentjei:

A következő fejezetben ismertetem a gyakrabban használt, illetve a témához leginkább kapcsolódó műanyagokat.

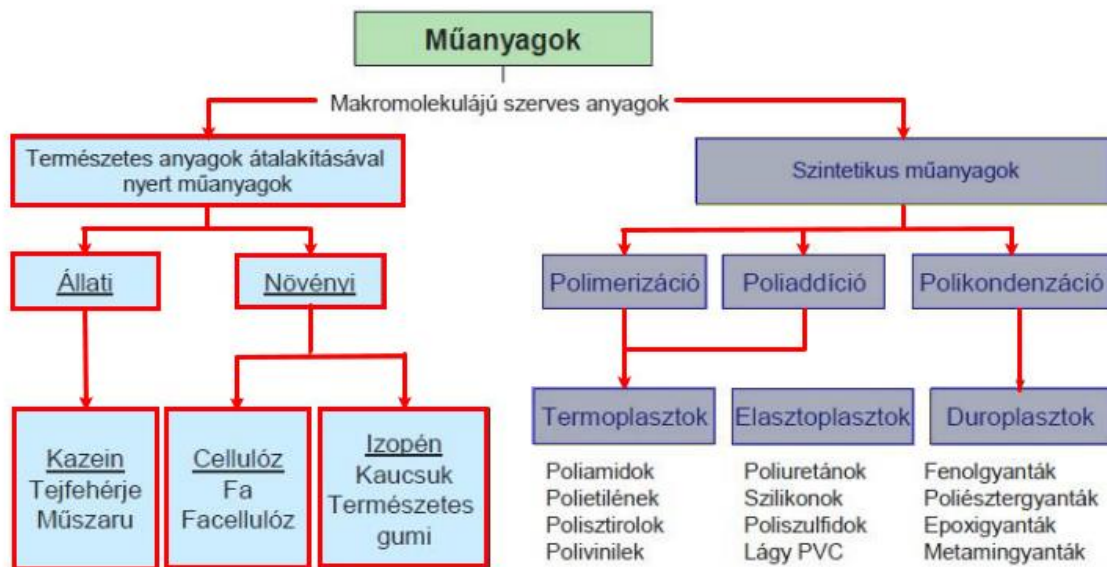
3.1 Műanyagok:

A műanyagok vagy polimerek a legszűkebb értelmezés szerint a szerves kémia olyan hosszúlancú vegyületei, amelyben tipikusan sok ezer elemi építőegység: monomer kötődik egymáshoz elsődleges kémiai kötéssel. [Czvikovszky T. 2007]

3.2 Műanyagok csoportosítása:

A műanyagokat rengeteg szempont alapján lehet csoportosítani, melyek közül az eredet, valamint a képlékeny alakítás szerinti csoportosítást fogom részletesebben bemutatni.

A 9. ábrán összegyűjtöttem a főbb típusokat:



9. ábra - Műanyagok fő csoportosítása [Saját ábra]

3.2.1 Eredetük szerint:

A polimerek eredetük szerint lehetnek természetes és mesterséges úton előállított műanyagok.

A természetben nem közvetlenül előforduló, de mesterséges úton előállítható műanyagok például a fehérjék (kazein alapú, műszaru), a kaucsuk (gumi, ebonit), cellulóz (viszkóz). A mesterséges úton előállított polimereket a természetben megtalálható kőolaj, szén, illetve földgáz származékokból nyert monomerekből különböző eljárásokkal hozzák létre. Eljárások például: a polimerizáció, a polikondenzáció, a poliaddíció. [Miskolczi N. 2012]

3.2.2 Képlékeny alakítás szempontjából

Képlékeny alakítás szempontjából megkülönböztetünk hőre lágyuló műanyagokat és hőre nem lágyuló (térhálós) típusokat.

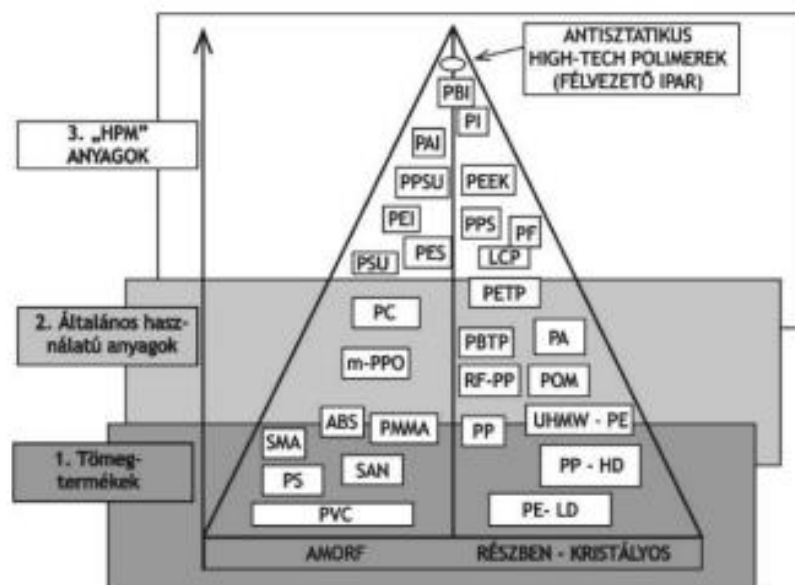
A hőre lágyuló műanyagok még két alcsoportra bonthatók, ezek a kristályos hőre lágyuló (LDPE, HDPE, PP, PA, POM, PET) illetve az amorf hőre lágyulók (PVC, PS, SAN, ABS)

A hőre nem lágyuló műanyagokat pedig feloszthatjuk ritka térhálós elasztomerekre (NR, SR, PUR) és sűrű térhálós duromerekre (PF, UF, UP, EP). [Miskolczi N. 2012]

3.3 Műszaki műanyagok:

„Olyan hőre lágyuló vagy hőre keményedő szintetikus polimerek, amelyeket elsősorban szerkezeti anyagként, főleg műszaki célokat szolgáló termékek, alkatrészek gyártására használnak fel.” [Füzes L, 1989]

A műszaki műanyagok egyszerű szemléltetésére szokás alkalmazni az ún. műanyagok anyagpiramisát, amely a 10. ábrán látható.



10. ábra - Műanyagok anyagpiramisája [Kalácska, 2005]

A fenti piramis nagy részét olyan anyagok foglalják el, amikből tömegtermékek készülnek. Ezek alkalmazása jóval olcsóbb és egyszerűbb, mint például a HPM (Speciális műanyagok vagy High Performance Materials) műanyagokénak. A piramis közepét foglalják el a műszaki életben általában használt anyagok.

Olyan hőre lágyuló vagy keményedő szintetikus polimerek, amelyeket elsősorban szerkezeti anyagként, főleg műszaki célokra, valamint alkatrészek gyártására használnak fel. Kiegészítően jó mechanikai, elektromos és termikus tulajdonságokkal rendelkeznek.

Léteznek különösen nagy szilárdsággal és ütésállósággal rendelkező hőre lágyuló műanyagok.

3.3.1 Tipikus filament anyagok:

Egy hagyományos nyomtatónak a megfelelő működéshez patronra van szüksége, a 3D nyomtató sem tud működni filament nélkül, amelynek különböző tulajdonságai lehetnek, amelyeket érdemes figyelembe venni az anyag kiválasztásakor.

- ABS (akrilnitril-butadién-sztirol) - Ez a 3D nyomtatási szálak egyik legnépszerűbb típusa. Az ABS tartós és ellenáll a nyomásnak és a kopásnak, és jól teljesít magas hőmérsékleten. Nyomtatási hőmérséklete 210 és 250°C között van.
- PLA (polilaktid) - Ez egy nem mérgező és biológiailag lebomló szálfajta, könnyen feldolgozható és környezetbarát, ezért manapság a 3D nyomtatási szálak legnépszerűbb változata. A PLA rugalmasabb, de kevésbé ellenálló a magas hőmérsékletnek, az ABS-hez képest. Alacsonyabb nyomtatási hőmérsékleten (180-230°C) működik.
- PETG (polietilén-tereftalát glikol) - A PETG egy tartós és rugalmas szál, amely teljesen ellenáll a víznek és a vegyszereknek. Éppen ezért gyakran használják tárgyak, például palackok és más típusú csomagolások nyomtatására. Nyomtatási hőmérséklete 200-240 °C között mozog.
- PC (polikarbonát) - Ez egy olyan típusú filament, amely ellenáll a magas hőmérsékletnek, és nagyfokú tartóssággal jellemezhető. A polikarbonátnak is nevezett PC-t gyakran használják olyan alkatrészek nyomtatására, amelyeknek ellen kell állniuk a magas hőmérsékletnek és terhelésnek. Keskeny nyomtatási szálút és alacsony nyomtatási sebesség szükséges 210 és 230°C közötti hőmérsékleten.
- A nylon (poliamid) egy erős és rugalmas műanyag, amelyet gyakran használnak ruházati és ipari termékekhez. A nylon nagy szilárdságú, kopásálló és hőálló anyag, amely alkalmas olyan tárgyak nyomtatására, amelyeknek ellen kell állniuk nagy mechanikai vagy hőmérsékleti igénybevételnek. A nylon hátrányai között említhetjük a magas nyomtatási hőmérsékletet (240-280°C).

A felsorolt típusok közül a biodegrábilis PLA filamentek és annak típusai, amik érdekesek számomra és amelyekkel munkám során foglalkozni fogok.

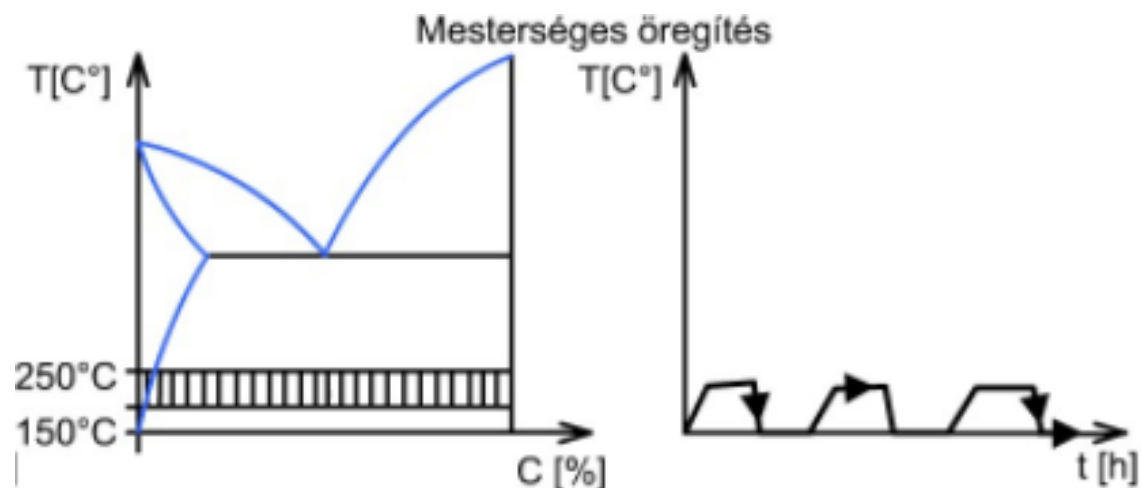
[<https://www.tme.eu/hu/news/library-articles/page/51976/3d-nyomtato-filamentek-tipusok-jellemzok-es-felhasznalas-a-prototipuskeszitesben/>]

4 Öregítő vizsgálatok:

Ebben a fejezetben ismertetem a természetes és mesterséges öregedés fogalmát, illetve bemutatok néhány öregítési eljárást, amelyek használatosak már az iparban.

4.1 Mesterséges öregítési fémeknél:

Öregedésnek nevezzük a kis széntartalmú acéloknak azt a tulajdonságát, hogy hosszabb idő után minden szándékos beavatkozás, hatás nélkül nő a keménységük, csökken a szívósságuk, nyúlásuk. Ha ez a jelenség használat közben, környezeti hőmérsékleten lép fel, az acél természetes öregedéséről beszélünk. Az öregedési folyamat 200-300°C-ra hevítéssel, 4-12 órás hőntartással meggyorsítható. Az öregítés hevítési hőmérsékletének felső határát úgy kell megválasztani, hogy a kis széntartalmú acélnak a megelőző hőkezeléssel kialakított szövetszerkezete ne változzon meg. A mesterséges öregítés során a hevítés megismételhető. Az alumíniummal dezoxidált acélok nem hajlamosak az öregedésre. [tudasbazis.sulinet.hu]. Az öregítést, mint technológiai folyamatot a 11. ábra mutatja be:



11. ábra - Mesterséges öregítés folyamata fémeknél [tudasbazis.sulinet.hu]

4.2 Fémek természetes öregítése:

A fémötvözetek öregítése és tiszta az elemeket teljesítményük változásaként értjük. Idővel a szerkezetek és az alkatrészek szerkezete megváltozik, ami tükröződik a teljesítménymutatókban. Feltételezhető, hogy a fém elöregedésének folyamata negatív következményekkel jár, bár bizonyos hasznos műszaki és fizikai tulajdonságok növekedését is okozza. Például az anyag keménysége nő, bár a törékenység párhuzamosan növekszik.

Az idő az öregedés fő oka, de nem az egyetlen. Jelentős szerepet játszanak ebben a folyamatban a külső körülmények és különösen a kémiai agresszív közegek, amelyekkel az anyagi kapcsolatok. Normál üzemi körülmények között a fém lassú mechanikus öregedése megy végbe. [Beer,1964]

4.3 Polimerek mesterséges öregítése:

A laboratóriumi öregítési vizsgálatok célja, hogy a természetesnél rövidebb idő alatt lehessen megvalósítani környezeti viszonyokat szimuláló körülmények között. A napsugárzást általában xenonlámpákkal, a rövidebb hullámhosszú (290–800 nm) beltéri fényt szűrőkkel ellátott lámpákkal hozzák létre.

Hő, pára és vízpermet segítségével tovább lehet közelíteni a külső viszonyokat. A vizes közegben öregített és hidrolitikus reakcióra hajlamos polimerek (pl. poliészterek, poliamidok, polikarbonát) esetében felületi repedések jelennek meg. Azonban nem lehet teljesen megközelíteni gyorsított öregedéssel a természetes öregedést. Elfogadható korreláció van azonban a naponta adszorbeált különböző mennyiségű energia és a különböző földrajzi területek sugárterhelése között.

A degradáció jellemezhető a húzóvizsgálat eredményeivel (a degradációval általában csökken a szakadási nyúlás), a polimer szerkezeti változásaival (pásztázó elektronmikroszkópos felvétellel), az ütőszilárdsággal, az infravörös spektrummal, az ömledék folyási mutatószámával (MFI), és az oxidációs indukciós idővel (leginkább a PE és PVC esetén). [Szakács, 2012]

4.4 Polimerek természetes öregítése:

A polimerek öregedésének egyik oka a degradáció. A polimerek öregedése során a makromolekulák darabolódnak, és a mechanikai jellemzők, illetve a molekulatömeg csökkennek. Elváltozik polimerek a felülete, porladás vagy sárgulás is megfigyelhető. A hőbomlásnál lényegében hasonló folyamat játszódik le, és az eredmény alapján nem is különíthető el a kiváltó ok.

A szabadtéri alkalmazás esetében különböző időjárási hatások érik a polimereket. Az eltérő éghajlati viszonyok között különböző tényezők dominálnak. Ezek közül a tényezők közül a legfontosabbak: napsugárzás, hőmérsékletingadozás, szél, eső, páratartalom, a levegő szennyezettsége, a szél által mozgatott por- és homokszemek eróziós hatása.

Az időjárási tényezők közül a napsugárzás ultraibolya spektruma a legnagyobb elváltozások okozója. A polimerek UV-fény hatására bekövetkező degradációja a termék felszínén kezdődik. Alapvetően a polimerek degradációjának, fotokémiai bomlásának oka nem a polimer szerkezetéből adódik. A kizárólag szén- és hidrogénatomokból felépülő rendszer nem abszorbeálja a Föld felszínét elérő sugarakat. A szén-oxigén csoportot tartalmazó anyagok érzékenyek a fotokémiai degradációra. A degradáció nagyon bonyolult folyamat,

sok tényező befolyásolja (például az anyag szerkezete, környezeti körülmények), így egy általános modell felállítása nagyon nehéz.

A polimerek öregedése nem csak kémiai, hanem fizikai is lehet. A fizikai öregedés során az anyag szerkezete módosul, újra rendeződik, és így a jellemzői is megváltoznak. A fizikai öregedés visszafordítható (az anyagot üvegesedési hőmérséklete fölé melegítik) nem úgy, mint a kémiai. A fizikai öregedés legfőbb következménye, az anyag nagyobb merevsége és a megnövekedett rugalmassági modulusza.

[Szakács, 2012]

4.5 Komposztálás:

A komposztálás nem új jelenség. A korai Római Birodalom óta, vagy talán még előtte is széles körben használják. A komposztálás a szerves anyagok halmozásával kezdődött a következő ültetési idényig. Az idő múlásával az anyagok addig bomlottak, amíg fel nem tudták használni a talajjal. Ez a folyamat nyilvánvalóan az idő előrehaladtával fejlődött, és ma a komposztálást modernizálják és szabályozzák.

A komposztálás természetes folyamat, amely szerves anyagokat, például zöldségmaradványokat, fűvet, leveleket és trágyát alakít meg, ha meghatározott környezetben tartják. Ideális esetben a komposztáláshoz nedvesség, meleg idő és oxigén szükséges (a kellemetlen szag elkerülése érdekében). A felépítését a 12. ábrán szemléltetem:



12. ábra - Komposztáló felépítése/szintjei [sustainabletable.org]

A komposztáláshoz szükséges összetevők három kategóriába sorolhatók:

Barnák: A barnák közé tartozik a szalma, az aprított papír, az elhalt növények, a kezeletlen fa fűrészpora és a levelek

Zöldek: A zöldek közé tartozik a trágya, a konyhai maradványok, amelyek nem tejtermékek és nem húsfélék, fű, lóhere, tengeri moszat vagy tavi algák és zöld gyomok.

Komposztáló szervezetek: Szüksége van olyan szervezetek forrására is, amelyek segíthetnek a komposztálásban, például talaj, csirke, ló vagy tehén trágya, régi komposzt vagy kereskedelmi komposzt indítók.

A komposztálás költséghatékony és környezetbarát módszer, amely csökkenti a szemetet, és lehetővé teszi a hulladék hatékony és olcsó újrahasznosítását.

Nemcsak a komposztálás folyamata előnyös, hanem maga a komposzt is rendkívül hatékonyan segíti elő a talaj minőségének javítását. [Tom Ford, 2014]

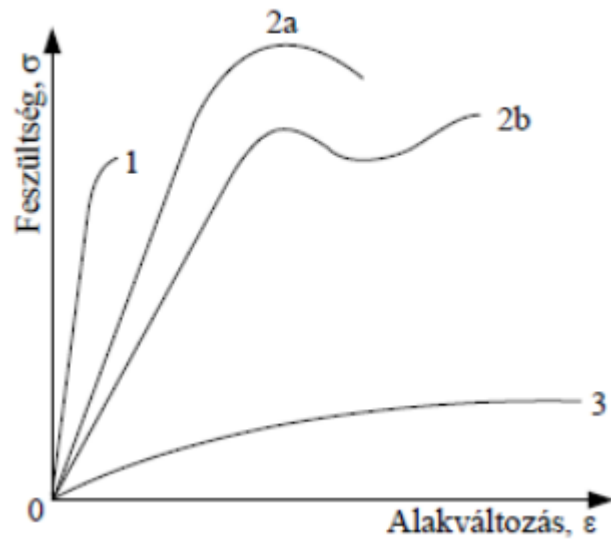
4.6 Anyagvizsgálatok:

Ebben a fejezetben bemutatom a munkám során alkalmazott anyagvizsgálati módszereket.

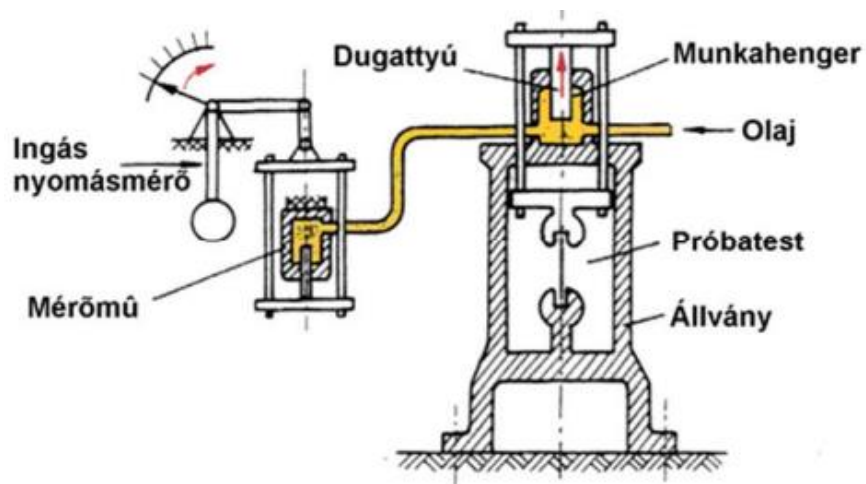
4.6.1 Szakítóvizsgálatok:

A szakítóvizsgálat a leggyakrabban alkalmazott statikus vizsgálat. Általában nem a közvetlenül legyártott alkatrészszel, hanem szabványosított alakú és méretű próbatesttel végzik. Munkámban ettől eltérően nem szabványosított próbatesttel dolgoztam, viszont két szál összehasonlításához megfelelő volt.

A vizsgálat célja: az anyagok egytengelyű húzó igénybevétellel szembeni ellenállásának meghatározása, az ehhez tartozó anyagjellemzők (szakítószilárdság, folyáshatár stb.) megállapítása, valamint a szakítódiagram elkészítése, amely a megnyúlás vagy szakadás jelenségét időben jól szemlélteti. Egy ilyen mintadiagram látható a 13. ábrán. A vizsgálatokat általában szobahőmérsékleten (10-35°C) végzik, de szükség lehet magasabb, illetve alacsonyabb hőmérsékleten végzett vizsgálatokra. A hőmérséklet nagyban befolyásolhatja a polimereknél a szakadás jellegét. A vizsgálatot erre a célra használatos szakítógépen végzik, amelynek működési elve a 14. ábrán látható. [Magyarkúti J. 2008]



13. ábra - A különböző típusú műanyagokra jellemző szakítási diagrammok (1. rideg, 2a. szívós, képlékeny (alakítási keményedést nem mutató), 2b. alakítás közben keményedő, 3. lágy, rugalmas) [polymerdatabase.com]



14. ábra - Hidraulikus szakítógép működési elve [Magyarkúti J. 2008]

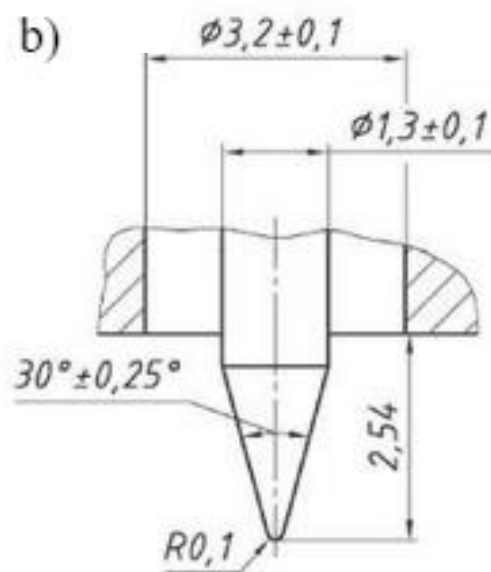
4.6.2 Keménység vizsgálatok:

A keménység olyan anyagi tulajdonság, ami azt fejezi ki, hogy egy anyag mennyire szilárd, milyen mértékben ellenálló a külső mechanikai behatásokkal szemben. Az anyagok keménysége ilyen szempontból kapcsolatba hozható azok rugalmassági modulusával, hiszen mindkét mennyiség azt adja meg, hogy a vizsgált mintára kifejtett erőhatás mekkora deformációt idéz elő.

A keménységmérési vizsgálat során a mérendő anyagot egy nálánál keményebb anyaggal való behatolása során mutatott reakciója alapján minősítjük. Különböző keménységi szabványok és skálák léteznek például a Brinell, a Rockwell, a Shore, és a Vickers. [Lampman S. 2003]

A Shore-félekeménységmérés (ISO 868:2003): A fémek mérése során használt keménységmérési eljárások polimerek esetén nem igazán alkalmazhatóak elsősorban késleltetett rugalmas deformáció komponens miatt.

Ezért erre a célra az 1920-as években Albert F. Shore szabadalmaztatott egy eljárást, amely elsősorban elasztomerek, termoplasztokkeménységének meghatározására szolgál. A mérőeszközre a Shore keménységmérő és durométer elnevezés is használatos. A mérés során egy tompa tű behatolásával szembeni ellenálló képességet vizsgáljuk. A mérés folyamán fontos az ún. lenttartási időszerepe, ami nem más, mint az időtartam, amely a mérés során terhelő erő felépülése és a keménységérték leolvasása közt húzódik.



15. ábra - Shore D keménységmérőhöz alkalmazott tű geometriai kialakítása [Lampman S. 2003]

Erre az időre a polimer szerkezeti anyagok késleltetett rugalmas deformáció komponense miatt van szükség, amely az időben késleltetve épül fel, így a mérés eredményét befolyásolhatja. Mivel ez a komponens a különböző anyagok (termoplasztok, elasztomerek, duromerek) esetén más-más paraméterekkel rendelkezik, így az egyes anyagcsaládokhoz tartozó időértékek szabványban kerültek rögzítésre. A Shore-D keménységmérőnél használt tűnek a geometriáját a 15. ábrán láthatjuk. [Lampman S. 2003].

5 Kísérleti rész:

A következőkben a vizsgálataim első részében a hagyományos komposztálási eljárást veszem alapul és ez alapján végzek el vizsgálatokat a filamenteken.

5.1 Házi komposztáló építése:

A házi komposztálót 2020.06.09-én építettem, Adán, Szerbiában. Definíció szerint a kertben vagy lakásban termelt zöldhulladékból keletkezett szerves anyagok oxigén jelenlétében végbement korhadásszerű bomlás végterméke, a komposzt. A komposztáló az udvar végében kapott helyet, a fal tövében, mérete nagyjából 1-1,2 m³. Ez a hely nem túl nedves, illetve nem túl napos, mivel ez fontos szempont a komposztáló elhelyezésekor. Mivel a komposztáláshoz elengedhetetlen a levegőben lévő oxigén, ezért úgy célszerű kialakítani, hogy könnyedén átjárja a levegő, éppen ezért a falai Euro raklapokból készültek, amiket csavarokkal rögzítettem egymáshoz ahogy az a 16. ábrán látható. Illetve az egyik raklap, mint ajtó is tud funkcionálni, a komposzttalaj könnyebb kezelhetősége érdekében. A komposztálás folyamata hőfejlődéssel jár, ami nem egységesen történik a komposztunkban. Emiatt időszakosan át kell forgatni a komposztáló láda tartalmát. A komposzt felépítése egymásra rakott rétegek, amelyek barna és zöld hulladékokból vannak keverve. A föld, mint segédanyag van hozzáadva.



16. ábra - Házilag készített komposztáló [Saját ábra]

5.2 Munka kezdete, projekt felépítés kidolgozása:

A különböző filamenteket anyaguk szerint felosztottam. 5 típust különböztettem meg, amik a kísérletben részt vettek. Színek és anyagok alapján ezek a következők:

1,75mm BRO Filament bronz (sárga)

1,75mm PLA (Fekete)

1,75mm ABS (Szürke)

1,75mm PLA (Zöld)

1,75mm PLA (fehér)

A fent említett filamenteket 80mm hosszú szálakra szeleteltem fel. Különböző kontroll csoportokat hoztam belőlük létre, a 17. ábra szerint. Úgy osztottam szét, hogy minden csoportban legyen minden típusból egy



17. ábra - Lemért filament csoportok [Saját ábra]

A csoportokat a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki karának Élelmiszeripari részlegén található analitikai mérlegek egyikével egyként mértem le (2021.01.07.). A mérést egy Radwag WAS 220/c/2 típusú mérlegen végeztem, ami a 18. ábrán látható mérés közben.



18. ábra - Radwag WAS 220/c/2 [Saját ábra]

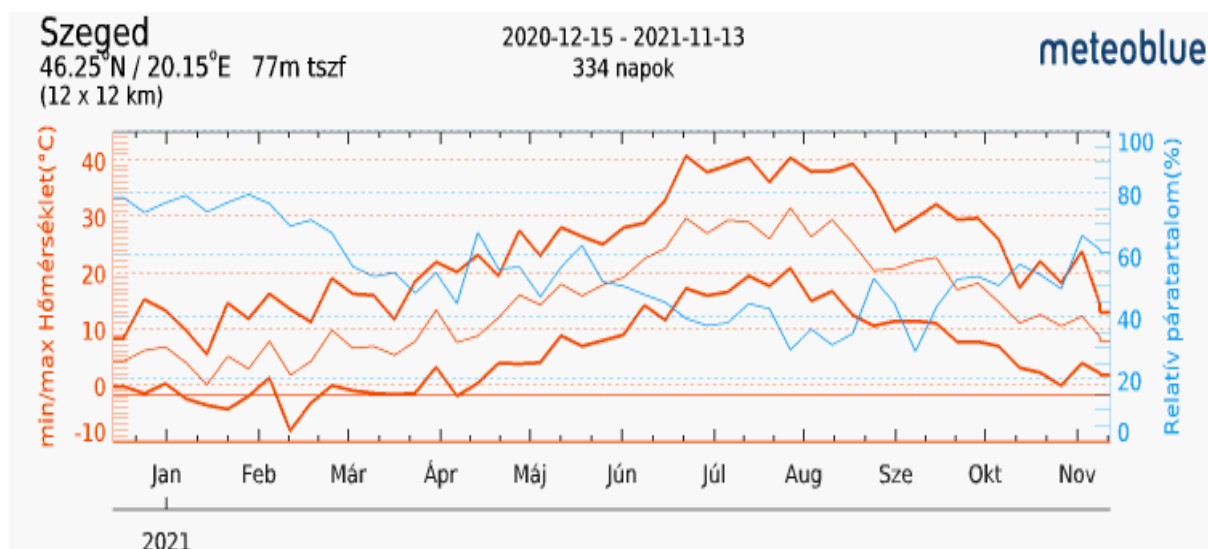
A sorozat az alap szintű analitikai mérlegek családja. Háttérvilágítású LCD kijelzővel rendelkezik. A mérleg pontossága 60g-ig 0,001 g. A pontos és megbízható mérésről beépített automata pontosítás gondoskodik, az idő és a hőmérséklet változása alapján. A mérést megelőzően két alkalommal manuális kalibrációt kell elvégezni a mérlegen, így bizonyosodva meg a későbbi mérések pontosságáról. Méréskor az ajtaját mindig zárva kell tartani, mivel a külső környezet magasabb hőmérsékletétől felszálló porszemcsék is zavarhatják a mérés eredményét. A mérés folyamán minden egyes csoportot külön-külön lemértem és feljegyeztem a tömegüket.



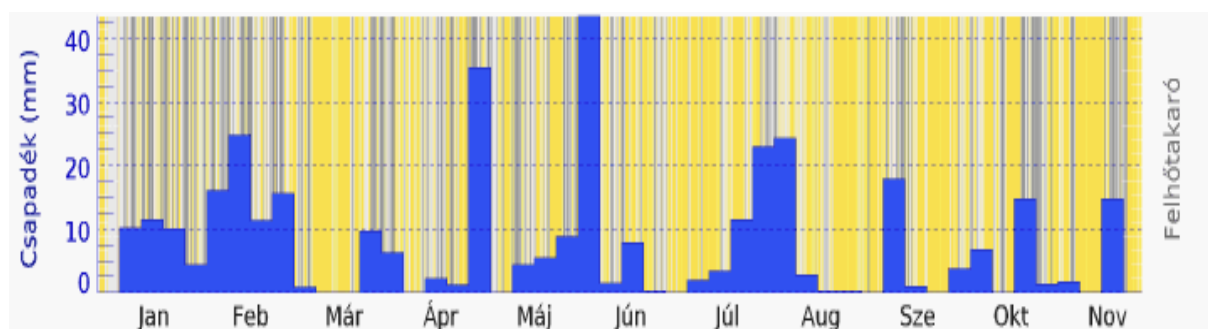
19. ábra - A talajba helyezett minták [Saját ábra]

A filament szálakat elhelyeztem különböző környezeti hatásoknak kitett helyeken félig földbe ásva. Három csoportot raktam műanyag pohárban elhelyezett házi biokomposzt talajba, ahogy az a 19. ábrán látható. Az első csoport szobahőmérsékleten volt, de fénytől távol eső helyen. A második csoport egy szobaablakba került, állandó szobahőmérsékleten minimális UV sugárzásnak kitéve (délelőtt 7:00-tól délelőtt 10:00-ig), A harmadik csoportot ablakban helyeztem el, viszont nem szobában, hanem kültéren, tehát ezt a csoportot minden külső környezeti hatás maximális szinten érte (UV sugárzás 12:00-tól napnyugtáig). Minden csoportnál folyamatosan igyekeztem a talaj nedvességtartalmát konstans módon, azonos értéken tartani. A kísérlet fél évet ölelt fel, ameddig a szálak a talajban voltak.

A mérés ideje alatti időjárási viszonyokat a **meteoblue.com** oldalán megtalálható adatok alapján vettem és az 1. Diagram és 2. Diagramban szemléltettem őket.



1. Diagram - Szegedi hőmérsékletek és relatív páratartalom 2021-ben. [meteoblue.com]



2. Diagram - Szegedi csapadékmennyiségek 2021-ben [meteoblue.com]

5.3 Kísérletben résztvevő filamentek vizsgálata:

A talajba helyezett szálakat eltávolítottam a poharakból, az 1-es számú mellékletben levő ábrákon bemutatott állapotban. Csoportonként megvizsgáltam, hogy érte-e a szálakat bármilyen fizikai változás.

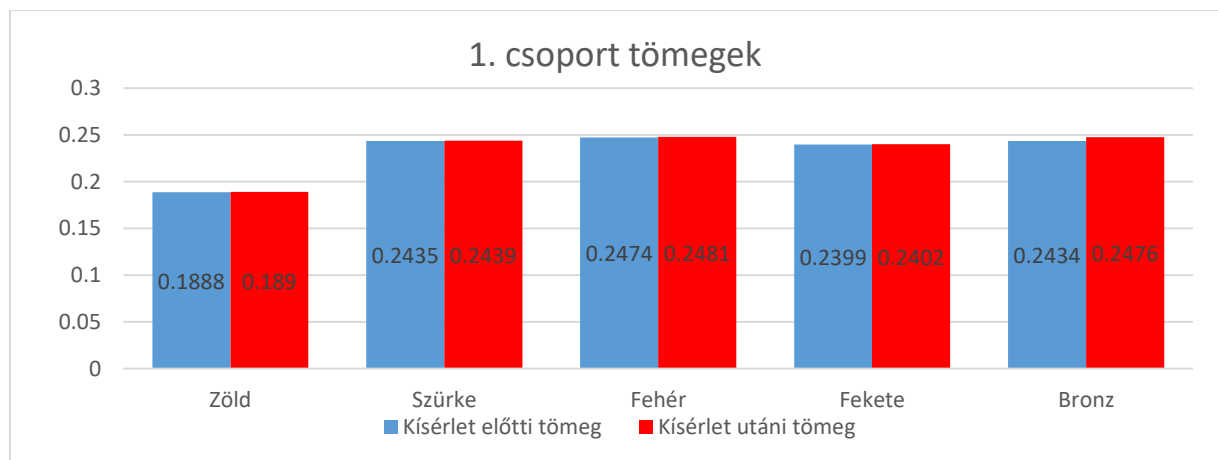
5.3.1 Tömegmérés:

A szálak ismételt tömegmérését szintén a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki karán végeztem. Fontos szempont volt, hogy a megbízhatóbb mérési eredmények végett ugyan azon a mérlegen mérjek. Az eredmények a következők lettek:

- A szobahőmérsékleten lévő kontroll csoportnál, amelyeket fény egyáltalán nem ért, illetve minimális mértékben ért fény külső fizikai változást nem tapasztaltam.

Kísérleti idő előtt:		Kísérleti idő után:		Eltérések:
1.csoport	Tömeg (g):	1.csoport	Tömeg (g):	
Zöld	0,1888	Zöld	0,189	0,0002
Szürke	0,2435	Szürke	0,2439	0,0004
Fehér	0,2474	Fehér	0,2481	0,0007
Fekete	0,2399	Fekete	0,2402	0,0003
Bronz	0,2434	Bronz	0,2476	0,0042

2. táblázat – A szobahőmérsékleten lévő fény nélküli filament szálak tömegmérési eredményei [Saját eredmények]



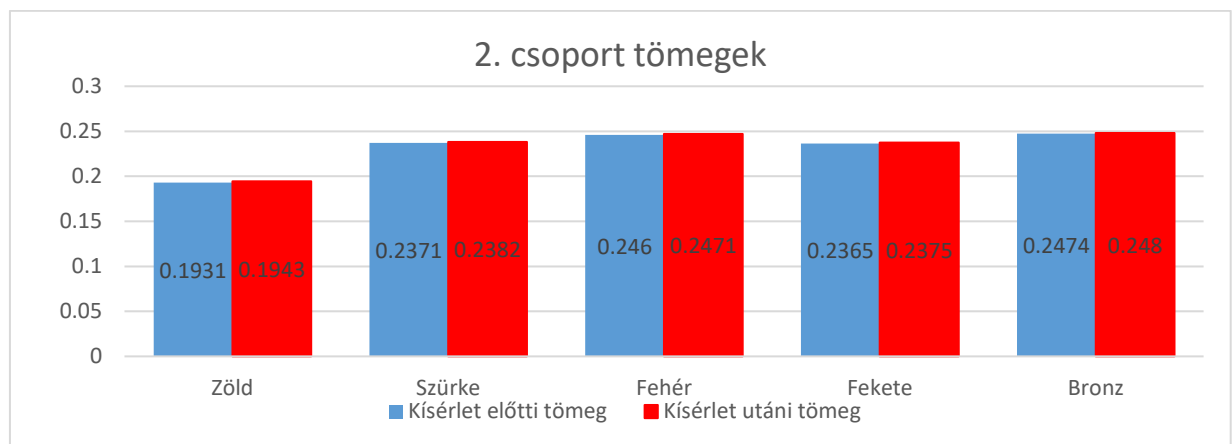
3. Diagram - 1. csoport tömegek [Saját eredmények]

A tömegükben nagyon minimális elváltozás volt, ahogy az a 3. diagramon látható. Meglepő módon magasabb értéket kaptam, mint a kísérlet előtt, ami a mérleg mérési hibájának is betudható, de a folyamatos nedves környezet miatt is nőhetett a tömegük.

- A másik csoportnál, amelyek szintén szobahőmérsékleten voltak, illetve minimális fény ért szintén megfigyelhető a tömeg minimális növekedése, ezen értékeket a 4. diagram szemlélteti.

Kísérleti idő előtt:		Kísérleti idő után:		Eltérések:
2.csoport	Tömeg (g):	2.csoport	Tömeg (g):	
Zöld	0,1931	Zöld	0,1943	0,0012
Szürke	0,2371	Szürke	0,2382	0,0011
Fehér	0,246	Fehér	0,2471	0,0011
Fekete	0,2365	Fekete	0,2376	0,0011
Bronz	0,2474	Bronz	0,248	0,0006

3. táblázat – A szobahőmérsékleten lévő minimális fénynek kitett filament szálak tömegmérési eredményei [Saját eredmények]

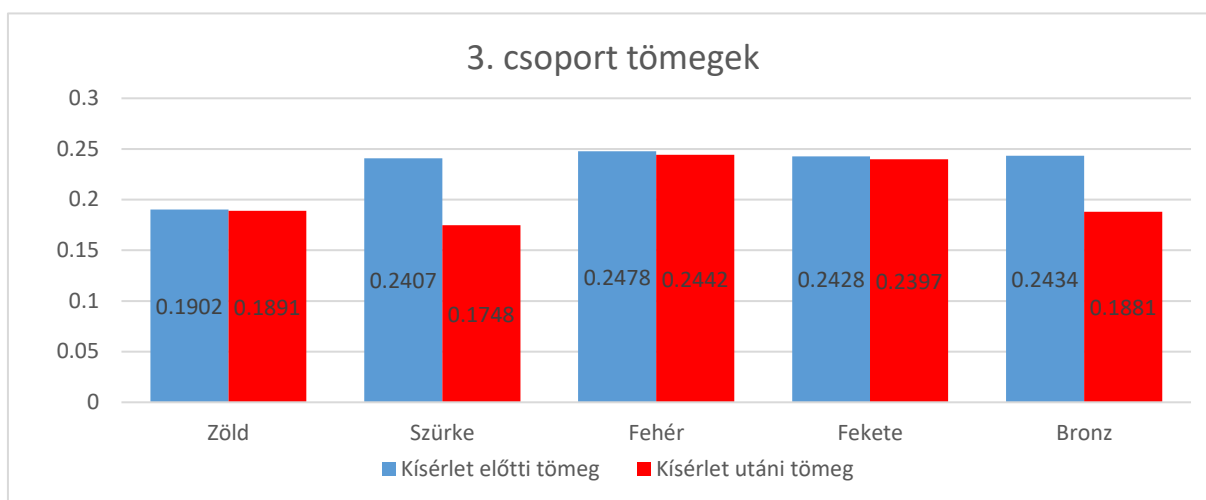


4. Diagram - 2. csoport tömegek [Saját eredmények]

- A külső környezeti hatásoknak kitett mintáknál jól látható az 5. diagramon, hogy a tömegük lecsökkent, itt már kizárható a mérleg mérési pontatlansága, mivel a kapott eltérések messze meghaladják a mérleg hibahatárértékét.

Kísérleti idő előtt:		Kísérleti idő után:		Eltérések:
3.csoport	Tömeg (g):	3.csoport	Tömeg (g):	
Zöld	0,1902	Zöld	0,1891	-0,0011
Szürke	0,2407	Szürke	0,1748	-0,0659
Fehér	0,2478	Fehér	0,2442	-0,0036
Fekete	0,2428	Fekete	0,2397	-0,0031
Bronz	0,2434	Bronz	0,1881	-0,0553

4. táblázat – A külső környezetben lévő filament szálak tömegmérési eredményei [Saját eredmények]



5. Diagram - 3. csoport tömegek [Saját eredmények]

5.3.2 Keménység mérés:

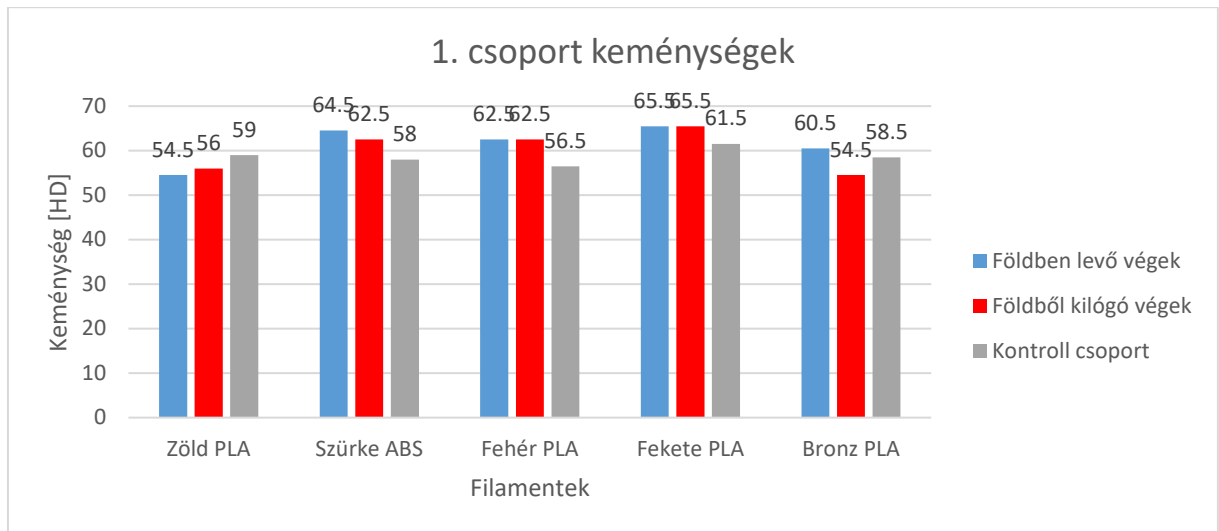
A keménységmérést a 20. ábrán látható Shore - D Durometer 0-100HD keménységmérővel végeztem el. A mérő felbontása 0,5 keménységfok. Pontossága ± 2 keménységi fok.

Behatolási mélysége 0... 25mm. Nyomóerő 5kg.

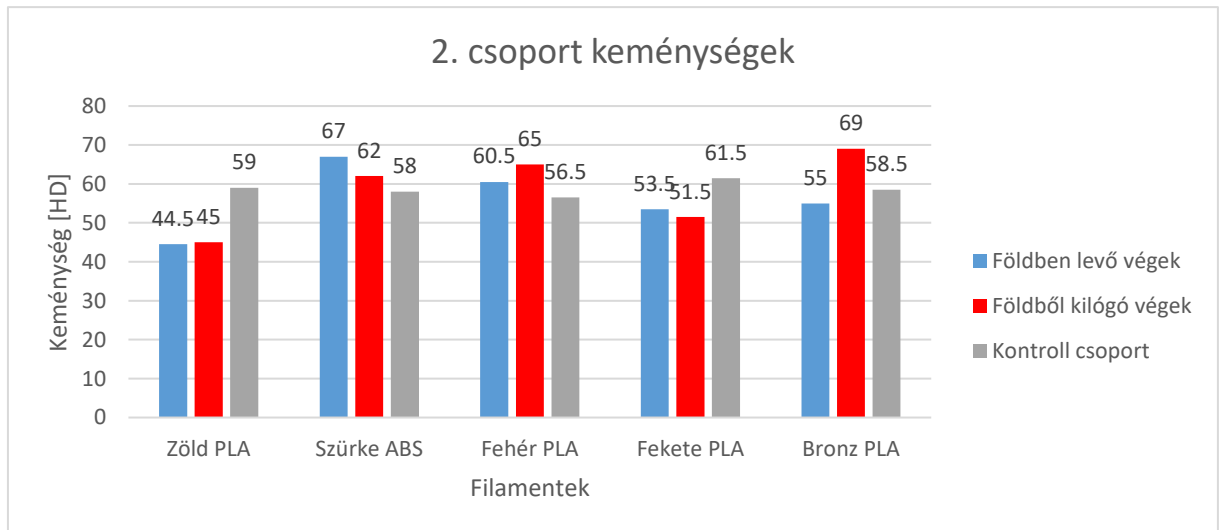


20. ábra - Shore D keménységmérő [Saját fotó]

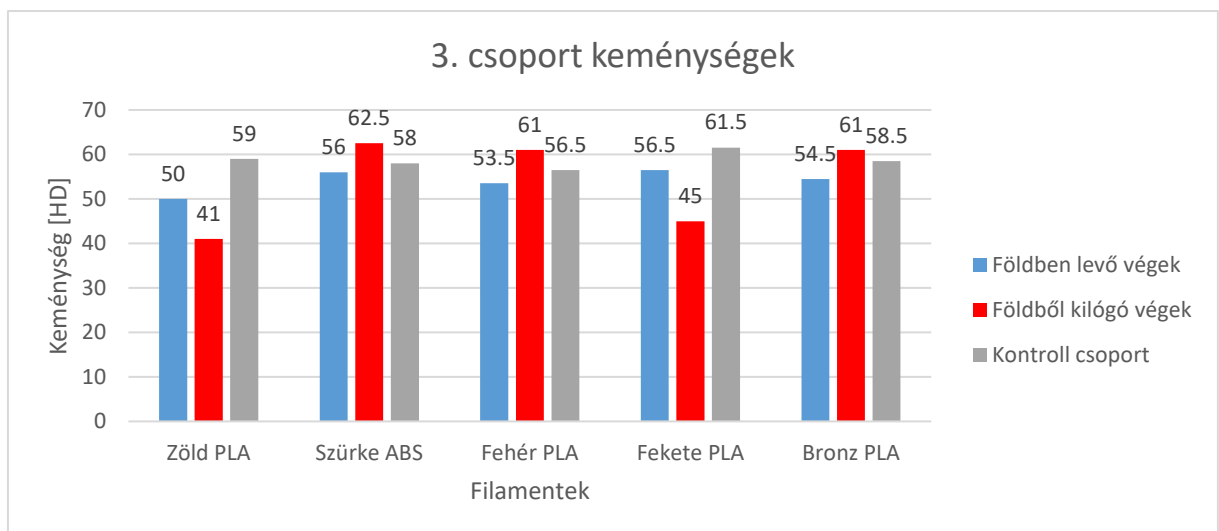
A vizsgált szálak mindkét végét mértem, így vizsgálva a különbséget a talajban lévő és a talajból kilógó végek között. A 3 csoport mellett csináltam egy kontrol mérést is, amit olyan szálakon végeztem, amik nem vettek részt a fél éves tesztben, így ezt a keménységet vettem mértékadónak.



6. Diagramm - 1. csoport keménységei [Saját eredmények]



7. Diagramm - 2. csoport keménységei [Saját eredmények]



8. Diagramm - 3. csoport keménységei [Saját eredmények]

Az 1. csoportnál (6. diagram) volt a legkisebb eltérés a keménységek között, mivel a legkevesebb hatás ezt a csoportot érte. A legnagyobb eltérések a 3. csoportnál (8. diagram) voltak kimutathatók. Általánosságban elmondható, hogy a kültéren levő mintáknál minden esetben a keménység eltérése volt megfigyelhető a szálak két vége között.

5.4 Külső fizikai elváltozások:

A 3. csoportnál az őket ért tartós és jelentős napsugárzás miatt megfigyelhető néhány külső fizikai elváltozás. Ilyen például:

- Színbeli elváltozás: a kültéri filament szálak két vége között jól látható fakulás figyelhető meg. A rájuk ható nagymértékű UV sugárzásnak köszönhetően, ezt a 21. ábra szemlélteti.

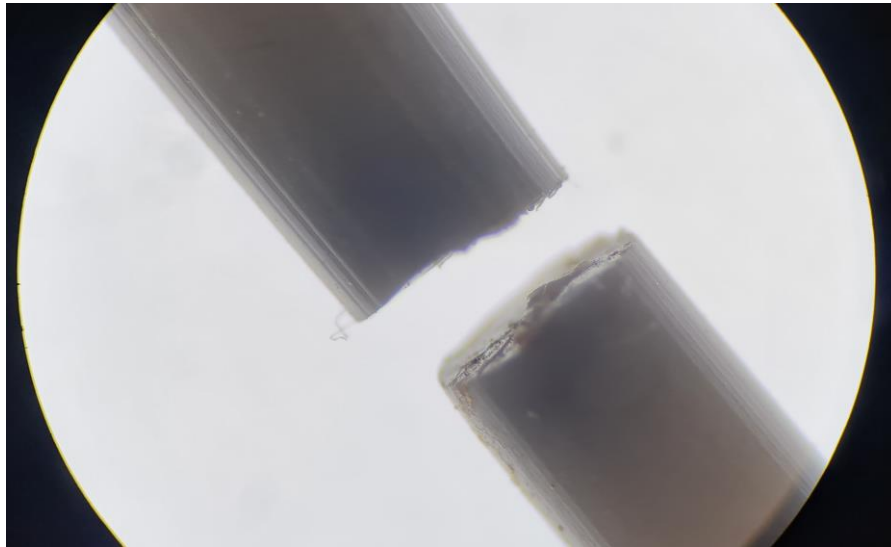


21. ábra - Színek elváltozása a filamenteken [Saját fotó]

- A nagy hőhatásnak kitett szálaknál a kezdeti alakhoz képest jelentős eltérés volt megfigyelhető. A magas hőmérséklet miatt a szálakon a 22. ábrán jól látható elhajlások keletkeztek. Illetve egy szélsőséges esetben el is pattant a szál földből kiálló vége, amelyet 100 szoros nagyításban a 23. ábra mutat.

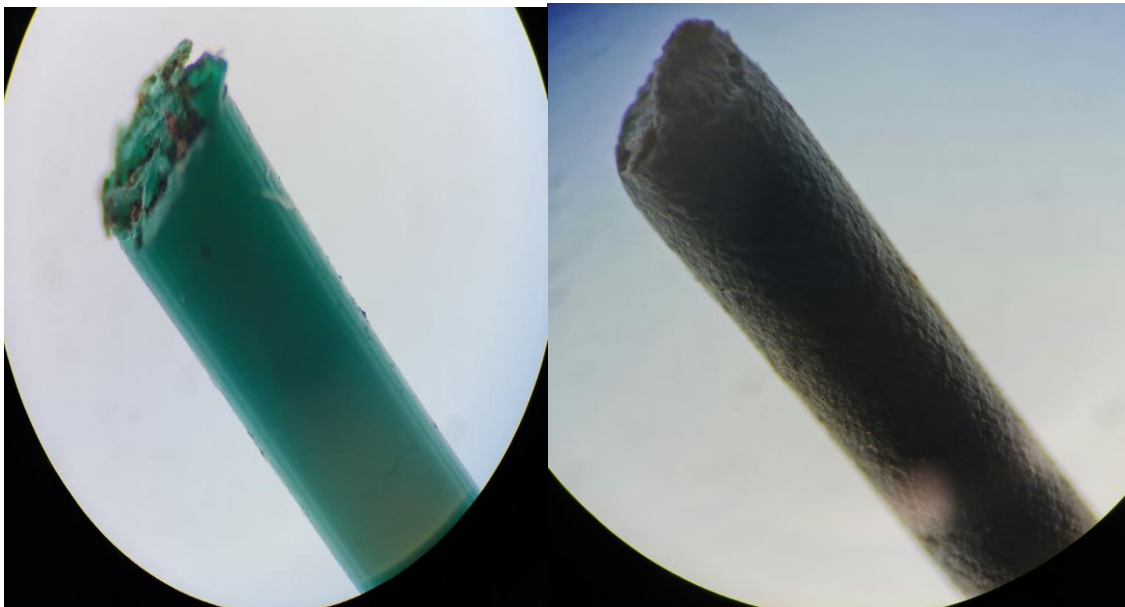


22. ábra - Az UV fény és a magas hőmérséklet hatására eltört ABS szál [Saját ábra]



23. ábra - A kísérleti idő alatt ketté tört ABS szál 100x-os nagyításban [Saját ábra]

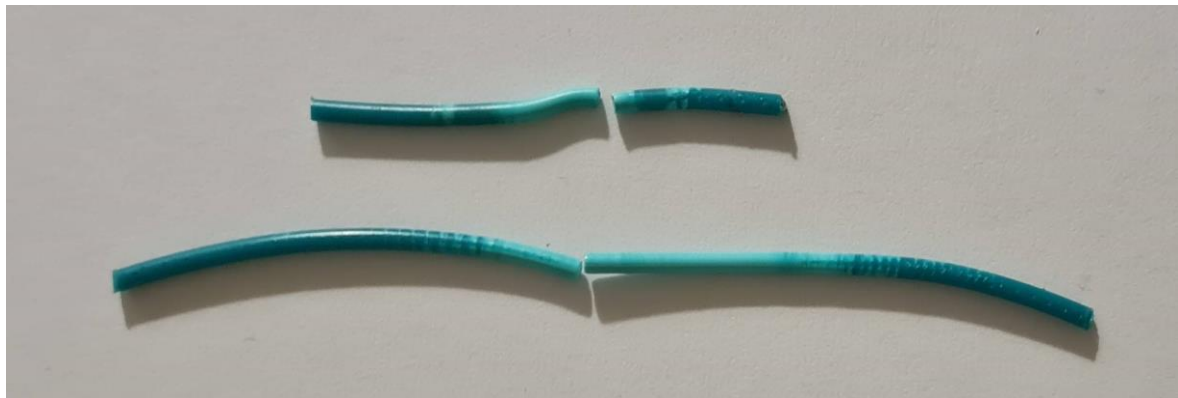
- A kísérlet után a szálak felületét a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki karán található laboratóriumban egy Kern OBS 104 binokuláris biológiai mikroszkóppal megvizsgáltam, az esetleges felületi elváltozások megvizsgálásának érdekében. A mikroszkóppal elérhető 40, 100 és 400x nagyítás. Esetemben a 100x nagyítás volt a megfelelő. A kültéren elhelyezett mintáknál jól látható felületi mikrorepedezések voltak megfigyelhetők (24. ábra), amik szintén az UV hatásnak, valamint a hőmérsékletnek tudhatók be.



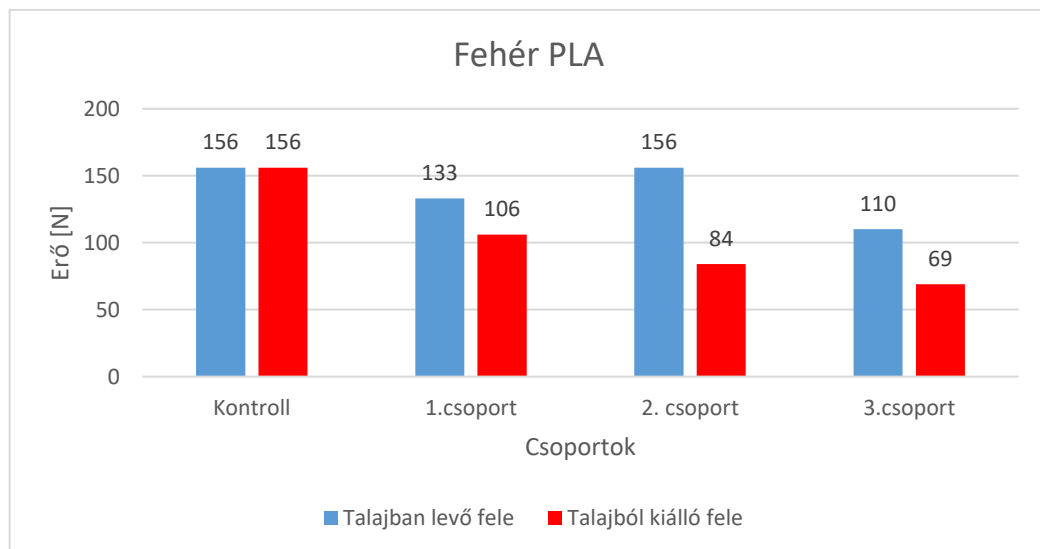
24. ábra - A szálak felületén keletkezett elváltozások 100x-os nagyításban [Saját ábra]

5.4.1 Szakítópróba:

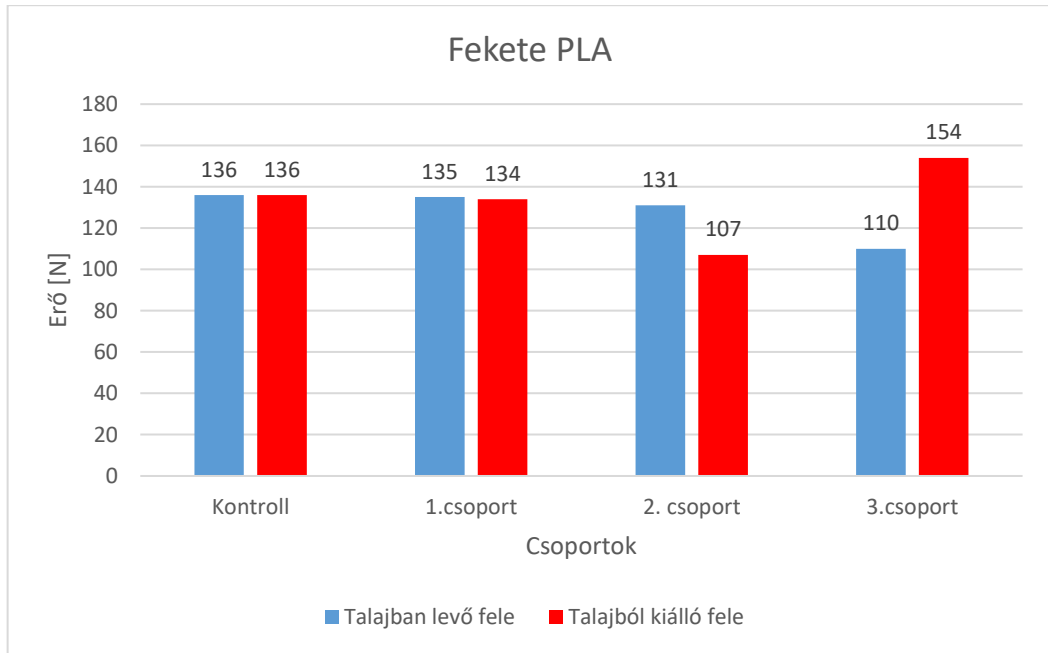
A szakító vizsgálatokat egy Zwick/Roell Z100 kétoszlopos ProLine anyagvizsgáló gépen végeztem. A vizsgált szálakat ketté vágtam, így külön végeztem szakítópróbát a talajba helyezett részéről, illetve külön a talajból kiálló részéről, ahogy azt a 25.ábra is mutatja. A mérési eredmények a 2-es számú mellékletben láthatóak. A szakítópróbák során néhány esetben látható, hogy a kísérletben részt vett szálaknál és a kontroll csoportból vett szálaknál eltérő volt a szakadási nyúlás. Az eredményeket a 9.,10. és 11. diagramban szemléltettem illetve a szakítóvizsgálatokból született szakítódigramok a 2. számú melléklet 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20., 21., 22. és 23. diagramjain láthatóak.



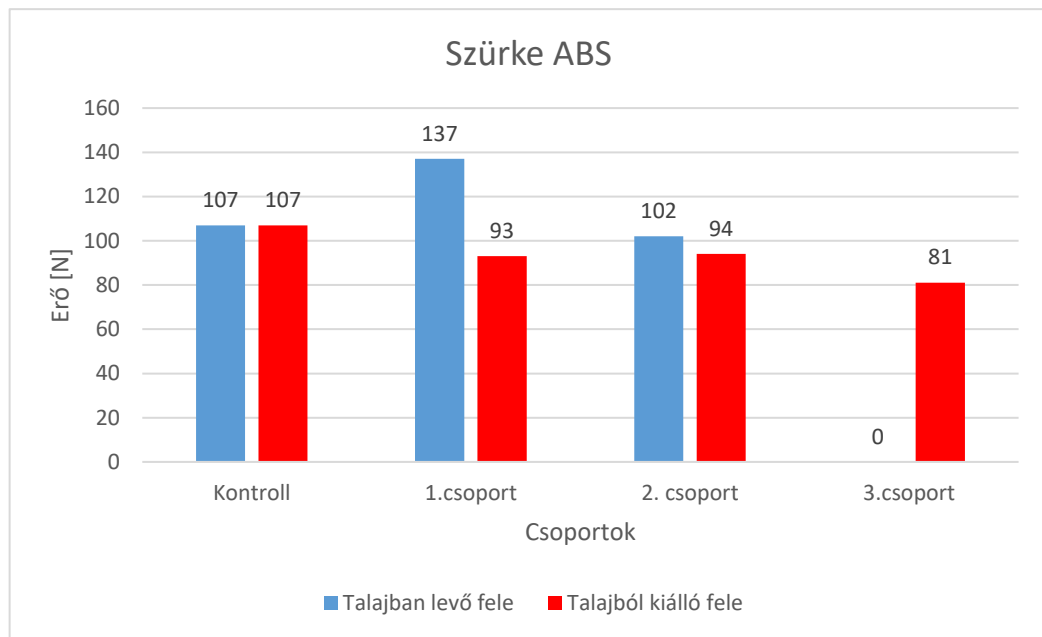
25. ábra - Elszakított filament szálak nyúlása (felül: kontroll csoport, alul: 3. csoport) [Saját ábra]



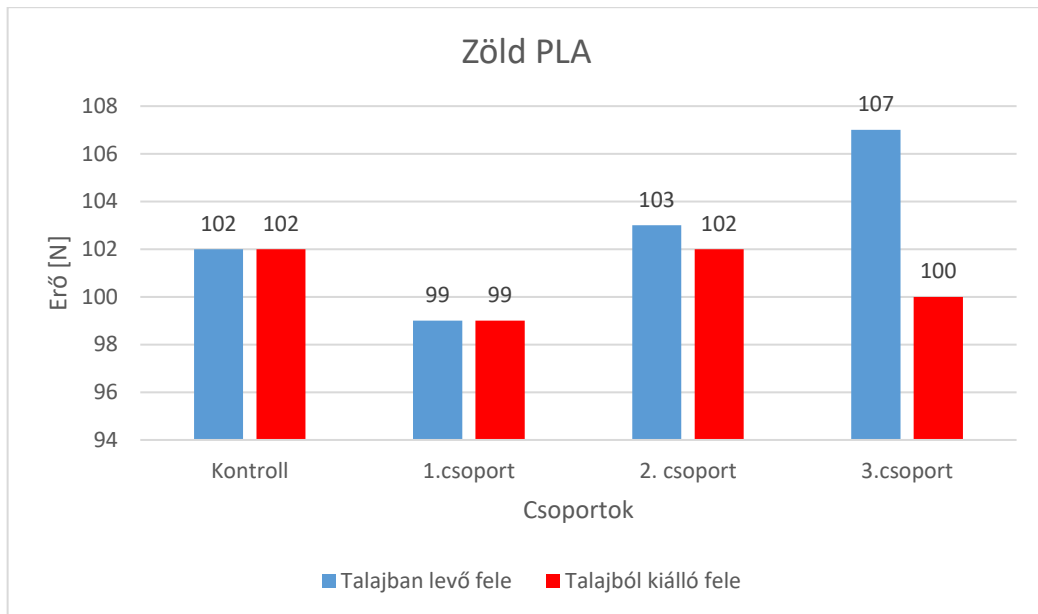
9. Diagram - Fehér PLA szálaknál mért legnagyobb húzóerők [Saját eredmények]



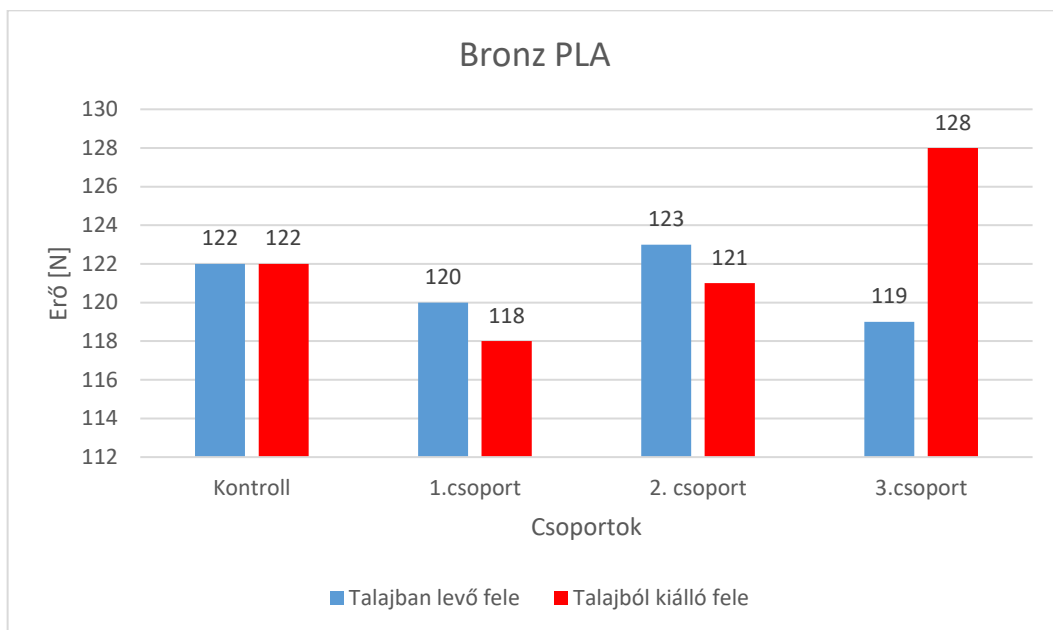
10. Diagram - Fehér PLA szálaknál mért legnagyobb húzóerők [Saját eredmények]



11. Diagram – Szürke ABS szálaknál mért legnagyobb húzóerők [Saját eredmények]



12. Diagram - Zöld PLA szálaknál mért legnagyobb húzóerők [Saját eredmények]



13. Diagram - Bronz PLA szálaknál mért legnagyobb húzóerők [Saját eredmények]

6 Összefoglaló:

Munkám első felében sikerült választ kapnom arra az elején feltett kérdésemre, hogy le tud-e bomlani a talajba elásott bioműanyag. Illetve arra is sikerült információt kapnom, hogy milyen változások mennek végbe fél év alatt egy elásott műanyag szálon. A munkám elején feldolgozott szakirodalomból több pont is igazolódott a kísérleteim során, így attól függetlenül, hogy lebomlás, illetve látványos elváltozás nem is történt, a kísérletet sikeresnek találtam:

- eltérő színező adalékoknak jelentős hatása van az alap polimer (PLA) mechanikai tulajdonságaiban
- szobahőmérsékleten és a külső levegőn történő öregítésben is jelentős különbségek vannak
- a mikroszkópos képeken látható ridegtörések összhangban vannak a keménységvizsgálatok eredményeivel, mivel az öregített szálak keménysége növekedett, így a ridegtörési hajlamuk is növekedett
- szakítópróbák során kimutathatóan megnőtt a szálak elszakításához szükséges húzóerő, ami a filamentek felkeményedésére vezethető vissza. Továbbá ennek hatására csökkent a szakadási nyúlás az öregített szálaknál, ami a degradáció egyik indikátora.

Tekintve, hogy ezek a vizsgálatok nem szabványos próbatesteken végrehajtott vizsgálatok voltak, így ebből messzemenő következtetés természetesen nem vonható le, de mindenképp érdekes és fontos adatokkal szolgálhat a további kísérletek és mérések szempontjából.

Abstract:

In the first half of my work, I was able to get an answer to my initial question about whether bioplastic buried in soil can decompose. I was able to obtain information on the changes that occur in a buried plastic thread over six months. Several points from the literature I processed at the beginning of my work were confirmed during my experiments. Therefore, despite the fact that there was no significant decomposition or visible changes, I considered the experiment successful:

- Different coloring additives have a significant effect on the mechanical properties of the base polymer (PLA).
- There are significant differences in aging at room temperature and in outdoor air.

- The rigid fractures seen in the microscopic images are consistent with the hardness test results because the hardness of the aged threads increased, resulting in increased brittle fracture tendency.
- Tensile tests showed that the force required to break the threads increased, which can be attributed to the hardening of the filaments. Furthermore, this resulted in a decrease in the elongation at break for the aged threads, which is an indicator of degradation.

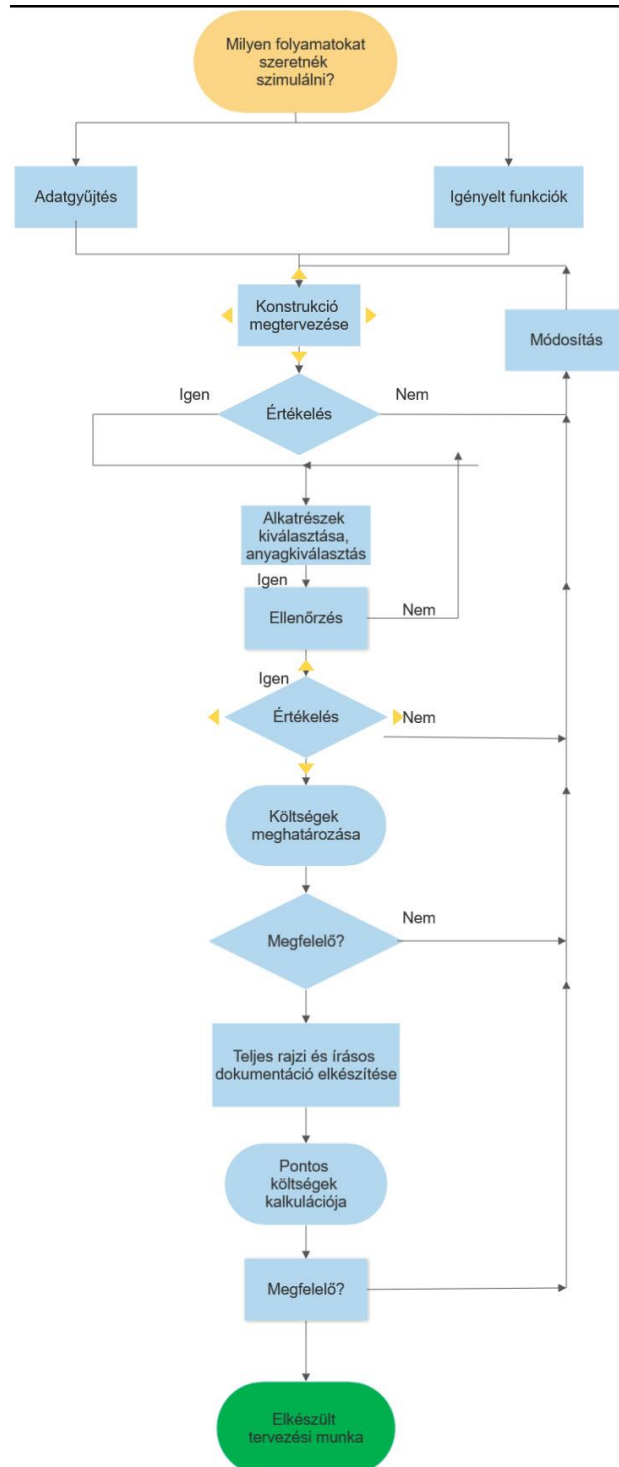
Since these tests were not performed on standard test samples, no far-reaching conclusions can be drawn from them, but they can provide interesting and important data for further experiments and measurements.

7 Mesterséges öregítés:

A munkám másik fele egy mesterséges környezet megtervezéséből áll.

7.1 Tervezési munka ismertetése, célmeghatározás:

Ez egy általam megtervezett öregítő kamra lesz. A kamra tervezésének folyamatát a 26. ábrán látható flowchart diagramon ismertetem:



26. ábra - Munkafolyamat megtervezése [Saját ábra]

A célom a kamra tervezésével, hogy egy olyan mesterséges környezetet hozzak létre, ahol az öregedési folyamatokat a megfelelő bomlást elősegítő hatásokat konstans szinten tudja tartani.

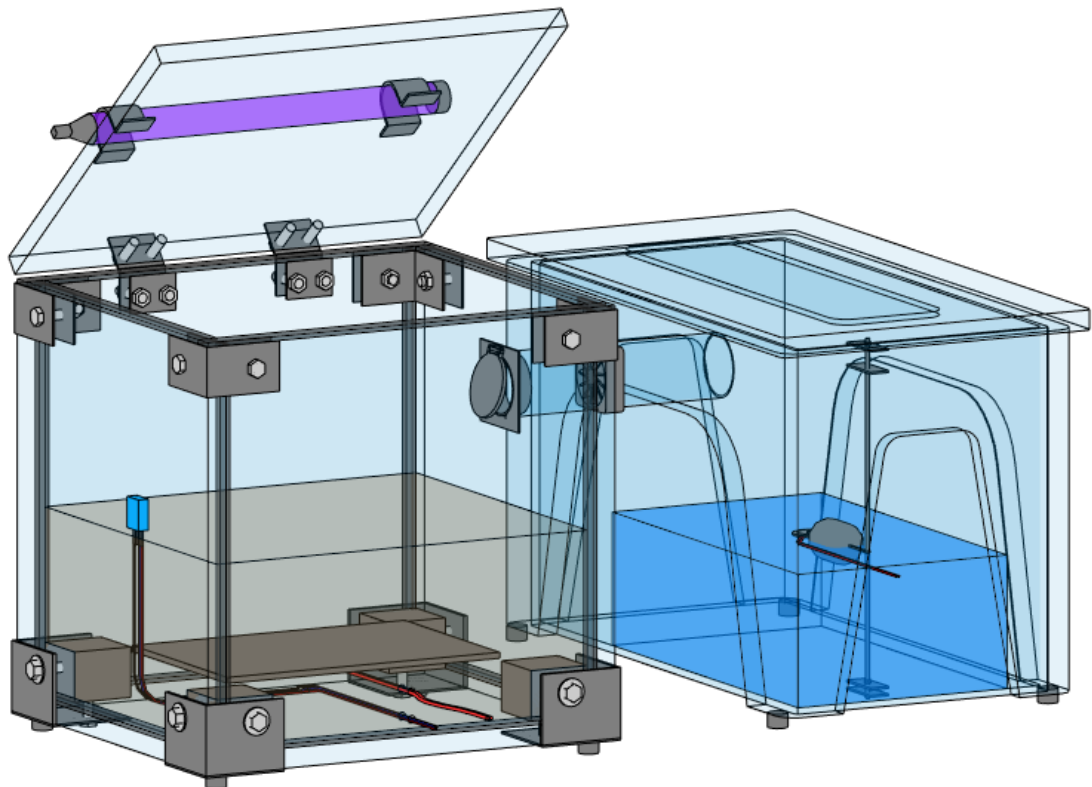
A kamrában folyamatosan 45-50°C-os hőmérsékletet fogok tartani és 70-80%-os páratartalmat, valamint a műanyagszálakat folyamatos UV sugárzás alatt tartani, amit egy erre megfelelő UV lámpával fogok megvalósítani. Ezen feltételek fenttartását egy mikrovezérlővel működtetett szabályzással oldom meg.

7.2 Öregítő kamra felépítése, alkatrészei:

A kamra legtöbb eleme kereskedelemben kapható alkatrészekből élük fel, az egyedi sarokmelegítők és a visszacsapó szelep kivételével. Prototípus lévén törekedtem a költségek minimalizálására, így igyekeztem megoldani kereskedelemben lévő alkatrészekből a tervezési munkát.

7.2.1 Kamra (ház):

Az öregítő kamra egy nagyjából 20 cm x 20 cm-es doboz, aminek falai 10mm-es falvastagságú üreges polikarbonát lapokból állnak össze. a lapok illesztésénél gumi szigeteléssel oldom meg a nagyobb mértékű hőveszteséget.



27. ábra - Házileg tervezett öregítő kamra 3D rajza [Saját]

A polikarbonát lapokat sarokvasakkal fogatom össze. Az oldalak ragasztását az össze és szétszerelhetőség miatt elvettem, mivel ha valami probléma merül fel működés közben, így könnyebben megoldható a probléma elhárítása.

(Az alapelgondolás hőszigetelt üveg lett volna, de jelen feladat elvégzéséhez sokkal bonyolultabb összeszerelést illetve jóval magasabb költséget is jelentett volna. Emellett az általam tervezett kamra kísérleti jellege miatt nem volt indokolt olyan mértékű hőszigetelés amit a komolyabb és jóval drágább több rétegű hőszigetelt üvegek tudnak.) A kamra felépítését 27. ábrán illetve a 5-ös számú mellékletben ismertetem részletesebben.

7.2.2 Kamra fűtése:

A kamrán belül az optimális (50-60 °C-os) hőmérsékletet egy darab 40W-os FLSUN Super Racer 3D nyomtató fűtőpatronjával (28. ábra) fogom megoldani.

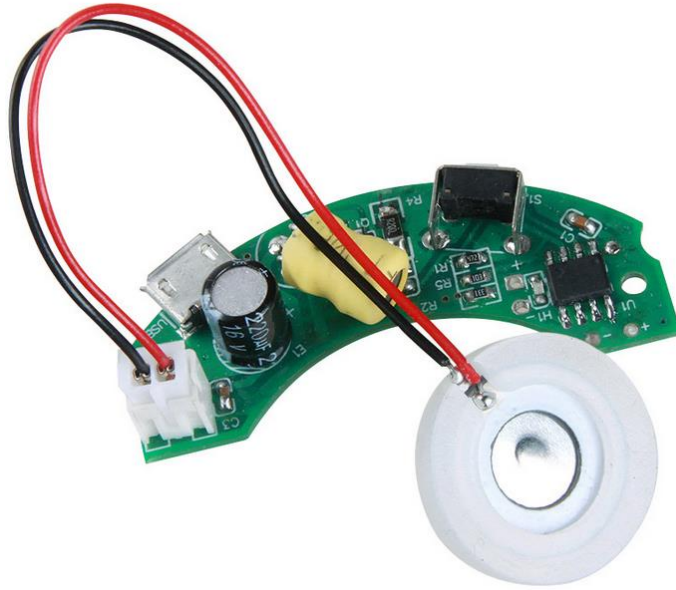


28. ábra - Kamra fűtéséhez használt fűtőszál [<https://z-shop.hu>]

A fűtőszál egy 150 mm x 100 mm x 3 mm-es alumínium lemezt fog fűteni amely a földtakaró alatt lesz elhelyezve, ezzel elősegítve, hogy a kamrában lévő föld egyenletesebben tudjon felmelegedni.

7.3 Párásítás:

A kamra párásítását a 29. ábrán látható HUMI-USB – Ultrahangos párásító modullal tervezem. Ez egy 5V egyenfeszültségen és 108kHz frekvencián működő párásító. Az ultrahangos párásító modul működési elve a szerkezet által létrehozott ultrahang hullámok használatán alapul.



29. ábra - Ultrahangos párasító modul [https://www.hestore.hu/prod_10041539.html]

Az eszközben található egy kisméretű rezgőlap, amelyet magas frekvenciájú elektromos árammal hajtanak meg. Az elektromos áramrezgések a rezgőlapban ultrahang hullámokat hoznak létre, amelyek könnyen a levegőbe áramlanak. Ez a párasítás folyamata, amely létrehoz egy finom ködöt vagy páráját a víznek. Előnye, hogy nem igényel külön hőforrást, mint a hagyományos párasítók.

A kamrába a párát egy Ø30 mm-es PC ventilátorral fogom bejuttatni, amit csövön keresztül fogom bejuttatni amit két Ø32 mm átmérőjű PVC csővel ragasztok össze. A kamra falánál a PVC csőbe lesz építve egy egyszerű 3D nyomtatott visszacsapó szelep, ami egyrészt megakadályozza a nagyobb hőmérsékletvesztést, másfelől a ventilátor által bejuttatott pára visszaáramlását. A víztartályt egy egyszerű kereskedelemben kapható tárolódobozból oldom meg. A választott párasító már rendelkezik saját vezérlő modullal, amit USB kapcsolattal kézzel is lehet tesztelni. Ez a fűtéshez hasonlóan lehetővé teszi a kézi finomhangolást itt is. A párasítót a víztartályban a vízfelszínen kell 'lebegtetni' a megfelelő működés eléréséhez, ezért egy parafa úszóhoz fogom rögzíteni, ami a vízszint csökkenését tudja követni. Az úszó egy rozsdamentes acélrúdon tud mozogni függőleges irányban. A rúd mindkét végére menet lesz vágva, így rögzítem a doboz aljához és tetőjéhez. Az alsó furatot az acélrúd kimenetelénél vízzáró pasztával látom el a víz szivárgásának megelőzése érdekében.

7.4 UV sugárzás szimulálása:

A földfelszínre eső, fajlagosan legnagyobb fotonenergiájú fény az UV-tartományba esik. A földfelszínt érintő sugárzásból a köznyelvben is használt UV-A (315-400 nm), valamint UV-B (280-315 nm) tartományt különböztetjük meg.



30. ábra - Alkalmazott UV fényforrás a mesterséges fénynek [<https://www.homewater.hu/uv-lampa-izzo-6w-coolpex-u11-uv-lampaba>]

Az UV-fény öregítő hatása elsősorban a szerves anyagokban a kollagénrostok, a műanyagokban a polimerláncok feldarabolásában, károsításában fejezhető ki. A kamrához a 30. ábrán látható 6W Coolpex U11 UV lámpát terveztem használni.

[Pukánszky,2011]

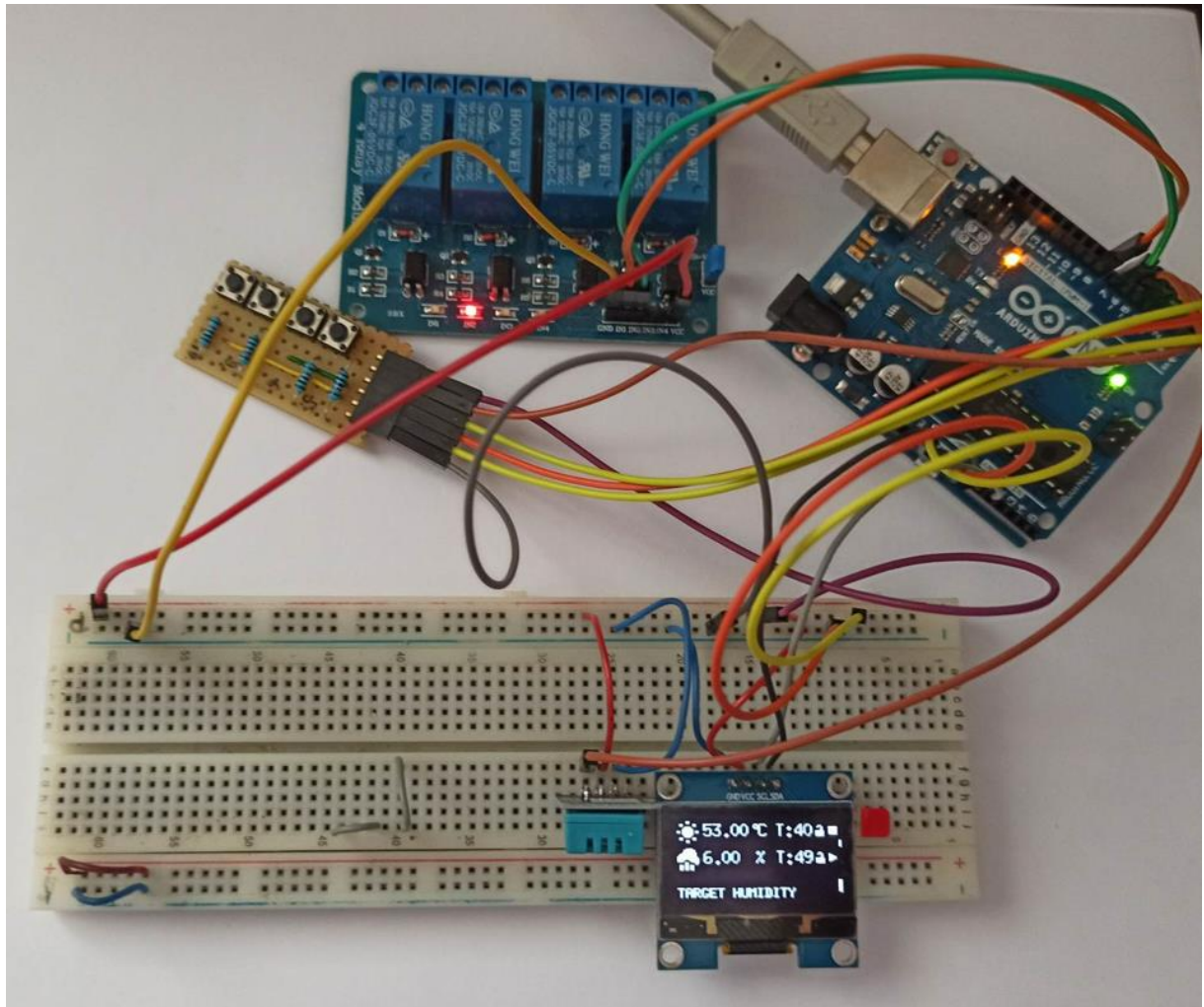
7.5 Öregítő kamra szabályozása:

A kamra szabályzását egy Arduino UNO mikrovezérlővel fogom megvalósítani. Az Arduino Uno egy nyílt forráskódú mikrovezérlő, amelyet azzal a céllal hoztak létre, hogy egyszerűbbé tegyék a beágyazott rendszerek fejlesztését és prototípuskészítést. Az Arduino Uno-t az olasz Arduino cég gyártja. Az Arduino Uno egy ATmega328P mikrovezérlő alapú fejlesztőpanel, amely 14 digitális I/O-t és 6 analóg I/O-t tartalmaz. A digitális I/O-k közül 6-os PWM (pulzus-szélesség moduláció) kimenetek is vannak, amelyek lehetővé teszik az analóg jelek szimulálását. A panel tartalmaz egy USB-portot, amely segítségével a panel könnyen csatlakoztatható a számítógéphez, és lehetővé teszi a programozását.

A szabályozás programkódja a 3-as számú mellékletben látható teljes egészében, ebben a fejezetben az egyes bemenetekről és kimenetekről illetve azok kódrészleteiről írok.

7.6 Szabályzás Arduino Uno mikrovezérlővel:

A hőmérséklet és páratartalom szabályozásának megvalósítása az Arduino Uno segítségével több lépésből áll. Első lépésként az érzékelők kiválasztásával kezdtem. A választásom a DHT11-re esett, mivel ezzel a szenzorral egyszerre tudok hőmérsékletet és páratartalmat is mérni. A kimenetek kiválasztásakor sok lehetséges opciót kellett megvizsgálnom, mivel kezdve az adott alkatrészek méretétől, egészen azok áráig igen csak széles skálán mozogtak a választható termékek. Az egyik legfontosabb paraméterük viszont az volt, hogy az általam választott mikrovezérlővel kompatibilisek legyenek, vagyis tudjam vele működtetni őket. A működési teszt során megépített kapcsolás a 31. ábrán látható.



31. ábra - Összeállított kapcsolás működése közben [Saját ábra]

7.7 A programkód főbb részletei:

Ebben a részben bemutatom az általam készített kód részeit.

7.7.1 Általánosságban a programkódról:

Munkám során az Arduino IDE szoftvert használtam, mint programozófelületet. Ez a kód egy mikrovezérlős rendszert valósít meg, amely a DHT11 hőmérséklet- és páratartalom-érzékelővel, kimenetekkel, gombokkal, valamint egy OLED kijelzővel és két relével kommunikál. A rendszer lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy beállítsa a kívánt hőmérsékletet és páratartalmat, így azt automatikusan szabályozza. Valamint megoldható az is, hogy manuálisan vezérelje a páramentesítőt és a fűtőberendezést, akár egymástól függetlenül.

Az `#include` sorok olyan könyvtárakat tartalmaznak, amelyeket a kód használ. A programkód struktúrája úgy lett felépítve, hogy a `setup()` függvény, amiben a az érzékelőt inicializálom illetve beállítom a reléket és az OLED kijelzőt egyszer fut le indításkor, a Loop-ok amik az automatikát vezérlik valamint a mért értékeket bírálják felül külön lettek szedve.

7.7.2 A programkód részletei:

Az első lépéssel a ki- és bemenetek lábait határozom meg és adom meg a vezérlőnek a 32. ábra szerint. Itt határozom meg, hogy a fűtőszálat és a párasítót melyik digitális lábakra kötöm, valamint az OLED képernyőt inicializálom és meghatározom az analóg lábakat amire rákötöm.

```
1 #include <EEPROM.h>
2 #include <dht11.h>
3 #include <U8g2lib.h>
4
5 int humidifier = 7;
6 int heat = 8;
7
8 #define DHT11_PIN 6
9 dht11 DHT11;
10
11 U8G2_SSD1306_128X64_NONAME_F_SW_I2C u8g2(U8G2_R0, /* clock=*/ A1, /* data=*/ A0, /* reset=*/ U8X8_PIN_NONE);
```

32. ábra - Szenzorok és kimenetek inicializálása [Saját ábra]

Ezek után a 33. ábrán megadom a tartani kívánt hőmérsékletet és páratartalmat két változóval.

```
13 float currentTemperature; //változók
14 int targetTemperature = 40; //tartani kívánt hőmérséklet
15 float currentHumidity;
16 int targetHumidity = 50; //elérni kívánt hőmérséklet
```

33. ábra - Hőmérséklet és páratartalom meghatározása [Saját ábra]

Majd a 34. ábrám megadom a kódban, hogy a relémodulra kötött kimenetek LOW azaz alacsony szinten legyenek indításkor. Így a relé alapból húzott állapotban van, vagyis ha működés közben valami hiba történne, leállna vagy újraindulna ne maradjanak bekapcsolt állapotban a kimenetek.

```

55 void setup() {
56     pinMode(humidifier, OUTPUT);
57     pinMode(heat, OUTPUT);
58     digitalWrite(humidifier, LOW);
59     digitalWrite(heat, LOW);
60     u8g2.begin();
61
62     Serial.begin(115200);
63     functionButton.begin();
64     incrementButton.begin();
65     decrementButton.begin();
66 }

```

34. ábra - Relémodulra kötött kimenetek állapotainak meghatározása [Saját ábra]

A 0,96" I2C OLED modul kis méretű (0,96 hüvelyk átmérőjű) és könnyen használható az Arduino vagy más mikrovezérlőkkel. Viszont ami miatt rá esett a választásom az az, hogy modul általában 128 x 64 pixeles felbontással rendelkezik, és képes megjeleníteni szöveges és grafikus információkat, valamint egyedileg adható meg, hogy hol, mit és milyen formában szeretnénk kiírni vele. A 35. ábrán lévő kódrészlet ezek meghatározásáról szól.

```

68 void loop(){
69     int chk = DHT11.read(DHT11_PIN);
70     currentTemperature = DHT11.temperature, 2;
71     currentHumidity = DHT11.humidity, 2;
72
73     if (humidifierState == true){
74         digitalWrite(humidifier, LOW);
75         u8g2.setFont(u8g2_font_open_iconic_play_1x_t);
76         u8g2.drawGlyph(120,35,69);
77     }else{
78         digitalWrite(humidifier, HIGH);
79         u8g2.setFont(u8g2_font_open_iconic_play_1x_t);
80         u8g2.drawGlyph(120,35,75);
81     }
82
83     if (heatState == true){
84         digitalWrite(heat, LOW);
85         u8g2.setFont(u8g2_font_open_iconic_play_1x_t);
86         u8g2.drawGlyph(120,15,69);
87     }else{
88         digitalWrite(heat, HIGH);
89         u8g2.setFont(u8g2_font_open_iconic_play_1x_t);
90         u8g2.drawGlyph(120,15,75);
91     }

```

35. ábra - Az OLED kijelzőre kiírni kívánt szövegek és szimbólumok helyének meghatározása [Saját ábra]

A 36. ábrán szereplő kódrészlet egy if-else feltételre épül, amely az eszköz funkciógombjának gombnyomását figyeli meg. Ha a funkciógomb felengedett állapotba kerül, akkor a "functionMode" változó értéke növekszik eggyel, és az eszköz a következő üzemmódba kerül. Ha az "functionMode" változó értéke eléri az 5-öt, akkor a következő gombnyomásra az eszköz visszatér az 1. üzemmódba.

```

93  | if (functionButton.isReleased()){
94  |     functionMode=functionMode+1;
95  |     if(functionMode>5){
96  |         functionMode=1;
97  |     };
98  | };
99
100 | switch(functionMode){
101 |     case 1:
102 |         u8g2.setFont(u8g2_font_6x12_tf);
103 |         u8g2.drawStr (5,60, "TARGET TEMPERATURE");
104 |         break;
105
106 |     case 2:
107 |         u8g2.setFont(u8g2_font_6x12_tf);
108 |         u8g2.drawStr (5,60, "TARGET HUMIDITY");
109 |         break;
110
111 |     case 3:
112 |         u8g2.setFont(u8g2_font_6x12_tf);
113 |         u8g2.drawStr (5,60, "HUMIDIFIER MODE");
114 |         break;
115
116 |     case 4:
117 |         u8g2.setFont(u8g2_font_6x12_tf);
118 |         u8g2.drawStr (5,60, "HEAT MODE");
119 |         break;
120
121 |     case 5:
122 |         u8g2.setFont(u8g2_font_6x12_tf);
123 |         u8g2.drawStr (5,60, "MANUAL CONTROL");
124 |         break;
125 | };

```

36. ábra - Üzem módok közötti váltás [Saját ábra]

Az ezután a 37. ábrán adom meg azt, hogy az egyes funkciókon belül mit történik az incrementButton (növelés) illetve a decrementButton (csökkentés) gombok lenyomásakor.

```

128 | if (incrementButton.isReleased()){
129 |     Serial.println("increment");
130 |     switch(functionMode){
131 |         case 1:
132 |             targetTemperature = targetTemperature + 1;
133 |             break;
134
135 |         case 2:
136 |             targetHumidity = targetHumidity + 1;
137 |             break;
138
139 |         case 3:
140 |             manualHumidifierOverride = true;
141 |             break;
142
143 |         case 4:
144 |             manualHeatOverride = true;
145 |             break;
146
147 |         case 5:
148 |             if(manualHeatOverride==true && heatState == false){
149 |                 Serial.println("bejön");
150 |                 heatState = true;
151 |             }
152 |             else if(manualHeatOverride==true && heatState == true){
153 |                 heatState = false;
154 |             };
155 |             break;
156 |     };
157 | };

```

37. ábra - Értékek módosítása az egyes módokban [Saját ábra]

Az első módban a célhőmérsékletet tudjuk növelni/csökkenteni. A második módban a célpáratartalmat tudjuk növel vagy csökkenteni. A hármas és négyes módban a manuális vezérlését tudjuk ki- és bekapcsolni a párástónak valamint a fűtőszálnak. Az ötös módban

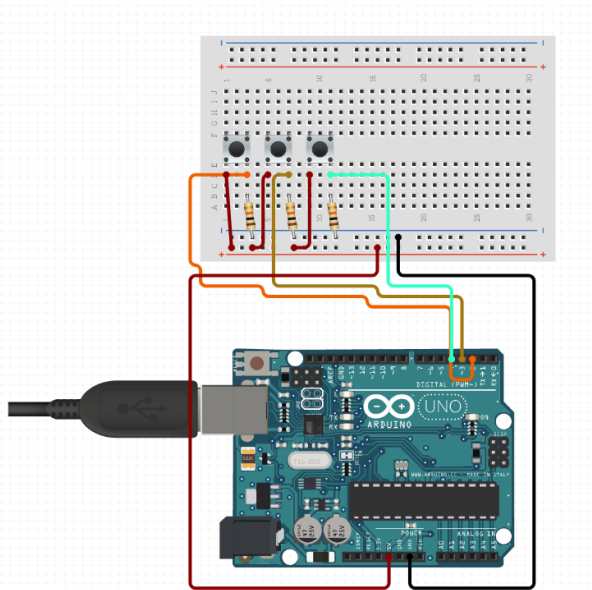
pedig attól függően, hogy manuális vagy automata módban vagyunk, az incrementButton és a decrementButton gombbal tudjuk manuálisan kapcsolgatni a fűtést és a párasítást.

(A fenti képen csak az incrementButton kódsora látszódik, mivel példaként szerettem volna bemutatni a működését, a decrementButton kódsora a 3-as számú mellékletben szintén megtekinthető.

```
189     if(manualHeatOverride == false){
190         u8g2.setFont(u8g2_font_open_iconic_thing_1x_t);
191         u8g2.drawGlyph(110,15,68);
192         if(currentTemperature>targetTemperature){
193             heatState = false;
194         };
195         if(currentTemperature<targetTemperature-3){
196             heatState = true;
197         };
198     }else{
199         u8g2.setFont(u8g2_font_open_iconic_thing_1x_t);
200         u8g2.drawGlyph(110,15,79);
201     };
202
203
204     if(manualHumidifierOverride == false){
205         u8g2.setFont(u8g2_font_open_iconic_thing_1x_t);
206         u8g2.drawGlyph(110,35,68);
207         if(currentHumidity>targetHumidity){
208             humidifierState = false;
209         };
210         if(currentHumidity<targetHumidity-5){
211             humidifierState = true;
212         };
213     }else
214     {
215         u8g2.setFont(u8g2_font_open_iconic_thing_1x_t);
216         u8g2.drawGlyph(110,35,79);
217     };
```

38. ábra - Automatikus működési mód [Saját ábra]

Ha program futásakor a vizsgált manualHeatOverride illetve a manualHumidifierOverride értékekre Fals értéket kap, akkor működik automatikusan a szabályzás, amelynek feltételei a 38. ábrán levő kódrészletben láthatóak. A hőmérsékletre 1°C-os a páratartalomra pedig 4%-os túrést határoztam meg, annak érdekében, hogy ne azonnal kapcsoljanak a kimenetek amint egy kicsit is a célértékek alá érnek a mért értékek. Ezzel kevésbé terhelve a relémodult és magát a mikrovezérlőt. A párasítóval egyidőben kapcsol a ventilátor is, mivel ugyan arra a relélábra lesznek kötve, így amint a kívánt páratartalom elérésre kerül a párasítóval együtt le is áll.



39. ábra - Nyomógomb panel elvi megoldása [Saját ábra]

A nyomógombokat egy házilag összeállított nyomógombpanel segítségével valósítottam meg, melynek elvi sémáját a 39. ábra szemlélteti. Ezt a sémát az alábbi linken elérhető oldalon készítettem munkámhoz:

<https://www.circuito.io/app?components=97,97,97,512,11021>

8 Gazdasági számítás:



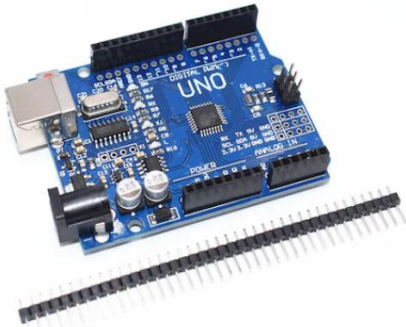
A következő fejezetben összegyűjtöttem a kamra összeállításának teljes költségét. Ez egy olyan kalkuláció vagy műszaki-gazdasági tevékenység, gazdasági számítás, amely az adott tevékenység végzésének, szolgáltatás tervezett vagy tényleges erőforrásigényét számba veszi, összegzi, vagy esetenként méri annak eredményességét.




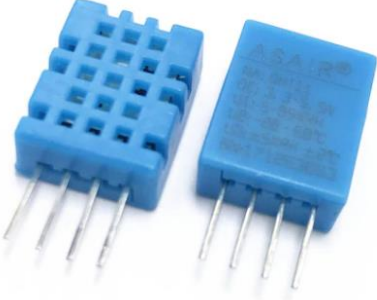
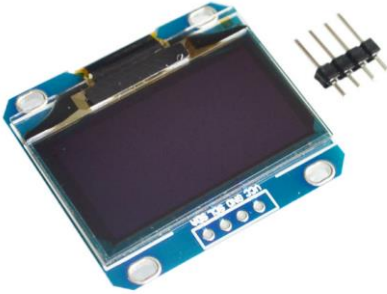
8.1 Tétellista a felhasznált elemekről:



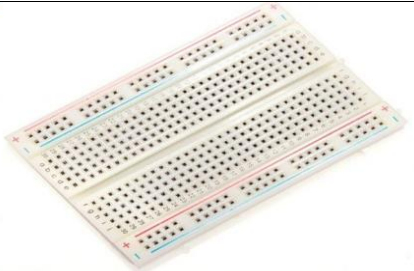


Egy előzetes tétellistát állítottam össze, hogy szemléltessem a mesterséges öregítőkamra hozzávetőleges belekerülési költségét. A komponenseket külön választottam annak megfelelően, hogy az kereskedelemben kapható alkatrész vagy saját egyedileg tervezett és gyártott alkatrész.

8.1.1 Kereskedelmi forgalomban kapható alkatrészek:




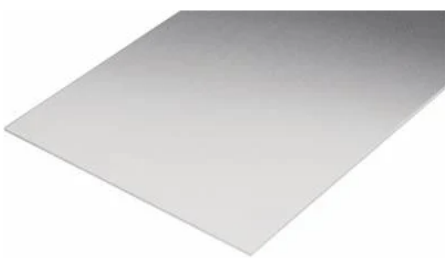
A kereskedelemben kapható alkatrészek legnagyobb részét az elektronikai eszközök teszik ki, mivel ezeknél egyszerűbb, biztonságosabb és költséghatékonyabb volt ez az opció.

#	Kép:	Megnevezés:	Ár:
1.		1x IRM 60-12 – Tápegység, impulzusos – 60W; 12VDC; 5A; OUT:1 Méretei: 87x52x29,5 https://www.energom.hu	Bruttó ár: 7818.00 Ft/db
2.		10x Ohm-os ellenállások https://www.ret.hu	Bruttó ár: 75.00 Ft/db
3.		Arduino Uno mikrokontroller https://www.hestore.hu	Bruttó ár: 11.990.00 Ft/db

4.		<p>Nyomógomb szett - 200pcs 6x6mm 10Size Micro Momentary Tactile Push Button Tact Switch for Arduino https://www.amazon.com</p>	<p>Bruttó ár: 4730.00 Ft/csom.</p>
5.		<p>4 csatornás relé modul panel https://www.elektrobot.hu</p>	<p>Bruttó ár: 2990.00 Ft/db</p>
6.		<p>1x Ultrahangos párasító, 150Hz-es vezérlő áramkörrel https://www.hestore.hu/</p>	<p>Bruttó ár:. 1620.00 Ft/db</p>
7.		<p>1x Arduino DHT 11 hőmérséklet és páratartalom szenzor https://www.hestore.hu/</p>	<p>Bruttó ár:. 890.00 Ft/db</p>
8.		<p>1x 0,96" I2C OLED Graphic Display Module https://www.elektrobot.hu</p>	<p>Bruttó ár:. 2390.00 Ft/db</p>

9.		<p>1x FLSUN Fűtőpatron 3D nyomtatóhoz 12V, 40W teljesítmény https://www.3djake.hu</p>	<p>Bruttó ár: 2030.00 Ft/db</p>
10.		<p>10 x Színes Breadboard Jumper Kábel 10cm https://hobbielektronikabolt.hu</p>	<p>Bruttó ár: 299.00 Ft/10db</p>
11.		<p>Breadboard Arduino-hoz - dugaszolós próbapanel https://www.elektrobot.hu</p>	<p>Bruttó ár: 895.00 Ft/db</p>
12.		<p>Raspberry Pi, Banana Pi, Rock Pi, Renkforce RF-4317314 https://www.inshop.hu</p>	<p>Bruttó ár: 895.00 Ft/10db</p>
13.		<p>1x UV lámpa izzó - 6W (Coolpex U11 UV lámpába) https://www.deltoidwater.hu</p>	<p>Bruttó ár: 10000.00 Ft/db</p>

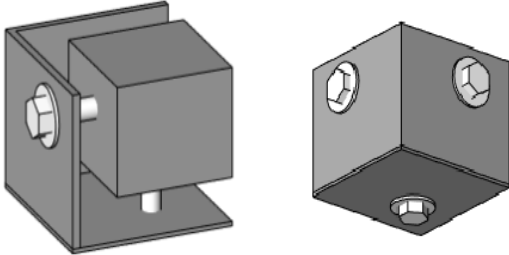
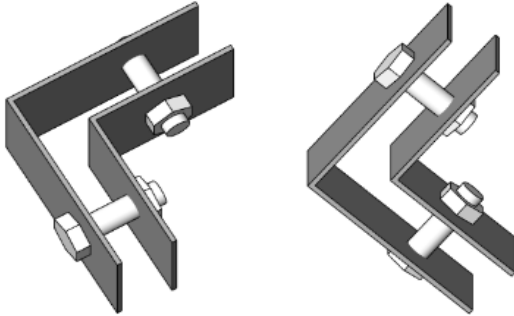
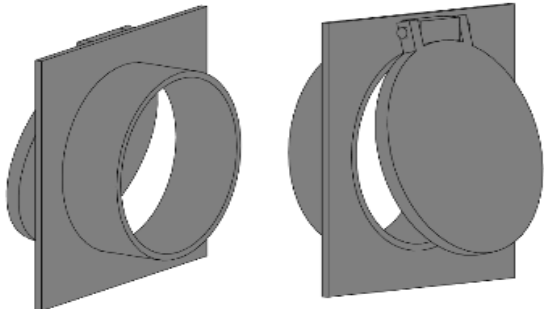
14.		<p>EasyBox UV1 üregekamrás polikarbonát lemez, víztiszta 10 mm - 1m² https://www.aplast.hu</p>	<p>Bruttó ár, méretre vágással: 6390.00 Ft/m²</p>
15.		<p>1xRozsdamentes (KO33) acél két végén menetes Átmérő: 5mm Hossz: 20cm https://keseswebshop.hu</p>	<p>Bruttó ár: 307.00 Ft/db</p>
16.		<p>2x Ajtózsánér 50*50*3mm R.M. 2CSAP. SH2003 https://barkacsotthon.hu</p>	<p>Bruttó ár: 1697.00 Ft/db</p>
17.		<p>4CARS Ütközésvédő gumicsík, öntapadós, 26x3 mm, 5 m https://www.4cars.hu</p>	<p>Bruttó ár: 4480.00 Ft/db</p>
18.		<p>Vízartály - Heidrun Tex Box tárolódoboz, tetővel, 28x18,5x14cm https://praktiker.hu</p>	<p>Bruttó ár: 1799.00 Ft/db</p>

19.		30x Hatlapfejű, horganyzott acélsavar M 5x16 https://barkacsshop.hu	Bruttó ár: 8.00 Ft/db
20.		12x DIN 934 - 8. Acél - Horganyzott hatlapú anya M 5x16 https://barkacsshop.hu	Bruttó ár: 4.00 Ft/db
21.		8x Öntapadós gumi láb 12,7x7mm https://www.hqelektronika.hu	Bruttó ár: 35.00 Ft/db
22.		Modelcraft alu lemez 400 x 200 x 3 mm, AL-MG3 F22 https://www.conrad.hu/	Bruttó ár: 6090.00 Ft/lap
Kereskedelmi forgalomban kapható termékek teljes ára:			65 900.00 Ft

8.1.2 Egyedi alkatrészek:

Az egyedi alkatrészek általam, egyedileg tervezett és 3D nyomtatással legyártatott darabok. Mivel a gyártást a saját FDM nyomtatómmal meg tudom oldani, ezért itt csak az anyagköltséget számítottam bele. Az anyaga ASA (akrilnitril-sztirol-akrilát) ami egy 3D

nyomtatáshoz kifejlesztett műszaki műanyag, amely nagy ellenállósággal rendelkezik a környezeti terhelésekkel szemben és jól használható emelt hőterhelés esetén is. A választásom a holland Formfutura által gyártott fekete ApolloX Black ASA filamentre esett, ami egy kifejezetten hő- és időjárásálló filament, emellett UV-álló is, amely 5700.00 Ft/250g-os áron kapható a boltokban. Az egyedi alkatrészek tételesen felsorolva a következők:

#	Kép:	Megnevezés	Ár:
1.		Alsó sarokmerevítők Ábra: AR-03 (Külső), AR-04 (Belső)	
2.		Felső sarokmerevítők Ábra: AR-05 (Külső), AR-06 (Belső)	Teljes gyártási anyagköltség: ~5000.00 Ft
3.		Visszacsapó szelep Ábra: AR-01 (Ház), AR-02 (Csappantyú)	

8.2 Teljes költség:

A kamra előállításának teljes költségét ~74.000,00 Ft-ban határoztam meg. Amikor meghatározzuk egy termék árát, az első lépés az anyagköltségek és a munkaerő költségeinek meghatározása. Mivel jelen esetben munka és a tervezés részét én csináltam, így a munkadíjtól eltekintek és csak az anyagköltségeket számítottam ki.

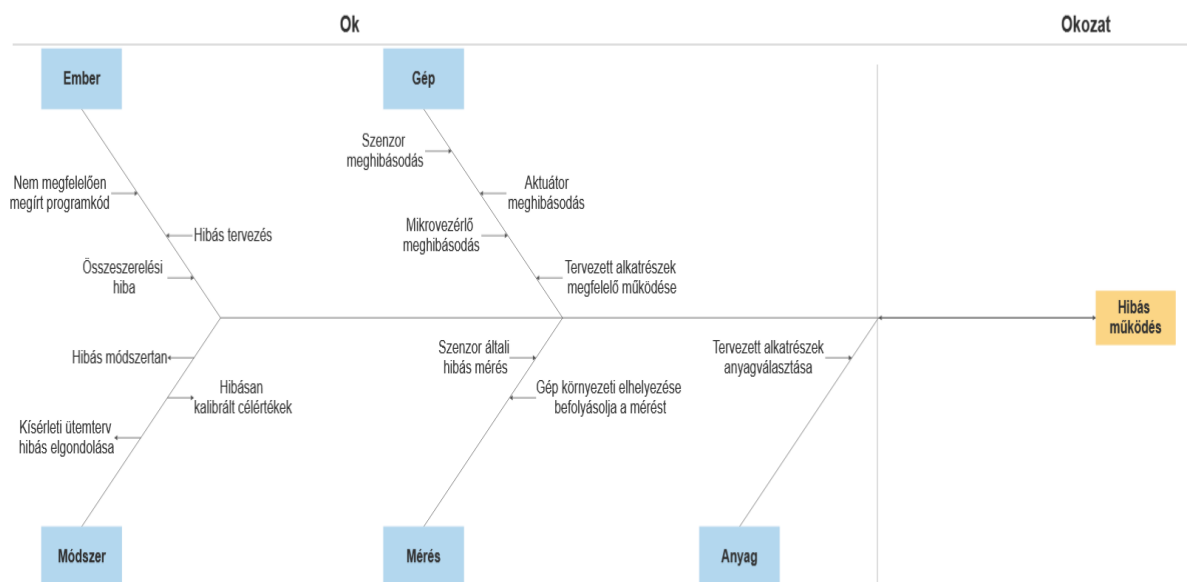
Továbbá fontos figyelembe venni a gyártási költségeket, mint például a nyersanyagok, az energia, az eszközök és a munkaerő költségeit, amelyek hozzájárulnak a termék létrehozásához. Lévén, hogy ez egy prototípusként került megtervezésre, egyes lépések a későbbi fejlesztések során nagyban egyszerűsödhetnek, valamint mivel egyedi alkatrészek legyártására is szükség volt, így ezek is akár kiválhatóak lesznek.

9 Minőségbiztosítás:

A minőségbiztosítás egy olyan folyamat, amelynek célja biztosítani, hogy egy termék vagy szolgáltatás megfeleljen a meghatározott minőségi előírásoknak. A projekt során felállítottam néhány szempontot ami befolyásolhatja az általam tervezett eszköz pontos és biztonságos működését. Ezeket egy Ishikawa diagramban gyűjtöttem össze és ábrázoltam.

9.1 Ishikawa diagram:

Az **Ishikawa-diagram** az okok és okozatok összefüggésének elemző módszere. Az adatgyűjtés (ennek tipikus módszerei például az ötletroham) után rendelkezésre állnak az általában számszerűsített probléma jellegzetességei: milyen arányúak és melyek azok a hatások, tényezők, paraméterek stb., amelyek a nem megfelelő minőséget okozzák. [Turcsányi, 2014]



40. ábra - Ishikawa diagram [Saját ábra] – forrás: <https://www.smartdraw.com>

Egy tervezési projekt életében számtalan hiba vagy akadály léphet fel, amelyeknek az elhárítására és megelőzésére időben fel kell készülni. A 40. ábrán szemléltettem, hogy ezen tervezési munkában milyen emberi, gépi, módszertanból eredő, mérés- és anyagbeli hibák azok amelyek befolyásolhatják a tervezett gép elvárt pontos működését.

10 Összefoglaló:

Az elején meghatározott célkitűzéseket a fejezet elején bemutatott lépéseket követve vittem végig és készítettem el a kísérleti és tervezési munkát.

Az első tesztek után elmondható, hogy a hagyományos komposztálásnak is vannak hatásai a filamentek fizikai tulajdonságaira (elszíneződés, tömegváltozás, rugalmasságvesztés, felkeményedés), viszont a várt eredményeket illetve hatásokat nem hozták a tesztek.

Emiatt a munkám második felében egy mesterséges öregítőkamra tervezése volt a cél.

A tervezett öregítő kamra vezérlése az összeépített tesztek alapján működőképesnek bizonyult, így valós esélyt látok arra, hogy magát a kamrát megépítve a tervezési feladatom sikeres legyen. Az öregítőkamrához szükséges elemeket sikerült véleményem szerint gazdaságossági szempontból kiválasztani illetve megtervezni. A mikrovezérlővel működtetett szabályzás valamint ennek a programkódjának a megírása nagy kihívást jelentett, de a program működőképes és hiba mentesen lefutott a tesztek alatt. Munkám mindkét részén sikerült elérnem az általam kitűzött célokat és azokat az eredményeket amiket az elején megfogalmaztam magamnak. Jövőbeli célként kitűztem magam elé ezen a területen további eredményeket elérni, illetve tovább tökéletesíteni az eddig elvégzett munkámat.

Abstract:

Following the steps presented at the beginning of the chapter, I carried out the experimental and design work to achieve the predetermined objectives.

After the first tests, it can be stated that traditional composting also has effects on the physical properties of filaments (discoloration, change in mass, loss of elasticity, hardening), but the expected results and effects were not achieved in the tests.

Therefore, in the second part of my work, the goal was to design an artificial aging chamber. The control of the planned aging chamber proved to be functional based on the assembled tests, so I see a real chance that the construction of the chamber itself will be successful in fulfilling my design task. The elements necessary for the aging chamber were selected and designed, in my opinion, from an economic point of view. Writing the program code for the microcontroller-operated regulation was a great challenge, but the program ran smoothly and error-free during the tests. I managed to achieve the goals and results I set for myself at the beginning in both parts of my work. As a future goal, I have set myself to achieve further results in this field and to further refine the work I have done so far.

11 Köszönetnyilvánítás:

Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik munkámban részt vettek és segítettek ennek a diplomamunkának az elkészülésében. Elsősorban nagyon köszönöm témavezetőmnek, Zsidai Lászlónak, hogy munkám során folyamatos szakmai támogatást nyújtott és hasznos ötleteit és jó tanácsait megosztotta velem, hogy ez a diplomamunka a lehető legjobb minőségben elkészüljön.

12 Felhasznált irodalom:

1. Aschenbrenner József: Nemfémes anyagok alkalmazása a gépiparban, Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Budapest, 2008
2. Beer György, Kiss Tivadar, Párkány Mihályné: Fémismeret és gépgyártástechnológia 1. Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 1964
3. Catia Bastioli: Handbook of Biodegradable Polymers, 2nd Edition, Smithers Information Ltd., 2014
4. Czvikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János – A polimertechnika alapjai, Műegyetemi kiadó, Budapest, 2000
5. Dr. Varga Ferenc: Öntészeti kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, 1964
6. Huszár István: Tárgyasult ötletek – 3D nyomtatás és tervezés, BBS-INFO KÖNYVK. ÉS INFORM. KFT., 2021
7. Farkas Ferenc: A műanyagok és a környezet, Akadémiai kiadó, Budapest, 2002
8. Füzes L., Kelemen A.: Műszaki műanyagok zsebkönyve, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989
9. Kalácska Gábor, Kozma Mihály, Zsidai László, Keresztes Róbert: Műszaki polimerekről gépészmérnököknek, 2017.
10. Lampman S.: Characterization and Failure Analysis of Plastics, ASTM international,
11. Magyarokúti József: Anyagvizsgálatok - Roncsolásos vizsgálati módszerek 1. – szakítóvizsgálatok, Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, 2008
12. Miskolczi Norbert: Műanyagok kémiája és technológiája, Pannon Egyetem, 2012
13. Mózes András: Gyors prototípusgyártás, Gödöllő, 2014
14. Neil M. Wyatt: 3D Printing for model engineers – A practical Guide, The Crowood Press Ltd - e-book, 2018
15. Pukánszky Béla: Műanyagok, Műegyetemi kiadó, Budapest, 1995
16. R.G.Mirzojev – Gépelemek műanyagokból – Műszaki könyvkiadó, Budapest 1974
17. Cooper, Frank: Sintering and additive manufacturing: “Additive manufacturing and the new paradigm for the jewellery manufacturer”, 2016
18. Szakács Hajnalka, Dr. Varga Csilla, Nagy Roland: Polimerek mérés technikája, 2012
19. Szilágyi László: Gyártástechnológia I., Műszaki Könyvkiadó, 1975
20. Tom Ford: The Perfect Compost Plan: Simple Guide To Making Healthy Compost, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2014
21. Pukánszky Béla, Móczó János: Műanyagok, egyetemi tananyag, 2011
22. Turcsányi Károly – Minőségelmélet és -módszertan, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2014
23. Kis Katalin – Additív gyártástechnológiával előállított rugalmas műanyagok vizsgálata – TDK Dolgozat, 2017
24. <https://www.3dsourced.com/guides/history-of-3d-printing/>
25. <https://www.tonerpartners.hu/blog/hogyan-m-kodik-az-asztali-3d-nyomtato-alapveto-3d-nyomtatasi-technologiak-25590hu39018/>
26. <https://polymerdatabase.com/polymer%20physics/Stress-Strain%20Behavior.html>
27. <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/mezogazdasag/muszaki-alapismeretek/a-hokezeles-elmelete/hokezelesi-eljarasok>

28. <https://sustainabletable.org.au/how-to-compost/>
 29. <https://www.tme.eu/hu/news/library-articles/page/51976/3d-nyomtato-filamentek-tipusok-jellemzok-es-felhasznalas-a-prototipuskeszitesben/>
 30. https://www.hestore.hu/prod_10041539.html
 31. <https://www.homewater.hu/uv-lampa-izzo-6w-coolpex-u11-uv-lampaba>
 32. <https://z-shop.hu>

13 Ábrajegyzék:

1. ábra - Műanyag nyomtatás FDM nyomtatóval [https://www.tonerpartners.hu]	4
2. ábra - Az additív gyártástechnológia felhasználási területe [Kis,2017]	8
3. ábra - Kádas fénypolarizáció [all3dp.com].....	9
4. ábra - Porágyas fúzió [all3dp.com].....	10
5. ábra - Anyag és Kötőanyag sugaras nyomtatás [all3dp.com].....	10
6. ábra – Fémpor nyomtatás elvi vázlata [Sintering and additive manufacturing,2016].....	11
7. ábra - Az eredeti FDM nyomtató szabványa (1989) [www.3dsourced.com].....	12
8. ábra - FDM nyomtatás folyamata [printit.hu].....	13
9. ábra - Műanyagok fő csoportosítása [Saját ábra]	14
10. ábra - Műanyagok anyagpiramisa [Kalácska, 2005]	15
11. ábra - Mesterséges öregítés folyamata fémeknél [tudasbazis.sulinet.hu].....	17
12. ábra - Komposztáló felépítésc/szintjei [sustainabletable.org]	19
13. ábra - A különböző típusú műanyagokra jellemző szakítódiagrammok (1. rideg, 2a. szívós, képlékeny (alakítási keményedést nem mutató, 2b. alakítás közben keményedő, 3. lágy, rugalmas) [polymerdatabase.com].....	21
14. ábra - Hidraulikus szakítógép működési elve [Magyarkúti J. 2008].....	21
15. ábra - Shore D keménységmérőhöz alkalmazott tú geometriai kialakítása [Lampman S. 2003].....	22
16. ábra - Házilag készített komposztáló [Saját ábra]	24
17. ábra - Lemért filament csoportok [Saját ábra].....	25
18. ábra - Radwag WAS 220/c/2 [Saját ábra].....	26
19. ábra - A talajba helyezett minták [Saját ábra]	26
20. ábra - Shore D keménységmérő [Saját fotó].....	30
21. ábra - Színek elváltozása a filamenteken [Saját fotó].....	32
22. ábra - Az UV fény és a magas hőmérséklet hatására eltört ABS szál [Saját ábra].....	32
23. ábra - A kísérleti idő alatt ketté tört ABS szál 100x-os nagyításban [Saját ábra]	33
24. ábra - A szálak felületén keletkezett elváltozások 100x-os nagyításban [Saját ábra]	33

25. ábra - Elszakított filament szálak nyúlása (felül: kontroll csoport, alul: 3. csoport) [Saját ábra]	34
26. ábra - Munkafolyamat megtervezése [Saját ábra]	39
27. ábra - Házileg tervezett öregítő kamra 3D rajza [Saját]	40
28. ábra - Kamra fűtéséhez használt fűtőszál [https://z-shop.hu]	41
29. ábra - Ultrahangos párasító modul [https://www.hestore.hu/prod_10041539.html]	42
30. ábra - Alkalmazott UV fényforrás a mesterséges fénynek [https://www.homewater.hu/uv-lampa-izzo-6w-coolpex-u11-uv-lampaba]	43
31. ábra - Összeállított kapcsolás működése közben [Saját ábra]	44
32. ábra - Szenzorok és kimenetek inicializálása [Saját ábra]	45
33. ábra - Hőmérséklet és páratartalom meghatározása [Saját ábra]	45
34. ábra - Relémodulra kötött kimenetek állapotainak meghatározása [Saját ábra]	46
35. ábra - Az OLED kijelzőre kiíratni kívánt szövegek és szimbólumok helyének meghatározása [Saját ábra]	46
36. ábra - Üzem módok közötti váltás [Saját ábra]	47
37. ábra - Értékek módosítása az egyes módokban [Saját ábra]	47
38. ábra - Automatikus működési mód [Saját ábra]	48
39. ábra - Nyomógomb panel elvi megoldása [Saját ábra]	49
40. ábra - Ishikawa diagram [Saját ábra] – forrás: https://www.smartdraw.com	57
41. ábra - Szürke ABS a kísérlet után [Saját ábra]	64
42. ábra - Fekete PLA a kísérlet után [Saját ábra]	64
43. ábra - Bronz bevonatú PLA a kísérlet után [Saját ábra]	64
44. ábra - Fehér PLA a kísérlet után [Saját ábra]	65
45. ábra - Zöld PLA a kísérlet után [Saját ábra]	65

14 Diagrammok:

1. Diagram - Szegedi hőmérsékletek és relatív páratartalom 2021-ben. (meteoblue.com)
2. Diagram - Szegedi csapadékmennyiségek 2021-ben [meteoblue.com]
3. Diagram - 1. csoport tömegek [Saját eredmények]
4. Diagram - 2. csoport tömegek [Saját eredmények]
5. Diagram - 3. csoport tömegek [Saját eredmények]
6. Diagram - 1. csoport keménységei [Saját eredmények]
7. Diagram - 2. csoport keménységei [Saját eredmények]

8. Diagram - 3. csoport keménységei [Saját eredmények]
9. Diagram - Fehér PLA szálaknál mért legnagyobb húzóerők [Saját eredmények]
10. Diagram - Fehér PLA szálaknál mért legnagyobb húzóerők [Saját eredmények]
11. Diagram – Szürke ABS szálaknál mért legnagyobb húzóerők [Saját eredmények]
12. Diagram - Zöld PLA szálaknál mért legnagyobb húzóerők [Saját eredmények]
13. Diagram - Bronz PLA szálaknál mért legnagyobb húzóerők [Saját eredmények]
14. Diagram - Fehér PLA földből kiálló részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]
15. Diagram - Fehér PLA földben lévő részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]
16. Diagram - Fekete PLA földből kiálló részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]
17. Diagram - Fekete PLA földben lévő részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]
18. Diagram - Szürke ABS földből kiálló részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]
19. Diagram - Szürke ABS földben lévő részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]
20. Diagram - Zöld PLA földből kiálló részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]
21. Diagram - Zöld PLA földben lévő részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]
22. Diagram - Bronz PLA földből kiálló részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]
23. Diagram - Bronz PLA földben lévő részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]

15 Táblázatok:

1. Táblázat: Gyártási technológiák főbb tulajdonságainak összehasonlítása [Saját táblázat]
2. Táblázat: A szobahőmérsékleten lévő fény nélküli filament szálak tömegmérési eredményei [Saját eredmények]
3. Táblázat: A szobahőmérsékleten lévő minimális fénynek kitett filament szálak tömegmérési eredményei [Saját eredmények]
4. Táblázat: A külső környezetben lévő filament szálak tömegmérési eredményei [Saját eredmények]

16 Mellékletek:

16.1 1-es számú melléklet



41. ábra - Szürke ABS a kísérlet után [Saját ábra]



42. ábra - Fekete PLA a kísérlet után [Saját ábra]



43. ábra - Bronz bevonatú PLA a kísérlet után [Saját ábra]

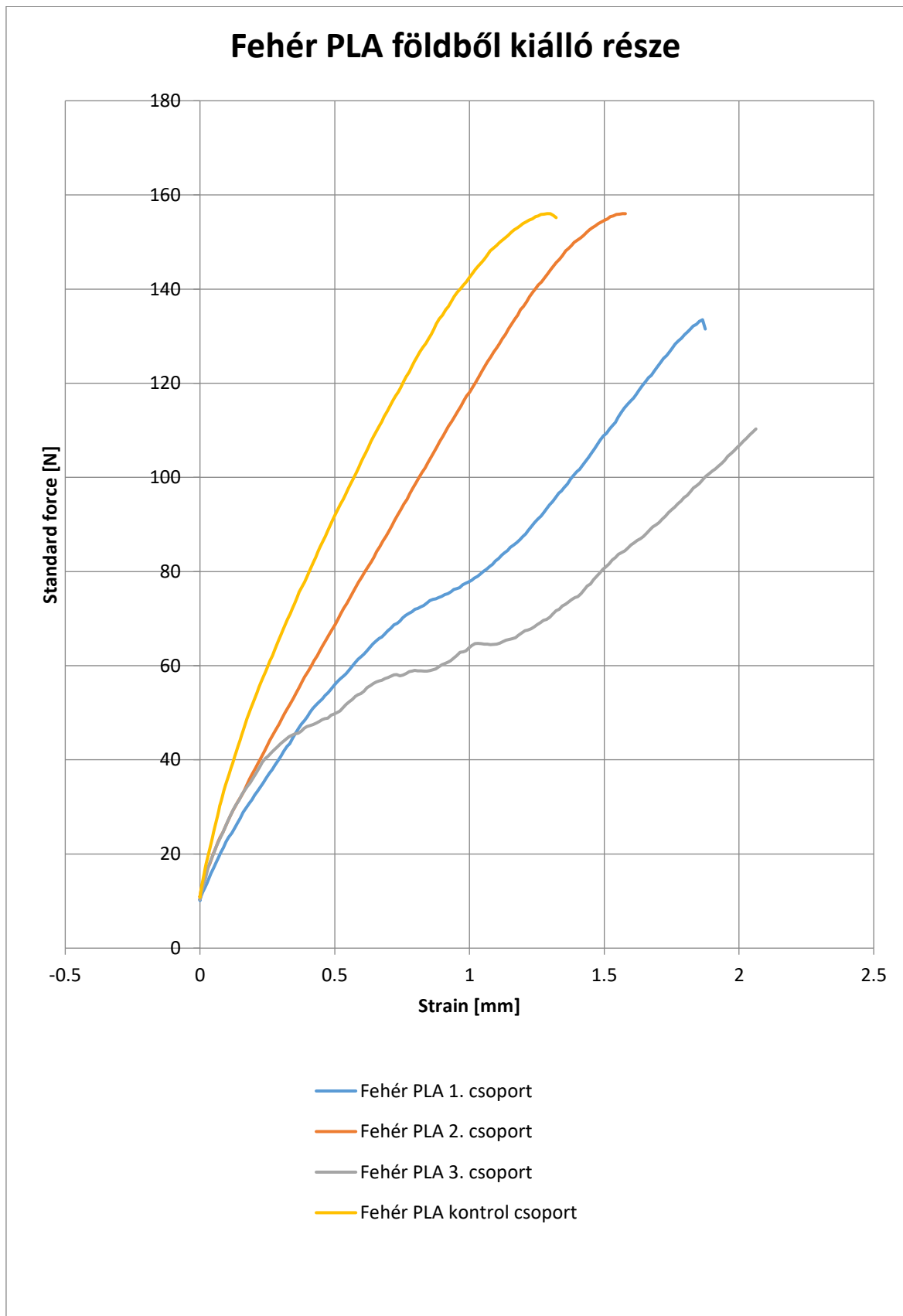


44. ábra - Fehér PLA a kísérlet után [Saját ábra]



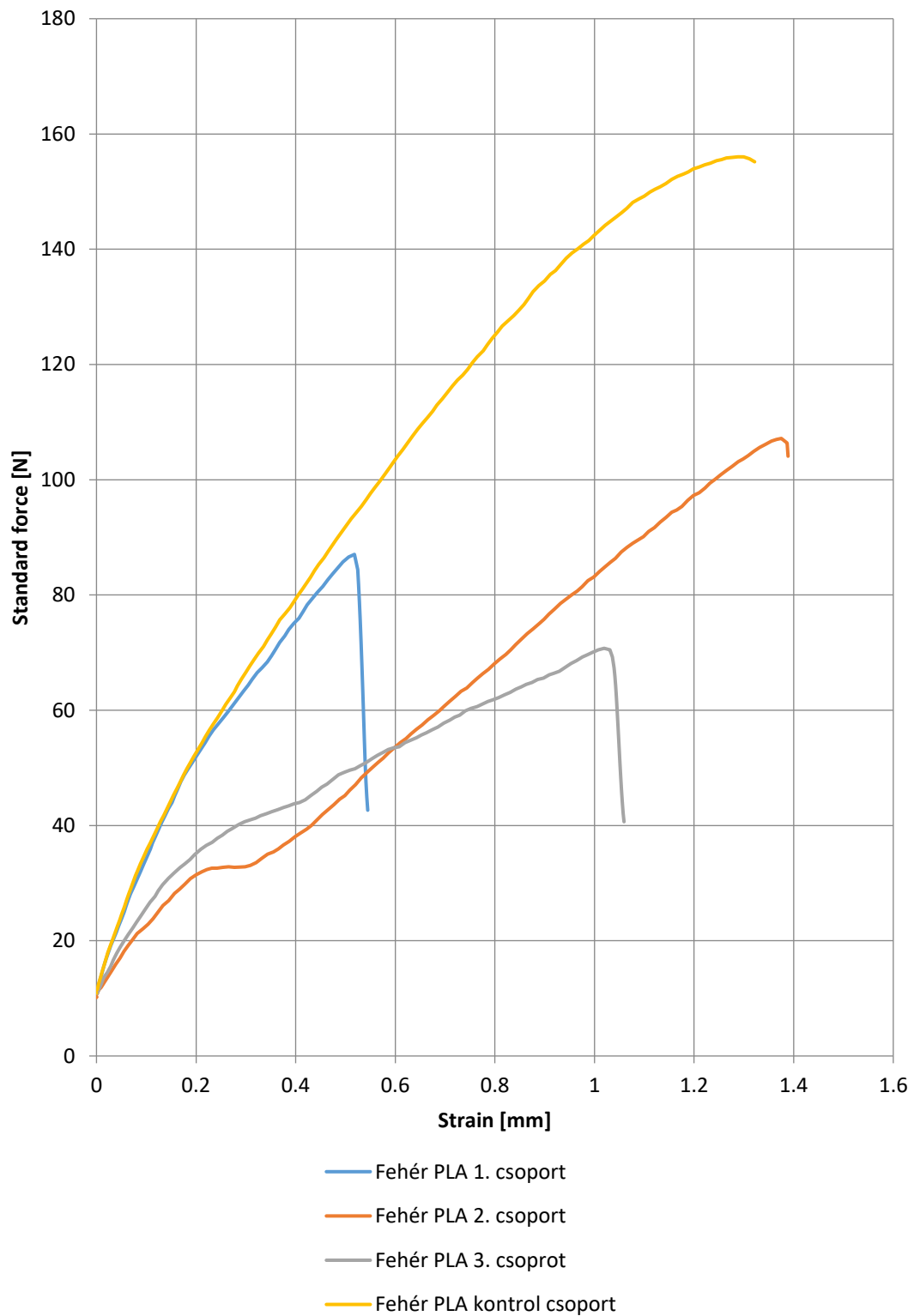
45. ábra - Zöld PLA a kísérlet után [Saját ábra]

16.2 2-es számú melléklet



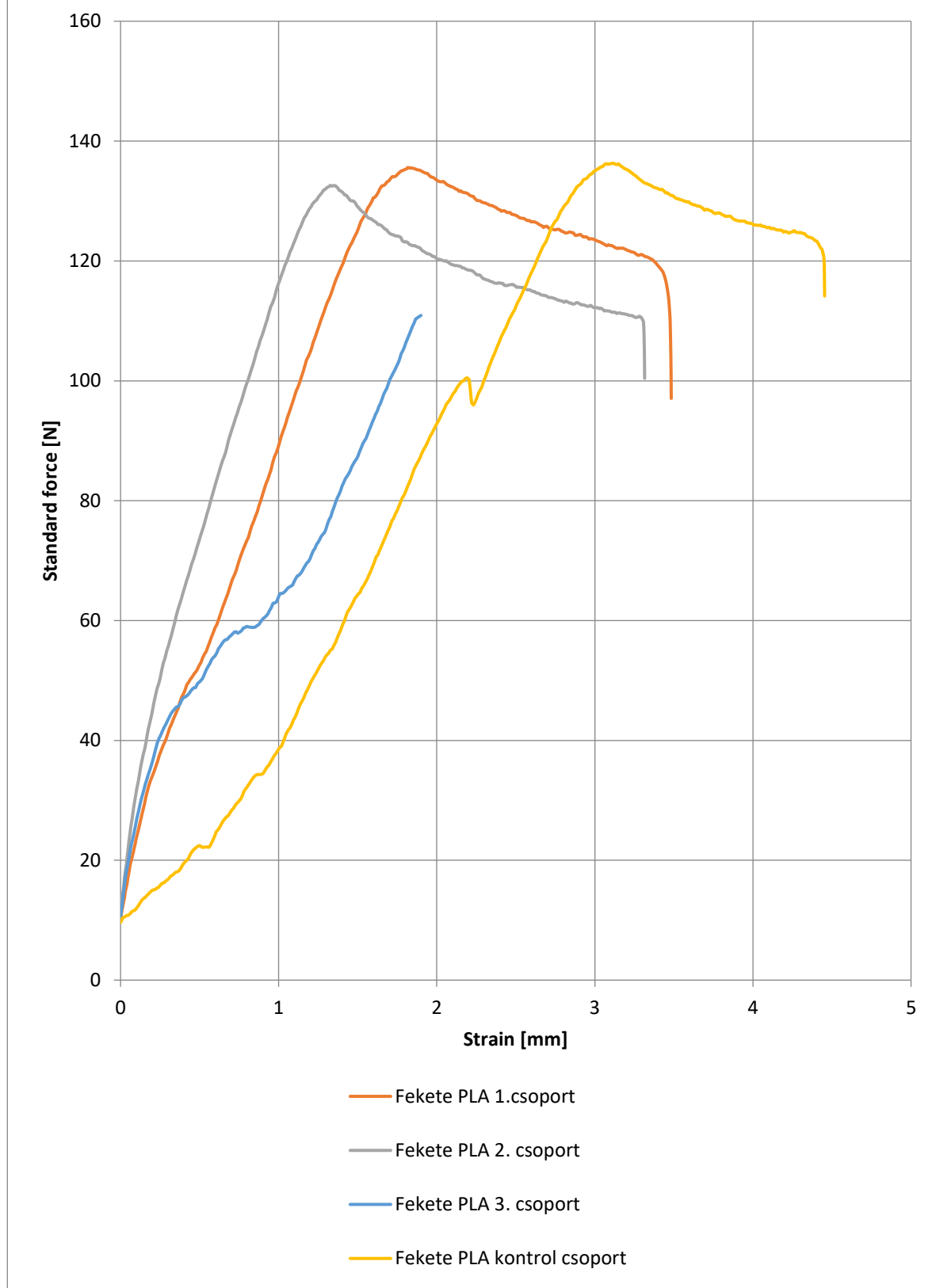
14. Diagram - Fehér PLA földből kiálló részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]

Fehér PLA földben levő része



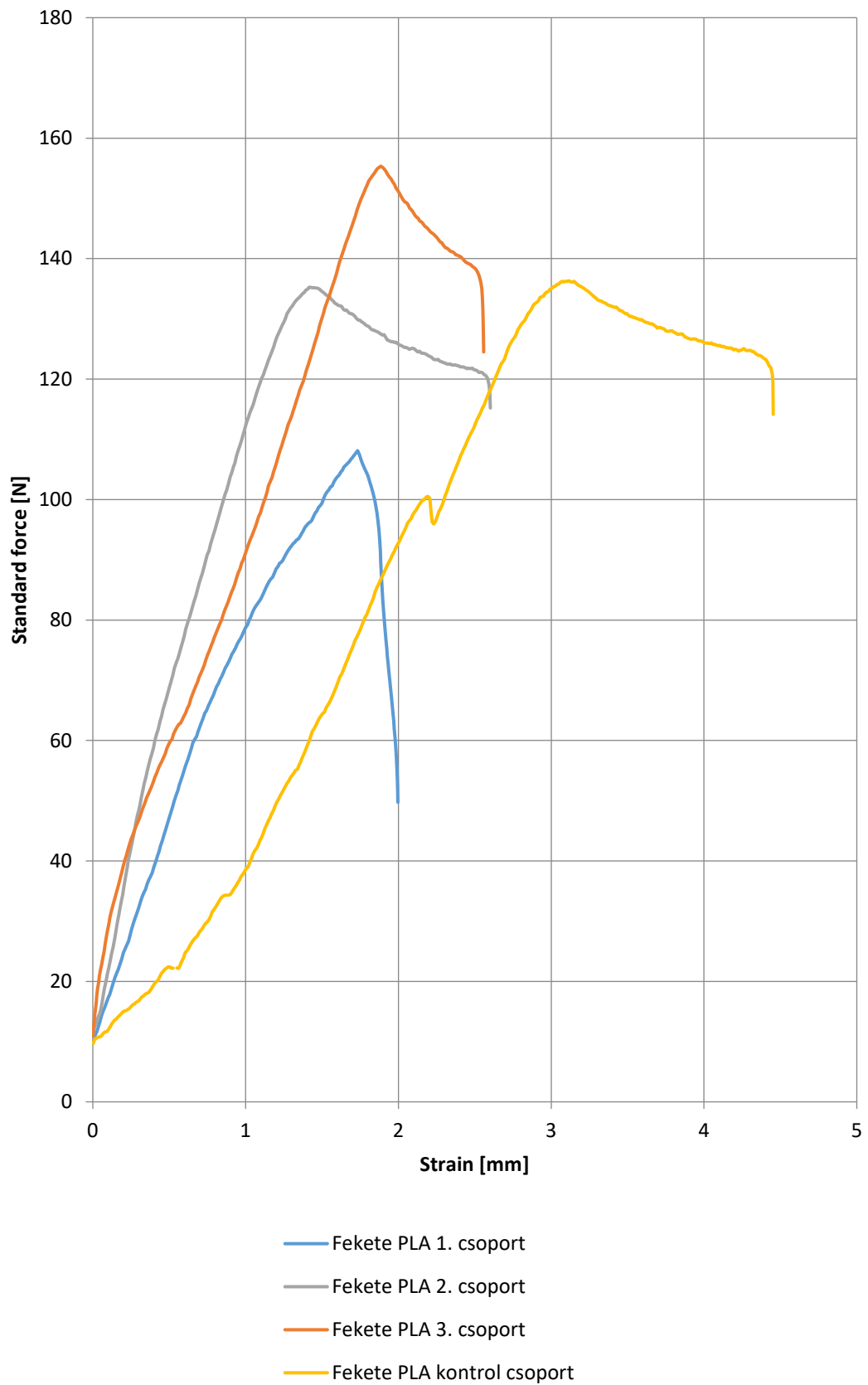
145. Diagram - Fehér PLA földben lévő részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]

Fekete PLA földből kiálló része



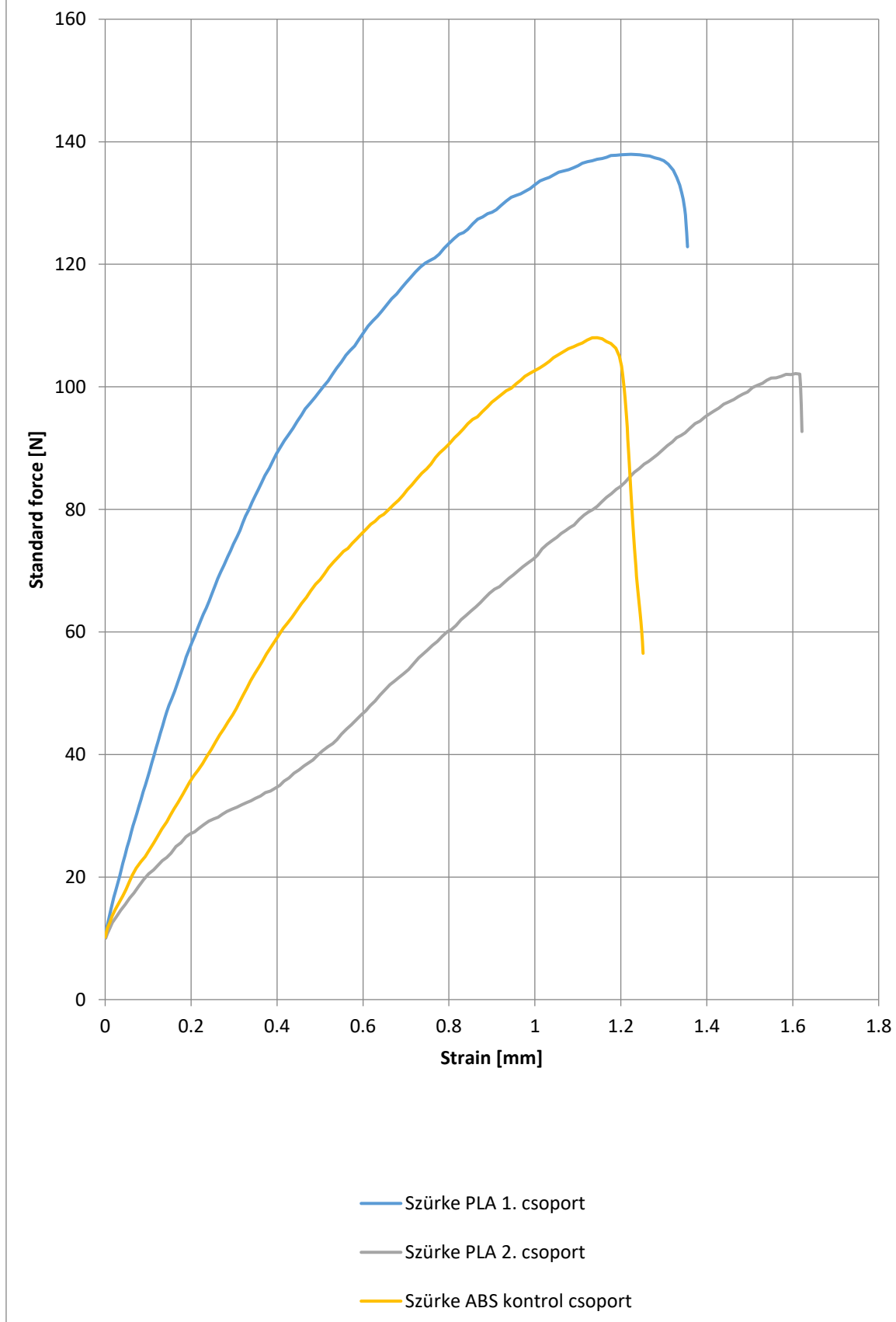
16. Diagram - Fekete PLA földből kiálló részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]

Fekete PLA földben levő része



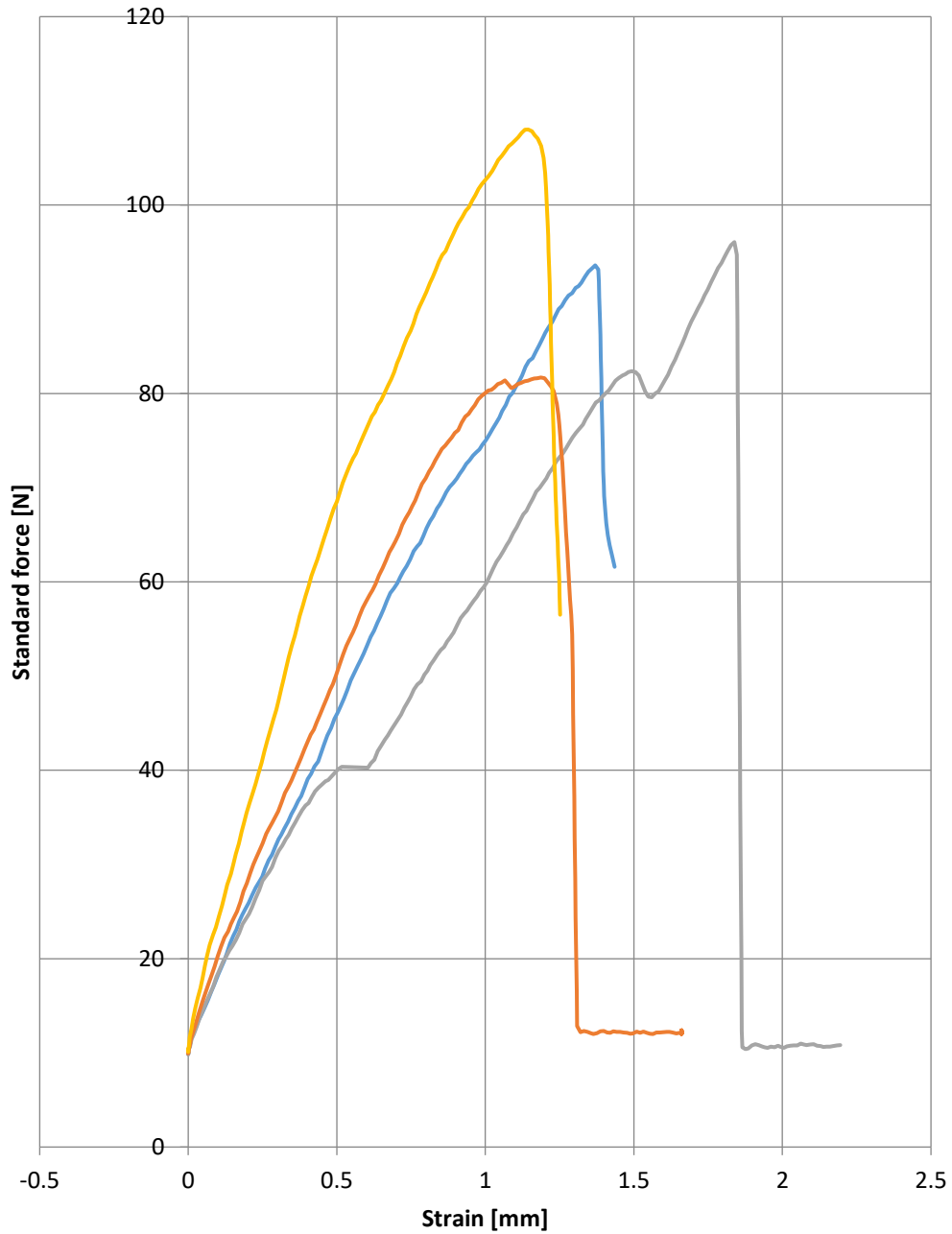
17. Diagram - Fekete PLA földben levő részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]

Szürke ABS földből kiálló része



18. Diagram - Szürke ABS földből kiálló részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]

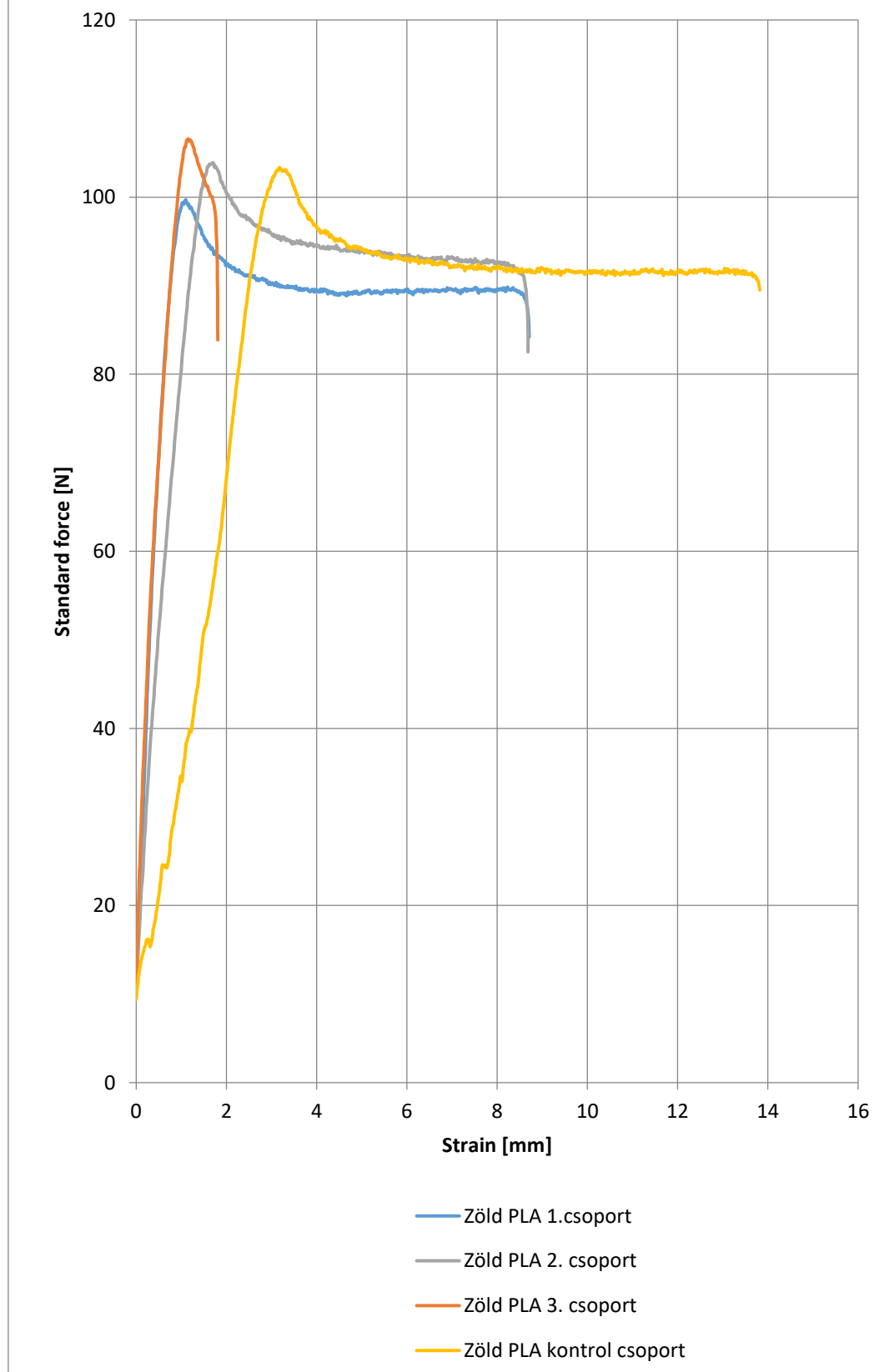
Szürke ABS földben levő része



- Szürke ABS 1. csoport
- Szürke ABS 2. csoport
- Szürke ABS 3. csoport
- Szürke ABS kontrol csoport

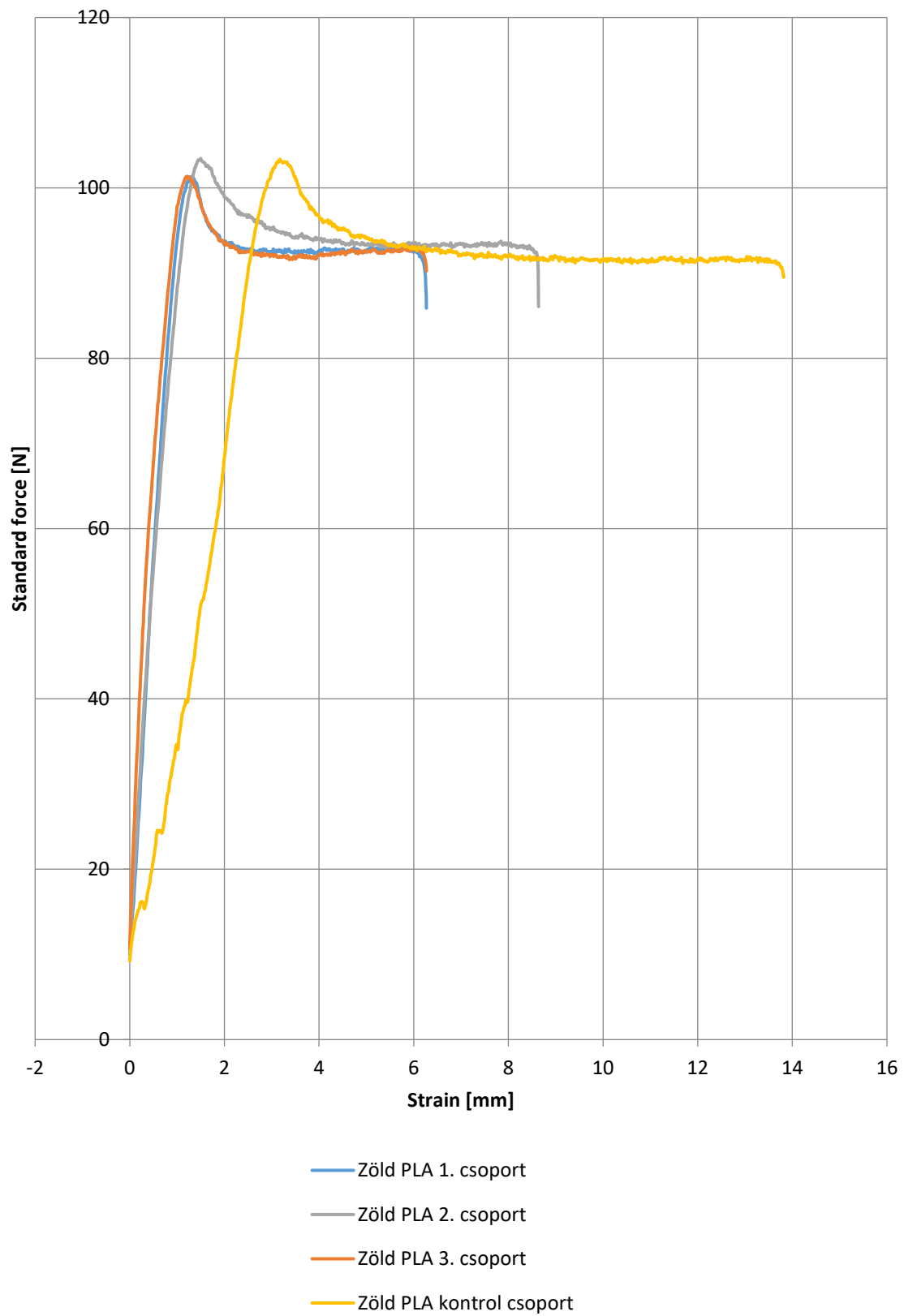
19. Diagram - Szürke ABS földben levő részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]

Zöld PLA földből kiálló része



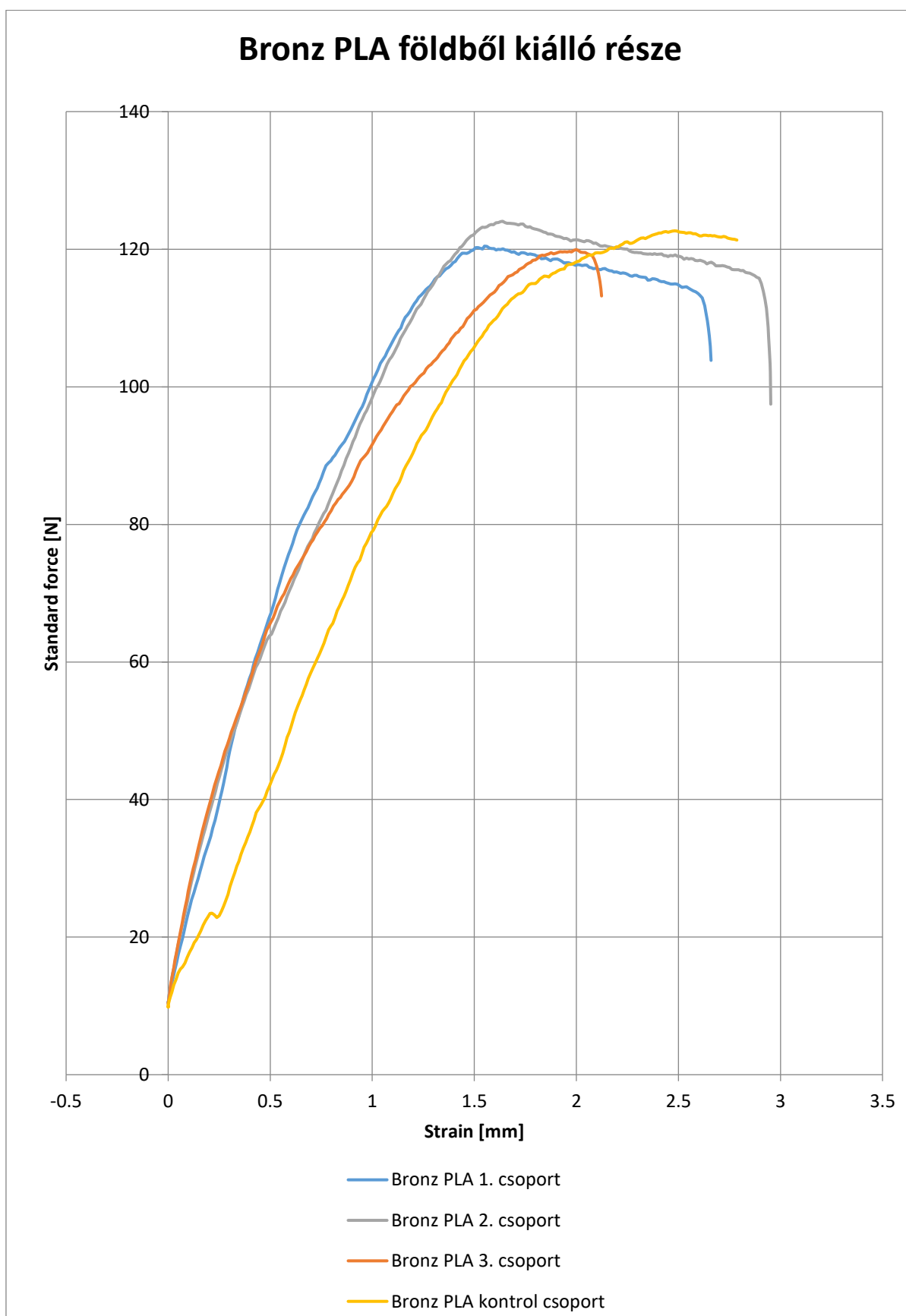
20. Diagram - Zöld PLA földből kiálló részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]

Zöld PLA földben levő része



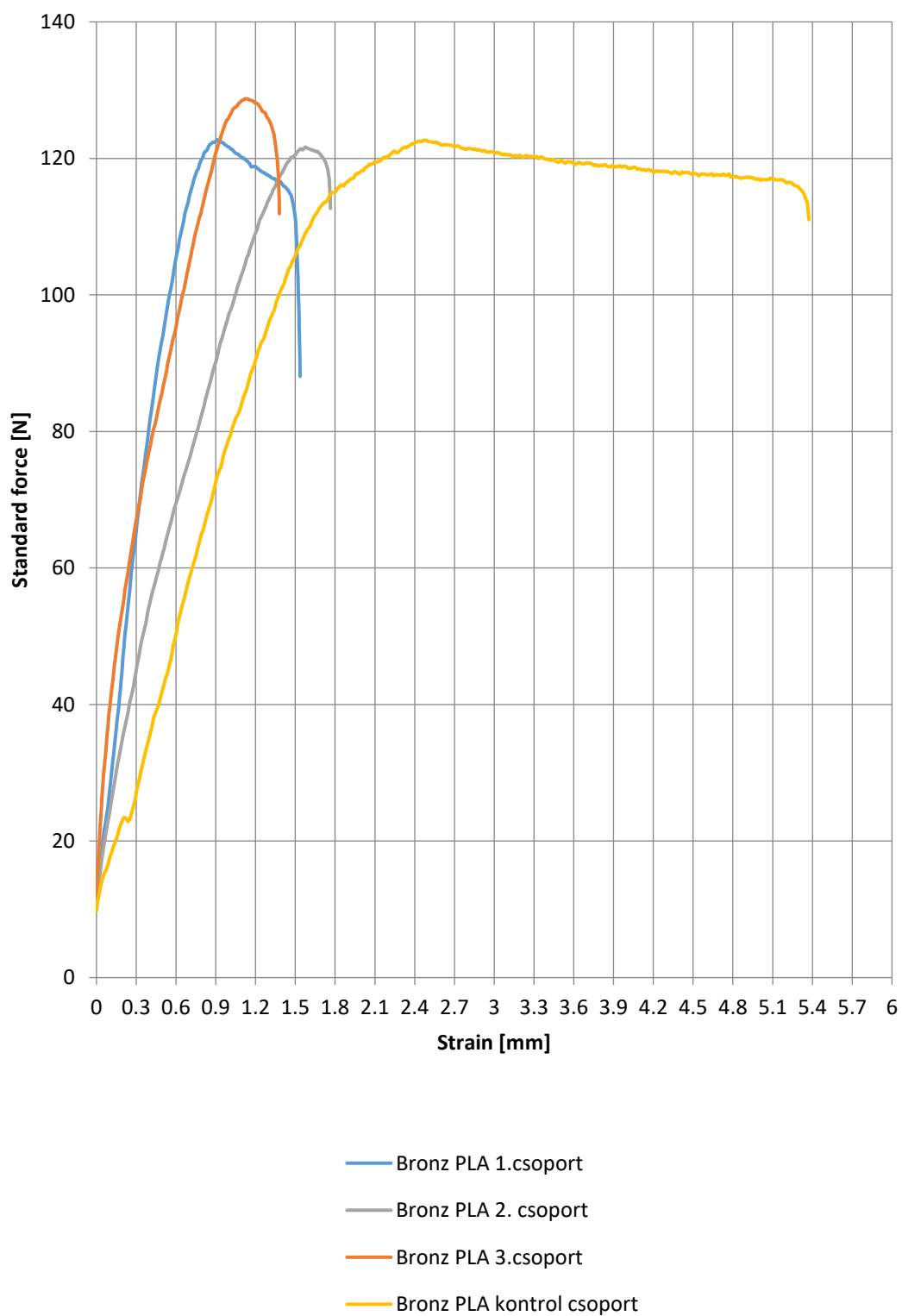
21. Diagram - Zöld PLA földben levő részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]

Bronz PLA földből kiálló része



22. Diagram - Bronz PLA földből kiálló részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]

Bronz PLA földben levő része



23. Diagram - Bronz PLA földben levő részeinek szakítóvizsgálata [Saját diagram]

16.3 3-as számú melléklet:

```
1  -----
2  #include <dht11.h>
3  #include <U8g2lib.h>
4
5  int humidifier = 7;
6  int heat = 8;
7
8  #define DHT11_PIN 6
9  dht11 DHT11;
10
11  U8G2_SSD1306_128X64_NONAME_F_SW_I2C u8g2(U8G2_R0, /* clock=*/ A1, /* data=*/ A0, /* reset=*/ U8X8_PIN_NONE);
12
13  float currentTemperature;
14  int targetTemperature = 40;
15  float currentHumidity;
16  int targetHumidity = 50;
17
18  int exceptionIncrement;
19  int functionMode = 1;
20
21  bool manualHumidifierOverride = false;
22  bool manualHeatOverride = false;
23  bool humidifierState = false;
24  bool heatState = false;
25
26
27  class Button {
28  private:
29      bool _state;
30      uint8_t _pin;
31
32  public:
33      Button(uint8_t pin) : _pin(pin) {}
34
35      void begin() {
36          pinMode(_pin, INPUT_PULLUP);
37          _state = digitalRead(_pin);
38      }
39
40      bool isReleased() {
41          bool v = digitalRead(_pin);
42          if (v != _state) {
43              _state = v;
44              if (_state) {
45                  return true;
46              }
47          }
48          return false;
49      }
50  };
51  Button functionButton(2);
52  Button incrementButton(3);
53  Button decrementButton(4);
54
55  void setup() {
56      pinMode(humidifier, OUTPUT);
57      pinMode(heat, OUTPUT);
58      digitalWrite(humidifier, LOW);
59      digitalWrite(heat, LOW);
60      u8g2.begin();
61
62      Serial.begin(115200);
63      functionButton.begin();
64      incrementButton.begin();
65      decrementButton.begin();
66  }
67
68  void loop(){
69      int chk = DHT11.read(DHT11_PIN);
70      currentTemperature = DHT11.temperature, 2;
71      currentHumidity = DHT11.humidity, 2;
72      Serial.println(functionMode);
73      Serial.println(manualHumidifierOverride);
74      Serial.println(manualHeatOverride);
75      Serial.println(heatState);
```



```

77  if (humidifierState == true){
78      digitalWrite(humidifier, LOW);
79      u8g2.setFont(u8g2_font_open_iconic_play_1x_t);
80      u8g2.drawGlyph(120,35,69);
81  }else{
82      digitalWrite(humidifier, HIGH);
83      u8g2.setFont(u8g2_font_open_iconic_play_1x_t);
84      u8g2.drawGlyph(120,35,75);
85  }
86
87  if (heatState == true){
88      digitalWrite(heat, LOW);
89      u8g2.setFont(u8g2_font_open_iconic_play_1x_t);
90      u8g2.drawGlyph(120,15,69);
91  }else{
92      digitalWrite(heat, HIGH);
93      u8g2.setFont(u8g2_font_open_iconic_play_1x_t);
94      u8g2.drawGlyph(120,15,75);
95  }
96
97  if (functionButton.isReleased()){
98      functionMode=functionMode+1;
99      if(functionMode>5){
100         functionMode=1;
101     };
102 };
103
104 switch(functionMode){
105     case 1:
106         u8g2.setFont(u8g2_font_6x12_tf);
107         u8g2.drawStr (5,60, "TARGET TEMPERATURE");
108         break;
109
110     case 2:
111         u8g2.setFont(u8g2_font_6x12_tf);
112         u8g2.drawStr (5,60, "TARGET HUMIDITY");
113         break;
114
115     case 3:
116         u8g2.setFont(u8g2_font_6x12_tf);
117         u8g2.drawStr (5,60, "HUMIDIFIER MODE");
118         break;
119
120     case 4:
121         u8g2.setFont(u8g2_font_6x12_tf);
122         break;
123
124
125     case 5:
126         u8g2.setFont(u8g2_font_6x12_tf);
127         u8g2.drawStr (5,60, "MANUAL CONTROL");
128         break;
129 };
130
131
132 if (incrementButton.isReleased()){
133     Serial.println("increment");
134     switch(functionMode){
135         case 1:
136             targetTemperature = targetTemperature + 1;
137             break;
138
139         case 2:
140             targetHumidity = targetHumidity + 1;
141             break;
142
143         case 3:
144             manualHumidifierOverride = true;
145             break;
146
147         case 4:
148             manualHeatOverride = true;
149             break;
150
151         case 5:
152             if(manualHeatOverride==true && heatState == false){
153                 Serial.println("bejön");
154                 heatState = true;
155             }
156             else if(manualHeatOverride==true && heatState == true){

```

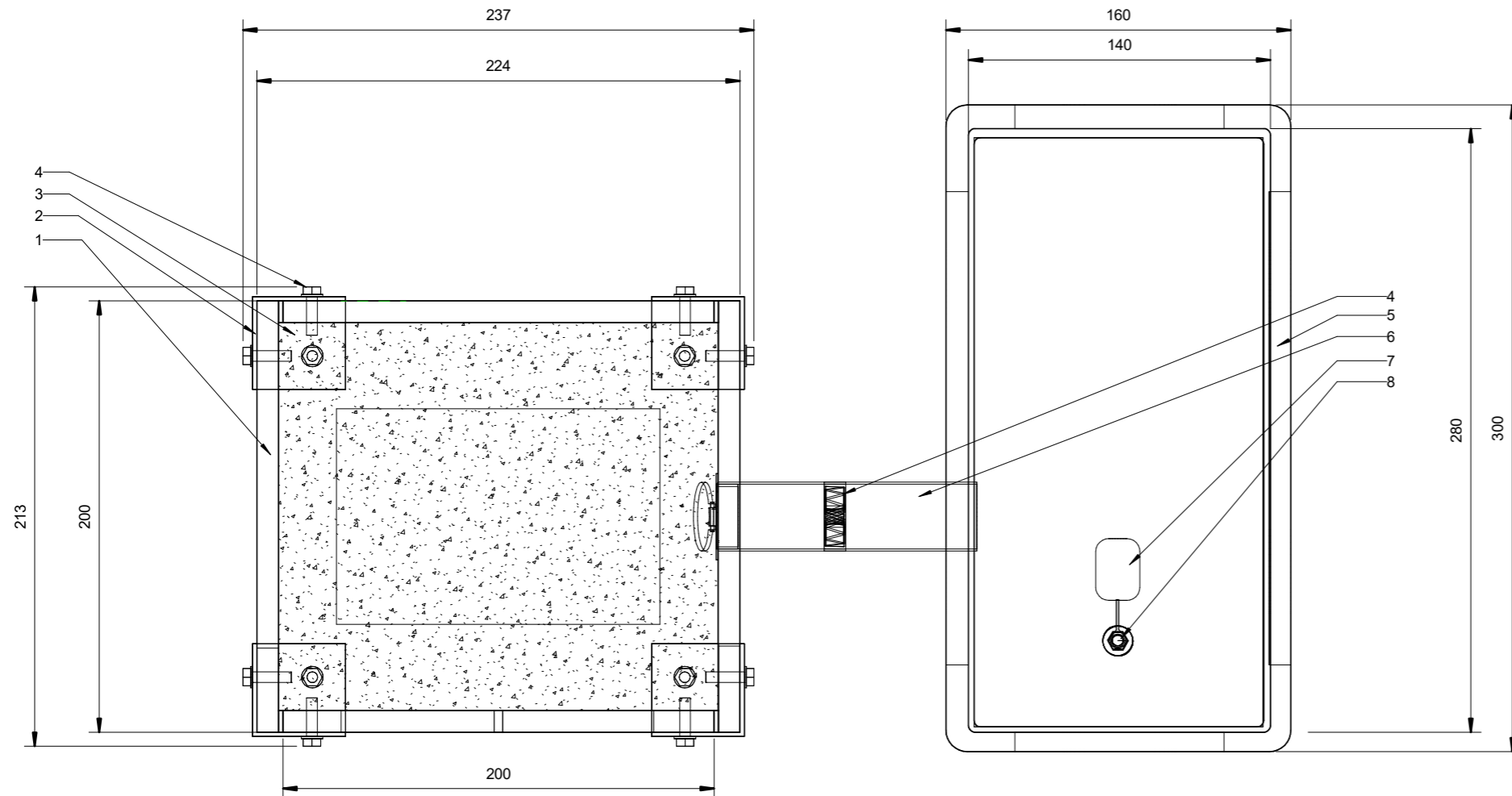
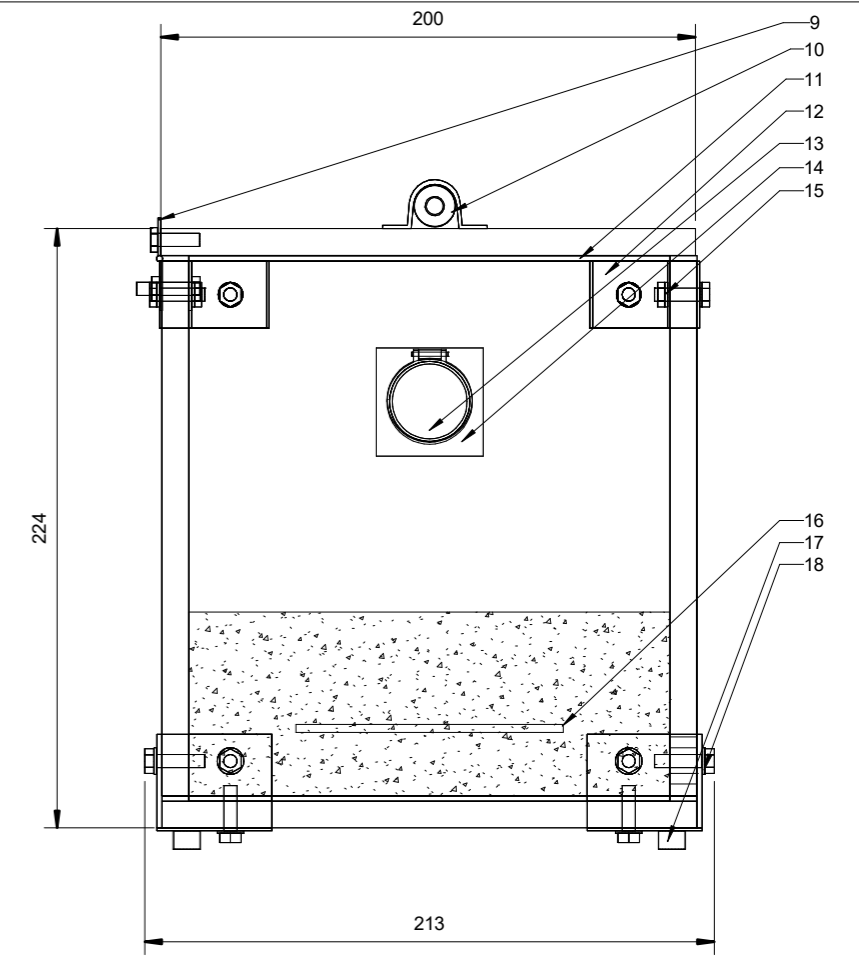
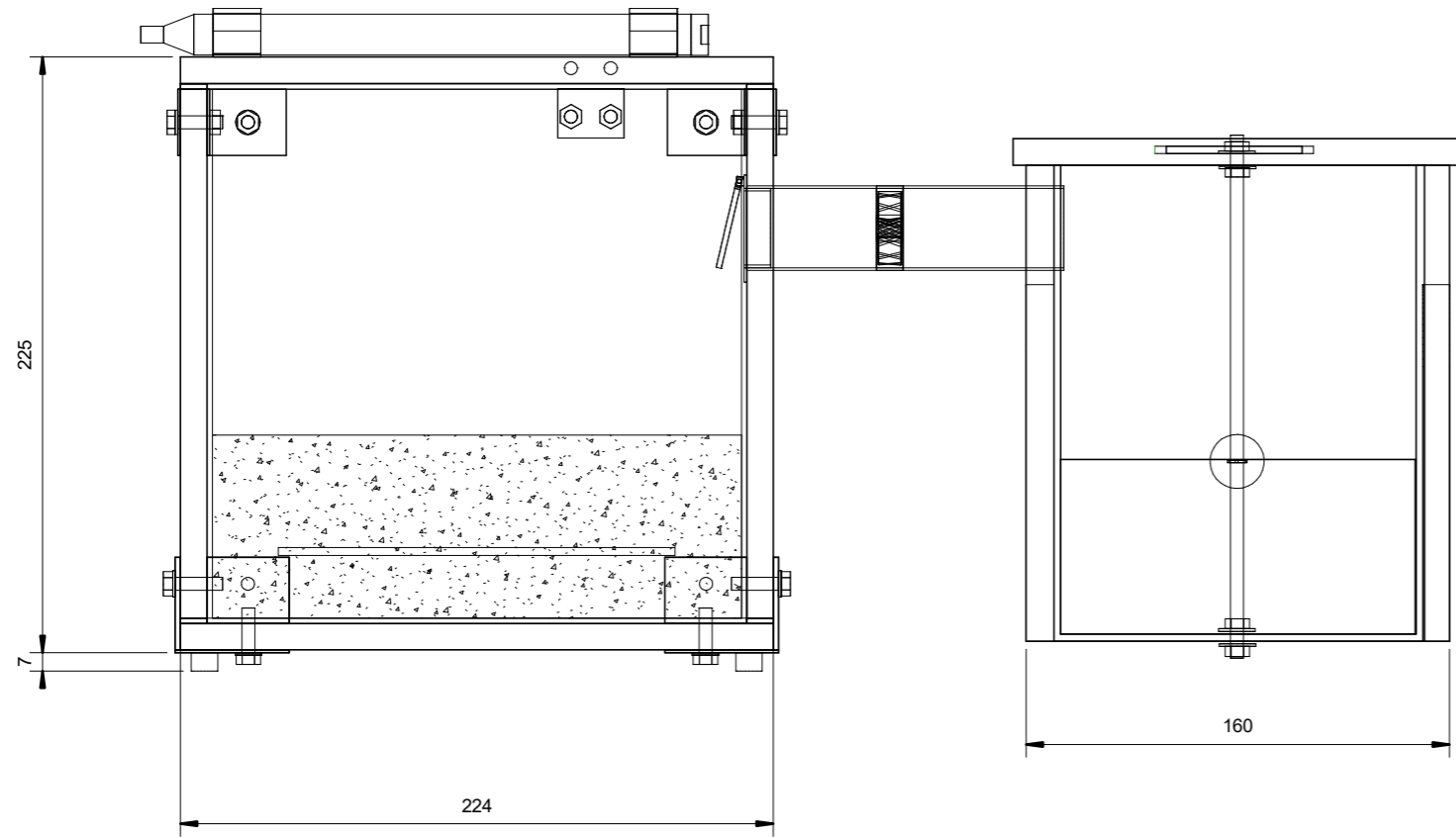
```

157         | heatState = false;
158         };
159         break;
160     };
161 };
162
163 if (decrementButton.isReleased()){
164     Serial.println("decrement");
165     switch(functionMode){
166     case 1:
167         | targetTemperature = targetTemperature - 1;
168         break;
169
170     case 2:
171         | targetHumidity = targetHumidity - 1;
172         break;
173
174     case 3:
175         | manualHumidifierOverride = false;
176         break;
177
178     case 4:
179         | manualHeatOverride = false;
180         break;
181
182     case 5:
183         if(manualHumidifierOverride==true && humidifierState == false){
184             | humidifierState = true;
185         }
186         else if(manualHumidifierOverride==true && humidifierState == true){
187             | humidifierState = false;
188         };
189         break;
190     };
191 };
192
193 if(manualHeatOverride == false){
194     u8g2.setFont(u8g2_font_open_ionic_thing_1x_t);
195     u8g2.drawGlyph(110,15,68);
196     if(currentTemperature>targetTemperature){
197         | heatState = false;
198         };
199     if(currentTemperature<targetTemperature-0.5){
200         | heatState = true;
201         };
202     }else{
203         u8g2.setFont(u8g2_font_open_ionic_thing_1x_t);
204         u8g2.drawGlyph(110,15,79);
205     };
206
207
208 if(manualHumidifierOverride == false){
209     | u8g2.setFont(u8g2_font_open_ionic_thing_1x_t);
210     | u8g2.drawGlyph(110,35,68);
211     | if(currentHumidity>targetHumidity){
212         | | humidifierState = false;
213         | };
214     | if(currentHumidity<targetHumidity-3){
215         | | humidifierState = true;
216         | };
217     }else{
218         u8g2.setFont(u8g2_font_open_ionic_thing_1x_t);
219         u8g2.drawGlyph(110,35,79);
220     };
221
222     u8g2.setCursor(0,20);
223     u8g2.setFont(u8g2_font_open_ionic_weather_2x_t);
224     u8g2.drawGlyph(5,20,69);
225     u8g2.setCursor(25,15);
226     u8g2.setFont(u8g2_font_7x13_tf);
227     u8g2.print (currentTemperature);
228     u8g2.drawGlyph(62, 15, 0x00b0);
229     u8g2.drawStr (67,15, "C");
230     u8g2.drawStr (80,15, "T:");
231     u8g2.setCursor(95,15);
232     u8g2.print (targetTemperature);
233
234     u8g2.setFont(u8g2_font_open_ionic_weather_2x_t);
235     u8g2.drawGlyph(5,40,67);
236     u8g2.setFont(u8g2_font_7x13_tf);

```

```
237     u8g2.setCursor(25,35);
238     u8g2.print (currentHumidity);
239     u8g2.drawStr (65,35, "%");
240     u8g2.drawStr (80,35, "I:");
241     u8g2.setCursor(95,35);
242     u8g2.print (targetHumidity);
243
244     u8g2.sendBuffer();
245     u8g2.clearBuffer();
246
247     delay(10);
248 }
```

16.4 4-es számú melléklet:

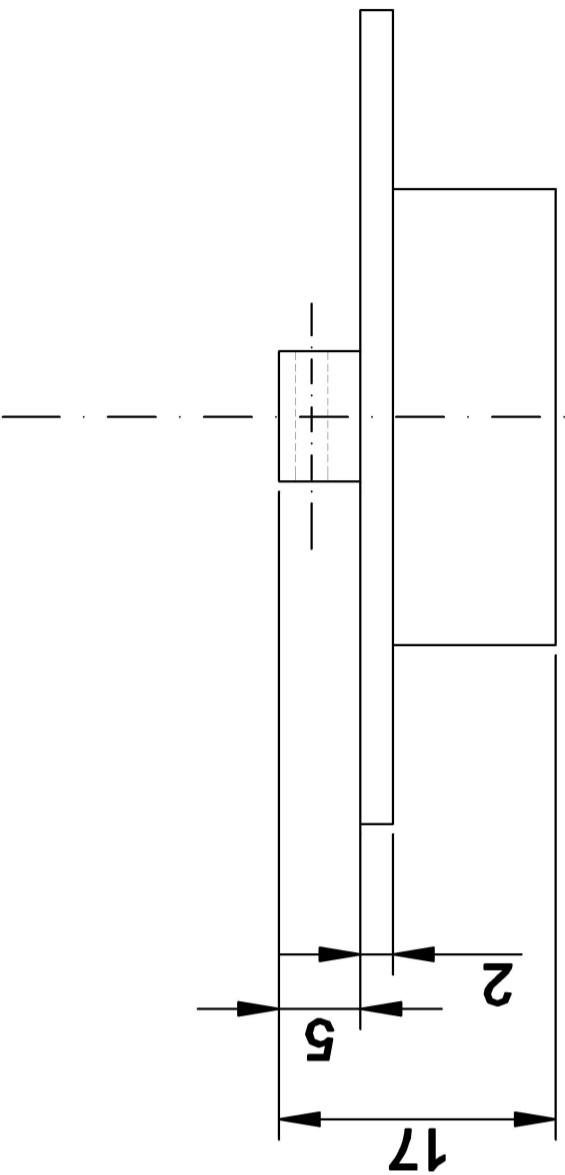
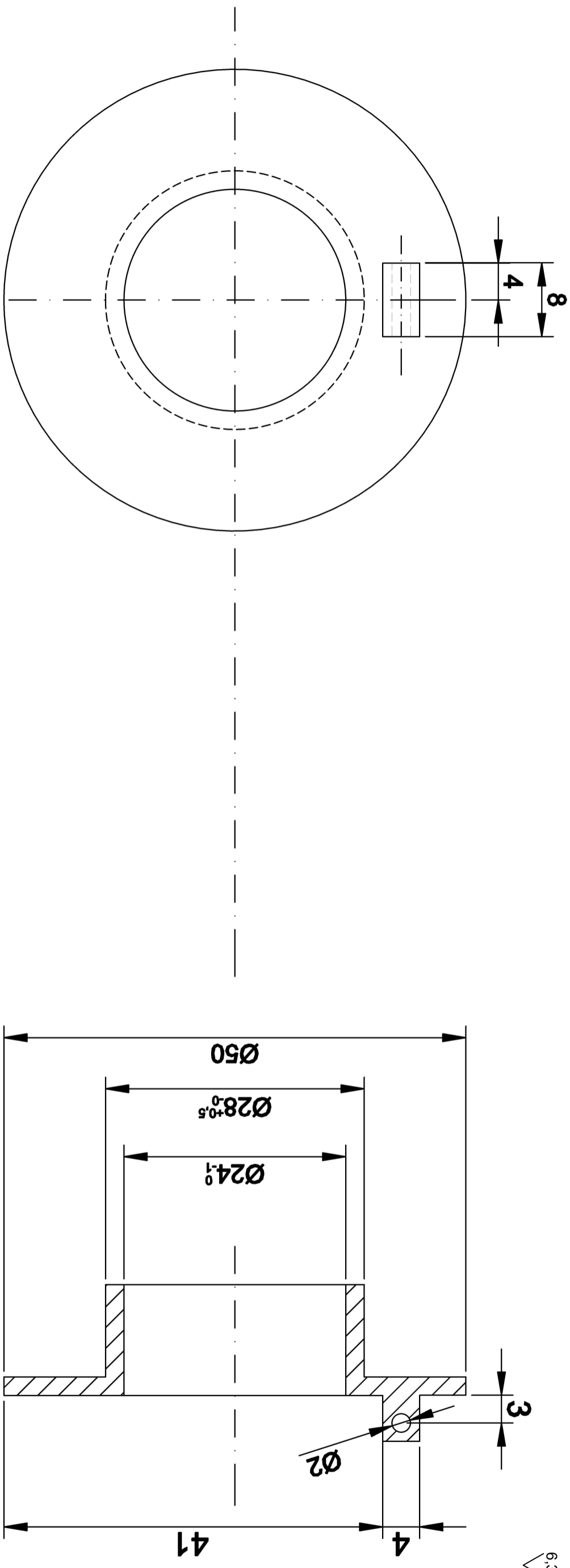


Egyes elemek hivatkozása megtalálható a 8. fejezetben található tétellistában.

18	12	Horganyzott lapos alátét	M5	Horganyzott acél	DIN125A	
17	8	Gumiláb	Ø10x7	Kaucsuk	Tételista	
16	12	Hatlapfejű csavar anya	M5x16	Horganyzott acél	DIN 934	
15	1	Alumínium lemez	150x100x3	Alumínium	Tételista	Méretre vágott
14	1	Visszacsapó sz.-ház		Akril-sztirol-akrilnitril (ASA)		3D nyomtatott
13	1	Visszacsapó sz.-csappantyú	Ø30x2	Akril-sztirol-akrilnitril (ASA)		3D nyomtatott
12	4	Felső sarokmerevítő (Külső)	41x41	Akril-sztirol-akrilnitril (ASA)		3D nyomtatott
11	12	Gumi szigetelés	20x5	Kaucsuk	Tételista	
10	1	UV Lámpa	Ø15,5 - 212		Tételista	Kamrára ragasztva
9	1	Ajtózsanér	50x50x3	Rozsdamentes acél	Tételista	
8	1	Rozsdamentes acélrúd	Ø5 - 200	Rozsdamentes acél	KO 33	Két végén menetes
7	1	Parafa úszó	30x20x20	Parafa		Parafadugó
6	1	PC Ventilátor	30x30		Tételista	
5	1	Heidrun Tex Box tárolódoboz	280x180x140	Polipropilén	Tételista	
4	30	Hatlapfejű menetes csavar	M5x16	Horganyzott acél	DIN 933	
3	3	Alsó sarok merevítő (Belső)	30x30	Akril-sztirol-akrilnitril (ASA)	AR-04	3D nyomtatott
2	4	Alsó sarok merevítő (Külső)	43x43	Akril-sztirol-akrilnitril (ASA)	AR-03	3D nyomtatott
1	6	Polikarbonát lemez	200x200	Polikarbonát(PC)	Tételista	Méretre vágott

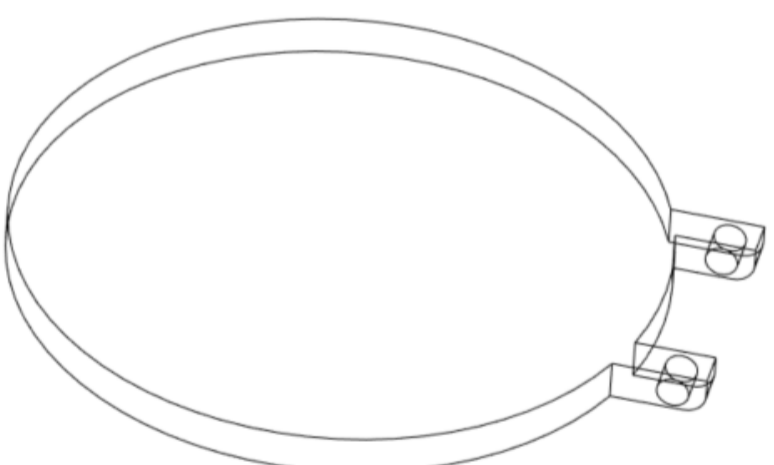
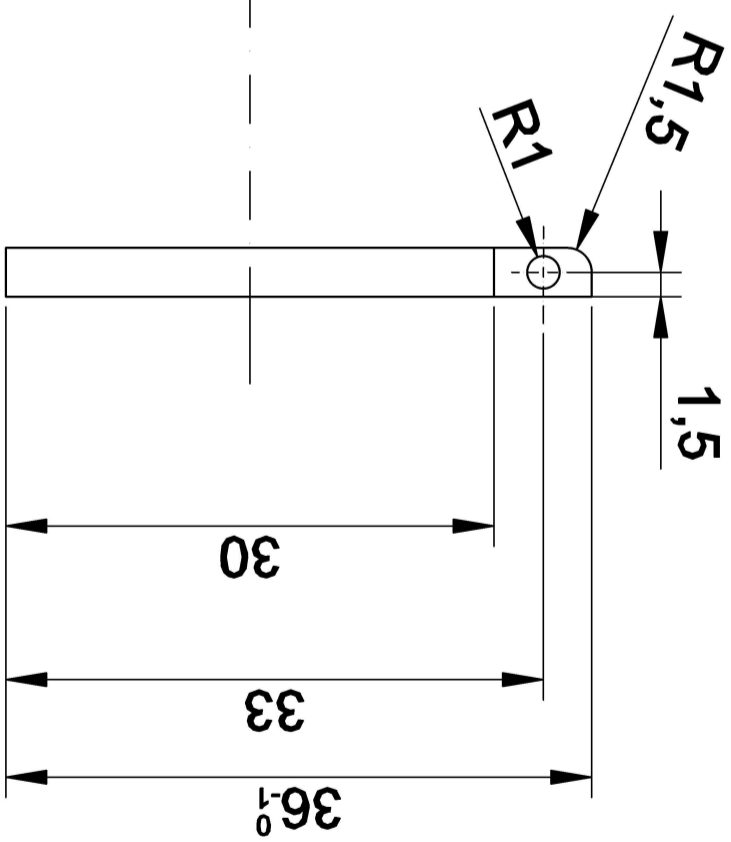
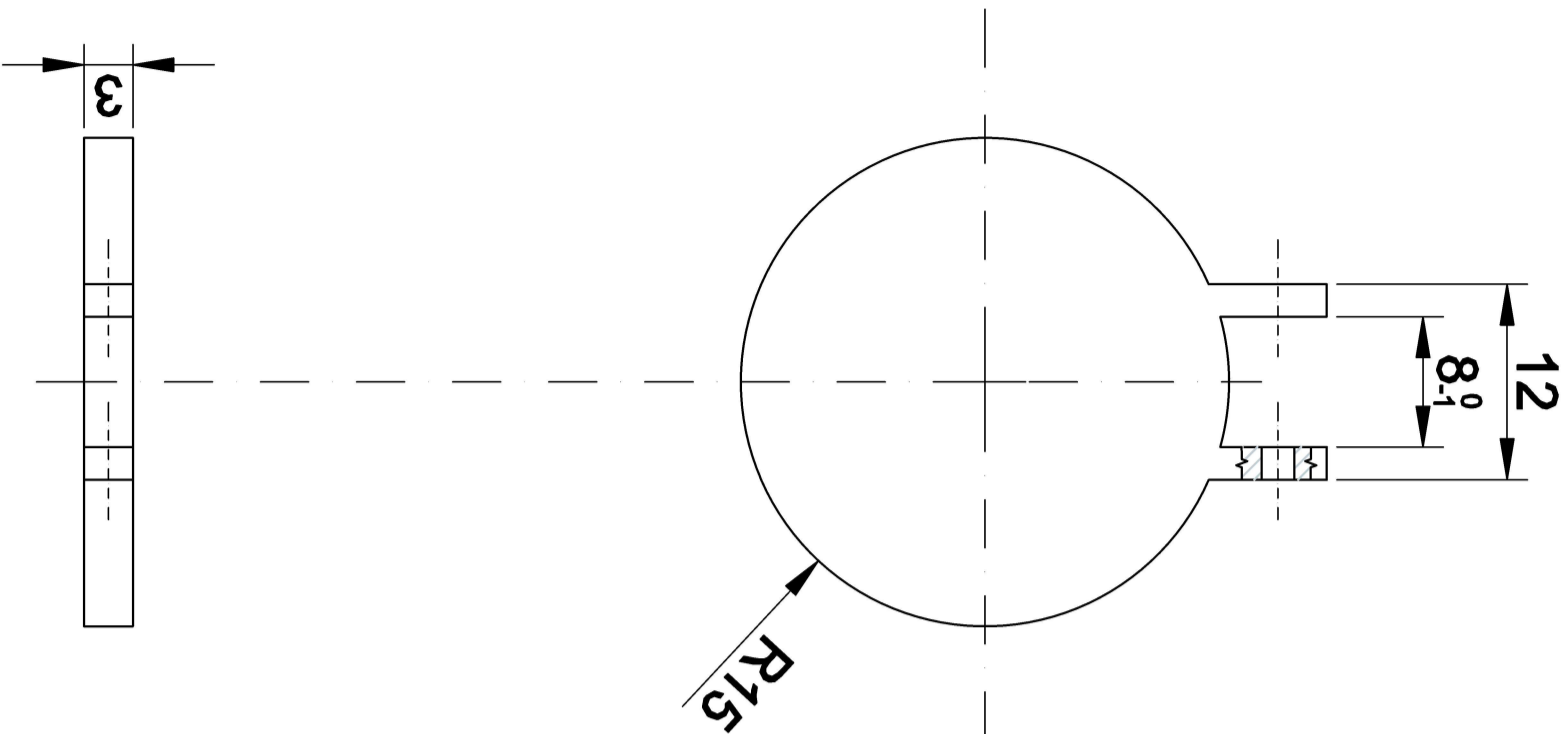
Tsz Db	Megnevezés:	Méret:	Anyag:	Hivat.:	Megjegyzés:
Ellenőrizte:	Tárgy:	Méretarány:			
Dátum:	ÖREGÍTŐ KAMRA		1:3	MATE	
2023.04.22	ÖSSZEÁLLÍTÁSI RAJZ		Tömeg:		
	Név:	Azonosító:	8,5 kg	Műszaki Intézet	
	BALÁZS ÁDÁM	EYJZIP	Rajzszám:	ÖÁ-01	

6.3 (✓)

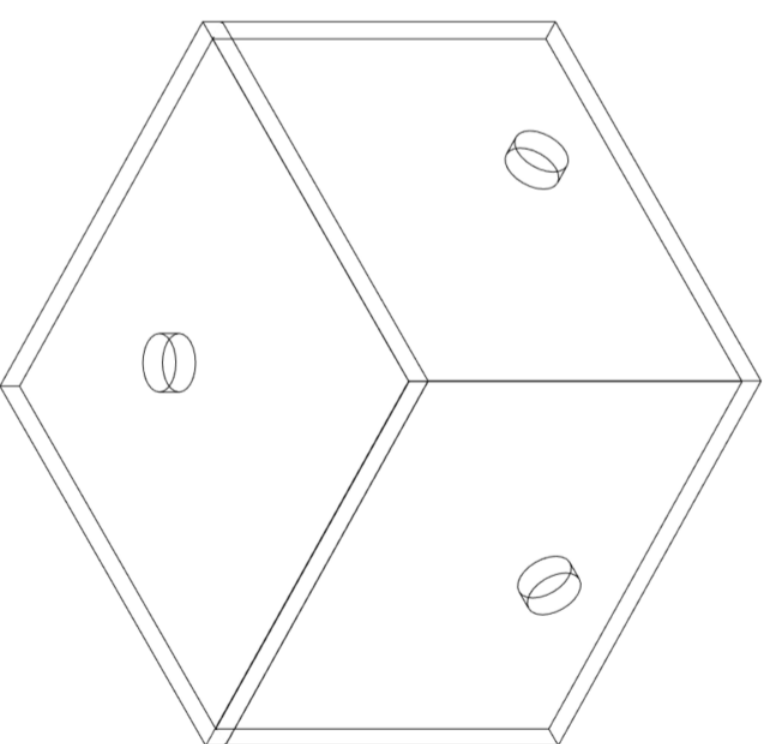
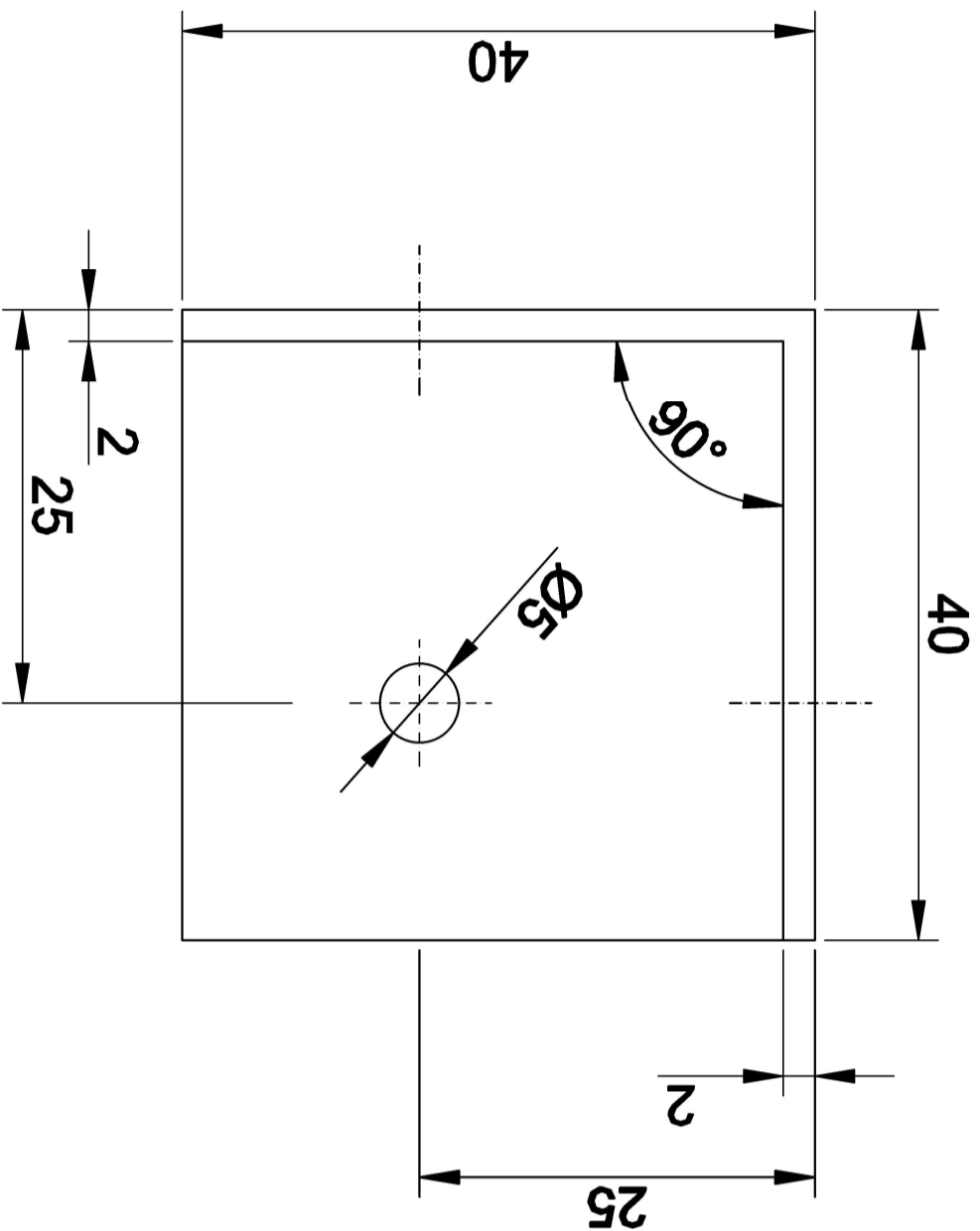
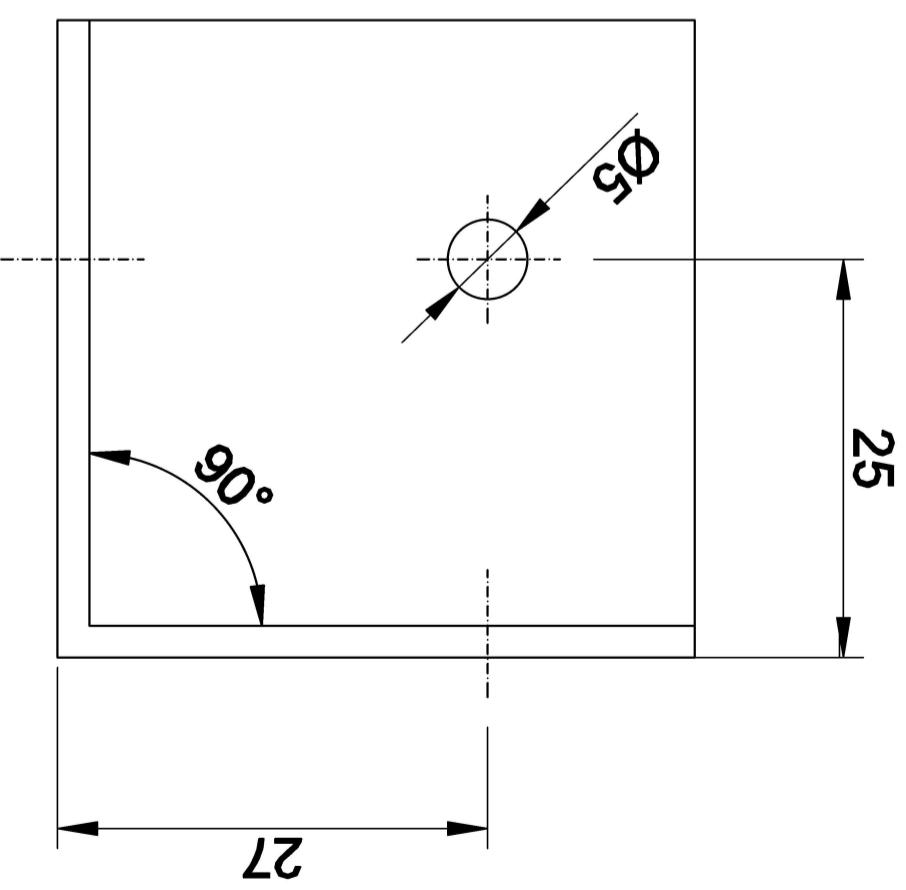
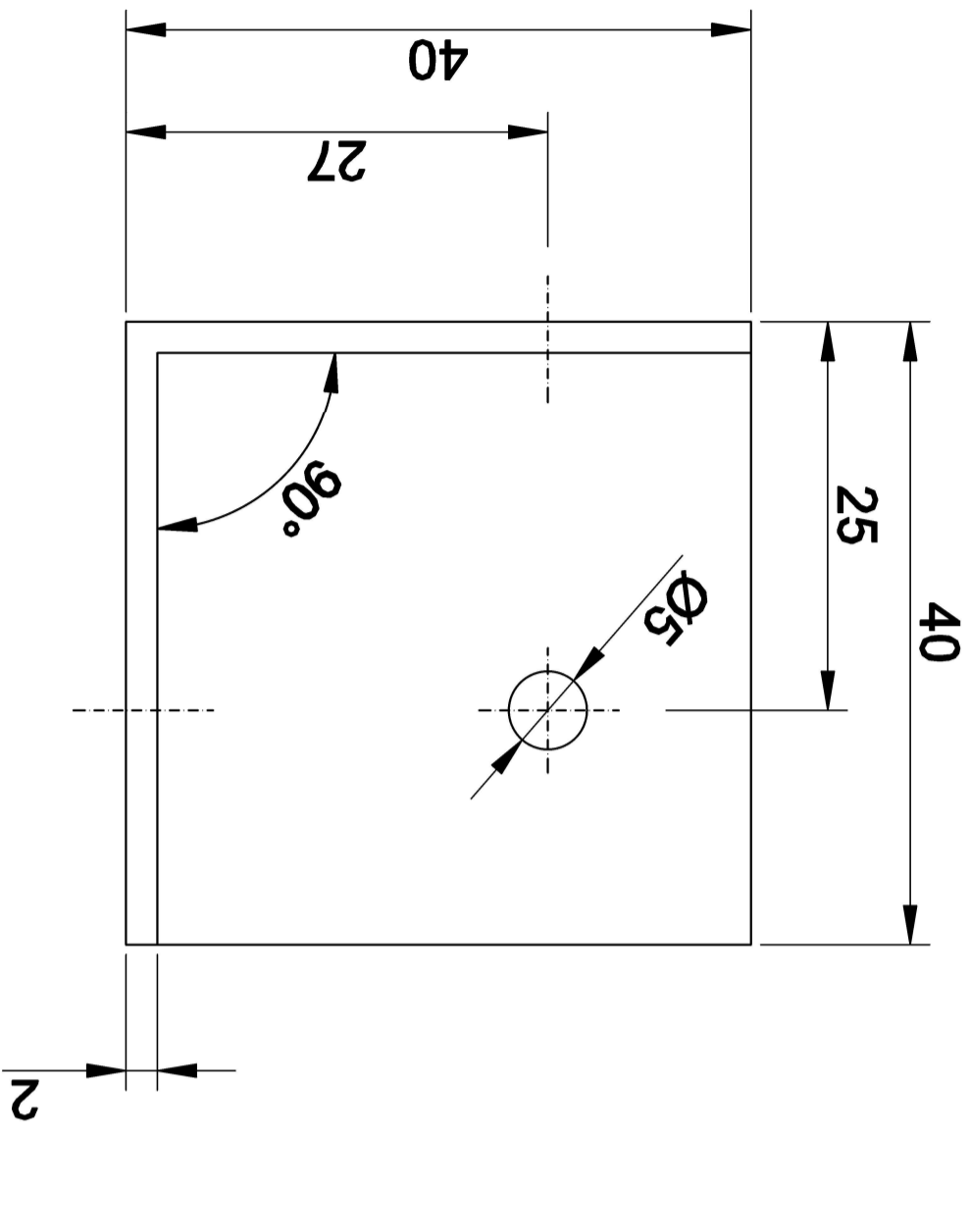


Ellenőrizte:	Tárgy:	Méretarány:	MATE	
Dátum: 2023.04.22	VISSZACCSAPÓ	2:1	Műszaki Intézet	
	SZELEP - HÁZ	Tömeg: 0.02 kg		
	Név: BALÁZS ADÁM	Anyag: ASA	Rajzsám: AR-01	
	Azonosító: EYJZIP			

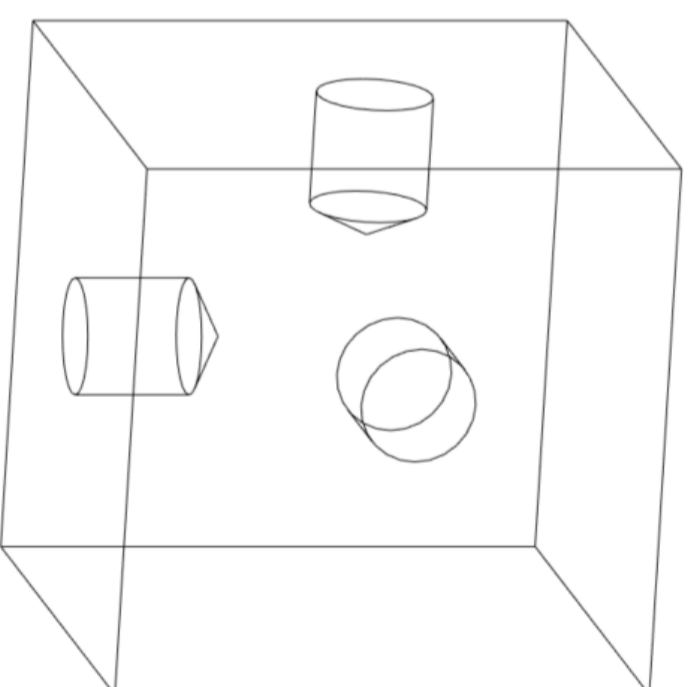
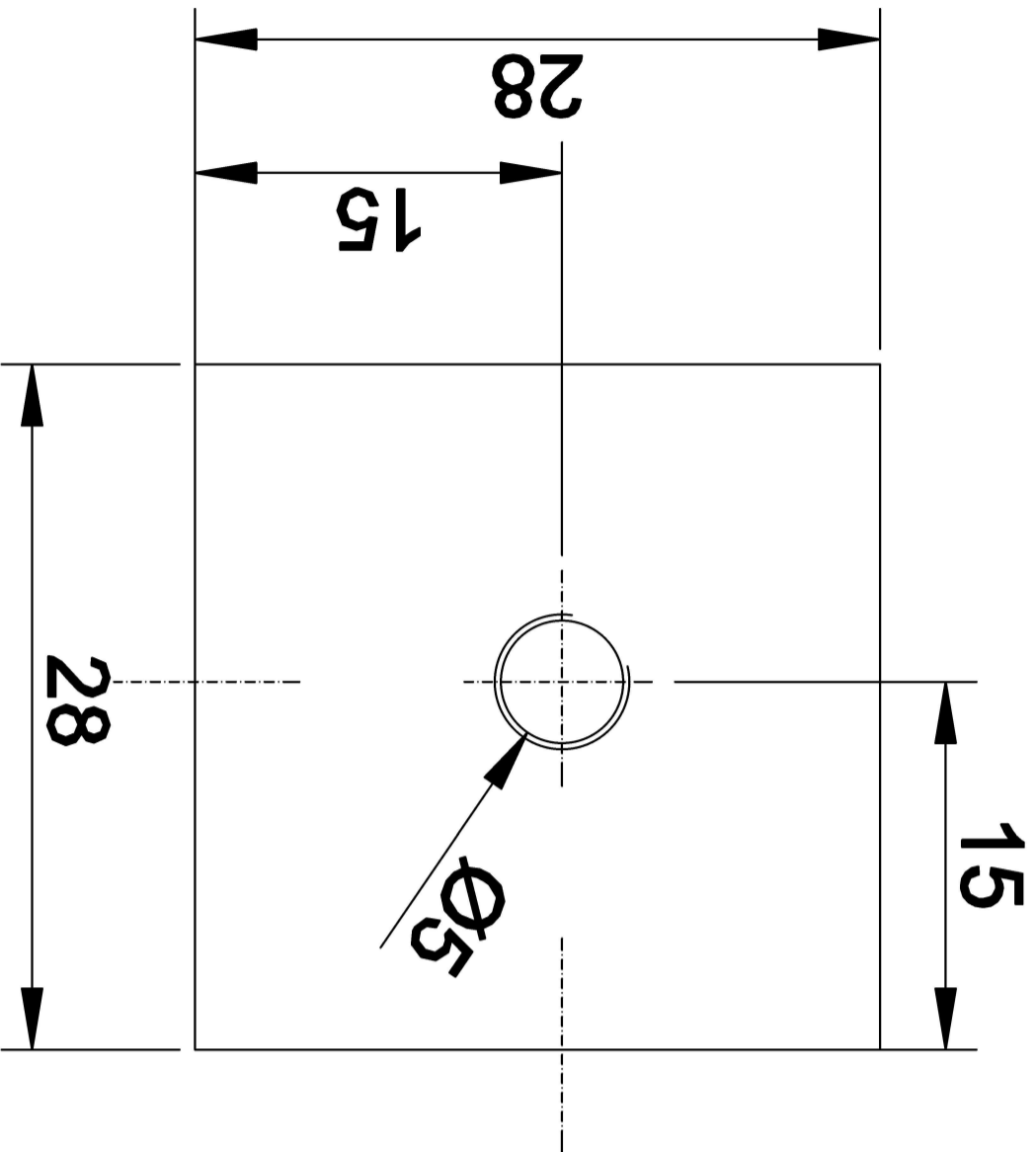
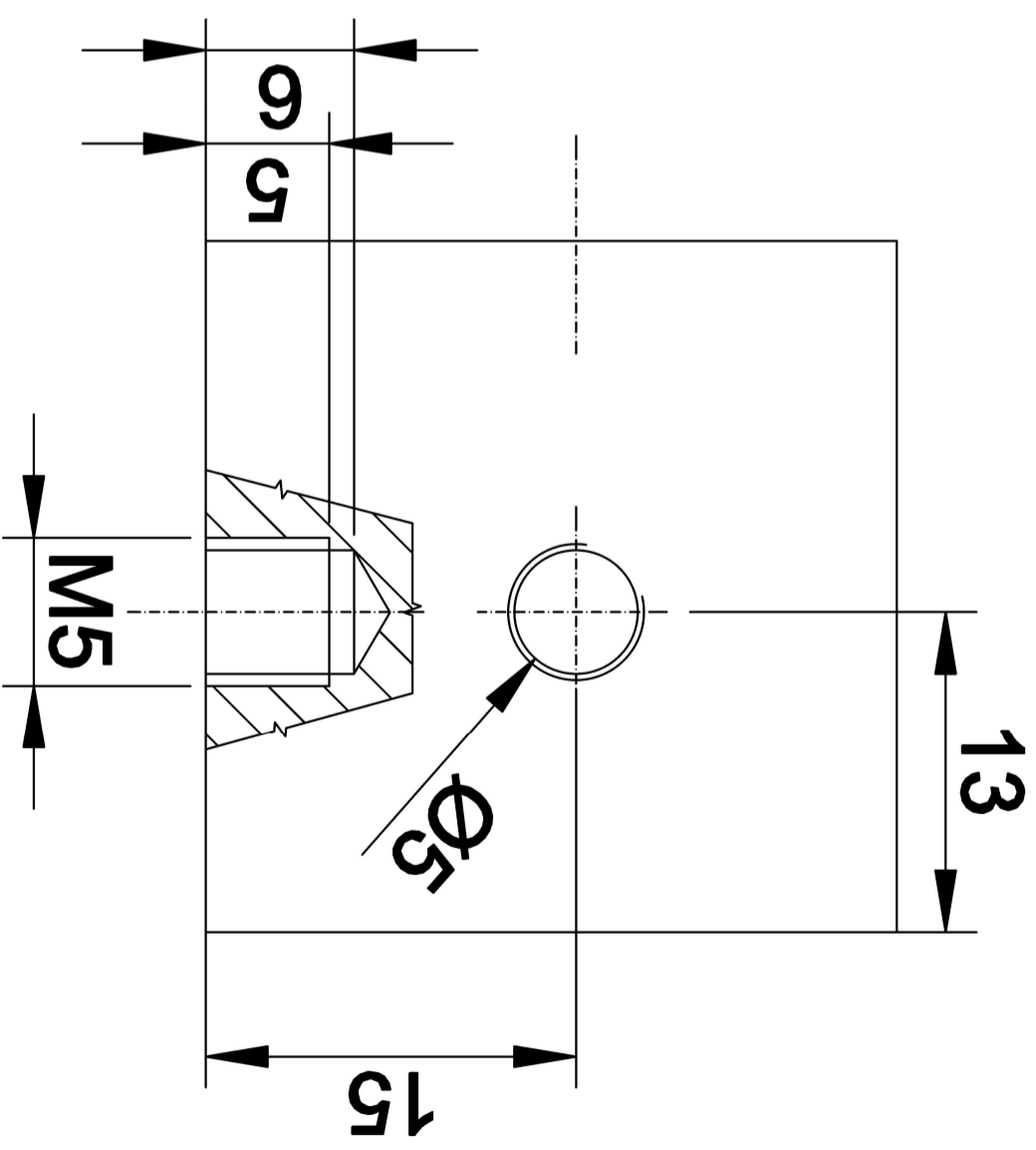
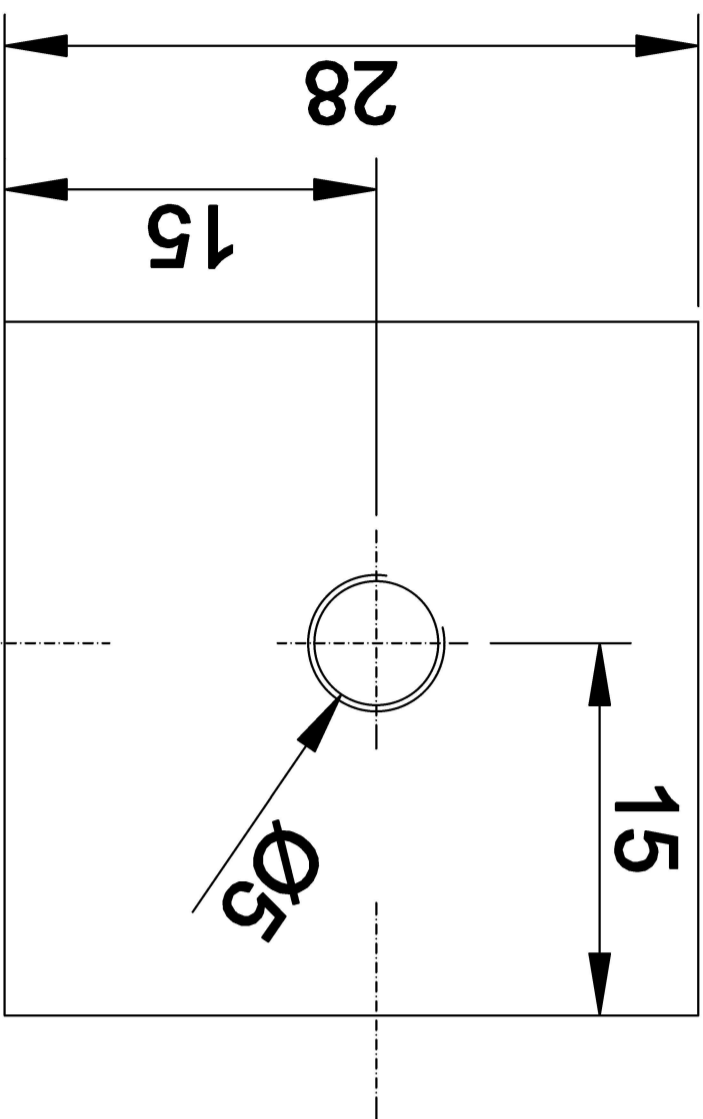
Összeállítás során ügyelni: A PVC cső szoros illesztéssel csatlakozik a házhoz, ami a polikarbonátban való helyes pozícióban tartást segíti.



Ellenőrizte:	Tárgy:	Méretarány:	MATE	
Dátum: 2023.04.22	VISSZACCSAPÓ SZELEP-CSAPPANTYÚ	2:1	Műszaki Intézet	
Név:	BALÁZS ÁDÁM	Tömeg: 0,012 kg	Azonosító: EYJZIP	Rajzszám: AR-02
		Anyag: ASA		

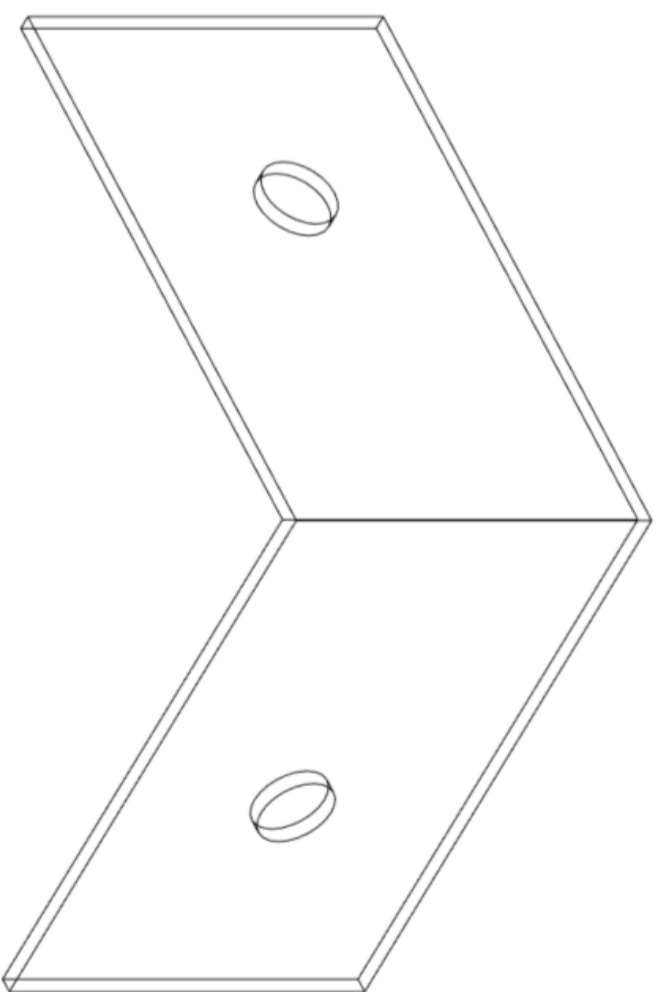
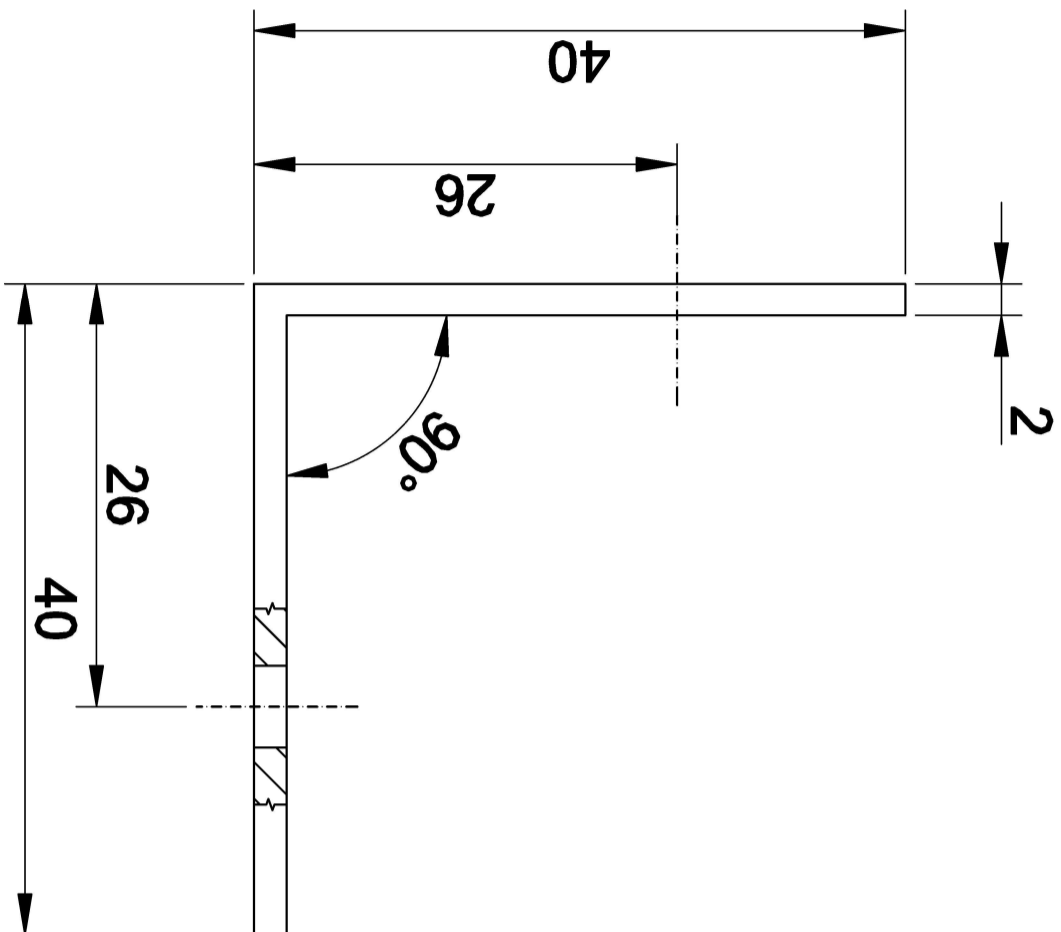
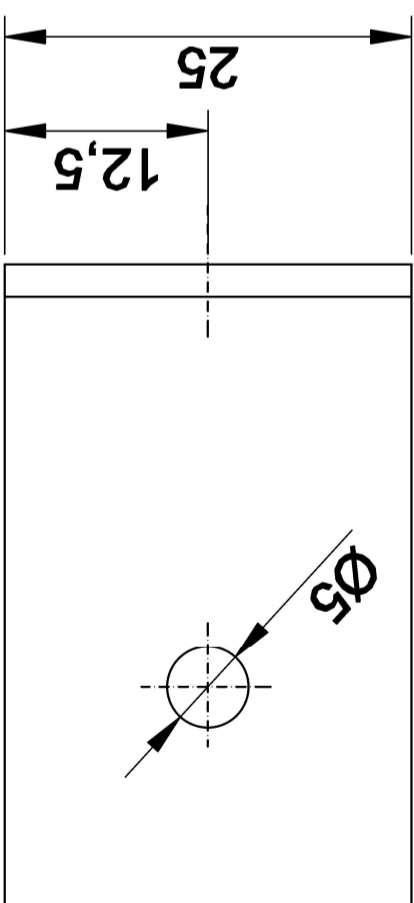
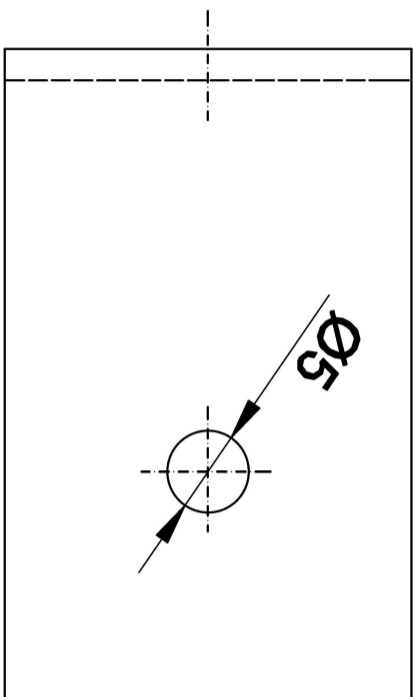


Ellenőrzte:	Tárgy:	Méretarány:	MATE	
Dátum: 2023.04.22	ALSÓ SAROK	2:1	Műszaki Intézet	
Név:	MEREVÍTŐ (KÜLSŐ)	Tömeg: 0,011 kg	Rajzsám:	
BALÁZS ADÁM	Azonosító: EYJZIP	Anyag: ASA	AR-03	

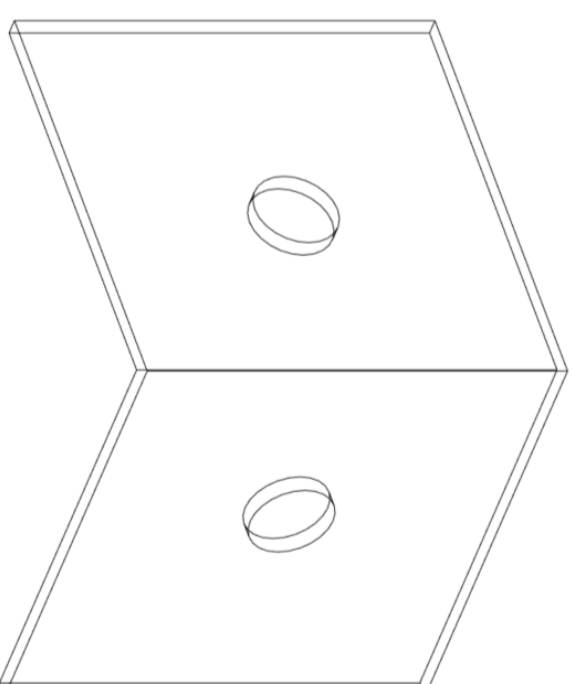
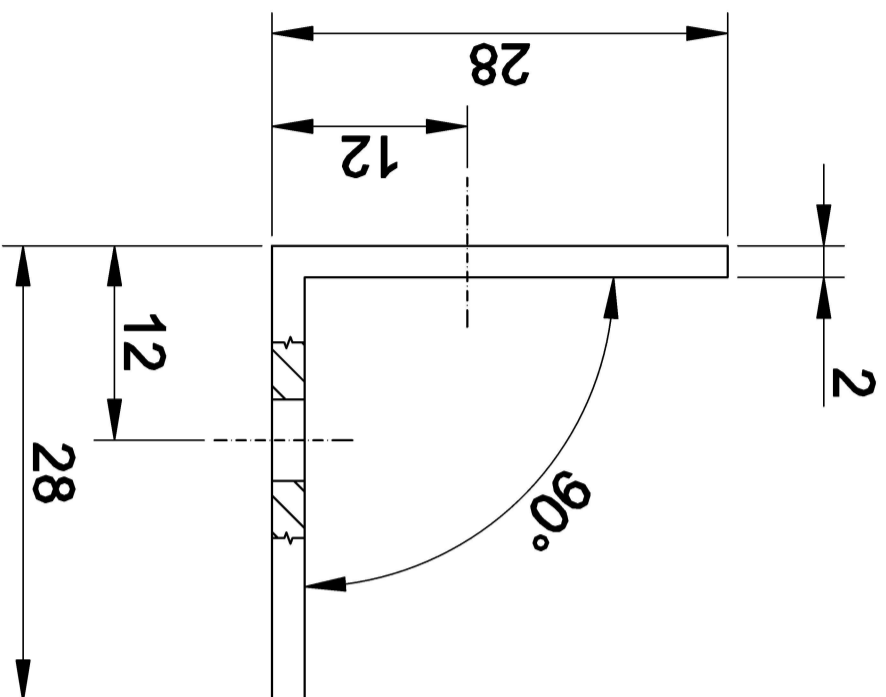
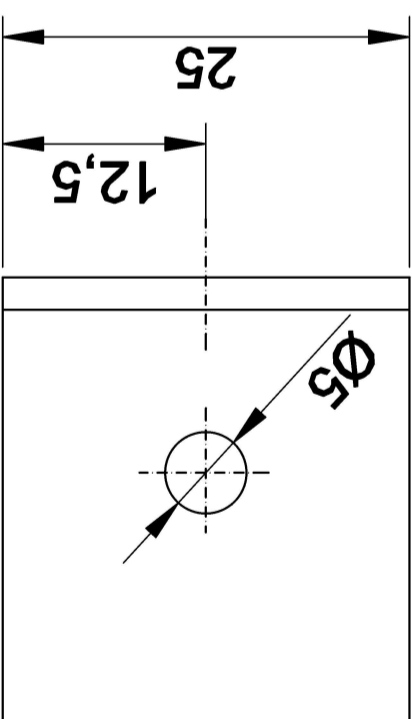
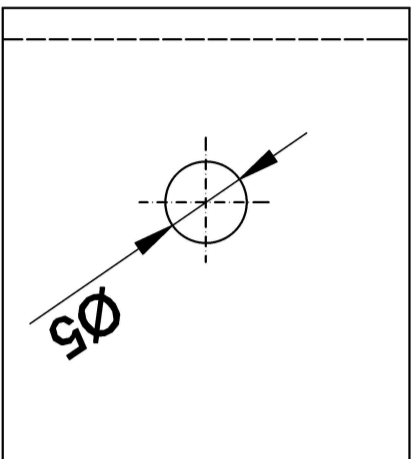


Ellenőrzte:	Tárgy:	Méretarány:	MATE	
Dátum: 2023.04.22	ALSÓ SAROK MEREVÍTŐ (BELSŐ)	3:1	Műszaki Intézet	
Név:	BALÁZS ÁDÁM	Tömeg: 0,009 kg	Azonosító:	Rajzszám:
	EYJZIP	Anyag: ASA	ASA	AR-04

A furatokba a menetet nyomtatás után kell belevágni.



Ellenőrzte:	Tárgy:	Méretarány:	MATE	
Dátum: 2023.04.22	FELSŐ SAROK MEREVÍTŐ (KÜLSŐ)	2:1	Műszaki Intézet	
Név:	BALÁZS ÁDÁM	Tömeg: 0,008 kg	Azonosító: EYJZIP	Rajzszám: AR-05
	Anyag: ASA			



Ellenőrzte:	Tárgy:	Méretarány:	MATE
Dátum: 2023.04.22	FELSŐ SAROK MEREVÍTŐ (BELSŐ)	2:1	Műszaki Intézet
Név:	BALÁZS ÁDÁM	Tömeg: 0,007 kg	Rajzszám: AR-06
	Azonosító: EYJZIP	Anyag: ASA	