



NYÍREGYHÁZI EGYETEM
MŰSZAKI ÉS AGRÁRTUDOMÁNYI INTÉZET
NYÍREGYHÁZA



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

**LIFTAJTÓK ÉS DEKORATÍV ELEMINEK
VÉDŐFÓLIÁVAL VALÓ BURKOLÁSA
COVERING ELEVATOR DOORS AND DECORATIVE
ELEMENTS WITH A PROTECTIVE FILM**

Készítette: Rezes Gábor

Konzulens: Dr. Szigeti Ferenc (Nyíregyházi Egyetem)

Dr. Ravai-Nagy Sándor (Nyíregyházi Egyetem)

Dr. Dezső Gergely (Nyíregyházi Egyetem)

NYÍREGYHÁZA

2023. 11. 29.

Tartalomjegyzék

Bevezetés	1
1. A Wittur Hungária Kft. bemutatása	2
2. Irodalmi áttekintés.....	3
2.1 Konstrukció megalkotása.....	3
2.1.1 Az ipari szépség.....	3
2.1.2 Szilárdsági méretezések és méretezéshez szükséges jellemzők meghatározása	4
2.2. Végeselem-módszer alkalmazása	4
3. A jelenleg alkalmazott technológia.....	6
3.1. A jelenleg alkalmazott technológia részletezése	6
4. Konstrukció megalkotása.....	8
4.1 Kiinduló adatok és a tervezés előkészítése	8
4.2 Asztal tervezése.....	9
4.2.1 Az asztal terhelései	10
4.3 Szerelvény tervezése	16
4.3.1 Szerelvény terhelése	19
4.4 Lineáris vezeték és lineáris kocsi méretezése	20
4.5 A szerelvény további részegységeinek bemutatása.....	23
4.5.1 Fólia megvezetők	23
4.5.2 Fólia simításáért felelős részegység.....	24
4.5.3 Fólia vágása	27
4.5.4 Fólia megfogása és liftajtó tájolása.....	27
5. Fogasszíjhajtás méretezés.....	29
5.1 Fogasszíz méreteinek meghatározása	30
5.2 Hajtó tengely méretezése	31
5.3 Retesz méretezése a hajtó szíjtárcsánál	33
5.4 Hajtott tengely csapágy méretezése	34
6. Motorválasztás.....	35
7. PLC program.....	38
8. Következtetések és javaslatok	41
Összefoglalás.....	42
IRODALOMJEGYZÉK.....	43
MELLÉKLETEK JEGYZÉKE.....	44

Bevezetés

Szakdolgozatom témája a liftajtók és alkatrészeinek védőfóliával való burkolását biztosító fóliázó gép tervezése, amely tervezési feladatot a duális képzési gyakorlatom helyszínéül szolgáló Wittur Kft.-től kaptam.

Dolgozatom első részében ismertetem azokat a termékeket, melyeknek védelme céljából fóliázó gépet terveztem, valamint bemutatom a jelenleg alkalmazott technológiát és ennek problémáit.

A második részben a tervezési folyamatot mutatom be a kiindulási paraméterek felvételétől és az anyagválasztástól a konstrukciós tervezésen keresztül a szilárdsági méretezésig és ellenőrzésig. Ezt követően végesem vizsgálatot végzek a konstrukción, különböző méretű és számú ajtópanelek figyelembevételével. A különböző komponensek kiválasztásához szükséges számítások elvégzését is ebben a fejezetben, valamint minden részegység fejezetében taglalom részletesen.

A tervezési fejezetben a fóliázó gép fő részeinek a tervezési folyamatát írom le, magyarázatot adva az alkatrészek egyes alaksajátosságainak a felvételére, megválasztására. Valamint egy általam választott alkatrész gyártási utasítását is bemutatom. Egyes részegységekre külön végesem vizsgálatot végeztem. A fóliázási művelet levegős simításáról egy részletes áramlástani vizsgálatot mutatok be az Ansys alkalmazás segítségével.

Ezek után ismertetem a tervezés legfontosabb számításait, a szilárdsági méretezéseket és ellenőrzéseket, majd a számítások eredményei alapján szükséges hajtómotor, hajtómű és csapágycsapat választását. Elkészítettem és a dolgozatban bemutatom a fóliázó gép fontosabb alkatrészeinek 3D-s rajzait, a gyártáshoz szükséges műhelyrajzokat, végül az összeállítási rajzot SolidWorks programban.

A következő fejezetben a fóliázó gép működtetésére PLC programot készítettem, majd a program alapján működő végrehajtó elemeket és a biztonságtechnikai berendezések működését mutatom be.

Az utolsó fejezetben olyan fejlesztési javaslatokat fogalmazok meg, amelyekkel tovább növelhető a fóliázás sebessége, valamint javítható a fóliázás minősége, továbbá megvizsgálom a berendezés automatizálásának jövőbeli lehetőségeit.

1. A Wittur Hungária Kft. bemutatása

A Wittur Hungária Kft. a Sematic Hungária Kft. jogutódja, amely egy liftek gyártásával foglalkozó vállalat.

A Sematicot 1959-ben alapították Olaszországban, ahonnan a Lift Munich vállalattal kötött vállalati megállapodásnak köszönhetően pár év leforgása alatt egész Európába gyártottak liftajtókat, kabinokat és alkatrészeket. Míg a Sematic gyártotta a termékeket, addig a Lift Munich eladta azokat szinte Európában. 1988-ban már az Egyesült Királyság piacára is gyártottak liftelemeket, majd 1993-ban Észak Amerikában is betörték a piacra.

A magyarországi gyárat 2000-ben alapították, ekkor még Sematic néven és nagyon kicsi létszámmal ill. csak pár géppel indult a vállalat. Majd 2016-ban a Wittur Group felvásárolta a Sematicot, amelynél mára már a vállalatnál dolgozók száma meghaladja a 800 főt és több tízezer ajtót és liftalkatrészt gyártanak évente. Ma már több termékcsoporthoz gyártanak az egyszerű liftektől kezdve a luxuskategóriát képező liftekig.

Az elmúlt két évben nagymértékben megnőtt a liftkabinok gyártásának száma. Ezen a területen több termékcsoporthoz is gyártanak a személylifektől kezdve a kórházi és teherliftekig.



1. ábra: Új típusú Vesta liftkabin. Forrás: <https://www.wittur.com/en/elevator-components/cars/vesta.aspx>

2. Irodalmi áttekintés

A dolgozatom jelentős részben a konstrukció megtervezéséből áll, amelyhez a Diószegi György által írt „Gépszerkezetek méretezési zsebkönyve” című [3] könyv nyújtott jelentős segítséget. A tervezés során szükséges szilárdsági ellenőrzésekhez a végeselem-módszert alkalmazom, „A végeselem-módszer alapjai” [2,4] c. jegyzetekben leírtak alapján.

2.1 Konstrukció megalkotása

Ebben a fejezetben a konstrukció megalkotásához szükséges alapismereteket tárgyalom, és a tervezési- méretezési kérdéseinek megválaszolásához szükséges műszaki ismeretek meghatározását végzem el.

2.1.1 Az *ipari szépség*

Először is mit érthetünk ipari szépség alatt? Itt szeretnék megkülönböztetni egy általános emberi szépségérzetre alapuló megközelítést, amelyeket saját tapasztalataim alapján tudok elmondani, valamint szeretnék ismertetni egy tárgyilagos megközelítésű nézőpontot. Kezdjük az utóbbival. Ez a gép működésének ismeretére épülő, az ember és gép kapcsolatát tükröző, a megmunkálási módhoz illő, célszerű gazdaságos szépség, ami harmonikus egységet teremt gyár és dolgozó között. Ennek megalkotása a formatervező és/vagy a tervező munkája [3].

Mint általános emberi szépségérzeten alapuló megközelítés, szeretném megemlíteni a dolgozók komfortjának növelését. Ugyanis egy dolgozó is szívesebben dolgozik egy olyan gépen, ami tiszta, nem kopott a festék rajta, nem csöpög belőle az olaj.

A mai világban, ahol egyre többet adnak a kinézetre, az ergonómiára, a formák összhangjára, egy olyan gép, ami ennek teljesen ellentétje, negatív hatást válthat ki a dolgozókból. Ugyanis egy dolgozó, aki nem akar dolgozni egy gépen, mert az „csúnya”, nem fog a tőle elvárható legjobb tudása szerint dolgozni. Ezért is tartom fontosnak nem csak egy gépnek, hanem esetlegesen egy gyártósornak a „szép” kialakítását. Ezeknek az elvárásoknak a kielégítése nem feltétlenül gazdaságos, azonban sok esetben egy „réginek” mondott gépen, ami öntöttvasból készült, elég egy újító festést alkalmazni, és már ezzel is növeljük a dolgozók elégedettségét.

Egy új gép vásárlásakor, annak „rossz” kialakítása miatt a dolgozók nem akarnak majd dolgozni rajta, mert úgy gondolhatják, hogy az semmivel nem jobb, mint a régi gépek. Pedig azok csak „szebben” néznek ki.

Ezért figyelembe kell venni a tervezéskor, formatervezéskor, hogy egy gép „divatos” legyen, de ne menjen el giccses, vagy a túl merész kialakításig. Továbbá törekedni kell arra, hogy egy gépnek

a kialakítása segítse annak megértését. Magától értetődik, hogy egy „csúnya” gépet nehezebb eladni is, ugyanis a csúnyaság mögött a konstrukció hiányát is feltételezhetik [3].

2.1.2 Szilárdsági méretezések és méretezéshez szükséges jellemzők meghatározása

Az alkatrészek és szerkezeti elemek méretezésének két célja van. Az első, hogy az alkatrész méreteit úgy határozzuk meg, hogy törés ne következzen be és a teherbírás, tehereloszlás megfelelő legyen. Másodsorban, hogy a terhelések megszűnése után maradó alakváltozás ne történjen [3].

Az alkatrészek méretezésének alapvető feltétele az anyag szerkezeti tulajdonságainak ismerete és az igénybevételek jellemzőinek ismerete. Ide tartozik az ébredő és megengedett feszültség meghatározása, az alkatrész elfogadható és igénybevételeiből adódó alakváltozása, valamint az alkatrész biztonságos működésére vonatkozó biztonsági tényező ismerete [3].

Mivel a tervezendő fóliázó gép többnyire zártszervényből fog állni, ezért ezeket az elemeket „karcsú” rudaknak veszem, amit kihajlásra is ellenőrizni kell.

Mit nevezünk karcsú rúdnak? Karcsúnak nevezzük azokat a rudakat melyeknek keresztmetszetükhöz képest hosszúak. Az ilyen rudak nyomóerő hatására különlegesen viselkednek. Az ilyen jellegű rudak terhelhetőségét nemcsak a geometriai jellemzők határozzák meg, hanem annak befogása és anyaga [3].

A kihajlás állapota azt jelenti, hogy a karcsú rúd egy bizonyos nyomóerő hatására más alakot vesz fel, tehát kihajlik [3].

A kihajlásra való ellenőrzésre azért van szükség, mert a kihajlás és az ezt követő törés még az anyag rugalmassági határának elérése előtt történik. Még más esetekben a kihajlás már csak a rugalmassági határ átlépése után következik be [3]. Ennek ellenőrzése az anyag rugalmassági modulusa és az úgynevezett karcsúsági tényezője alapján történik [3].

2.2. Végeelem-módszer alkalmazása

A végeelem módszer tárgyalásához elsőként néhány alapfogalom:

Idealizáció: Az idealizáció a valós fizikai problémától a matematikai modellig vezető lépés. A műszaki gyakorlatban ez a legfontosabb lépés, mert nem gépesíthető. Ezt mindig ember végzi [2].

Modellek: A modell egy szimbolikus (elvont, absztrakt) gép, amelynek célja egy rendszer működésének leírása és előrejelzése bizonyos szempont(ok)ból [2].

Diszkrétizáció: A modellalkotás egy egyszerűsítő lépés. Azonban nem minden fizikai rendszer modellje elegendően egyszerű ahhoz, hogy megoldjuk azokat. Gyakran térbeli és idő változók szerinti csatolt parciális differenciálegyenletekkel állunk szemben, amelyekre peremfeltételek is vonatkoznak (bonyolult peremfeltételekkel megadott peremérték feladatok). Az ilyen feladatoknak végtelen sok szabadsági foka van [2].

A végelem módszer: A végelem módszer (VEM) a szerkezeti mechanika domináns diszkrétizációs technikája. Fizikai nézőpontból a VEM alapgondolata az, hogy a modellt egymással nem átfedő egyszerű geometriai tartományokra bontjuk, amelyeket végelemeknek, vagy egyszerűen csak elemeknek hívunk. Az egyes elemek válaszfüggvénye (response - válasza a külső hatásokra, matematikai értelemben is válasz) kifejezhető véges számú szabadsági fok segítségével, amelyeket egy vagy több függvénynek a csomópontokban felvett értékeként kaphatunk meg. A modell válaszát a diszkrét modell válaszával közelítjük, amelyet az egyes elemek összekapcsolásával kapunk [2]. Miért alkalmazom a konstrukció ellenőrzéséhez a végelem-módszert? Hagyományos módszerekkel egyes szerkezetek ellenőrzése sokáig tartana, egyes esetekben az ilyen feladatok megoldhatatlanok. Ezért a mérnökök eddig közelítő képletek alkalmaztak, amelyekkel már elérhették a szükséges számítási pontosságot. A végelem módszer megjelenése után ezek a feladatok gyorsabban megoldhatóvá váltak és olyan problémákat is megtudtak oldani, amiket eddig nem [4]. Az én esetemben a konstrukció végellenőrzéséhez használtam ezt a módszer, ezzel meg tudtam állapítani, hol vannak a feszültséggyűjtőpontok, hol kell plusz merevítőket alkalmazni, valamint a módszer használata meggyorsította számolásaimat, ellenőrzéseimet. Továbbá alkalmaztam még a fólia simítására használt levegős rendszernek az ellenőrzésére. Ezzel sikerült egy olyan megoldást találni, ami költséghatékony, gyors, ugyanakkor teljes mértékben kielégíti az ellenőrzés pontossági követelményeit.

3. A jelenleg alkalmazott technológia

A vállalatnál jelenleg alkalmazott technológia teljesen manuális. A dolgozónak kézzel kell a fóliát végig vezetni a burkolni kívánt elemeken, majd le kell vágni a fóliát. A műveletet megnehezíti az, hogy az állvány mellett sétálva tudja csak felvinni a fóliát, ami a dolgozónak kényelmetlenséget okoz. Az új eszközzel az dolgozók munkáját meg tudjuk könnyíteni, az emberi adottságoknak a lehető legjobban megfelelő munkaeszköz és munkakörnyezet kialakításával. A nehézségeket növeli az is, ha egy nagyon széles, vagy nagyon magas elem kerül az asztalra, ugyanis ezek az elemek lelógnak az asztalról, és a nagyobb szélesség miatt plusz fóliát kell használni a teljes lefedettség eléréshez. Ehhez az elemet többször el kell mozdítani, ami lassítja a munkafolyamatot.

Tehát a jelenleg alkalmazott technológiával készült fóliázások minősége gyakran nem megfelelő, sok helyen meggyűrődhet a fólia, összeragadhat, ezáltal felesleg keletkezik. Továbbá a dolgozók ferdén burkolhatják az elemeket és ezért több fóliát is elhasználhatnak, amely a környezetre is káros, valamint plusz költséggel terheli a vállalatot.

3.1. A jelenleg alkalmazott technológia részletezése

A következőkben bemutatom a cégnél alkalmazott jelenlegi technológiát.

1. A dolgozó kézzel felrakja a burkolni kívánt elemet a fóliázó asztalra (2. ábra.).



2. ábra: Jelenlegi fóliázó asztal

2. Ezután a fóliázandó tételt pozicionálja a fóliatekeres elé, úgy, hogy kellő mennyiségű védőfólia kerüljön az elem felső és oldalsó részéhez egyaránt, nagyobb elemek esetén mind a két fóliát használja (3. ábra).



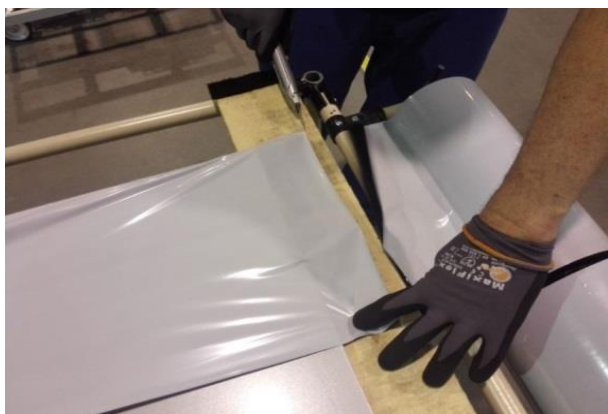
3. ábra: Fóliázás folyamata

3. Ezt követően végighúzza a fóliát a burkolni kívánt elem felett, majd a végén ráhelyezi az elemre és körben lesimítja a fóliát. Nagyobb elemek esetén ezt a műveletet meg kell ismételni addig, amíg teljesen el nem látják fóliával a fóliázandó elemet (4.ábra).



4. ábra: Fóliázás folyamata

A lesimítás után a felesleges védőfóliát kézzel vágják le egy szike segítségével (5.ábra.), majd a másik oldalán is lesimítják a fóliát (6. ábra.)



5. ábra: Fóliázás folyamata



6. ábra: Fóliázás folyamata

1. táblázat: Technológiák összehasonlítása

	A jelenlegi technológia paraméterei	A bevezetendő technológia várt paraméterei
Termelékenység	1 darab/perc	3 darab/perc
Maximális elemszélesség	795 mm	1000 mm
Maximális elemhosszúság	2450 mm	3300 mm

Forrás: Saját táblázat

4. Konstrukció megalkotása

A konstrukció tervezése során több megoldandó problémával is találkoztam, amelyek megoldása során további, gyakran más jellegű nehézségek merültek fel. Ezek a feladatok általában a fóliázandó elem mozgathatához szükséges gépelemek kialakításához és annak elhelyezéséhez kapcsolódtak a készülő konstrukción. Fontos feladatként merült fel a fólia simításához szükséges alkatrészek, részegységek kiválasztása és elhelyezése. Meg kellett oldani a különböző részegységek hajtásának, energiaforrásának a biztosítását, kiépítését, és ezeken felül gondoskodni kellett a biztonságos működésről. Ennek a tervezési folyamatnak az eredményeit fogom bemutatni a következő fejezetekben.

4.1 Kiinduló adatok és a tervezés előkészítése

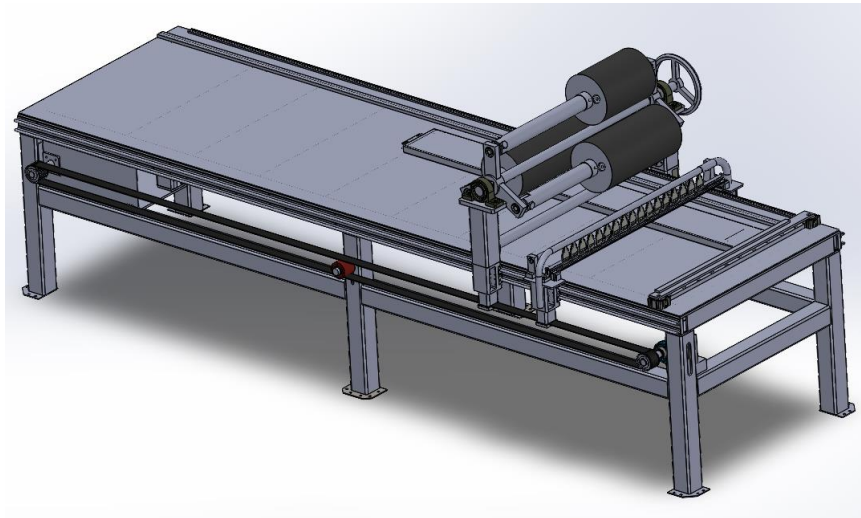
Kiindulásként a vállalatnál gyártott legmagasabb és legszélesebb liftajtót vettem alapul. Ennek az ajtónak a magassága 3020 mm, szélessége pedig 930 mm.

Ezért a gyártandó fóliázó gépnek (7. ábra.) a méreteit valamivel nagyobbra vettem, hogy a védőfóliával való burkolás minden méretre gond nélkül megtörténhessen. Ennek megfelelően a gép méreteit a következőre választottam:

Hossz: 4000 mm

Szélesség: 1150 mm

Magasság: 908 mm

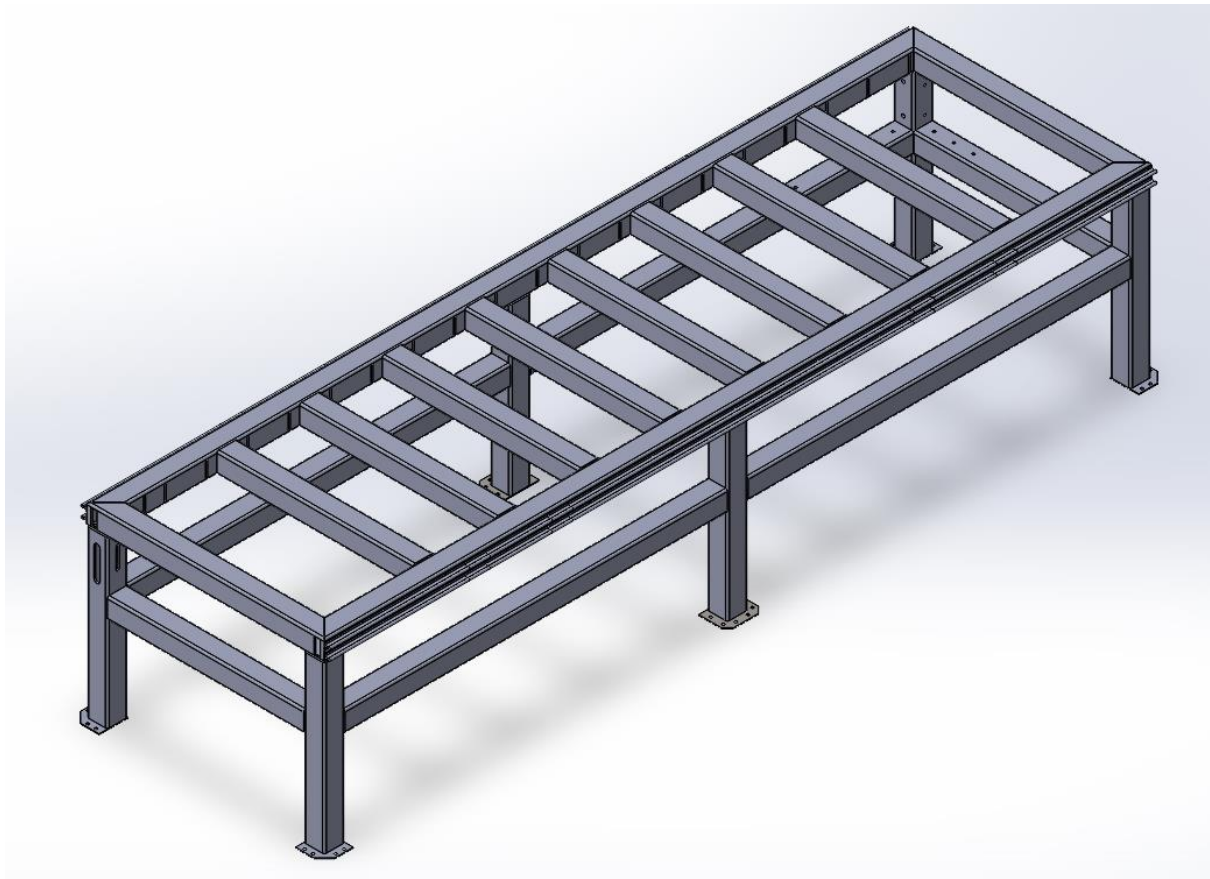


7. ábra: Fóliázó gép Forrás: Saját kép, Solidworks alkalmazásból

Ebben a fejezetben a legfőbb elemek méretezésére és vizsgálatára fogok kitérni. Méretezem a fóliázó gép állványát, ami a munkaasztal alapját fogja képezni. Az ellenőrzés a végelelem módszer segítségével történik, az Ansys alkalmazás felhasználásával. Ezt követően a fólia mozgatásáért felelős szerelvény és alkatrészeinek méretezését végzem el, valamint ennek a részegységnek a terheléses vizsgálatát is ebben a fejezetben mutatom be. Ezt követően a fólia simításáért és vágásáért felelős részegységet tervezem meg, majd a fóliasimításra használt levegős rendszer áramlásszimulációjának kiértékelését végzem el. Végül a hajtáshoz szükséges elemek kiválasztását és méretezését ismertetem.

4.2 Asztal tervezése

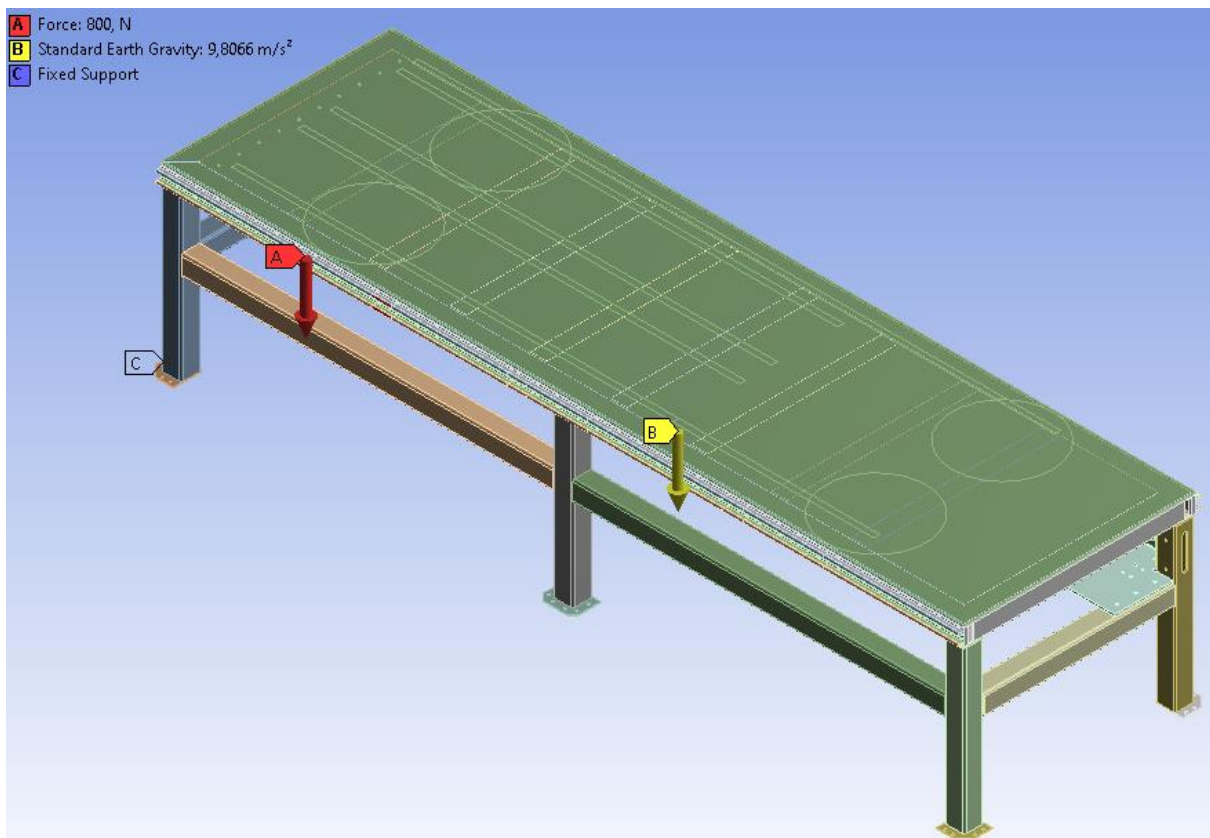
A gép állványszerkezeteként egy asztalt (1. sz. melléklet) terveztem (8. ábra.), amit hegesztéssel állítunk össze. Anyagának egy S235JR-es 100x100X8F-es zártszervénnyt [5] választottam. Az állványszerkezetre egy olyan lemez kerül, amit filccel vonunk be, hogy ezzel elkerüljük a fóliázandó elemek esetleges sérülését.



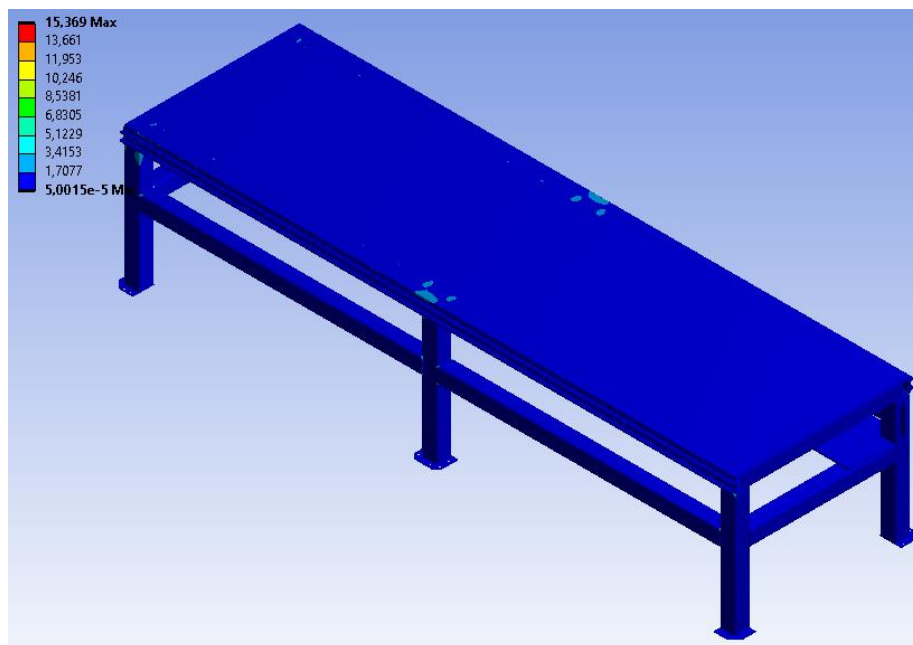
8. ábra: Fóliázó gép asztal Forrás: Saját kép, Solidworks alkalmazásból

4.2.1 Az asztal terhelései

Az asztal teherbírását végeelem módszerrel ellenőriztem, először állóhelyzetben, terhelés nélkül, majd több liftajtóval való terhelésre, végül egyéb terhelésekre is teszteltem. Üresjáratban a szerkezetet csak a saját súlya, a fólia-tartó és a fólia simításáért felelős részegységek súlya terheli. Az ellenőrzéshez figyelembe vettem a súlyerőt, a részegységek súlyából adódó terhelést megosztó erőként jeleníttem meg a szimuláció során. Ennek értéke 800 N, ami valamivel nagyobb, mint a részegységek súlyából származó súlyerő. Ebben a szimulációban azért nem jeleníttem meg a további alegységeket, mert azok több információval nem szolgálnak, viszont növelik a szimulációban az elem számot, ami exponenciálisan növeli a matematikai probléma megoldási idejét.



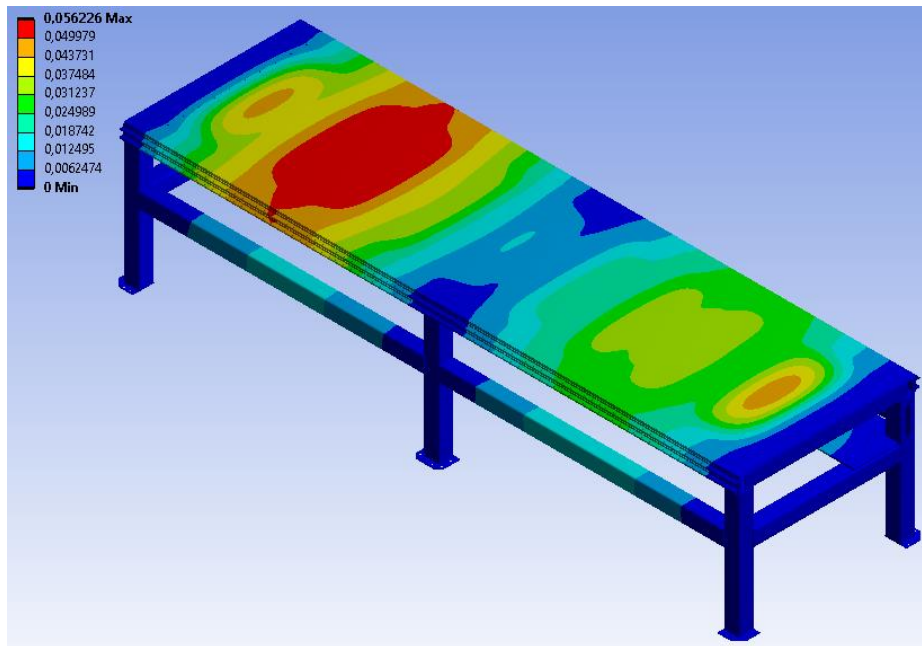
9. ábra: Fóliázó gép terhelései Forrás: Saját kép, Ansys alkalmazásból



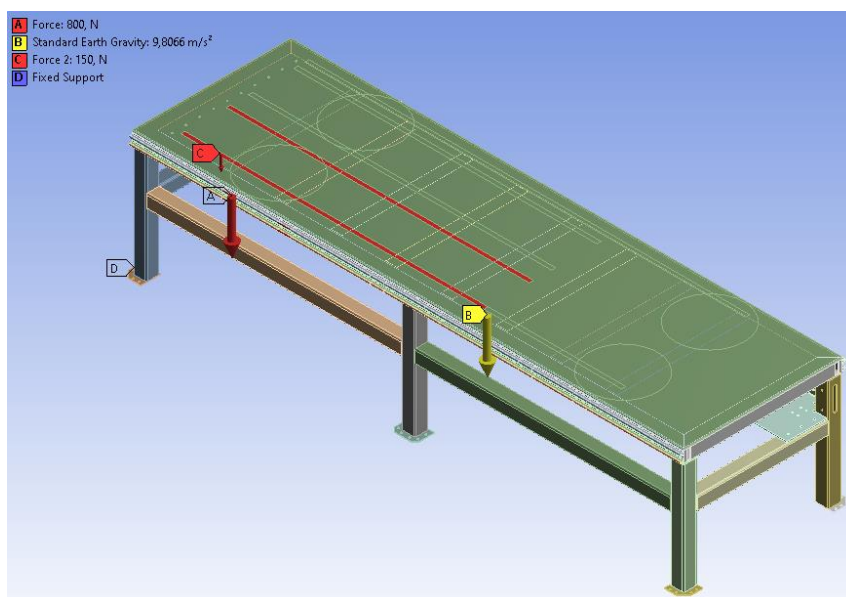
10. ábra: Fóliázó gép feszültség eloszlása Forrás: Saját kép, Ansys alkalmazásból

Látható, hogy az állványt nem terheli meg az üresjárat még akkor sem, ha a szerelvény az állvány tartólábai között helyezkedik el. Ahogy az a 11. ábrán is látható, az asztal lehajlása a 0,06

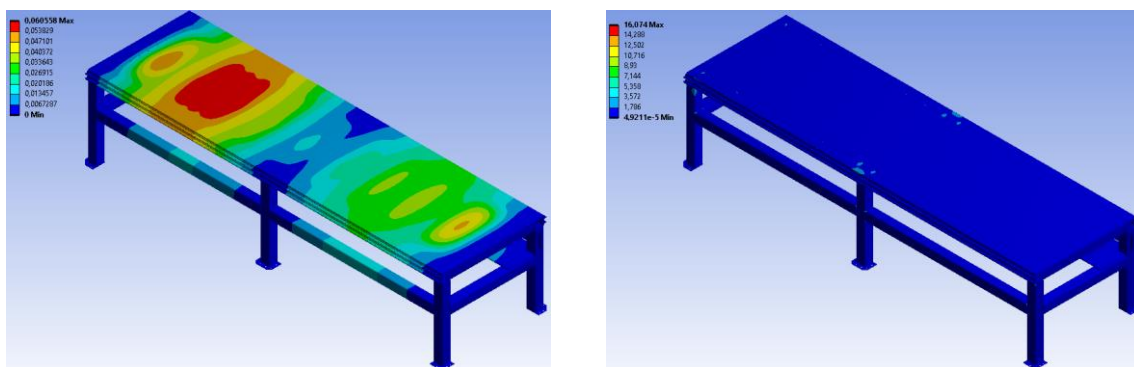
mm-t sem éri el. A továbbiakban lehetőség szerint itt fogom elhelyezni a szerelvényt, azért, hogy a lehető legnagyobb terhelést tudja felvenni az asztal.



11. ábra: Fóliázó gép lehajlása Forrás: Saját kép, Ansys alkalmazásból

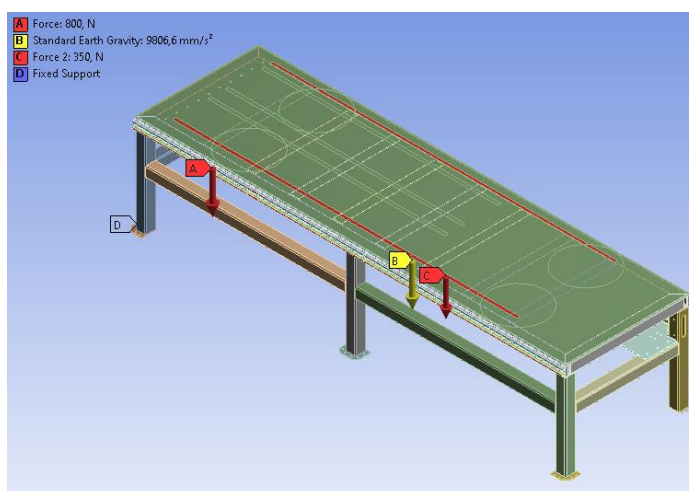


12. ábra: Fóliázó gép terhelései átlagos panel esetén Forrás: Saját kép, Ansys alkalmazásból

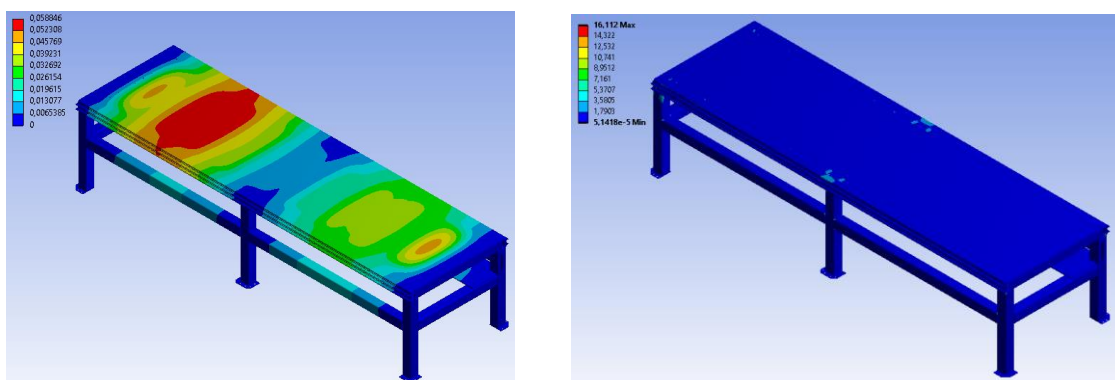


13. ábra: Fóliázó gép lehajlása és feszültségeloszlása átlagos panel esetén Forrás: Saját kép, Ansys alkalmazásból

A 12-13. ábrán bemutatott terhelési vizsgálatnál egy darab átlagos liftajtót helyeztem az asztalra, ennek a súlyából adódó terhelést 150 N-ra vettem fel.

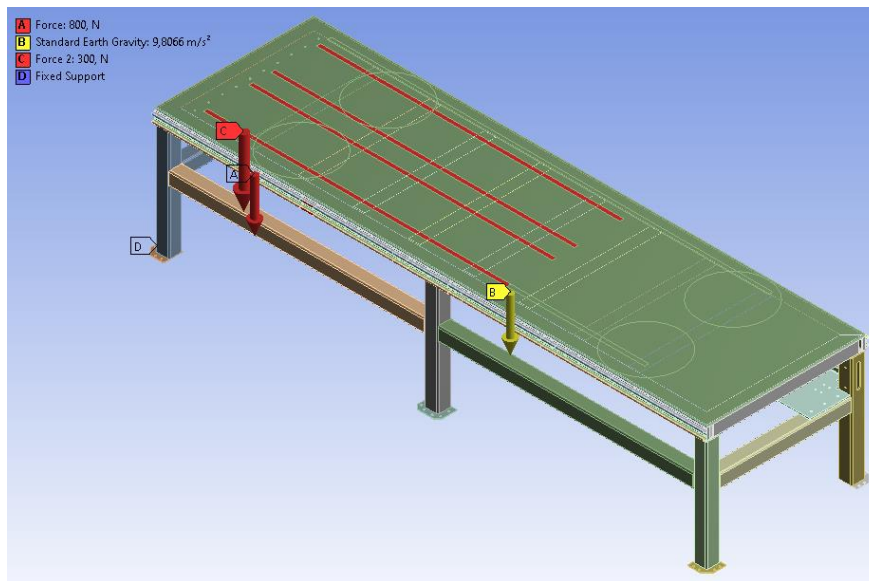


14. ábra: Fóliázó gép terhelései legnagyobb panel esetén Forrás: Saját kép, Ansys alkalmazásból

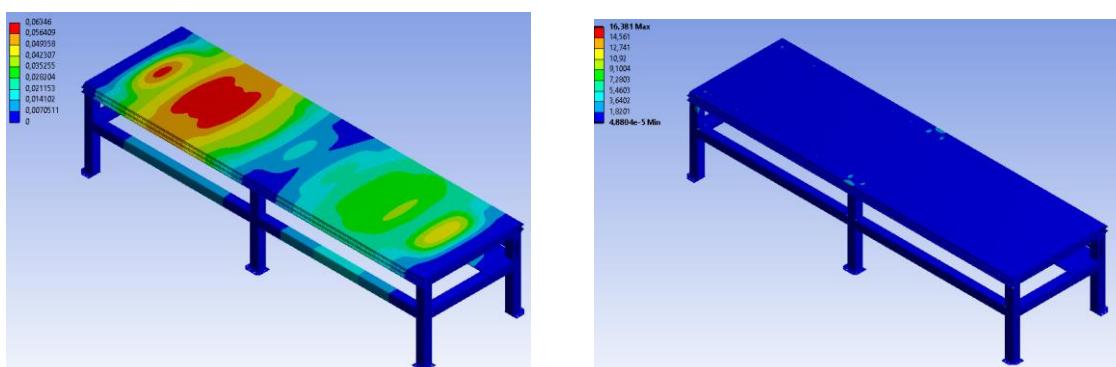


15. ábra: Fóliázó gép lehajlása és feszültség eloszlása legnagyobb panel esetén Forrás: Saját kép, Ansys alkalmazásból

A 14-15. ábrán bemutatott terhelési vizsgálatnál a legnagyobb liftajtót helyeztem az asztalra, az ennek súlyából adódó terhelést 350 N-ra vettem fel.

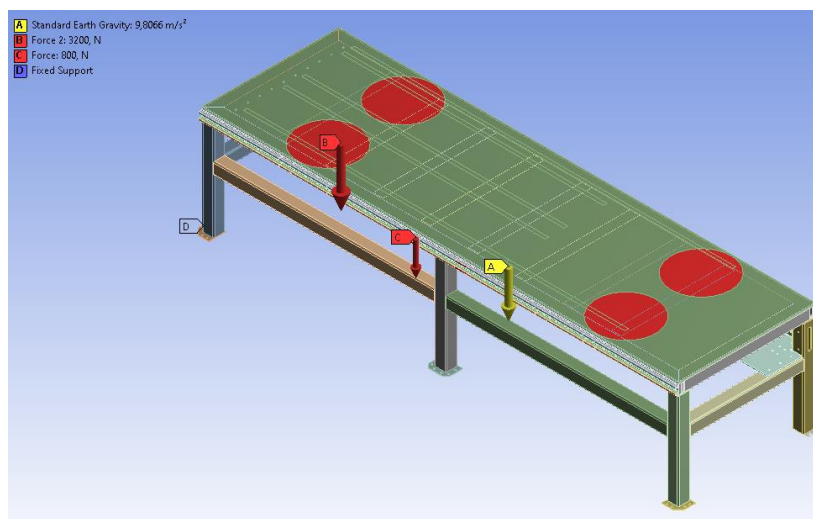


16. ábra: Fólizó gép terhelései több panel esetén Forrás: Saját kép, Ansys alkalmazásból

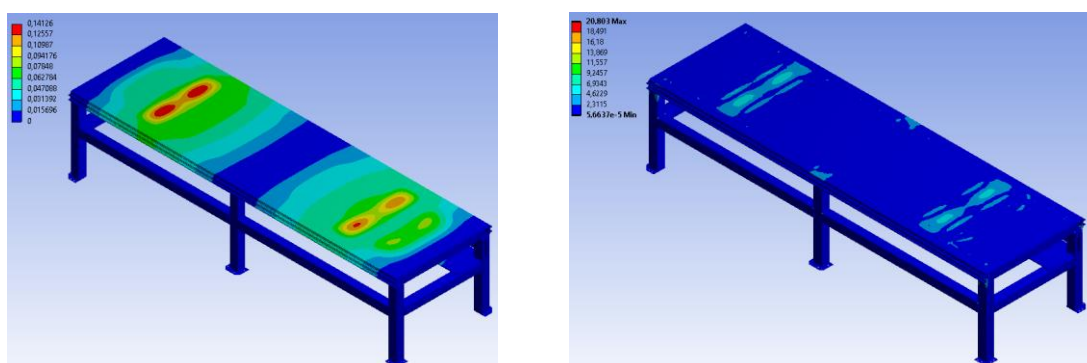


17. ábra: Fóliázó gép lehajlása és feszültség eloszlása több panel esetén Forrás: Saját kép, Ansys alkalmazásból

A 16-17. ábrán bemutatott terhelési vizsgálatnál kettő db. liftajtót helyeztem el az asztalon, amelyeknek méretei jóval kisebbek, mint a legnagyobb liftajtó. Súlyuk ennek megfelelően kevesebb, és az egyes elemek súlya eloszlik a tartóelemek és merevítők között.



18. ábra: Fóliázó egyéb terhelés esetén Forrás: Saját kép, Ansys alkalmazásból



18. ábra: Fóliázó gép lehajlása és feszültség eloszlása egyéb terhelés esetén Forrás: Saját kép, Ansys alkalmazásból

Az egyéb terhelés alatt egy olyan esetet vettem (18-19.ábra), amikor négy 80 kilogrammos személy ül (18. ábra.) a szerkezeten, és mint az az adatokból kivehető, a szerkezetet ez sem terheli meg kritikusan.

2. táblázat: Az asztal ellenőrzése különböző terhelések esetén

	Terhelés nélkül		Legnagyobb liftajtó		Átlagos liftajtó		Több liftajtó		Egyéb terhelés	
Nyomó-feszültség	15,369	N/mm ²	16,112	N/mm ²	16,074	N/mm ²	16,381	N/mm ²	20,803	N/mm ²
Elmozdulás	0,0562	mm	0,0589	mm	0,0606	mm	0,0635	mm	0,14	mm

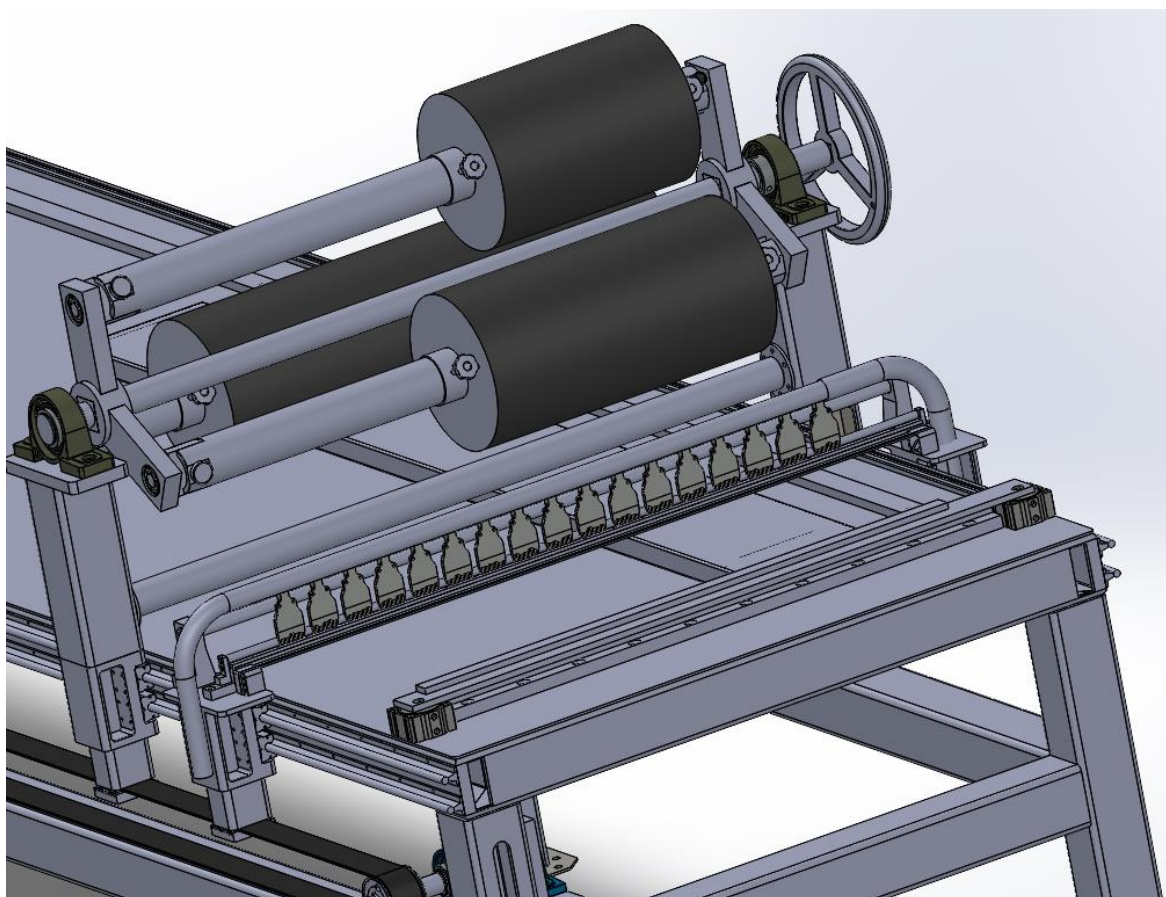
Forrás: Saját táblázat

Az eredmények vizsgálata során szembetűnő lehet, hogy egy átlagos panel (12. ábra.), szinte ugyanakkora maximális nyomófeszültséget képes létrehozni, mint a legnagyobb panel (14. ábra.). Ez azért lehetséges, mert a nagyobb panel nagyobb felületen fekszik fel, és annak súlya nagyobb területen tud eloszlani, és több merevítő bordát is érint, ami csökkenti a fajlagos terhelést. Az adatokból kivehető, hogy a legnagyobb terhelés akkor éri a szerkezetet, amikor két db. liftajtó van rajta. Ezeknek súlya nem éri el a legnagyobb liftajtóét, de felületre vetítve koncentráltabban helyezkednek, mint a másik esetben.

Az eredmények kiértékelése után a vállalati konzulensemmel egyeztetve megállapítottuk, hogy a cég által előírt lehajlási és maximális feszültségi értékeknek megfelel a szerkezet.

4.3 Szerelvény tervezése

A szerelvény két egységből áll. Van egy a fólia tartásáért, megvezetéséért és tájolásáért felelős egység (2. sz. melléklet) valamint egy simítástásért, továbbításért és vágásért felelős egység. Először a fóliatartó részt mutatom be.

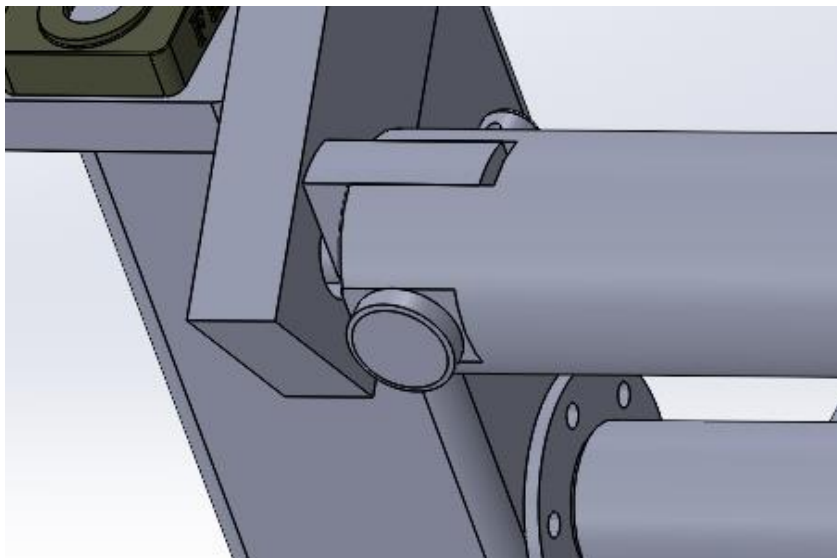


19. ábra: Szerelvény Forrás: Saját kép, Solidworks alkalmazásból

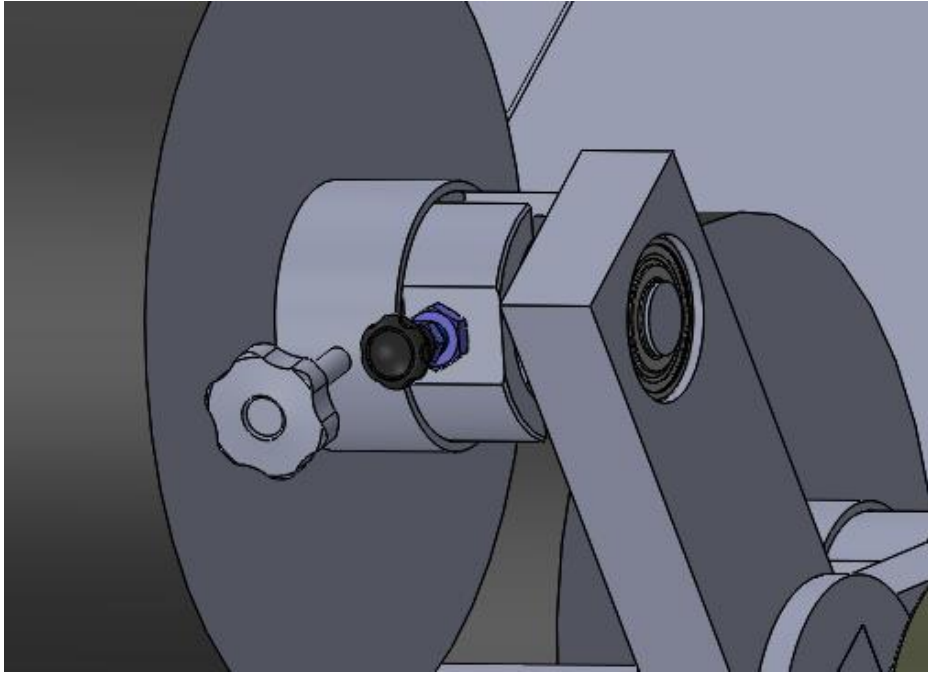
Működése: A dolgozó kiválasztja és elhelyezi a megfelelő szélességű fóliát a fóliázandó elem szélessége alapján, majd felhelyezi a burkolni kívánt elemet az asztalra, és a gépet alaphelyzetbe állítja, hogy megtörténjen a fóliának a befűzése. A fóliát átvezetve a simító görgő alatt, átfűzi azt a görgőpárba, majd átfűzi a pneumatikus pofák között. Ezután az operátor elindítja a gépet, ami rázár a fóliára ezzel megkezdve a fóliázást. A simítást végző egység ekkor a szerelvénnel együtt halad, és a nagynyomású levegő segítségével lesimítja a fóliát. A burkolás végeztével a szerelvények megállnak és egy forró dróttal megtörténik a vágás. A vágás végeztével a fólia fogó pofák kioldanak, hogy a dolgozó kényelmesen el tudja távolítani az elemet és betenni a következőt. Majd a műveletek végeztével a szerelvények alaphelyzetbe állnak és megtörténik a befűzés.

A tekercsek cseréjét egy kiforgatható tengellyel oldottam meg (21. ábra.). Ennek a tengelynek az egyik vége egy csuklóval van ellátva, amit könnyen ki lehet hajtani, és cserélni a tekercseket. A tengely másik vége egy könnyen oldható rögzítő tüskével van ellátva.

A fóliák megfelelő helyzetéről szorítógyűrűk gondoskodnak, amelyek meghatározzák mindkét oldalról a fólia helyzetét (22.ábra). Mind a két gyűrű állítható ezért, ha esetleg egy nagyobb széria következik. Ebben az esetben ezzel is csökkenteni lehet a műveleti időt, ha egyszerre több karon is ugyanaz a beállított fólia helyezkedik el.



20. ábra: Csuklós tengely Forrás: Saját kép, Solidworks alkalmazásból



21. ábra: Rögzítőgyűrű és rögzítő tűske Forrás: Saját kép, Solidworks alkalmazásból

A szerelvényhíd (23. ábra.) anyagának egy S235JR-es 100X100X8F zártszelvényt [5] választottam, a szerelvény híd betétjeinek pedig C45-ös anyagot [1]

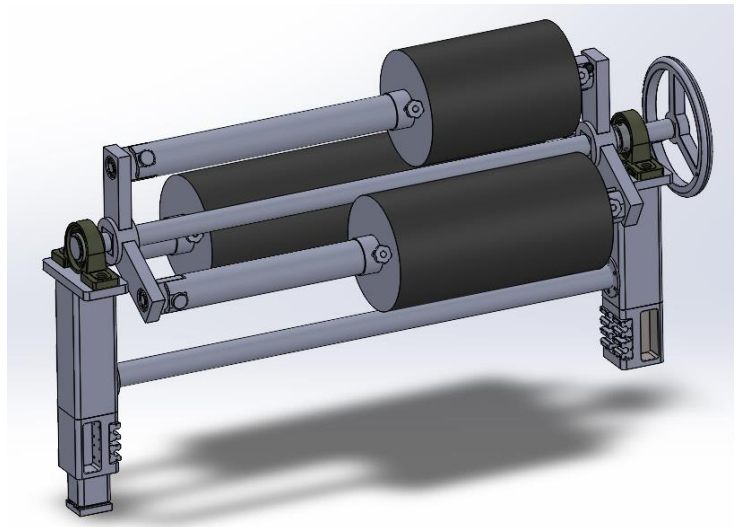
Szerelvényhíd méretei:

Magasság: 790 mm

Szélesség: 500 mm

Hossz: 1400 mm

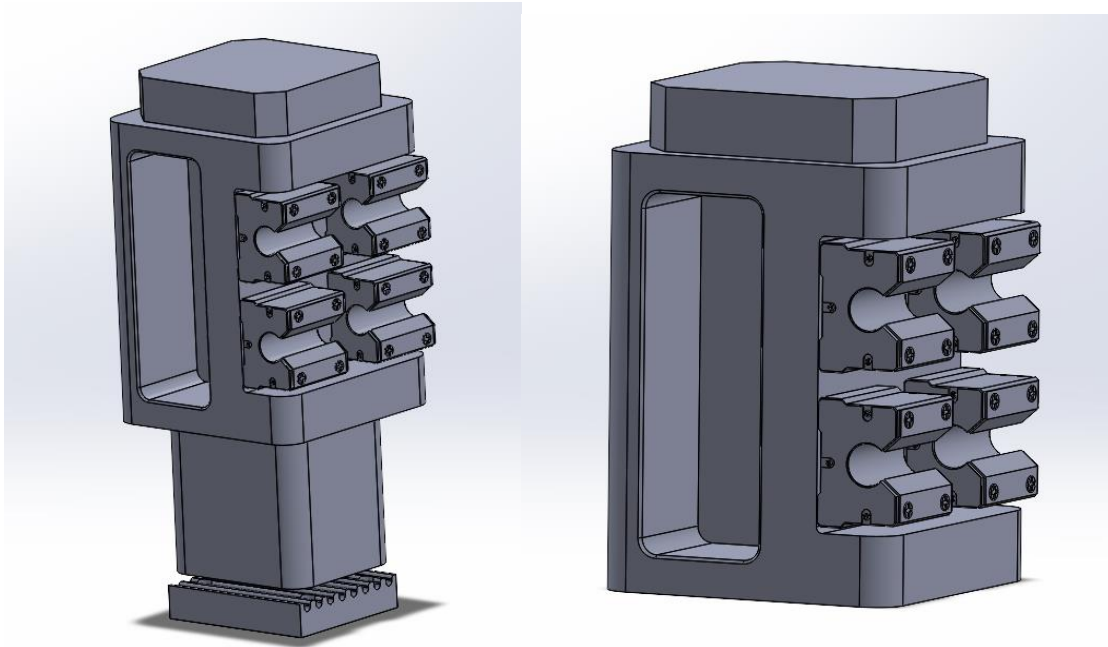
Keresztmetszet: 100X100 mm



22. ábra: Fóliatartó részegység Forrás: Saját kép, Solidworks alkalmazásból

A szerelvénybetétekre azért van szükség, hogy megkönnyítsem a lineáris kocsi kapcsolódását a szerelvényvel. Ugyanis, ha csak zártszelvényből állna a szerelvény, akkor csak a zártszelvény falvastagságán tudna felfeküdni a kocsi, ami nem tenné lehetővé a kocsi biztonságos, és stabil mozgását.

A szerelvénybetét 01 (24. ábra.) (3.sz. melléklet) nevű alkatrész tartalmazza majd a fogasszíjjal való összekapcsoláshoz szükséges felületeket. Ez az alkatrész fog kapcsolódni a fogasszíjhoz, ez fogja átvenni a szükséges mozgást a fóliázáshoz. A szerelvény betét 02 (24. ábra.) (4. sz. melléklet) nevű alkatrész az ellentétes oldali megvezetésben segít.



23. ábra: Szerelvény betét01 és Szerelvény betét02 Forrás: Saját kép, Solidworks alkalmazásból

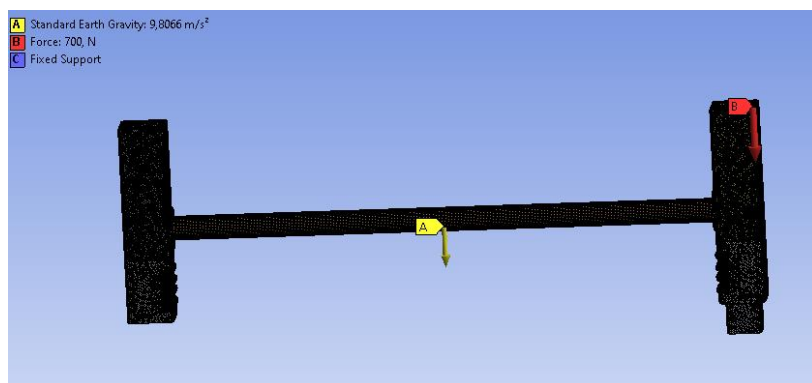
4.3.1 Szerelvény terhelése

A szerelvényre ható terhelések közé tartozik a saját súlyából adódó erő, a tekercstartó tengelyek és annak csapágiai, valamint a fóliatekerics súlya, annak lehúzásával járó erő és az egyéb gépelem és alkatrészek súlya (24. ábra). A második egységről nem készítünk külön vizsgálatot, mert a lineáris kocsit terhelő erők ebben az esetben lényegesen kisebbek, mint az első egységnél.

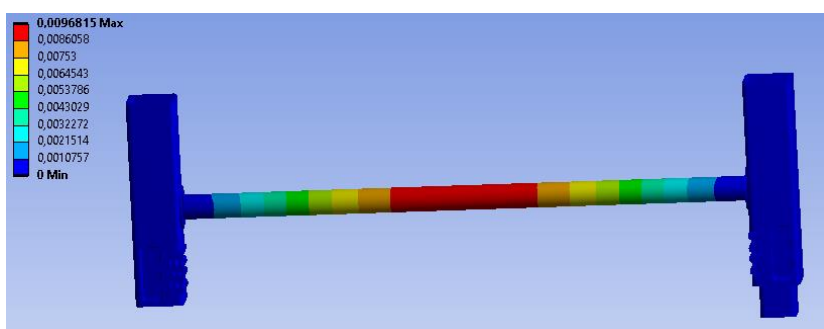
A fólia lehúzásához 15 N erő szükséges, ezt az értéket egy rugós erőmérő segítségével állapítottam meg, több lehúzási szöget is kipróbálva. A maximális erő 20 N volt, ezért a terheléseknél ezt vettem figyelembe

A szerelvényt terhelő legnagyobb feszültség $2,6861 \text{ N/mm}^2$ volt (27. ábra).

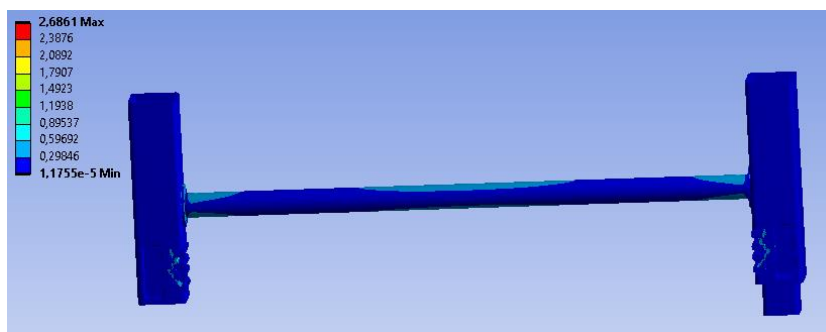
A szerelvény vizsgálatakor nem számoltam egyéb terhelésekkel. A legnagyobb lehajlás középen látható, ez a szerelvény hossza miatt is lényeges, de a lehajlás mértéke nem éri el $0,01 \text{ mm}$ értéket sem (26. ábra).



24. ábra: Szerelvény végeelem felosztása Forrás: Saját kép, Ansys alkalmazásból



25. ábra: Szerelvény lehajlása Forrás: Saját kép, Ansys alkalmazásból

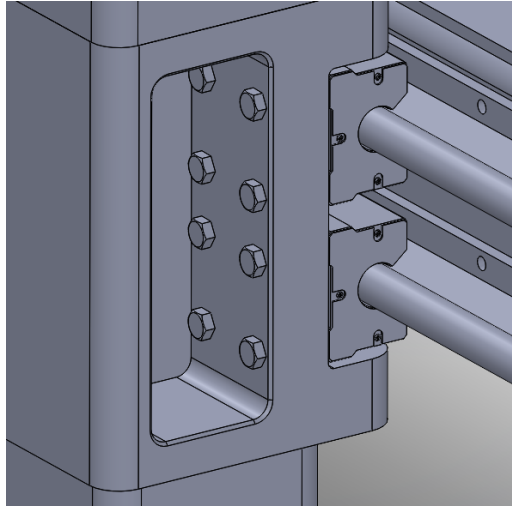


26. ábra: Szerelvény feszültség eloszlása Forrás: Saját kép, Ansys alkalmazásból

Az eredmények kiértékelése után a vállalati konzulensemmel egyeztetve megállapítottuk, hogy a cég által előírt lehajlási és maximális feszültségi értékeknek megfelel a szerelvény.

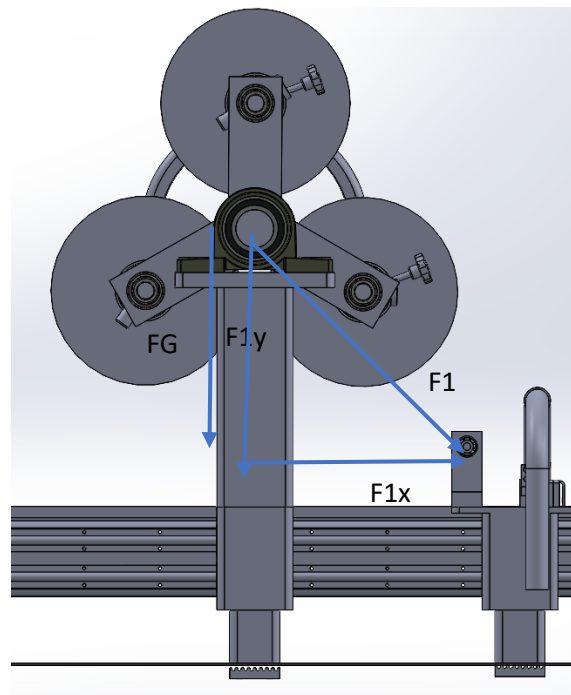
4.4 Lineáris vezeték és lineáris kocsi méretezése

A lineáris vezetéken csúszik a szerelvény a lineáris kocsik segítségével. A lineáris kocsikat 4 db M5-ös csavarral rögzítem a szerelvényhez, ezzel biztosítva a megfelelő szilárdságot (28. ábra).

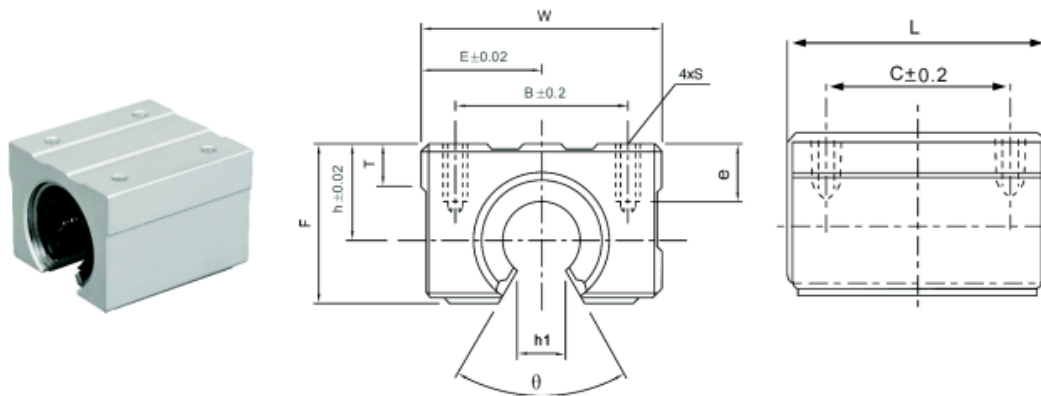


27. ábra: Szerelvénybetét rögzítése Forrás: Saját kép, Solidworks alkalmazásból

A lineáris vezetőket a szerelvény súlya terheli üresjáratban, de a fóliázás közben a fólia lehúzása is kifejt valamekkora erőt a vezetőkre (29. ábra).

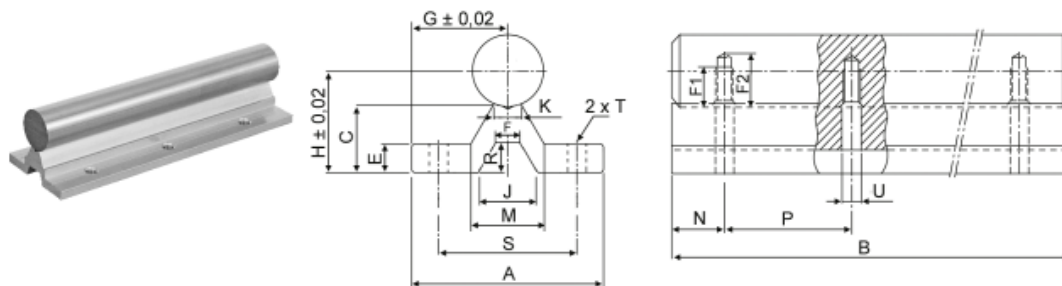


28. ábra: Szerelvénybetét terhelései Forrás: Saját kép, Solidworks alkalmazásból



Cikkszám Code	Típus Type	h	E	W	L	F	T	h1	θ	B	C	Sxe	Csapágy Bearing	Terhelés Load		Tömeg Weight
														C	C0	
														(N)	(N)	
84.040.007	SME16UU	20	22,5	45	45	33	9	10	80	32	30	M5x12	LM16UU-OP	774	1180	150
84.040.009	SME20UU	23	24	48	50	39	11	10	60	35	35	M6x12	LM20UU-OP	882	1370	200
84.040.011	SME25UU	27	30	60	65	47	14	11,5	50	40	40	M6x12	LM25UU-OP	980	1570	450
84.040.013	SME30UU	33	35	70	70	56	15	14	50	50	50	M8x18	LM30UU-OP	1570	2740	630
84.040.014	SME35UU	37	40	80	80	63	18	16	50	55	55	M8x18	LM35UU-OP	1670	3140	925
84.040.015	SME40UU	42	45	90	90	72	20	19	50	65	65	M10x20	LM40UU-OP	2160	4020	1330
84.040.016	SME50UU	53	60	120	110	92	25	23	50	94	80	M10x20	LM50UU-OP	3820	7940	3000

29. ábra: Lineáris kocsi Forrás:[10]



Cikkszám Code	Típus Type	Tengely Ø Shaft Ø	H	C	E	G	A	S	J	M	F	R	K	T	B (max)	P	N	F1	F2	U	Tömeg Weight (kg/m)
84.037.005	SA12	12	22,5	17,0	4	15	30	22	-	12	-	-	6	4,5	4000	100	20	6	9	M4	1,54
84.037.007	SA16	16	25	17,8	5	20	40	30	18	19	9	5,5	8	5,5	4000	150	50	8,5	13	M5	2,32
84.037.009	SA20	20	27	17,7	5	22,5	44	30	18	19	9	5,5	8	5,5	4000	150	50	10,5	15	M5	3,2
84.037.011	SA25	25	33	21	5,5	27,5	54	35	15	21,5	10	7,5	8	6,5	4000	200	100	11,5	18	M6	4,9
84.037.013	SA30	30	37	22,8	6	30	60	40	20	23,5	10	7,5	10	6,5	4000	200	100	15	20	M8	6,84

30. ábra: Lineáris körtengely Forrás:[7]

Választott kocsi: 84.040.07 [10]

Választott vezeték: 84.037.007 [7]

Lineáris kocsik maximális terhelhetősége:

$$C_{max} = C \cdot z \rightarrow C_{max} = 774 \text{ N} \cdot 8 \rightarrow C_{max} = 6192 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \cdot \sin \alpha \rightarrow F_{1y} = 20 \text{ N} \cdot \sin 20^\circ \rightarrow F_{1y} = 6,84 \text{ N}$$

$$C_{terhelő} = (m_{szerelvénny} + m_{fólia1} + m_{fólia2} + m_{fólia3}) \cdot g \cdot F_{1y} \rightarrow$$

$$C_{terhelő} = (52,5 \text{ kg} + 5 \text{ kg} + 8,5 \text{ kg} + 12,5 \text{ kg}) \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 6,84 \text{ N} \rightarrow$$

$$C_{terhelő} = 776,925 \text{ N}$$

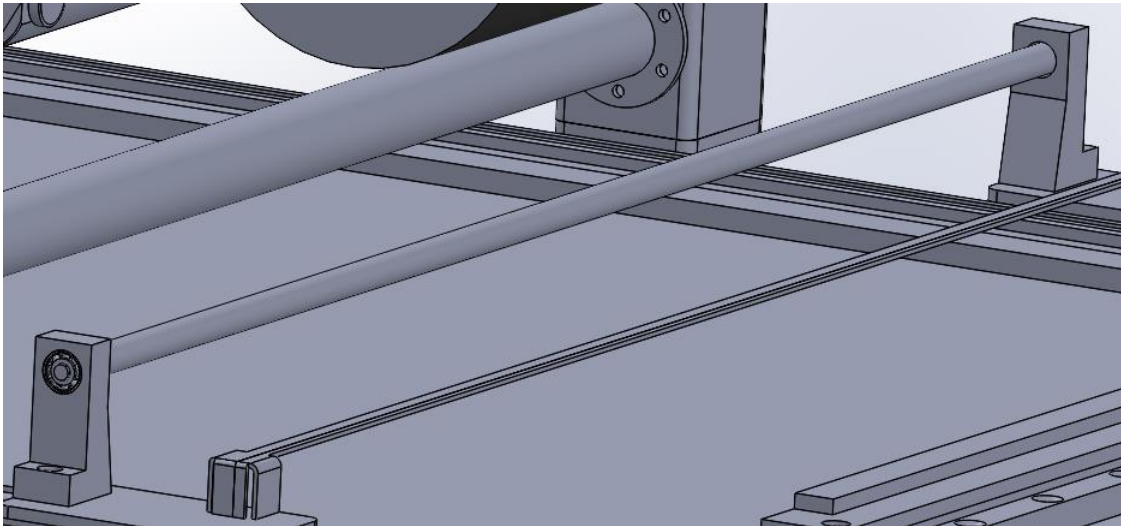
$$C_{terhelő} < C_{max}$$

Tehát a választott lineáris kocsi megfelelő!

4.5 A szerelvény további részegységeinek bemutatása

Ebben a fejezetben a fólia simításáért, továbbításáért és vágásáért felelős részegységek tervezését mutatom be.

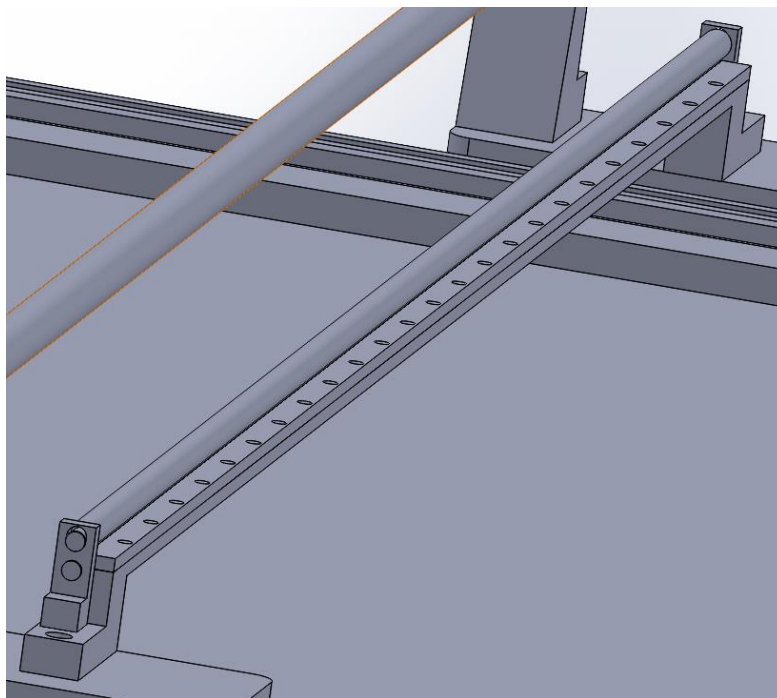
4.5.1 Fólia megvezető



31. ábra: Fólia megvezető Saját kép, Solidworks alkalmazásból

Erre az egységre azért van szükség, mert a fólia és a megvezető görgőpár magassága között nagy a különbség. Ezzel a részegységgel elérjük, hogy az megtörje a fólia irányát, ezzel elősegítve a könnyebb befűzést és fóliatovábbítást a következő részegységnek.

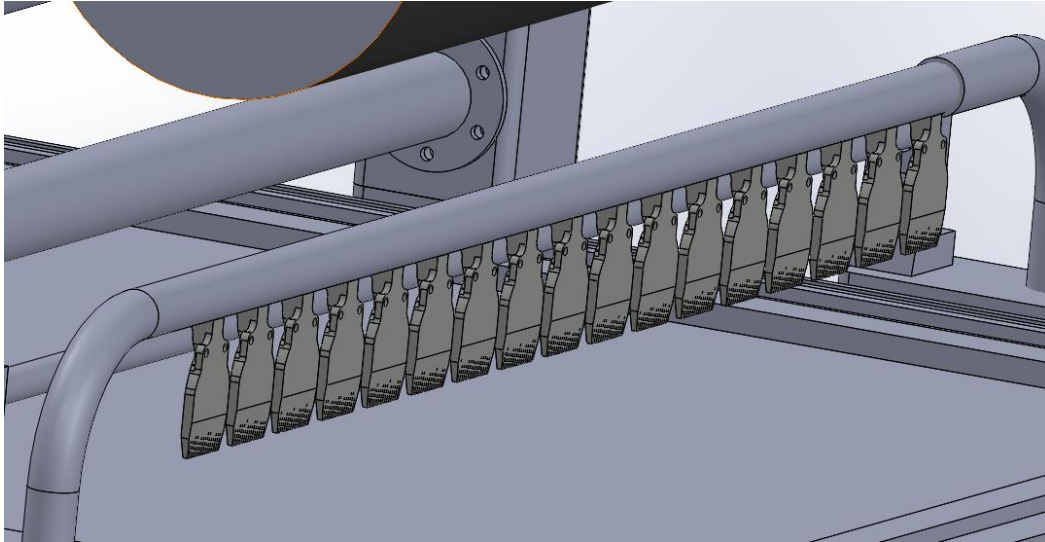
A következő részegység egy görgőpár, ez végzi a fólia megvezetését és továbbítását. A fólia befűzését elősegíti a tartórészen található oválfurat. Így az operátornak csak fel kell emelnie a görgőt és be is tudja fűzni alatta a fóliát. Erre a műveletre csak egyszer van szükség minden fóliaváltás esetén. A görgők olyan anyagból készülnek, amihez nem ragad hozzá a fólia ragacsos oldala, ezzel megakadályozva a fólia felragadását. A görgő saját súlyából adódóan tudja továbbítani a fóliát.



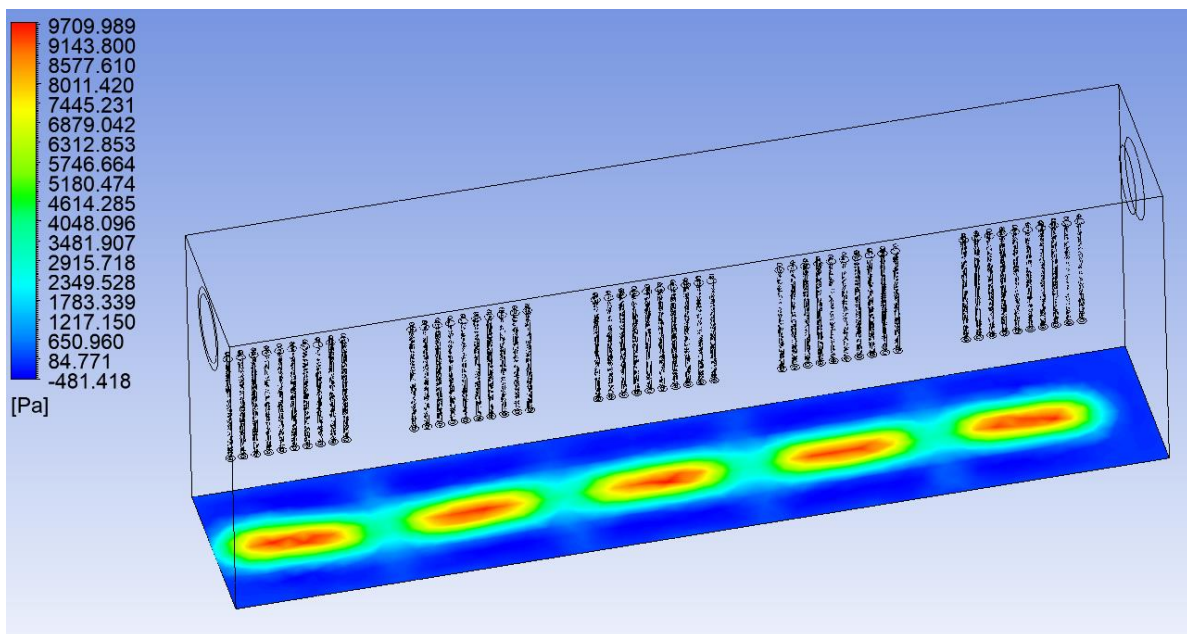
32. ábra: Fólia megvezető görgőpár Saját kép, Solidworks alkalmazásból

4.5.2 Fólia simításáért felelős részegység

A fólia simítását sűrített levegővel oldottam meg, ezzel elérve azt, hogy bonyolultabb kontúrral rendelkező elemeket is le tudjunk fóliázni. A lefűvó berendezés 4 bar nyomással dolgozik, és 17 darab többcsatornás lapossugarú fűvókát [12] használ. Ezek a fűvókák energiatakarékosak és zajszintjük kisebb, mint más hasonló teljesítményű társaik (34.ábra).



33. ábra: Fólia simító egység Saját kép, Solidworks alkalmazásból

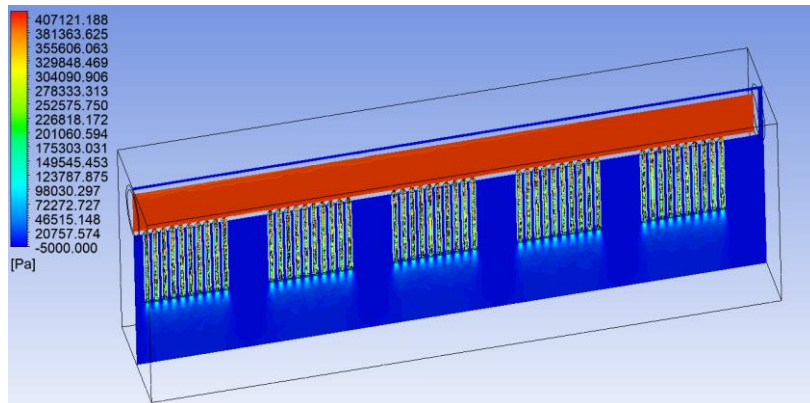


34. ábra: A fóliázandó terület nyomáeloszlása Saját kép, Solidworks alkalmazásból

Az áramlási szimulációnak azért láttam szükségét, mert maga a szerelvény elég hosszú, és szerettem volna látni, hogy ugyanaz a nyomás (vagy legalább egy bizonyos határon belüli eltéréssel ugyanannak kell lennie) az egész vezetékben. Erre azért van szükség, mert a fóliázás többségét a tápellátással ellentétes oldalon végzik, és csak a legnagyobb panelek eleje kapja meg a legnagyobb nyomást.

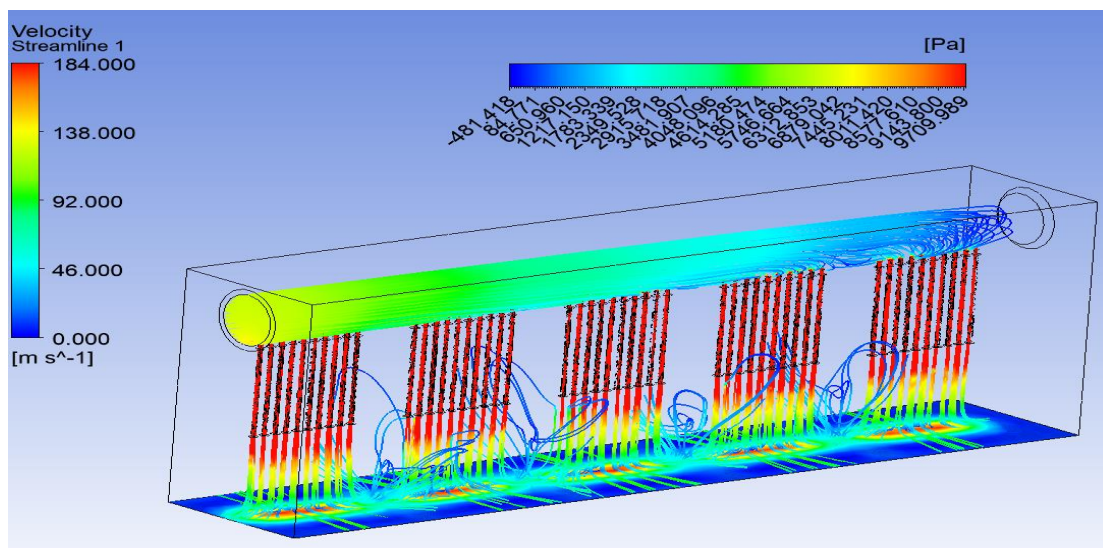
Ahogy a 35. ábrán látható, a felületen ébredő maximális nyomások közel azonos értékeket vesznek fel a fűvóka nyílások alatt. Ezekről eltávolodva láthatjuk, hogy a nyomás elég hamar felére csökken. Ez nem okoz problémát a fóliázás során, mivel ez a levegősugár végig fog haladni az egész

felületen, így valamilyen szinten végez egy elő és egy utó simítást is a felületen. A fúvókák közötti távolság (holttér) viszonylag kicsi, ezért ez nem okoz problémát a fólia simításában.



35. ábra: Teljes nyomástérkép a részegység keresztmetszetében Saját kép, Solidworks alkalmazásból

A 36. ábrán látható a teljes nyomáseloszlás a csőben és a fúvókákban. A csőben fellépő 4 bar nyomás, amikor kijön a levegő a fúvókákból, már csak nagyjából 1 bar nyomást tesz ki, viszont a kiáramló levegő sebessége többszöröse a csőben áramló sűrített levegő sebességének.



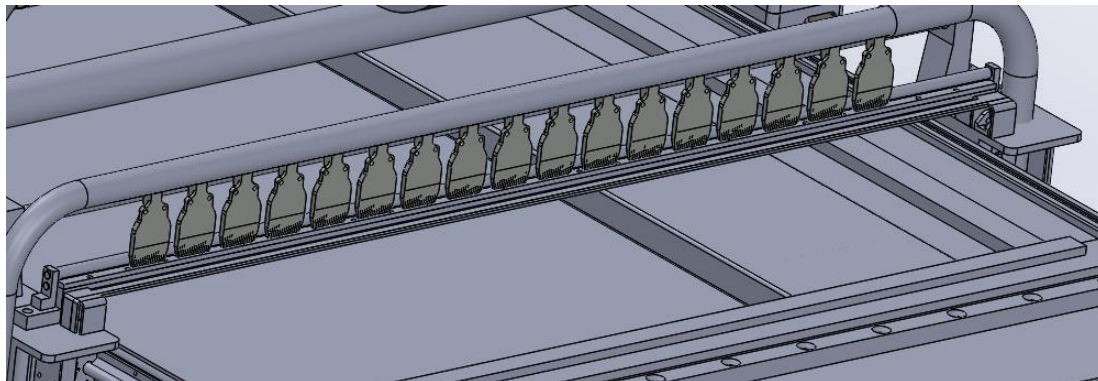
36. ábra: Sebesség és nyomás eloszlás bemutatása Saját kép, Solidworks alkalmazásból

A 37. ábrán látható a levegő áramlásának útvonala, ezen az ábrán 200 áramlási pályát látunk, és az áramlás által létrehozott felületi nyomást is feltüntettük, amelynek értékeit a 36. ábráról olvashatjuk le.

Ezzel a szimulációval megállapítható, hogy az elgondolásban szereplő többcsatornás fúvóka megfelelő lesz a feladat kivitelezésére.

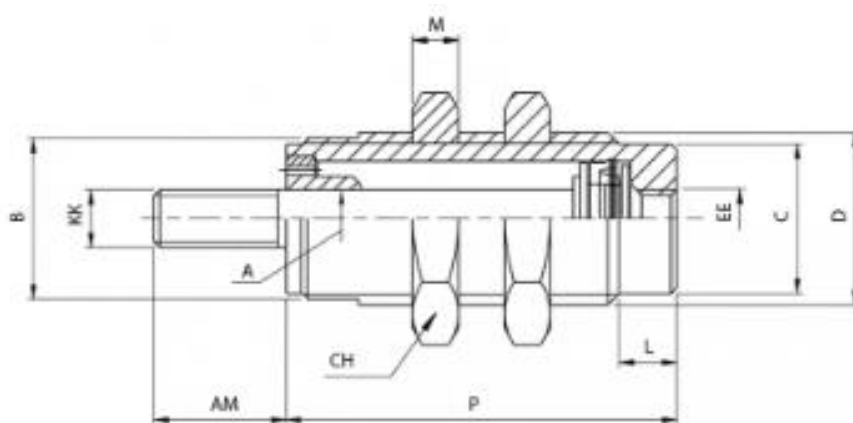
4.5.3 Fólia vágása

A fólia vágásáról egy forró drót gondoskodik, amelyet áram segítségével melegítünk fel. A drót egyik végén egy himba található, amelyhez egy rugó van csatlakoztatva, ami folyamatosan megfeszítve tartja a rugót (38.ábra).



37. ábra: Fólia vágó egység Saját kép, Solidworks alkalmazásból

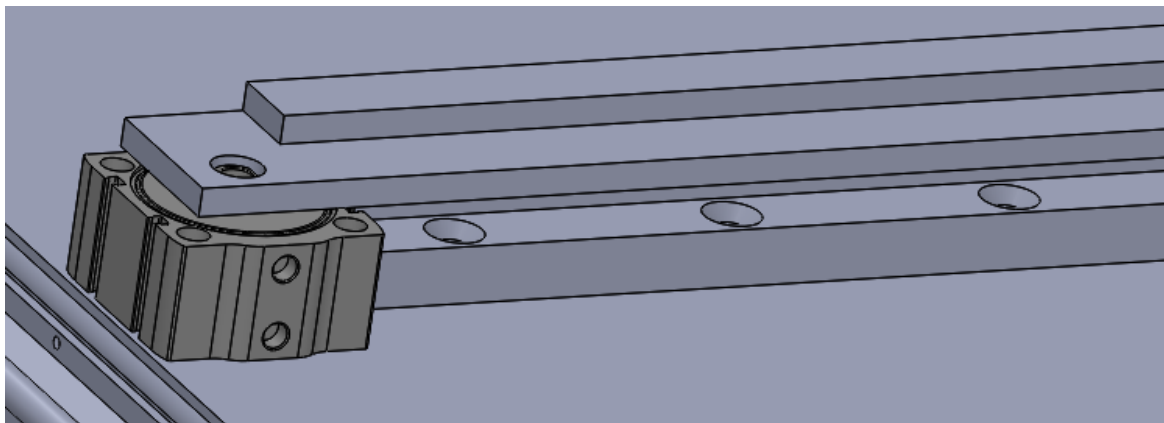
A drót másik végéhez pedig egy CAF6/10 típusú mini pneumatikus dugattyú van csatlakoztatva, ezzel valósítjuk meg a vágási folyamatot (39.ábra).



38. ábra: Fólia vágó egység pneumatikus hengere Forrás: https://www.hafner-pneumatika.com/caf/caf_6-10

4.5.4 Fólia megfogása és liftajtó tájolása

A fólia megfogásáért egy álló pofa és egy mozgó pofa felelős (39.ábra).



39. ábra: Fólia lefogó egység Saját kép, Solidworks alkalmazásból

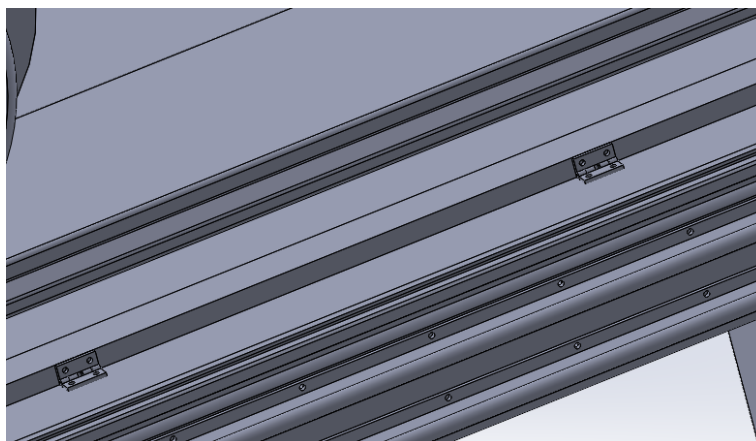
Forrás: Saját kép, Solidworks alkalmazásból

A mozgatót egy kettősműködésű pneumatikus henger végzi. Ide fűzi be az operátor a fóliát minden megkezdett fóliázandó elemnél (41.ábra).



40. ábra: ADN-S-12-5-I-P-A kompakt dugattyú Forrás:

<https://www.festo.com/hu/hu/a/8076406/?q=%7E%3AsortByCoreRangeAndSp2020>

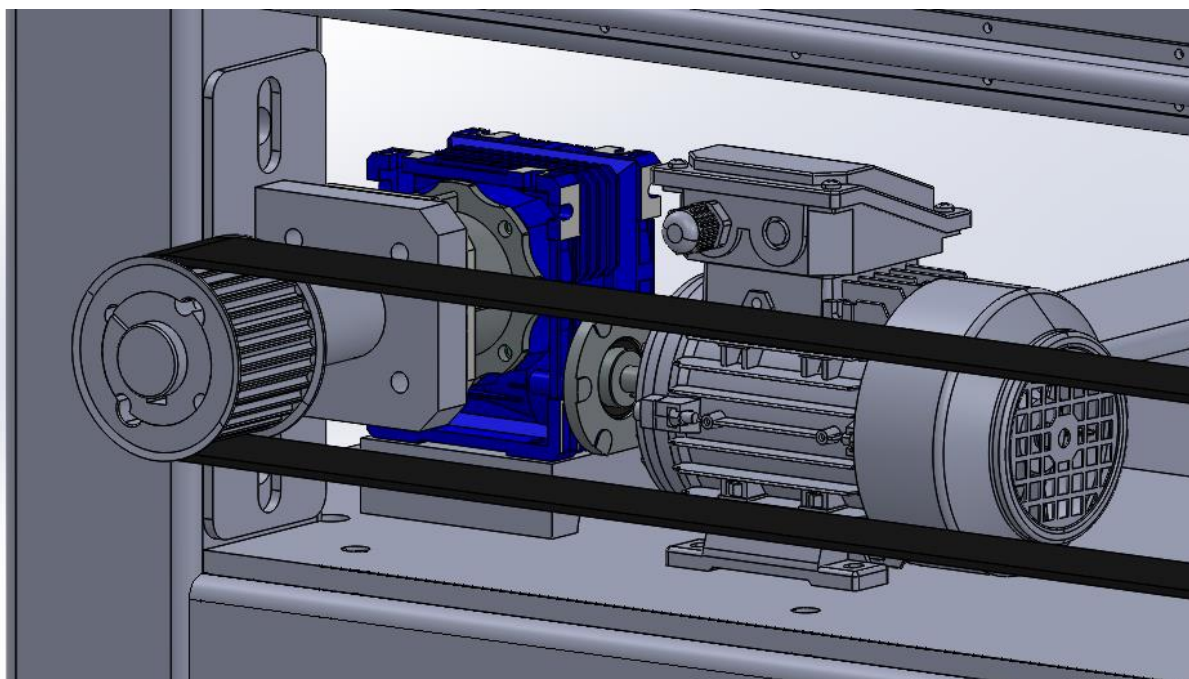


41. ábra: Fólia tájoló egység Saját kép, Solidworks alkalmazásból

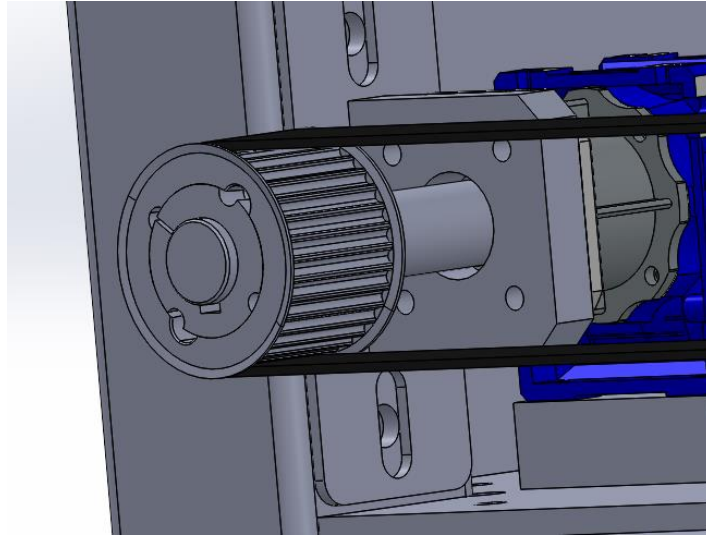
A liftajtó tájolására azért van szükség, hogy az elem mindig ugyanarra a helyre kerüljön, ezzel biztosítva a legmegfelelőbb fóliázást. A liftajtókat először nekiütköztetik a fóliatartó pofákhoz majd, a zsanérokkal ellátott ütközőhöz. Az ütköző azért van ellátva zsanérral, hogy miután nekiütköztetik az ajtót, azt ki lehessen fordítani, ezzel elérve, hogy a fólia az ajtó oldalára is felkerüljön.

5. Fogasszíjhajtás méretezés

Ebben a fejezetben bemutatom a fogasszíjhajtás kiválasztásának és méretezésnek lépéseit.



43. ábra: Fogasszíjhajtás, motor és hajtómű Saját kép, Solidworks alkalmazásból



44. ábra: Fogasszíjhajtás Saját kép, Solidworks alkalmazásból

A hajtást végző motor választását a későbbiekben fogom tárgyalni. A választott motor egy 0,25kW teljesítményű 950 1/min fordulátú háromfázisú aszinkronmotor, ami egy harmincas áttételű csigahajtóműhöz csatlakozik (43.ábra).

5.1 Fogasszíz méreteinek meghatározása

Hajtótárcsa átmérője: 80mm [16]

A számításhoz használt képleteket a Diószegi Gy. (1979): Gépszerkezetek méretezési zsebkönyve c. könyvből használtam fel [3].

Hajtótárcsa sebessége:

$$n_1 = \frac{n_2}{i} \rightarrow n_1 = \frac{850 \frac{1}{\text{min}}}{30} \rightarrow n_1 = 31,66 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_k = \frac{d_1 \cdot n_2 \cdot \pi}{60} \rightarrow v_k = \frac{0,08 \text{ m} \cdot 31,66 \frac{1}{\text{min}} \cdot \pi}{60} \rightarrow v_k = 0,133 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Hajtott tárcsa átmérője megegyezik a hajtótárcsáéval.

A csavaró nyomaték meghatározása:

$$M_{cs} = \frac{P \cdot 60}{2 \cdot n_1 \cdot \pi} \rightarrow M_{cs} = \frac{250 \text{ W} \cdot 60}{2 \cdot 31,66 \frac{1}{\text{min}} \cdot \pi} \rightarrow M_{cs} = 75,4 \text{ Nm}$$

A kerületi erő meghatározása:

$$F_k = \frac{M_{cs} \cdot 2}{d_1} \rightarrow F_k = \frac{75,4 \text{ Nm} \cdot 2}{0,08 \text{ m}} \rightarrow F_k = 1885,13 \text{ N}$$

Az átfogási szög és leválási szög meghatározása:

$$\sin^{-1} \alpha = \frac{d_2 - d_1}{2 \cdot a} \rightarrow \sin^{-1} \alpha = \frac{80\text{mm} - 80\text{mm}}{2 \cdot 4000\text{mm}} \rightarrow \sin^{-1} \alpha = 0^\circ$$

$$\frac{\beta}{2} = \cos^{-1} \alpha \rightarrow \frac{\beta}{2} = \cos^{-1} 0^\circ \rightarrow \frac{\beta}{2} = 90^\circ$$

$$\beta = 2 \cdot 90^\circ \rightarrow \beta = 180^\circ = 3,14 \text{ rad}$$

$$\cos \alpha = 1 - \frac{(d_2 - d_1)^2}{8 \cdot a^2} = 1 - \frac{(80 - 80)^2}{8 \cdot 4000^2} = 1$$

Szíjhossz meghatározása:

$$L = 2 \cdot a \cdot \cos(\alpha) + \frac{\pi}{2} \cdot (d_1 + d_2) + \frac{\pi \cdot \sin(\alpha)}{180^\circ} \cdot (d_2 - d_1) \rightarrow$$

$$L = 2 \cdot 4000\text{mm} \cdot 1 + \frac{\pi}{2} \cdot (80\text{mm} + 80\text{mm}) + \frac{0 \cdot \pi}{180^\circ} \cdot (80\text{mm} - 80\text{mm}) \rightarrow$$

$$L = 8251,38 \text{ mm} \approx 8300 \text{ mm}$$

A szíj szélességének meghatározása:

A szíj szélességének 50 mm-t választottam a könnyebb kezelhetőség és a nagyobb kapcsolódási felület miatt.

A szíj méretei: $L \times b \times \delta = 8300 \times 50 \times 8 \text{ mm}$

Áthúzási fok meghatározása:

$$\varepsilon = e^{\mu \cdot \beta} \rightarrow \varepsilon = e^{1 \cdot 3,14} \rightarrow \varepsilon = 23,1$$

$$\varphi = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 1} \rightarrow \frac{23,1 - 1}{23,1 + 1} = \varphi \rightarrow \varphi = 0,917 \rightarrow 91,70^\circ$$

Tengelyhúzó erő:

$$\varphi = \frac{F_k}{H} \rightarrow H = \frac{F_k}{\varphi} \rightarrow H = \frac{1885,13\text{N}}{0,917} \rightarrow H = 2055,75 \text{ N}$$

5.2 Hajtó tengely méretezése

Elsőként megadom a választott anyagminőséget, és ehhez a mechanikai szilárdsági alapadatokat:

Tengely anyag: E360N (MSZ EN 10025)

$$R_m = 780 - 930 \text{ MPa} \rightarrow R_m = 850 \text{ MPa}$$

$$R_{eH} = 650 - 700 \text{ MPa} \rightarrow R_{eH} = 690 \text{ MPa}$$

$$b = 2 - 3 \rightarrow b = 2,5$$

$$\sigma_{meg} = \frac{R_{eH}}{b} \rightarrow \sigma_{meg} = \frac{690 \text{ MPa}}{3} \rightarrow \sigma_{meg} = 230 \text{ MPa}$$

$$\tau_{meg} = \frac{\sigma_{meg}}{\sqrt{3}} \rightarrow \tau_{meg} = \frac{230 \text{ MPa}}{\sqrt{3}} \rightarrow \tau_{meg} = 132,7905 \text{ MPa}$$

$$M_{cs} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} \rightarrow M_{cs} = \frac{250 \text{ W} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 31,66} \rightarrow M_{cs} = 75,4 \text{ Nm}$$

$$M_{h \max} = H \cdot l_1 \rightarrow M_{h \max} = 2055,75 \text{ N} \cdot 0,065 \text{ m} \rightarrow M_{h \max} = 133,62 \text{ Nm}$$

$$M_{red} = \sqrt{M_{h \max}^2 + M_{cs}^2} \rightarrow M_{red} = \sqrt{133,62 \text{ Nm}^2 + 75,4 \text{ Nm}^2} \rightarrow M_{red} = 153,43 \text{ Nm}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{meg}^2 + 4 \cdot \tau_{meg}^2} \rightarrow \sigma_{red} = \sqrt{230 \text{ MPa}^2 + 4 \cdot 132,7905 \text{ MPa}^2} \rightarrow \sigma_{red} = 351,3307 \text{ MPa}$$

A tengelyátmérő meghatározása:

$$K_1 = \frac{M_{red}}{\sigma_{red}} \cdot 1000 \rightarrow K_1 = \frac{153,43 \text{ Nm}}{351,3307 \text{ MPa}} \cdot 1000 \rightarrow K_1 = 436,71 \text{ mm}^3$$

$$K_1 = \frac{d_1^3 \cdot \pi}{32} \rightarrow d_1 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot K_1}{\pi}} \rightarrow d_1 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 436,71 \text{ mm}^3}{\pi}} \rightarrow d_1 = 16,45 \text{ mm}$$

A hajtótengely átmérőjét $d_1 = 30 \text{ mm}$ - re választom meg, mert a retesz is gyengíti a keresztmetszetet. Valamint a lehajlás és csavarodás miatt is szükség van egy nagyobb átmérőre.

A $d_2 = 35 \text{ mm}$ - re választom meg.

A $d_3 = 40 \text{ mm}$ - re választom meg.

A hajtó tengely ellenőrzése elcsavarodásra

$$\text{Adatok: } G = 8,5 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2 \quad \varphi_{meg} = 0,25^\circ/\text{m} \quad E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$I_{p1} = \frac{d_1^4 \pi}{32} \rightarrow I_{p1} = \frac{35 \text{ mm}^4 \pi}{32} \rightarrow I_{p1} = 147323,515 \text{ mm}^4$$

$$I_{p2} = \frac{d_2^4 \pi}{32} \rightarrow I_{p2} = \frac{30 \text{ mm}^4 \pi}{32} \rightarrow I_{p2} = 79521,564 \text{ mm}^4$$

$$I_{p3} = \frac{d_3^4 \pi}{32} \rightarrow I_{p3} = \frac{40 \text{ mm}^4 \pi}{32} \rightarrow I_{p3} = 251327,412 \text{ mm}^4$$

$$\varphi_1 = \frac{M_{\text{red}} \cdot l_1}{I_{p1} \cdot G} \rightarrow \varphi_1 = \frac{153430 \text{ Nmm} \cdot 60 \text{ mm}}{147323,515 \text{ mm}^4 \cdot 8,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 10^4} \rightarrow \varphi_1 = 0,000735 \text{ rad} \rightarrow \varphi_1 = 0,042^\circ$$

$$\varphi_2 = \frac{M_{\text{red}} \cdot l_2}{I_{p2} \cdot G} \rightarrow \varphi_2 = \frac{153430 \text{ Nmm} \cdot 60 \text{ mm}}{79521,564 \text{ mm}^4 \cdot 8,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 10^4} \rightarrow \varphi_2 = 0,001362 \text{ rad} \rightarrow \varphi_2 = 0,078^\circ$$

$$\varphi_3 = \frac{M_{\text{red}} \cdot l_3}{I_{p3} \cdot G} \rightarrow \varphi_3 = \frac{153430 \text{ Nmm} \cdot 100 \text{ mm}}{251327,412 \text{ mm}^4 \cdot 8,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 10^4} \rightarrow \varphi_3 = 0,000718 \text{ rad} \rightarrow \varphi_3 = 0,041^\circ$$

$$\varphi_{\text{ö}} = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 \rightarrow \varphi_{\text{ö}} = 0,042^\circ + 0,078^\circ + 0,041^\circ \rightarrow \varphi_{\text{ö}} = 0,161^\circ$$

$\varphi_{\text{ö}}$ kisebb, mint $\varphi_{\text{meg}} = 0,25^\circ/\text{m}$, így elcsavarodásra a tengely megfelel!

Ellenőrzés lehajlásra:

$$I = \frac{d_1^4 \cdot \pi}{64} \rightarrow I = \frac{35^4 \text{ mm} \cdot \pi}{64} \rightarrow I = 73661 \text{ mm}^4$$

$$f = \frac{H \cdot l_1^3}{3 \cdot I \cdot E} \rightarrow f = \frac{2055,75 \text{ N} \cdot 60^3}{3 \cdot 73661 \text{ mm}^4 \cdot 2,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 10^5} \rightarrow f = 0,00956 \text{ mm}$$

$$f_{\text{meg}} = \frac{l_1}{3000} \rightarrow f_{\text{meg}} = \frac{60}{3000} \rightarrow f_{\text{meg}} = 0,02 \text{ mm}$$

$f_{\text{meg}} > f$, tehát a tengely megfelel!

Kritikus fordulatszám meghatározása: ($k = 1,3$ üzemi tényező)

$$n_{\text{krit}} = \frac{300}{\sqrt{f}} \cdot k \rightarrow n_{\text{krit}} = \frac{300}{\sqrt{0,00959 \text{ mm}}} \cdot 1,3 \rightarrow n_{\text{krit}} = 3982 \frac{1}{\text{min}}$$

$n_{\text{krit}} > n_1$, ezért a fordulatszám megfelel!

5.3 Retesz méretezése a hajtó szíjtárcsánál

Retesz anyaga: E360N (MSZ EN 10025)

$$R_m = 780 - 930 \text{ MPa} \rightarrow R_m = 850 \text{ MPa}$$

$$R_{eH} = 650 - 700 \text{ MPa} \rightarrow R_{eH} = 690 \text{ MPa}$$

$$b = 2 - 3 \rightarrow b = 3$$

$$d_1 = 35 \text{ mm}$$

$$b \times h = 10 \times 8 \text{ mm}$$

$$t_1 = 5 \text{ mm}$$

$$t_2 = 3,3 \text{ mm}$$

$$p_{meg} = 100 \text{ MPa}$$

- Ellenőrzés nyíró igénybevételre

$$l_1 \geq \frac{2 * M_{cs}}{d_1 * t_1 * \tau_{meg}} \rightarrow l_1 \geq \frac{2 * 75,4 \text{ Nm}}{0,035 \text{ m} * 5 \text{ mm} * 132,79 \text{ MPa}} \rightarrow l_1 \geq 6,49 \text{ mm}$$

- Ellenőrzés felületi nyomásra (t_1)

$$l_2 \geq \frac{2 * M_{cs}}{d_1 * t_1 * \rho_{meg}} \rightarrow l_2 \geq \frac{2 * 75,4 \text{ Nm}}{0,035 \text{ m} * 5 \text{ mm} * 100 \text{ MPa}} \rightarrow l_2 \geq 8,617 \text{ mm}$$

- Ellenőrzés felületi nyomásra (t_2)

$$l_3 \geq \frac{2 * M_{cs}}{d_1 * t_2 * \rho_{meg}} \rightarrow l_3 \geq \frac{2 * 75,4 \text{ Nm}}{0,035 \text{ m} * 3,3 \text{ mm} * 100 \text{ MPa}} \rightarrow l_3 \geq 13,056 \text{ mm}$$

Így $l = 38 \text{ mm}$ -t választottam.

5.4 Hajtott tengely csapágy méretezése

Mivel a hajtó tengelynek a csapágyazását a csigahajtóműben oldom meg, ezért csak a hajtott tengelyre méretezem a csapágyakat.

$$\sum M_A = 0 = F_B \cdot l_2 - H(l_2 + l_3) \rightarrow F_B = \frac{H \cdot (l_3 + l_2)}{l_2} \rightarrow F_B = \frac{2055,75 \text{ N} \cdot (50 \text{ mm} + 55 \text{ mm})}{55}$$

$$F_B = 3924,61 \text{ N}$$

$$\sum F_{zy} = 0 = -F_A + F_B - H \rightarrow F_A = F_B - H = 3924,61 \text{ N} - 2055,75 \text{ N} = 1868,86 \text{ N}$$

$$F_B = F_r = 3924,61 \text{ N}$$

$$F_A = 1868,86 \text{ N}$$

$$L_h = 10.000 \text{ h}$$

$$x = 1, y = 1$$

$$n_1 = 28,33 \frac{1}{\text{perc}}$$

$$F_e = x \cdot F_r + y \cdot F_a = 1 \cdot 3924,61\text{N} + 1 \cdot 1868,86\text{N} = 5793,47\text{ N}$$

$$L_{10h} \geq \frac{60 \cdot n_1 \cdot L_h}{10^6} = \frac{60 \cdot 31,66 \frac{1}{\text{min}} \cdot 10000}{10^6} = 18,996$$

$$f = \sqrt[3]{L_{10h}} \rightarrow f = \sqrt[3]{19} \rightarrow f = 2,67$$

$$C = F_e \cdot f \rightarrow C = 5793,47 \cdot 2,67 \rightarrow C = 15468,5649\text{ N}$$

Választott csapágyegység: UCP 208 [13]

Számítási adat

Dinamikus alapterhelés	C	32.5 kN
Statikus alapterhelés	C ₀	20 kN
Kifáradási határterhelés	P _u	0.85 kN
Határfordulatszám		3 750 r/min

45. ábra: Csapágy adatok Forrás: <https://www.skf.com/hu/productinfo/productid-UCP%20208>

6. Motorválasztás

A motor kiválasztásához először ismernünk kell a terhelő erőt. Ebben az esetben a terhelő erőt a szerelvény súlyából adódó súrlódási erő és a fólia lehúzásához szükséges erő összege határozza meg. Ezután a fentiek alapján összegzett erő figyelembevételével meghatározom a forgatónyomatékot és ez alapján választok motort. Típusa: háromfázisú aszinkronmotor, valamint egy csigahajtómű.

Fóliázási sebesség meghatározása:

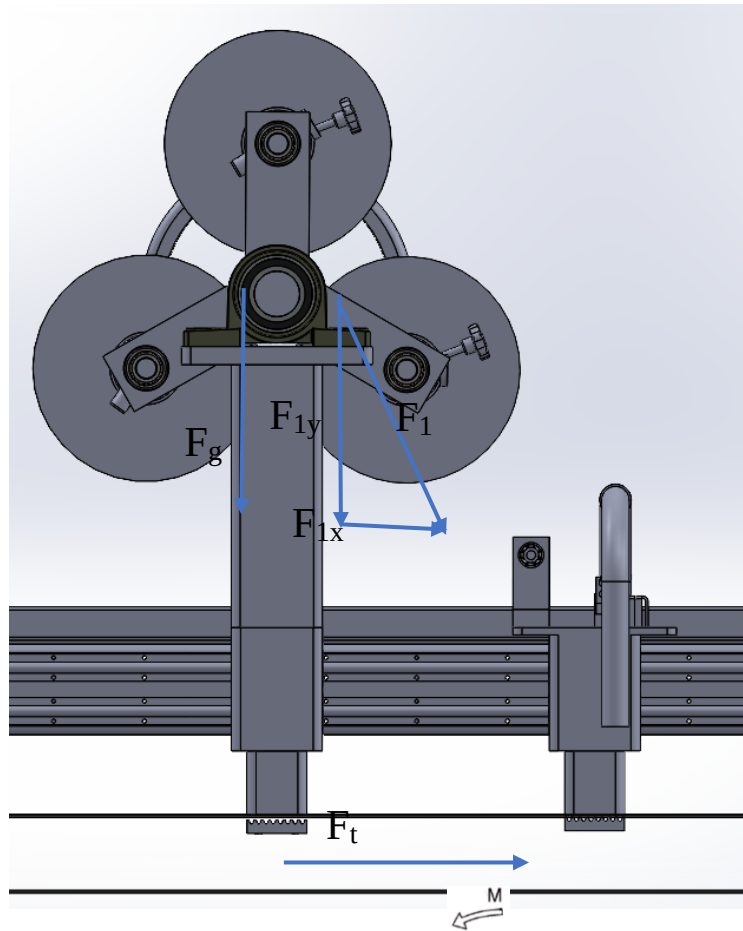
$$v_{fóliázás} = d \cdot \pi \cdot n \rightarrow v_{fóliázás} = 0,08\text{m} \cdot \pi \cdot 31,66 \frac{1}{\text{min}} \rightarrow v_{fóliázás} = 7,957 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Szükséges fóliázási sebesség 3 átlagos elem/perc. Az az 20 s idő elemenként. Egy átlagos panel magassága 2200 mm.

$$s_{teljes} = s_{panel} \cdot 3 \rightarrow s_{teljes} = 2200\text{mm} \cdot 3 \rightarrow s_{teljes} = 6600\text{mm}$$

Egy perc alatt szükséges táv megtétele 6600 mm. A biztosított táv 7957 mm. Tehát a motor megfelel a szükséges fóliázási sebességnek.

Motort terhelő erők meghatározása:



46. ábra: Motor terhelőerői Saját kép, Solidworks alkalmazásból

$$F_g = (m_{\text{szerelvény}} + m_{\text{fólia1}} + m_{\text{fólia2}} + m_{\text{fólia3}} + m_{\text{egyéb}}) \cdot g \rightarrow F_g$$

$$= (52,5 \text{ kg} + 5 \text{ kg} + 8,5 \text{ kg} + 12,5 \text{ kg}) \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \rightarrow F_g = 770,085 \text{ N}$$

$$F_{1x} = F_1 \cdot \cos \alpha \rightarrow F_{1x} = 20 \text{ N} \cdot \cos 20 \rightarrow F_{1x} = 18,79 \text{ N}$$

$$F_s = F_g \cdot \mu \rightarrow F_s = 770,085 \text{ N} \cdot 0,2 \rightarrow F_s = 154,017 \text{ N}$$

$$F_t = F_s + F_{1x} \rightarrow F_t = 154,017 \text{ N} + 18,79 \text{ N} \rightarrow F_t = 172,807 \text{ N}$$

$$M = \frac{d}{2} \cdot F_t \rightarrow M = \frac{0,08 \text{ m}}{2} \cdot 172,807 \text{ N} \rightarrow M = 6,91 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{terhelő}} \leq M_{\text{motor}}$$

A motort még terheli a fólia simításáért és vágásáért felelős egység is, de ennek terhelése sokkal kisebb, mint a fóliatartó egységé. Viszont ahogyan a szíjhajtásnál kiszámoltam a motor által

keltett forgatónyomatékot, látszik, hogy ezt a nyomaték szükségletet tudja biztosítani a motor és csigahajtómű.

Ezért az alábbi motorra [8]

és hajtóműre [9] esett a választásom (46.-47. ábra)

Motorkód: 93.001.379

Hajtómű kódja: 93.037.006



Feszültség:	3 fázis (380V)
Kivitel:	talpas
Energia hatékonyság:	IE1 - standard fogyasztás IE2 - alacsonyabb fogyasztás
Fordulatszám: (pontos adat a katalógusban)	6 pólus - 950 1/min

Cikkszám	Teljesítmény (kW)	Tengely magasság (mm)	Tengely átmérő (mm)	Típus	Energia hatékonysági osztály	Talp kivitel	Gyártó	Megjegyzés
93.001.377	0,12	63	11	T1A	IE1	B3	Techtop	aluházás
93.001.378	0,18	71	14	T1A	IE1	B3	Techtop	aluházás
93.006.063	0,18	71	14	T2A	IE2	B3	Techtop	aluházás
93.001.379	0,25	71	14	T1A	IE1	B3	Techtop	aluházás

47. ábra: Választott villanymotor adatlap Forrás: <https://www.powerbelt.hu/talpas-3-fazisu-230400vbr-6-polusu-850-1min-p945>



Típus:	VI
Kivitel:	csigahajtómű
Feltöltött olaj típusa:	szintetikus

Cikkszám	Típus	Áttétel	Tengely átmérő (mm)	Tengely hossz (mm)	Megjegyzés
93.037.001	VI-030	i=07,5	9 mm	20 mm	Szimpla bemenő tengely
93.037.002	VI-030	i=10	9 mm	20 mm	Szimpla bemenő tengely
93.037.100	VI-030	i=10	9 mm	20 mm	Dupla bemenő tengely
93.037.003	VI-030	i=15	9 mm	20 mm	Szimpla bemenő tengely
93.037.004	VI-030	i=20	9 mm	20 mm	Szimpla bemenő tengely
93.037.005	VI-030	i=25	9 mm	20 mm	Szimpla bemenő tengely
93.037.006	VI-030	i=30	9 mm	20 mm	Szimpla bemenő tengely
93.037.007	VI-030	i=40	9 mm	20 mm	Szimpla bemenő tengely
93.037.008	VI-030	i=50	9 mm	20 mm	Szimpla bemenő tengely
93.037.009	VI-030	i=60	9 mm	20 mm	Szimpla bemenő tengely

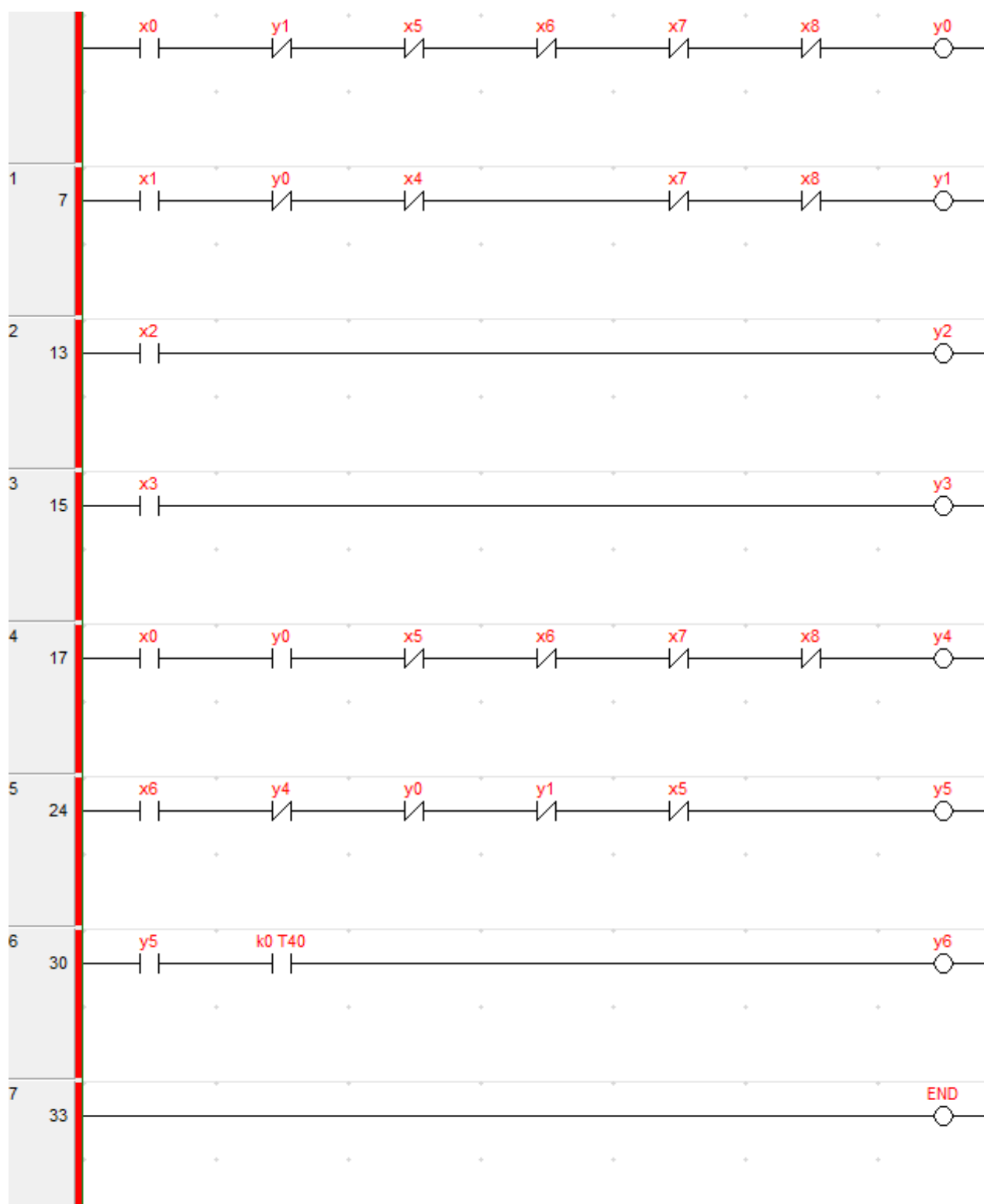
48. ábra: Választott Csigahajtómű adatlapja Forrás: <https://www.powerbelt.hu/products?id=933>

7. PLC program

A PLC programot létradiagramm formájában fogom megírni. PLC program feladata a munkafolyamat leírása szerint.

A motornak két irányba kell forognia, ezért kell két kapcsoló a jobbra és balra menet miatt. A szerelvények nem csúszhatnak le a vezetékről, ezért mind a két oldalra kell egy-egy végálláskapcsoló. Valamint kell egy végálláskapcsoló, amit mozgatni tudnak, ez fogja meghatározni, hogy meddig megy el a szerelvény. A fólia lefogásához munkahengereket alkalmazok, ezért a felengedéséhez és leengedéséhez is kellenek kapcsolók. Ha a szerelvény elindul, el kell indulnia a sűrített levegőnek is, ami végzi majd a simítást, ezt egy elektromos működtetésű útváltó fogja működtetni. Ha a szerelvény megáll, akkor megszűnik a simító rendszer levegőellátása és el kell indulnia a drót melegítésének, majd a munkahengerbe levegőt kell juttatni, hogy megtörténjen a vágás. Ezeken kívül még egyéb biztonságtechnika érzékelőt is fogok használni a program megírásánál.

X0 Motor forgás jobb	Y0 Motor forgás jobb
X1 Motor forgás bal	Y1 Motor forgás bal
X2 Leszorító fel	Y2 Leszorító fel
X3 Leszorító le	Y3 Leszorító le
X4 Fix végállás kapcsoló 1	Y4 Levegő fújás
X5 Fix végállás kapcsoló 2	Y5 Drót melegítése
X6 Végállás kapcsoló	Y6 Munkahenger működtetése
X7 Optikai érzékelő	K0 Időzítő T40
X8 Optikai érzékelő	



4942. ábra: PLC program Forrás: Saját kép, CX-Programmer

8. Következtetések és javaslatok

A konstrukció tervezésének ellenőrzése során, a végeselem módszer kiértékelése után rájöttem, hogy a szerkezet meglehetősen túl van biztosítva, azonban a szerkezet merevsége miatt ez mégis szükséges. A különböző gépelemek, például a lineáris vezeték vagy az azon futó lineáris kocsi méretezése és kiválasztása után derült ki, hogy ezeket a gépelemeket nagyon kicsi kihasználtsággal tudom működtetni, mivel a rájuk ható terhelések is alacsony értékeket vesznek fel. További tervezési feladatként merül fel a részegységek alkatrészeinek megfelelő megválasztása és ezek energiaszükségletének az ellátása. Továbbá a munkabiztonság növelésére is nagyobb figyelmet kell fordítani, fénykapukkal érintésvédelmet, elakadásvédelmet, túlterhelés eseti védelmet kell biztosítani.

Fejlesztési irányként kijelöltük a teljes automatizálást, ami azt jelenti, hogy a fóliatekerceszt csak cserélni kellene, és csak egyszer kell befűzni a tekercs megkezdésénél. Valamint egy új megközelítésű automata levágó rendszer kialakítása szükséges, hogy a dolgozónak csak anyagmozgatást kelljen végeznie. A fólia vágására azért is van szükség, mert nem minden liftajtó ugyan olyan széles, de a fóliának a szélessége egy, ezért a felesleg elkerülése érdekében még egy vágási rendszert és pályát kell tervezni, programozni. Ez a bővítés akár még a termelékenységet is növelheti, amennyiben a fólia szélessége legalább kétszerese a fóliázandó elemeknek, így egy munkaütem alatt két elemet tudna fóliázni a gép. Ennek támogatására egy könnyen kezelhető, érintőképernyővel ellátott programozott PLC-t szeretnénk bevezetni. Ezzel a PLC-vel szeretnénk elérni, hogy a dolgozó pár adat megadásával a lehető legjobb anyagkihozattal tudjon dolgozni, a lehető legrövidebb idő alatt.

További fejlesztési cél, hogy ne csak liftajtókat és annak dekoratív elemeit, hanem oszlopok burkolását is lehetővé tegyük. Ehhez külön mozgatószegmenseket kell tervezni, a különböző magasságú elemek miatt.

Összefoglalás

A szakdolgozatom végére kialakult a végleges konstrukció, amelyet számos előzetes verzió előzött meg. Változott a hajtás, a lineáris vezetékek és a kocsik. Az első változathoz képest másik motor került kiválasztásra. Megváltozott a szerelvény és több részegység kialakítására is sor került a termelékenység növelése szempontjából. Viszont voltak változtatások, amelyek célja a költséghatékonyság növelése volt. Emiatt számos kompromisszumot kellett kötni a tervezési folyamat során, de végül megtaláltam az arany középutat a termelékenység, pontosság, automatizálhatóság és a költségek között.

A jelenleg meghatározott motor, csigahajtómű, fogasszík, és a lineáris egységek megfelelőek lesznek akkor is, ha később további változtatásokra lenne szükség. Ugyanis ezek az egységek nincsenek maximálisan kihasználva, ezért könnyedén elbírnák a további, esetlegesen növekvő terheléseket.

Az első végeelem vizsgálat végrehajtása után megtaláltam azokat a feszültséggyűjtő helyeket, ahol az első konstrukció szilárdsági vizsgálatánál 2 mm-es lehajlás keletkezett. Ezt a lehajlást több merevítőbordával és plusz lábak beiktatásával tudtam lecsökkenteni 0,06 mm-re. Továbbá számos változtatást végeztem azért, hogy a szerelés könnyebb legyen (pl. az oválfuratok és kivágások elhelyezése az elemeken).

Az áramlástan vizsgálat sokat segített a megfelelő lefűvási magasság beállításában, valamint hatékony segítséget nyújtott a választott fűvókák használatához.

További célként tűztük ki többféle olyan termék burkolását, fóliázását, amelyek bonyolultabb geometriával rendelkeznek, ill. törekszünk a folyamat további automatizálására.

A konstrukció tervezése során sok alkalommal konzultáltam a vállalati konzulensemmel, akivel közösen alakítottuk ki a végleges megoldás, ezzel biztosítva azt, hogy a fejlesztés a következő költségvetési évben megvalósításra kerülhessen.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] www.cnctar.hobbycnc.hu. (letöltés dátuma: 2023.10.23)
- [2] Dr. Dezső Gergely: A végeselem módszer helye a tudományban 40 p
- [3] Diószegi Gy. (1979): Gépszerkezetek méretezési zsebkönyve. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 989 p.
- [4] Páczelt I. – Szabó T. – Baksa A. (2007): A végeselem-módszer alapjai. 243 p.
- [5] <https://www.thesteel.com/hu/Zartszelveny-negyzetes-S235JR-E235T130100001?v=4-38883> 2023.10.23
- [6] Wittur Hungária Kft. vállalati dokumentumok
- [7] [https://www.powerbelt.hu/uploads/source/catalogs/4457_sa_ftsn_gw_%C3%BAj%20\(1\).pdf](https://www.powerbelt.hu/uploads/source/catalogs/4457_sa_ftsn_gw_%C3%BAj%20(1).pdf)
- [8] https://www.powerbelt.hu/uploads/source/catalogs/ta_motor_type_catalogue.pdf
- [9] https://www.powerbelt.hu/uploads/source/catalogs/vi_gearbox_catalogue.pdf
- [10] https://www.powerbelt.hu/uploads/source/catalogs/4460_sme_kbe.pdf
- [11] Fenyvessy – Fuchs – Gürtler – Plósz (2015): Műszaki táblázatok, TCS Media Kft., Budapest 140 p.
- [12] https://www.hennlich.hu/fileadmin/user_upload/KATEGORIEN/Luftduesen/Mehrkanalduesen/Dokumente/hu_Druckluftdusen_600.130.56.pdf
- [13] <https://www.skf.com/hu/productinfo/productid-UCP%20208>
- [14] https://www.hafner-pneumatika.com/caf/caf_6-10
- [15] <https://www.festo.com/hu/hu/a/8076406/?q=%7E%3AsortByCoreRangeAndSp2020>
- [16] https://www.powerbelt.hu/uploads/source/couplings_pulleys_joints/sit/Timing-pulleys-taper-bush-HTD.pdf
- [17] <https://www.sandvik.coromant.com/hu-hu/tools/coroplus-toolguide/tool-recommendation>

MELLÉKLETEK JEGYZÉKE

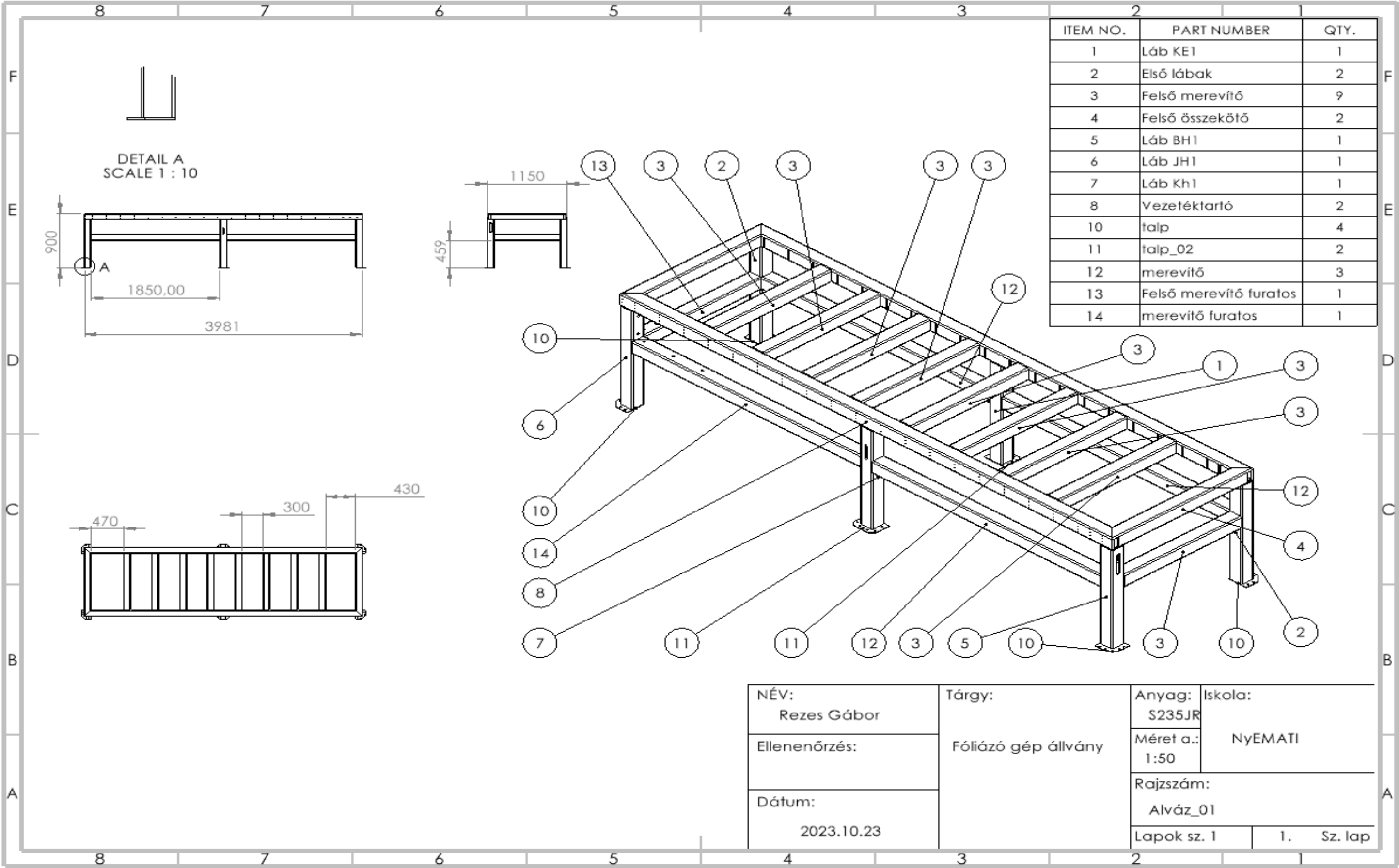
1.sz. melléklet: A fóliázó gép asztalának rajza

2.sz. melléklet Fóliatartó egység

3.sz. melléklet: Szerelvénybetét 01 rajz

4.sz. melléklet: Szerelvénybetét 02 rajz

1. sz. melléklet: A fóliázó gép asztalának rajza



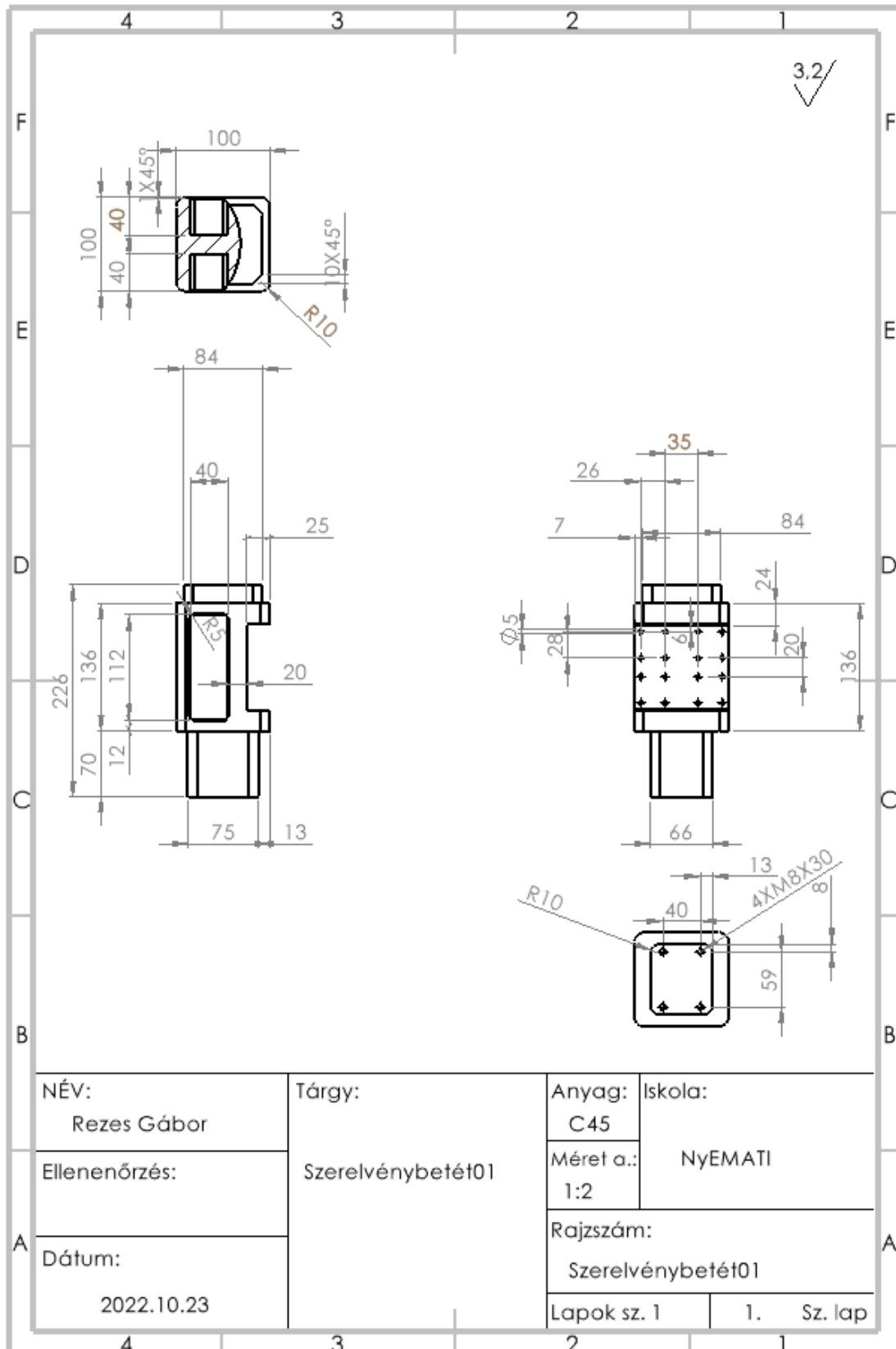
Forrás: Saját rajz, Solidworks alkalmazás

2. sz melléklet Fóliatartó egység

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	tartóelem		2
2	billenő		3
3	fitymástengely		3
4	tárolócsap ellen		3
5	pin		3
6	ftengely		1
7	tárcsaközép		2
8	tárcsafog		6
9	SKF_62_22-2RS1_ball1		54
10	SKF_62_22-2RS1_or		6
11	SKF_62_22-2RS1_ir		6
12	csapágyháztartó		2
13	BEARING P210		2
14	W801.I0501CIN_PART5.st p	W801.I0501CIN_PART5	3
15	W801.I0501CIN_PART4.st p	W801.I0501CIN_PART4	3
16	W801.I0501CIN_PART3.st p	W801.I0501CIN_PART3	3
17	W801.I0501CIN_PART2.st p	W801.I0501CIN_PART2	3
18	W801.I0501CIN_PART1.st p	W801.I0501CIN_PART1	3
19	alap		1
20	csap		1
21	fül		2
22	recésanya		1
23	84.040.005		8
24	hosszú szerelvény		1
25	PB8M050		1
26	rövid szerelvény		1
27	csavar		1
28	alátét		1
29	kézikerék		1
30	m5 csavar		8
31	F17840.TM08X3001	PART_F17840.TM08X3001-DESC	6
32	fólia I1000		1
33	szorítógyűrű		6
34	fólia		1
35	I500		1
36	hajtókar		1
37	összekötő		2
38	összekötő cső		1

Név:	Rezes Gábor	Tárgy:	Anyag:	Iskola:
Ellenőrzés:			Méret a. 1:10	NyEMATI
Dátum:	2023.11.26	Fóliatartó egység	Rajzszám	
			Lapok sz. 1	1. sz. lap

3. sz. melléklet: Szerelvénybetét 01 rajz



7. sz. melléklet: Szerelvénybetét 01 rajz

