

SZAKDOLGOZAT

Bodnár Zsolt
Gépészmérnök szak

Gödöllő
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnök Szak

**Fúróiszap előszűrő készülék parametrikus tervezése és
szilárdsági ellenőrzése**

Belső konzulens: Madarász István
mestertanár

Külső konzulens: Vágó Ádám
tanácsadó

Készítette: **Bodnár Zsolt**
AE2RBW
Nappali tagozat

Intézet/Tanszék: Műszaki Intézet

Gödöllő
2023

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Mérnökinformatika specializáció

SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Bodnár Zsolt (AE2RBW)

részére

A szakdolgozat címe:

Fúróiszap előszűrő készülék parametrikus tervezése és szilárdsági ellenőrzése

Feladatkiírás:

Tervezzen meg parametrikusan egy fúróiszap előszűrő berendezést, majd végezze el a szükséges alkatrészek szilárdsági ellenőrzését.

Közreműködő tanszék: Gépszerkeztani

Külső konzulens: *Vágó Ádám*, tanácsadó, NTT DATA Business Solutions Kft.

Belső konzulens: *Madarász István*, mestertanár, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Beadási határidő: 2023. november 06.

Gödöllő, 2023. szeptember 04.

Jóváhagyom

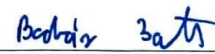
Átvettem



(tanszékvezető)



(szakfelelős)



(hallgató)

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

Gödöllő, 2023. 10 hó 28 nap



(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1	Ábrajegyzék.....	3
2	Táblázatjegyzék	3
3	Bevezetés	4
4	Célkitűzés.....	5
5	Irodalom feldolgozás	6
5.1	Méretezési alapelvek.....	6
5.2	Mozgatóorsók méretezése.....	7
5.2.1	A mozgatóorsó átmérőjének meghatározása	8
5.2.2	Menetemelkedési szög meghatározása és önzáróság ellenőrzése	8
5.2.3	Mozgatóorsó ellenőrzése kihajlásra.....	9
5.3	Hajtókar méretezése.....	11
5.3.1	A mozgáshoz szükséges nyomaték meghatározása	11
5.3.2	A hajtókar átmérőjének meghatározása.....	12
5.4	Kéttámaszú tartó lehajlása	12
5.4.1	Az erők és nyomatékok egyensúlya	13
5.4.2	Méretezés legnagyobb nyírásra és hajlító nyomatékra.....	14
5.5	Csapszeg méretezése.....	15
5.5.1	A legkisebb megengedett átmérő meghatározása a megengedett nyírófeszültségre.....	15
5.5.2	Hajlításra való ellenőrzés.....	15
5.5.3	A legkisebb megengedett átmérő meghatározása a megengedett hajlítófeszültségre	16
6	Konstruktív (geometriai) tervezés.....	17
6.1	Célkitűzés.....	17
6.2	A berendezés működése.....	18
6.3	A modell főbb alkatrészei	19
6.3.1	Talp.....	19
6.3.2	Test cső	19
6.3.3	Csonkok	20
6.3.4	Szűrőbetét	20
6.3.5	Karima, tömítés, fedél, fedél zsanér	21
6.3.6	Iga, igazsanér, menetes szár, lenyomó pogácsa.....	21
6.4	A két program közti kapcsolat	22

6.4.1	Egy a dolgozatban is használt csatolás logikai láncá.....	24
6.5	Az vezérlésért felelős Excel táblázat felépítése	24
6.6	Kereskedelmi alkatrészek a modellben.....	26
6.6.1	Csonk végi csatlakozás, hajtórúd.....	26
7	Szilárdsági ellenőrzés.....	27
7.1	Alapadatok	27
7.1.1	A berendezésre ható terhelőerő meghatározása.....	28
7.2	Mozgatóorsó méretezése.....	28
7.2.1	A mozgatóorsó átmérőjének meghatározása:	28
7.2.2	Emelőorsó valós biztonsági tényezőjének számítása	28
7.2.3	Önzáróság ellenőrzése	29
7.2.4	Ellenőrzés kihajlásra.....	29
7.3	Hajtókar méretezése.....	29
7.3.1	Alap adatok.....	29
7.3.2	A mozgathoz szükséges nyomaték.....	30
7.3.3	Hajtókar átmérőjének meghatározása.....	30
7.3.4	Hajtókar valós biztonsági tényezőjének számítása.....	30
7.4	Kéttámaszú tartó lehajlása	31
7.4.1	Az erők és nyomatékok egyensúlya	31
7.5	Az erők egyensúlya végeelem szimuláció segítségével	33
7.6	Csapszeg méretezése.....	34
7.6.1	Alapadatok.....	34
7.6.2	A maximális nyírófeszültség meghatározása, amit a kiválasztott anyag elvisel. 34	
7.6.3	Megengedhető nyírófeszültség meghatározása	34
7.6.4	A legkisebb megengedett átmérő meghatározása a megengedhető nyírófeszültségre.....	35
7.6.5	Megengedhető hajlító feszültség meghatározása.....	35
7.6.6	Csapszegre ható hajlítónyomaték meghatározása	35
7.6.7	A legkisebb megengedett átmérő meghatározása a megengedhető hajlítófeszültségre	36
7.6.8	A választott szabványos csapszegátmérő megállapítása	36
7.6.9	Választott szabványos átmérővel számított biztonsági tényező	36
7.6.10	Hajlításra való ellenőrzés Ansys segítségével	37

8	Gazdasági számítás.....	39
9	Összefoglaló	40
10	Summary	41
11	Irodalomjegyzék	42
12	Mellékletek:	43

1 Ábrajegyzék

1. ábra	Menetemelkedési szög megállapítása	9
2. ábra	Különböző befogások befogási tényezője	10
3. ábra	A szerkezet egyszerűsített ábrája	13
4. ábra	Méretezés grafikai úton	14
5. ábra.	A csapszegre ható erők	16
6. ábra	A megvalósítani kívánt modell	17
7. ábra	A berendezés működése, pirossal jelölve a beáramló közeg, késsel jelölve a kiáramló közeg.....	18
8. ábra	A berendezés tisztítási állapotban.....	18
9. ábra	Talp alkatrész.....	19
10. ábra	Test Cső alkatrész	19
11. ábra	Összeszerelés csonkokkal ellátva	20
12. ábra	Szűrőbetét elhelyezkedése az összeszerelés felülnézeti és metszeti ábráján.....	20
13. ábra	Karima, tömítés, fedél, fedél zsanér a modellben.....	21
14. ábra	Iga, igazsanér, menetes szár, hajtórúd, lenyomópogácsa	21
15. ábra	A változó tábla felépítése Solid Edge-ben.....	22
16. ábra	Minta egy csatolással rendelkező változó elérési útvonalára	23
17. ábra	Egy a modellben alkalmazott csatolás	24
18. ábra	Lehetséges csonk konfigurációk.....	25
19. ábra	Minta a vezérlést végző Excel táblázatról	26
20. ábra	Szabványos alkatrészeket is tartalmazó modell.....	27
21. ábra	Iga, mint kéttámaszú tartó.....	31
22. ábra	A 21. ábra bemutatott modell mechanikai vázlata.....	31
23. ábra	Méretezés grafikusan konkrét értékekkel	32
24. ábra	Iga 15mm-es hálózasi sűrűséggel	33
25. ábra	Csapszegre ható terhelések	35
26. ábra	Fejes csapszeg szabványos átmérőjének meghatározása.....	36
27. ábra	Csapszeg leegyszerűsített modellje Ansys-ban	37
28. ábra	Finomított hálózással kapott eredmény	38

2 Táblázatjegyzék

1. táblázat	Igában ébredő támasz erők változása a hálózás finomításával	34
2. táblázat	Csapszegre ható feszültség változása a hálózás finomításával	38

3 Bevezetés

A fűrés során a fűróiszapban keletkeznek durva, illetve finom szennyeződések. Ennek szűrésére alkalmaznak finom- valamint durva szűrőket. A dolgozatban már egy meglévő fűróberendezés iszaputókezelő egységének durvaszűrőjét kell újra terveznem. Fontos szempont a szerkezet robusztusabb kialakítása és a könnyű konfigurációja.

A berendezés megváltozott felhasználási körülményei következtében szükséges, hogy az eredeti konstrukciónál ellenállóbb kialakítást hozzak létre. A szerkezetnek ellen kell állnia az esetleges magasabb belső nyomásnak. Valamit a beáramló közeg fizikai tulajdonságaiból adódó belső kihatásoknak.

A szűrőberendezést nem csak egy helyen szeretnék alkalmazni. Ebből adódóan szükséges annak variálhatóságára. Szükség lehet a szűrőbetétet magába foglaló cső átmérőjének, magasságának változtatására. Továbbá a be és kiáramló közeg a rendszerbe való becsatolásáért felelős csomópontok átmérője, falvastagsága, hossza, pozíciója sem egyezik meg minden felhasználási területen. Emiatt a modell átláthatóbb és gyorsabb variálhatósága céljából szükséges létrehozni egy könnyen kezelhető felületet. Melynek segítségével a berendezésben alkalmazott alkatrészek könnyen változtathatóak legyenek.

A dolgozatban az iparban széles körben alkalmazott és diákok számára ingyenesen elérhető Siemens Solid Edge nevű háromdimenziós programot fogom használni a berendezés háromdimenziós modelljének létrehozására és a szükséges összeállítási rajzok elkészítésére. A könnyebb variálhatóságra létrehozott konfigurációs adatbázist pedig a Microsoft Office Excel táblázatkezelő programban fogom elkészíteni. Az Excel is széleskörűen elterjedt az iparban valamint ez a szoftver is ingyenesen elérhető a diákok számára.

4 Célkitűzés

A dolgozatban a feladatom egy fűrőiszap előszűrő berendezést készíteni. A berendezés tervezésekor a következő szempontokat kellett figyelembe vennem: a berendezés ellen kell álljon a használat során keletkező nyomásnak, a szűrőbetét tisztítása érdekében könnyen nyitható/zárható kell lennie, illetve a sokféle területen való alkalmazást biztosítani kell, tehát a könnyen konfigurálhatóság is fontos szempont.

A berendezésnek a többféle felhasználás miatt különféle belső nyomásoknak kell ellenállnia. Emiatt szükséges a zárhatóságot biztosító alkatrészek méretezése. A méretezés során anyagminőséget valamint fizikai méreteket kell meghatározni.

A szűrőbetétet a használat során tisztítani kell, hogy a berendezés megfelelően tudjon üzemelni. Ahhoz, hogy a betétet tisztítani lehessen, szükség van a berendezés fedelének felnyitására. Emiatt fontos szempont, hogy ez a művelet könnyen kivitelezhető legyen. A leszorító iga könnyen mozgatható, valamint szükség esetén könnyen eltávolítható kell legyen.

A szűrőberendezést az üzemeltető nem csak egy konkrét esetben kívánja alkalmazni, tehát a variálhatóság is szempont a tervezés során. A berendezés rögzítése, a test cső átmérője, anyagvastagsága, magassága sem állandó. A csonkok száma, elhelyezkedése, átmérője, hossza, falvastagsága is változhat a beszerelés módjától függően. A variálhatóság megkönnyítésére szükséges egy egyszerűen felépített, illetve könnyen kezelhető felület létrehozására. A létrehozott felületnek kezelnie kell a háromdimenziós programot, ami annak segítségével képes változtatni a modellt a felhasználó igényei szerint.

5 Irodalom feldolgozás

Az irodalom feldolgozás során vonatkozó szakirodalmat feldolgozva a célkitűzésben megfogalmazott célok elvégzéséhez szükséges összefüggések és eljárások kerülnek feldolgozásra. Ezen összefüggések segítségével a későbbiekben elvégzem a szükséges méretezéseket.

5.1 Méretezési alapelvek

A szilárdsági jellemzők meghatározásánál az alapvető méretezési alapelvként a választott anyagra megadott folyáshatárból számolható a biztonsági tényező függvényében a megengedhető feszültség.

$$\sigma_{meg} = \frac{R_{eh}}{n}$$

Ahol:

σ_{meg} – Megengedett maximális feszültség

R_{eh} – Anyag folyáshatára

n – Választott biztonsági tényező

Ugyan csak alapvető méretezési elvként tekinthetünk a Mohr-elméletre.

$$R_{eh} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}$$

Ha feltételezzük, hogy az anyagra csak nyírófeszültség hat, akkor az anyag felső folyáshatárát ismerve egyértelműen kiszámítható az anyagra ható maximális nyírófeszültség.

$$R_{eh} = \sqrt{4 \cdot \tau^2}$$

Ezt követően az egyenlethől kifejezhető a maximális nyírófeszültség.

$$\tau = \frac{R_{eh}}{2}$$

A számolt nyírófeszültség és az adott biztonsági tényező függvényében a megengedhető nyírófeszültség egyértelműen számítható.

$$\tau_{meg} = \frac{\tau_{eh}}{n}$$

Ahol:

τ_{meg} – Megengedett maximális nyírófeszültség

τ_{eh} – Anyagra megadott felső folyáshatárhoz tartozó nyírófeszültség

A belső nyomásból fakadó terhelő erőket az alábbi összefüggés alapján tudjuk meghatározni:

$$p = \frac{F}{A} \rightarrow F = p \cdot A$$

5.2 Mozgatóorsók méretezése

A mozgatóorsó a csavarkötések csoportjába tartozik. A csavarkötés a leggyakrabban és legszerenteágazóbban alkalmazott erőzáró kötés. Ezen szerkezetek leggyakoribb felhasználási területe egyrészt az egyes alkatrészek közötti kötéskapcsolat létrehozása, másrészt a relatív helyzetváltozás biztosítása az alkatrészek között. Ezek alapján megkülönböztethetünk rögzítő és mozgató csavarkapcsolatokat.

Az orsón is megtalálható csavarmenet az orsó hengerpalástján emelkedő egyszerű ékből lehet származtatni. „Ha valamilyen síkidomot egy hengerfelületen körbeviszünk úgy, hogy a körmozgással egyidőben azt a henger tengelyének irányába is elmozdítjuk, csavarmenet keletkezik. A körbevitt síkidom alakja pedig a csavar menetprofilját határozza meg.” [1]

Egy menetes orsót öt jellemzővel lehet egzaktul meghatározni, amik a következők: menetemelkedés, magátmérő (d_1), középméret (d_2), menetátmérő (d), menetemelkedések száma.

A mozgatóorsó méretezésénél két fő szempontot kell figyelembe venni: a csavarorsó megfelelő húzó szilárdságát és a csavar mozgathatóságának biztosítását. Valamit ellenőrizni kell a hosszú, karcsú mozgatóorsókat kihajlásra is.

5.2.1 A mozgatóorsó átmérőjének meghatározása

„A különböző menetszelvények szabványosítása során olyan törekvés is következetesen érvényesült, hogy a leggyengébb keresztmetszet – helyes kialakításakor – mindig az orsó magkeresztmetszete legyen. Ezért méretezéskor, méretellenőrzés esetén a magátmérő meghatározása, illetve alkalmasságának ellenőrzése a cél, mivel az annak arányában megválasztott és jól elkészített menet minden jellemzője ezzel már méretezettnek tekinthető.” [1]

Orsóátmérő méretezése húzásra:

$$\sigma_{ny} = \frac{F}{A} = \frac{4 \cdot F}{d_3^2 \cdot \pi} \leq \sigma_{meg}$$

Ismerve a megengedett maximális feszültséget és a mozgatóorsóra ható terhelő erő nagyságát, a középátmérő meghatározható az összefüggés d_3 -ra való átrendezésével.

$$d_3 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\sigma_{meg} \cdot \pi}}$$

Ahol:

d_3 – Középátmérő

F – Terhelő erő

σ_{meg} – Megengedett hajlítófeszültség

Ezt követően a kapott értékek alapján szabványos menetorsót választunk.

5.2.2 Menetemelkedési szög meghatározása és önzáróság ellenőrzése

Menetemelkedési szöget a következő összefüggéssel lehet meghatározni:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{P}{d_3 \cdot \pi}\right)$$

Ahol:

α – Menetemelkedési szög

P – Menetemelkedés

d_3 – Középatmérő

Súrlódási félkúpszög számítása:

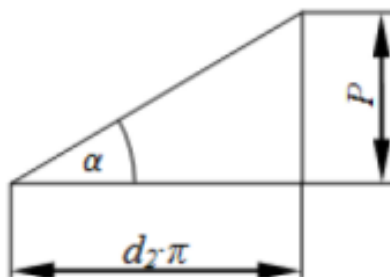
$$\rho' = \arctg(\mu')$$

Ahol:

ρ' – Súrlódási félkúpszög

μ' – Súrlódási tényező

Ha $\alpha < \rho'$, akkor az anya önzáró.



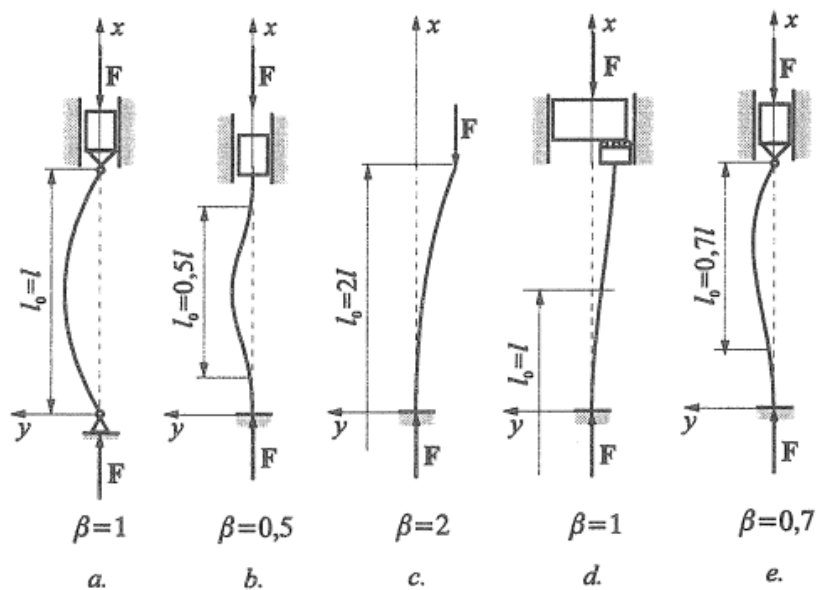
1. ábra Menetemelkedési szög megállapítása

5.2.3 Mozgatóorsó ellenőrzése kihajlásra

„Az orsókban a terhelés jellegéből adódóan gyakran ébred nyomó-, és csavaró igénybevétel, s mivel szerkezeti kialakításuk alapján hosszú, karcsú rudakként kezelhetők, kihajlásra történő méretellenőrzésük szükséges.” [1]

Befogási tényező meghatározása:

A centrikusan nyomott rúd rugalmas vonalának differenciál egyenletének vizsgálata alapján bebizonyítható, hogy a kihajlott rúd tengelyvonala szinuszgörbe alakú. A tengelyvonal által alkotott szinuszgörbe fél hullámhossza pedig a β befogási tényező.



2. ábra Különböző befogások befogási tényezője

Kihajlási hosszúság számítása:

$$l_e = \beta \cdot l$$

Ahol:

l_e – A kihajlási hosszúság

β – Befogási tényező

l – A nyomópogácsa és az iga közti távolság

Inerciasugár meghatározása:

„Ha az l hosszúságú orsó egyenértékű hossza l_e , akkor a magátmérő ismeretében a méretezéshez szükséges inercia sugár:” [1]

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{d_3^4 \cdot \pi}{64}}{\frac{d_3^2 \cdot \pi}{4}}}$$

Ahol:

i – Inerciasugár

Karcsúsági tényező megállapítása:

$$\lambda = \frac{l_e}{i}$$

Ha $60 < \lambda < 95$, akkor plasztikus kihajlást vehetünk észre, aminek kritikus feszültségét a Tetmajer-egyenes határozza meg:

$$\sigma_{kr} = R_{eh} + \frac{\pi^2 \cdot E}{95^2} - R_{eH} \cdot (\lambda - 60)$$

Ha $\sigma_{kr} < \sigma_{meg}$ akkor a magátmérő megfelelő a kihajlási ellenőrzésnek.

Abban az esetben, ha $\lambda > 100$, akkor Euler módszerrel kell ellenőrizni a biztonságot:

$$n = \frac{\pi^2 \cdot \frac{d_3^4 \cdot \pi}{64} \cdot E}{l_e^2 \cdot F}$$

Az itt kapott biztonsági tényezőnek 6 és 10 közötti értéket kell felvennie, ellenkező esetben a menetesorsó nem felel meg a kihajlási ellenőrzésnek.

5.3 Hajtókar méretezése

5.3.1 A mozgathoz szükséges nyomaték meghatározása

A hajtórúd mozgathoz szükséges nyomatékot kell kifejtünk, amit a következő képlettel határozhatunk meg:

$$M = F \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho')$$

Ahol:

M – A mozgathoz szükséges nyomaték

F – Terhelő erő

A kívánt nyomaték eléréséhez szükséges erőkar minimum hosszának számítása a megengedhető kézierő függvényében:

$$k = \frac{M}{F_{kézi}}$$

Ahol:

k – Erőkar minimum hossza

$F_{kézi}$ – Megengedhető kézi erő

5.3.2 A hajtókar átmérőjének meghatározása

Csőkeresztmetszetű hajtókar átmérőjének meghatározása:

$$d_h = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M}{\pi \cdot \sigma_{meg}}}$$

Ahol:

d_h – Hajtókar átmérője

M – A mozgatáshoz szükséges nyomaték

σ_{meg} – Megengedett maximális feszültség

Keresztmetszeti tényező kihajlásra:

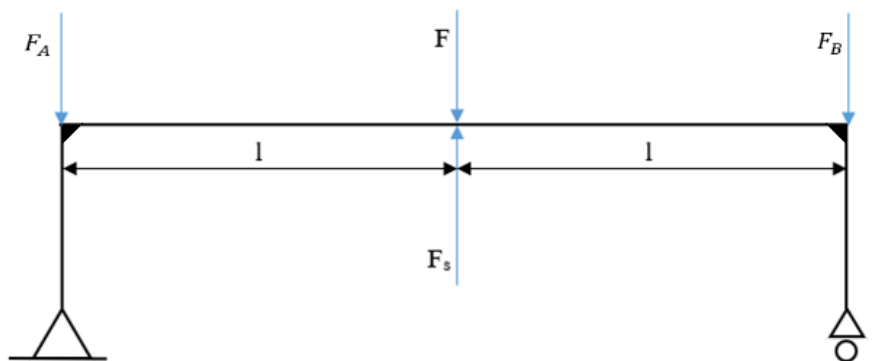
$$K_{\min} = \frac{d_h^3 \cdot \pi}{32}$$

5.4 Kéttámaszú tartó lehajlása

A tartószerkezetek tervezésénél fontos szerepet tölt be azok méretezése, hogy megfelelő méreteket és anyagokat tudjunk kiválasztani. Az így meghatározott szerkezeti elemek a szerkezetre ható összes terhelést ki kell bírják, viszont nem célszerű a túlméretezésük, ami a gyártási költséget is megnövelheti és súlyban is nagy különbséget jelenthet.

Az én esetemben a leszorítást végző iga méretezése a feladat. Ezt egy kéttámaszú tartóra lehet egyszerűsíteni.

5.4.1 Az erők és nyomatékok egyensúlya



3. ábra A szerkezet egyszerűsített ábrája

A szerkezetben ébredők erők egyensúlyát a következő képlet írja le:

$$0 = F - F_A - F_s - F_B$$

Ahol:

F – A mozgatóórsó által kifejtett erő

F_A – Az „A” pontban ébredő ellenerő

F_s – A tartó tömegéből adódó súlyerő

F_B – A „B” pontban ébredő ellenerő

A szerkezetben ébredők nyomatékok egyensúlyát az „A” pontban felírva, a következő összefüggést kapjuk:

$$0 = l \cdot F - l \cdot F_s - 2 \cdot l \cdot F_B$$

Ahol:

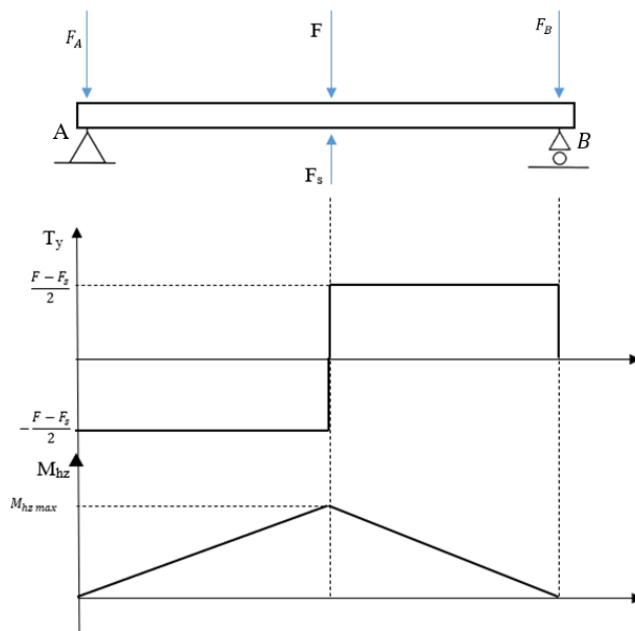
l – Az ábrán jelölt távolság

Az egyenletrendszert megoldva megkapjuk:

$$F_B = \frac{F - F_s}{2} \quad F_A = \frac{F - F_s}{2}$$

5.4.2 Méretezés legnagyobb nyírásra és hajlító nyomatékra

A meghatározásra grafikus módszert alkalmaztam:



4. ábra Méretezés grafikai úton

A tartó két terhelésnek van kitéve, nyíró és hajlító, „mivel a keresztmetszetekkel párhuzamos erők vannak, amik a keresztmetszet síkjába eső nyomatékot okoznak.” [2]

A rúdra hat a függőleges súlyerő, illetve a terhelő erő. Ebből következik, hogy a két támasztó erő is függőleges irányú lesz. Valamint mivel a két támasztóerő egyforma távolságra helyezkednek el a terhelő erőktől, emiatt a nagyságuk is egyenlő.

A rúd első szakaszán a nyíró igénybevétel állandó, mivel csak az F_A terhelő erő hatása érvényesül. A rúd közepén a két terhelő erő eredőjének hatására a nyíró igénybevétel is megváltozik. Ennek nagysága az előző szakasszal megegyező nagyságú, de ellentétes irányú. Az F_B tartóerő pedig a rúd végén a nullába redukálja a nyírást.

A rúd teljes hosszán található hajlító igénybevételt egy elsőfokú függvénnyel lehet leírni. A rúd két oldalán szimmetrikus a hajlító hatás. A hajlító igénybevétel a két támaszpontnál nulla, valamint a rúd közepén a legnagyobb.

5.5 Csapszeg méretezése

A különféle gépalkatrészekben gyakran alkalmazzák kötőelemként a csapszegeket azok egyszerűsége és költséghatékonyasága miatt. Csapszeget használunk mind laza, mind szilárd kötések létrehozására.

A csapszegek leggyakrabban hengeresek, illetve bizonyos esetben kúposak. A terhelés általában merőleges a kötőelem tengelyére.

Jelen esetben a szerkezet könnyű szerelhetősége és karbantarthatósága szempontjából fontos az alkalmazása.

A csapszeget a következő terhelések terhelik: Nyírás, Hajlítás.

5.5.1 A legkisebb megengedett átmérő meghatározása a megengedhető nyírófeszültségre

Ismerve a csapszegre ható terhelő erőt valamint a maximális nyírófeszültséget a csapszeg átmérője meghatározható a következő összefüggéssel:

$$d_{sz1} = 2 \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot \tau}}$$

Ahol:

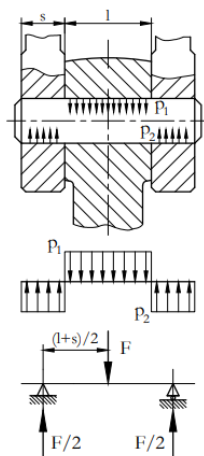
$d_{\tau_{meg}}$ – Legkisebb szükséges átmérő a megengedhető nyírófeszültségre

F – Terhelő erő

τ_{meg} – Megengedett maximális nyírófeszültség

5.5.2 Hajlításra való ellenőrzés

Ha a csapszeget a két végén megtámasztott tartóként fogjuk fel és a terhelés a teljes „l” hosszon oszlik meg, akkor a hajlító nyomaték a következő összefüggéssel számítható:



5. ábra. A csapszegre ható erők

$$M_h = \frac{F}{2} \cdot \left(\frac{l}{2} + \frac{s}{2} \right) - \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{4} = \frac{F}{8} \cdot (l + 2 \cdot s)$$

Ahol:

F – A csapszegre ható erő

l – Teljes hosszon megoszló hajlító nyomaték

s – Külső heveder anyagvastagsága

5.5.3 A legkisebb megengedett átmérő meghatározása a megengedhető hajlítófeszültségre
Ismerve a csapszegre ható hajlító nyomatékot, illetve megengedett maximális hajlító feszültséget a szükséges átmérő a következő összefüggéssel számítható:

$$\sigma_{meg} = \frac{M_h}{K}$$

Az átmérő meghatározásához szükséges a K alaktényező összefüggése, ami tömör rúdra a következő:

$$K = \frac{d_{sz2}^3 \cdot \pi}{16}$$

Ezt követően már csak a d_{sz2} -t szükséges kifejezni:

$$d_{sz2} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_h}{\sigma_{meg} \cdot \pi}}$$

A két átmérő ismeretében a szabványos csapszeg átmérő meghatározható. A szabványos átmérő meghatározása után célszerű elvégezni a biztonsági tényezők ellenőrzését is.

6 Konstrukció (geometriai) tervezés

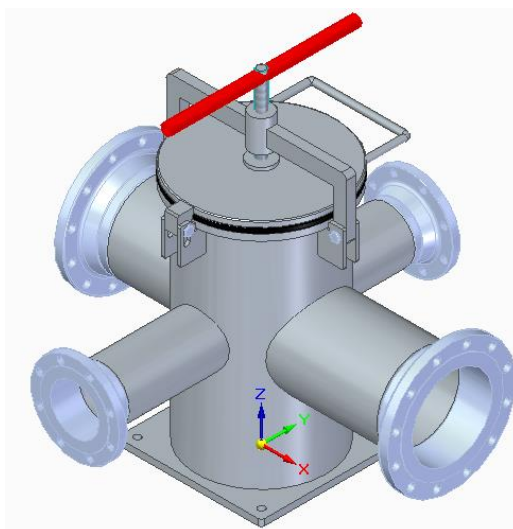
6.1 Célkitűzés

A modellben nem csak az egyes alkatrészek megnyitására, majd a méretek manuális változtatására van lehetőség. A Solid Edge támogatja, hogy egy külső adatbázis kezelő programot használjunk. Én erre a célra a diákoknak ingyenesen elérhető Microsoft Excel programot választottam.

A konfigurációs adatbázist úgy kell létrehozni, hogy az előzetesen kiszámított szükséges szabványos paraméterek egyértelműen megadhatóak legyenek. Ezeket a dimenziókat a Solid Edge is megkapja a két program összekapcsolása révén. Ezt követően az egyes alkatrészek is felveszik a kívánt méreteket és az összeszerelés egy frissítést követően már az új paramétereknek megfelelően jeleníti meg a berendezést.

A dolgozat készültekor a Siemens Solid Edge Academic Edition 222.00.00. 132 x64-es és a Microsoft Excel 2302-es verzióit használtam.

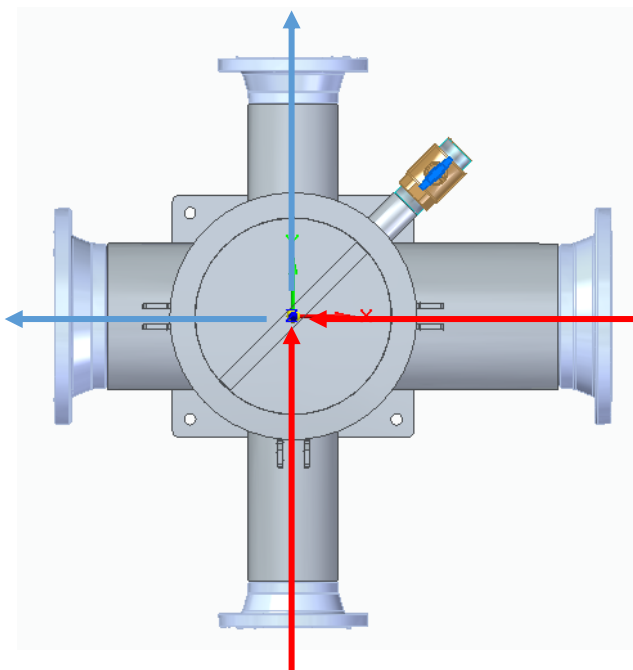
Ezen kapcsolatok néhány példán keresztül kerülnek szemléltetésre a következő alfejezetben.



6. ábra A megvalósítani kívánt modell

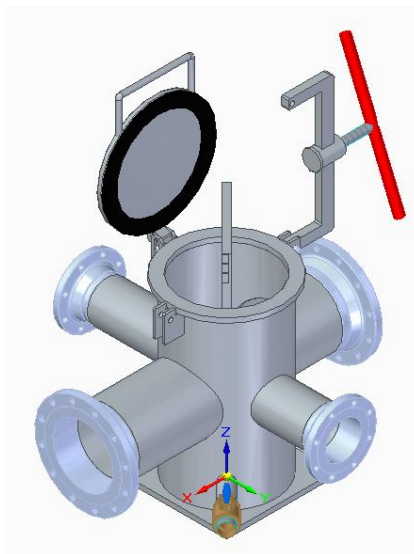
6.2 A berendezés működése

A csomókra csatolt vezetéseken áramlik be a szűrni kívánt fűróiszap. Amely a térfogatáram hatására átszűrődik a szűrőbetéten.



7. ábra A berendezés működése, pirossal jelölve a beáramló közeg, kézzel jelölve a kiáramló közeg

Ha a szűrőbetét megtelítődik hordalékkal, akkor az iga leoldásával és a fedél felnyitásával van lehetőség a betét kivételére és tisztítására.

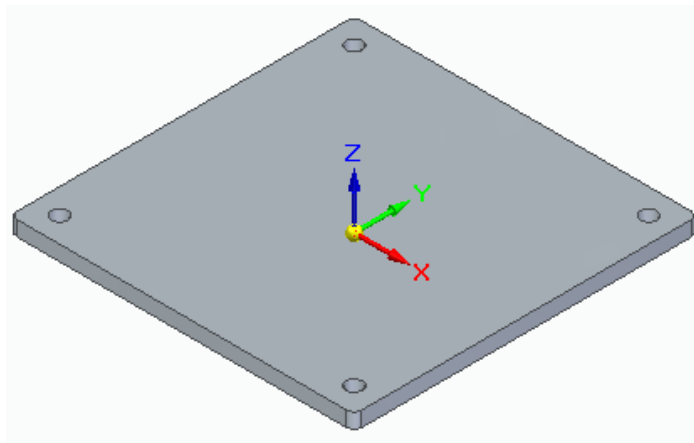


8. ábra A berendezés tisztítási állapotban

6.3 A modell főbb alkatrészei

6.3.1 Talp

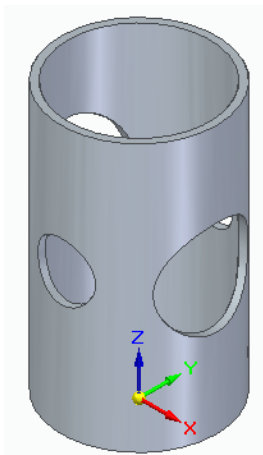
A berendezés rögzítéséért és az aljának lezárásáért a talp nevezetű alkatrész felelős. Főbb méreteit az X és az Y irányú szélessége, az anyagvastagság, illetve a furatok pozíciója, átmérője jelentik.



9. ábra Talp alkatrész

6.3.2 Test cső

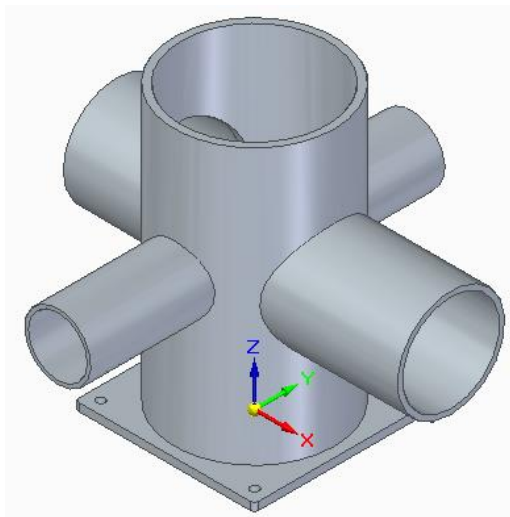
A szűrőbetétet magába foglaló alkatrész szükségessége sem vitatható. Erre a csőre csatlakoznak fel a csonkok. Majd felhegesztésre kerül mind a fedő, mind az iga zsanérjai, illetve a karima. Az alkatrész főbb paraméterei a külső átmérője, a cső magassága, a falvastagsága, a csonkok számára létrehozott furatok átmérője, illetve a furatok magassága.



10. ábra Test Cső alkatrész

6.3.3 Csonkok

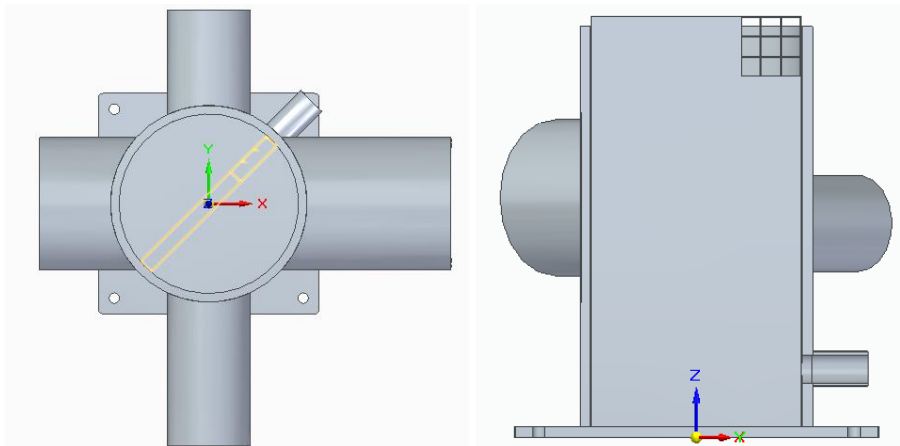
A berendezés használatához szükséges csatlakozások biztosítására szükség van csonkokra. A csonkok végére az alkalmazási feltételektől függően szabványos csatlakozók kerülnek felhegesztésre. Ezeknek a csonkoknak is variálható az átmérője, hossza, falvastagsága, illetve igazodnak a furatok paramétereire.



11. ábra Összeszerelés csonkokkal ellátva

6.3.4 Szűrőbetét

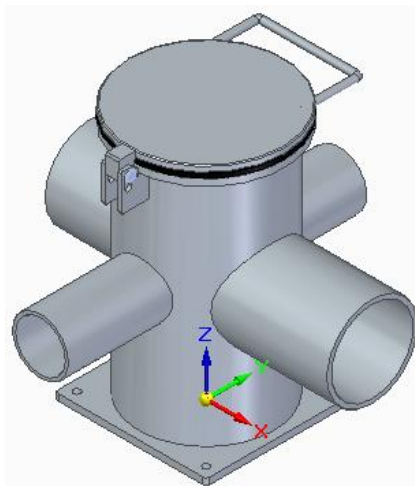
Az egész berendezés egyik legfontosabb alkatrésze maga a szűrőbetét. Ez a betét egy durvaszűrő, ami csak a nagyobb szennyeződések kiszűrésére alkalmas. Ennek méretei is parametrikusan alkalmazkodnak a többi mérethez, lásd a test cső átmérője, magassága. A megjelenítés egyszerűsítéséért a modellben a szűrőbetétnek nem a teljes mintázata van kidolgozva.



12. ábra Szűrőbetét elhelyezkedése az összeszerelés felülnézeti és metszeti ábráján

6.3.5 Karima, tömítés, fedél, fedél zsanér

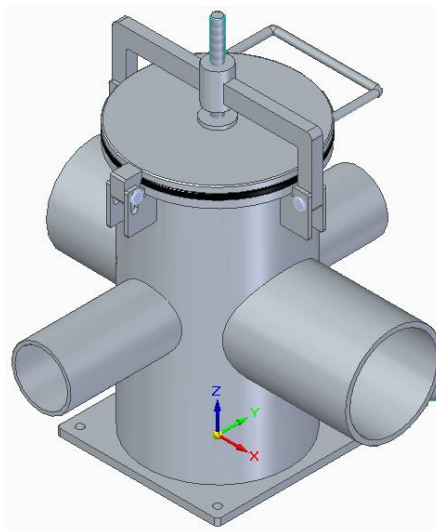
A szűrőberendezés zárhatóságát, illetve a betét tisztíthatóságát a fedél és hozzá tartozó alkatrészek látják el. Természetesen mivel ezen alkatrészek is függenek a test cső átmerőjétől, emiatt ezen alkatrészek is automatikusan alkalmazkodnak.



13. ábra Karima, tömítés, fedél, fedél zsanér a modellben

6.3.6 Iga, igazsanér, menetes szár, lenyomó pogácsa

A szűrő nyomás alatti zártságát az iga, illetve segéd alkatrészei hajtják végre. Mint a korábbiakban ezek az alkatrészek is parametrikusan alkalmazkodnak a többi alkatrész változásához.



14. ábra Iga, igazsanér, menetes szár, hajtórúd, lenyomópogácsa

6.4 A két program közti kapcsolat

A modell felépítését követően létrehoztam a csatolásokat a Solid Edge és az Excel táblázat között. A csatolások létrehozása után fontos, hogy az Excel-t kell először elindítani, ha a modell megnyitásra kerül.

Típus	Név	Érték	Mértékeg...	Szabály	Képlet	Tartomá...	Tulajd...	Tulajdonság ...	Megjegyzés
D..	V3153	0,00	mm				<input type="checkbox"/>		
D..	V3215	23,94	mm				<input type="checkbox"/>		
D..	V3547	0,00	mm				<input type="checkbox"/>		
D..	V3778	0,00	mm				<input type="checkbox"/>		
Va.	Csonk_leereszto_alkatr...	0,000		Csatolás beillesztése	@'C:\Users\zsolt_ekhk9y9\...		<input type="checkbox"/>		
Va.	Csonk4_alkatresz_meg...	0,000		Csatolás beillesztése	@'C:\Users\zsolt_ekhk9y9\...		<input type="checkbox"/>		
Va.	Csonk3_alkatresz_meg...	0,000		Csatolás beillesztése	@'C:\Users\zsolt_ekhk9y9\...		<input type="checkbox"/>		
Va.	Csonk2_alkatresz_meg...	0,000		Csatolás beillesztése	@'C:\Users\zsolt_ekhk9y9\...		<input type="checkbox"/>		
Va.	Csonk_leereszto_kivag...	0,000		Csatolás beillesztése	@'C:\Users\zsolt_ekhk9y9\...		<input type="checkbox"/>		
Va.	Csonk4_kivagas_Kikap...	0,000		Csatolás beillesztése	@'C:\Users\zsolt_ekhk9y9\...		<input type="checkbox"/>		
Va.	Csonk3_kivagas_Kikap...	0,000		Csatolás beillesztése	@'C:\Users\zsolt_ekhk9y9\...		<input type="checkbox"/>		
Va.	Csonk2_kivagas_Kikap...	0,000		Csatolás beillesztése	@'C:\Users\zsolt_ekhk9y9\...		<input type="checkbox"/>		
Va.	Csonk1_kivagas_Kikap...	0,000		Csatolás beillesztése	@'C:\Users\zsolt_ekhk9y9\...		<input type="checkbox"/>		
Va.	Csonk1_alkatresz_meg...	0,000		Csatolás beillesztése	@'C:\Users\zsolt_ekhk9y9\...		<input type="checkbox"/>		

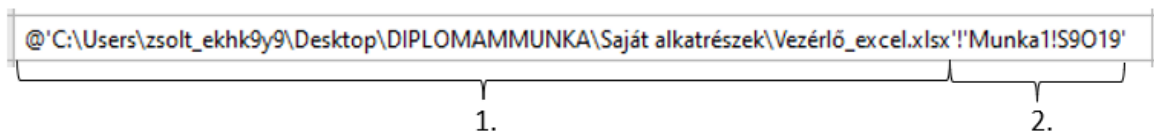
15. ábra A változó tábla felépítése Solid Edge-ben

A Solid Edge-ben a modellben alkalmazott változók a változó táblában vannak összegyűjtve, amit a 15. ábrán is megfigyelhetünk. Ezen a felületen van lehetőségünk a csatolásokat létrehozni.

A táblázat főbb részei a következők:

- **Típus:** Az adatokat két fő típusra lehet felosztani:
 - **Dimension (Dimenzió):** A modell létrehozásakor használt változók, melyeket a különböző méretezési beállításokkal hozunk létre lásd: „Gyorsméretezés”
 - **Variable (Változó):** A modell véglegesítésénél célszerű beépített parancsokat használni, amik saját konfigurációs ablakkal rendelkeznek. Ilyen például a „Furat” parancs.
- **Név:** Az adott változó egyedi megnevezése/azonosítója, amivel egyértelműen meghivatkozható a későbbiekben.
- **Érték:** Adott változó számszerű értéke.
- **Mértékegység:** Ebben az oszlopban jelenik meg a változónk mértékegysége, amit a „Mértékegység típus” nevű listából tudunk kiválasztani.

- Szabály: Ebben az oszlopban jelenik meg, hogy foglalmaztunk-e meg kötöttséget az adott változóval szemben. Alapvetően üres, de itt kapunk visszajelzést, hogy a változó rendelkezik-e csatolással. Illetve, ha van tartomány megadva az adott változóra, akkor a „határ” felirat jelenik meg.
- Képlet: Ebben az oszlopban létrehozhatunk a programon belüli összefüggéseket, viszont van lehetőség külső adatforrás csatolására is.



16. ábra Minta egy csatolással rendelkező változó elérési útvonalára

A 16. ábra-n látható elérési útvonal egyes részei fordított perjellel vannak elválasztva. A felépítése pedig a következő:

1. Windows file struktúrájában egyértelműen meghatározza a „Vezérlő_excel.xlsx” elérését.
 2. Meghatározza, hogy melyik munkalapon melyik sorban, illetve melyik oszlopban helyezkedik el a kívánt adat.
- Tartomány: Ebben az oszlopban van lehetőségük definiálni, hogy a változónk milyen számtartományban mozoghat például: $30 \leq x \leq 40$.
 - Tulajdonságként: Ebben az oszlopban ellenőrizhetjük, hogy a fájl tulajdonságait leíró változó és a fájl attribútumai között van-e kapcsolat. Ezen kapcsolatot használjuk ki amikor az alkatrészről műszaki rajzot szeretnénk létrehozni és egy változót meg szeretnénk hivatkozni lásd: sűrűség
 - Tulajdonság neve: Ebben az oszlopban van lehetőségünk a file tulajdonságát leíró változónak nevet adni például: Pontosság

A csatolások létrehozásánál célszerű, az Excel-ben és a Solid Edge-ben a változóknak olyan elnevezéseket adni, hogy a későbbi munkánk során könnyebb legyen a navigáció, illetve a későbbi csatolások létrehozása.

6.4.1 Egy a dolgozatban is használt csatolás logikai lánc

A Test cső átmérőjének a csatolása a következő logikai modellt követi:

- Első lépésben a méretezés során számított, illetve a megrendelői igények alapján kiválasztható egy szabványos átmérőt.
- Második lépésben ezt az adatot betápláljuk az adatbázisunkba.
- A következő lépés már automatikusan megtörténik. A csatolásnak köszönhetően a két program között létrejön az adatközlés, és az adat megjelenik a Solid Edge változótáblájában.
- A negyedik és utolsó lépésben a Solid Edge a változótábla alapján módosítja a háromdimenziós modellt.

The image shows a four-panel workflow for data integration:

- Top Left (Adatforrás):** A table titled "Csőméretek különböző szabványok szerint" (Pipe dimensions according to different standards). The "Külső csőátmérők ISO szerint (mm)" column contains the value 406,4, which is circled in red.
- Top Right (Tervező Szoftver):** A screenshot of the Solid Edge software interface. The "Változók" (Variables) button is circled in red, with an arrow pointing to the next panel.
- Bottom Left (Excel adatbázis adott cellája):** An Excel spreadsheet snippet for "Test cső" (Pipe). The "Átmérő" (Diameter) cell contains "406,4 mm" and is circled in red. An arrow points from this cell to the Solid Edge parameter table.
- Bottom Middle (Solid Edge belső adatbázis):** A table within Solid Edge showing a parameter: "D. Test_cső_atmero" with a value of "406,40 mm". The value is circled in red, and an arrow points from the Excel table to this cell.
- Bottom Right (Modell):** A 3D CAD model of a pipe assembly. A red arrow points from the parameter table to the model, indicating the update.

17. ábra Egy a modellben alkalmazott csatolás

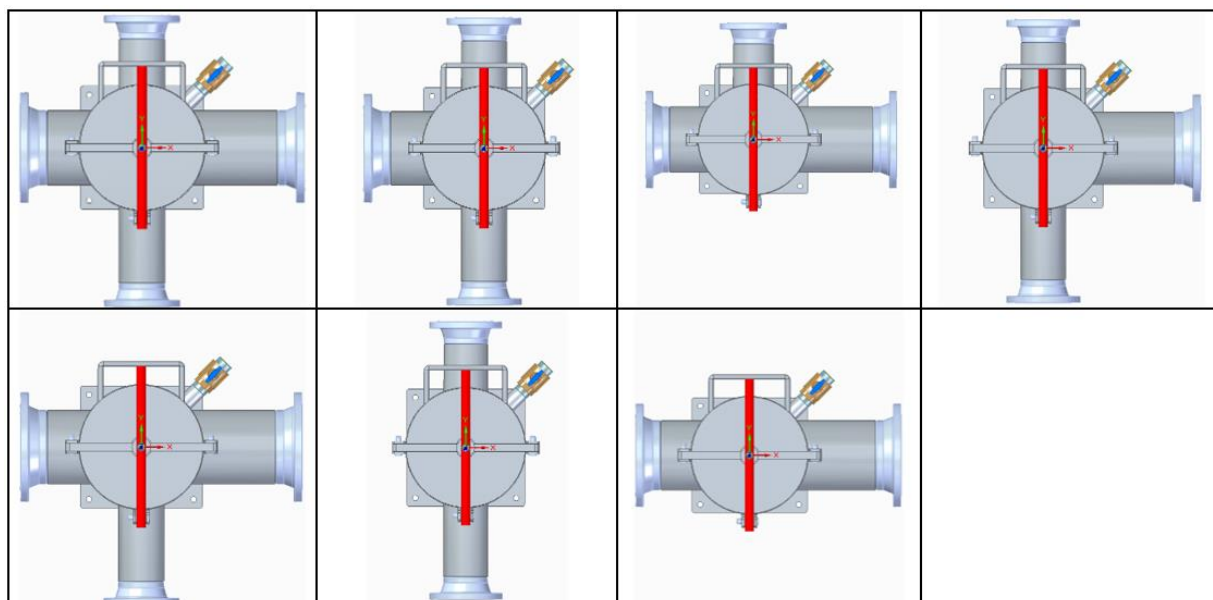
6.5 Az vezérlésért felelős Excel táblázat felépítése

Az Excelben létrehozott táblázatra jellemző, hogy az egyes alkatrészek változó méretei külön csoportokban vannak feltüntetve, illetve az egymáshoz kapcsolódó alkatrészek egymás mellett kaptak helyet. Az egész táblázatban, ahol adatot kell megadni és ahol adatot kapunk, ott különböző színnel van jelölve a cella. Mindegyik adatot tartalmazó cella melletti cellában fel van tüntetve az adat mértékegysége is, ezzel is elősegítve a felhasználó munkáját.

A test cső méreteinek bevitele után a konfigurációs adatbázis első sorában figyelmeztet, hogy a test cső méreteit ismerve, a talp dimenziói megfelelnek-e, és a cső nem fog lelőgni a talpról. Ezzel biztosítva, hogy a cső alja szigetelt lesz.

A test cső adatainak megadása után célszerű a karima adataival folytatni, itt a program számol egy ideális karima átmérőt, viszont mivel itt is szabványos alkatrészt kívánunk beépíteni emiatt szükség van a felhasználó által megadott szabványos méretre. Ezt követően a többi alkatrészek méretei már igazodnak a változó adatokhoz.

Táblázatban a csonkok adatainak megadásánál van lehetőség kiválasztani, hogy van-e az adott csonkra szükség az összeállításban. Ha igen, akkor a legördülő menüből az „Igen” opció kerül kiválasztásra, ha viszont nincs, akkor a „Nem” lehetőség. Ha a „Nem” opciót választottuk, akkor az adott csonk adatainak megadási felülete is el fog tűnni.



18. ábra Lehetséges csonk konfigurációk

Meg kell adni	Talp méretek helyességének ellenőrzése:			Az értékek helyesek	
Kapott eredmény					
Talp					
X irányú szélesség	Lekerekítés rádiusza				
456,4 mm	10 mm				
Y irányú szélesség	Furat átmérő	Furat pozíció			
456,4 mm	22 mm	33 mm			
Vastagság					
20 mm					
Test cső					
		Karima	Jelenlegi arányszám:	1,15	
Átmérő	Karima külső átmérő szabvány alapján		Karima belső átmérő szabvány alapján	Számolt karima átmérő	
406,4 mm	467,36 mm		372,2 mm	467,36	
Falvastagság	Vastagság				
17,6 mm	20 mm				
Magasság					
700 mm					
Csonk1 Csonk2 Csonk3 Csonk4 Leeresztő csonk					
Van?	Van?	Van?	Van?	Van?	
Igen	Igen	Igen	Igen	Igen	
Átmérő	Átmérő	Átmérő	Átmérő	Átmérő	Átmérő
273 mm	168,3 mm	273 mm	168,3 mm	60,3 mm	
Falvastagság	Falvastagság	Falvastagság	Falvastagság	Falvastagság	Falvastagság
12,6 mm	9 mm	12,6 mm	9 mm	5,2 mm	
Magasság	Magasság	Magasság	Magasság	Magasság	Magasság
355 mm	368,6 mm	400 mm	355 mm	100 mm	
Hossz	Hossz	Hossz	Hossz	Hossz	Hossz
500 mm	500 mm	350 mm	400 mm	300 mm	
					Szög
					45 fok
Iga zsanér					
Zsanér hossza	Karima és zsanér közti hézag		Iga teljes hossza		
33,48 mm	3 mm		566,4 mm		
Zsanér távolság	Magasság				
203,2 mm	190 mm				

19. ábra Minta a vezérlést végző Excel táblázatról

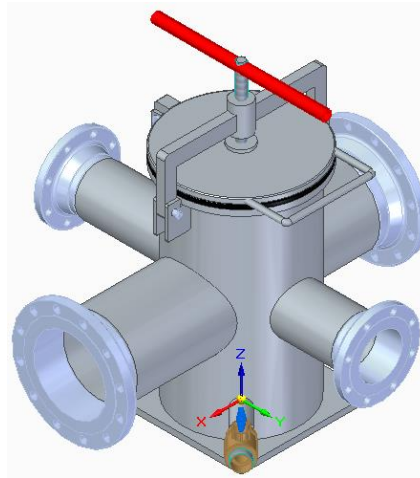
6.6 Kereskedelmi alkatrészek a modellben

6.6.1 Csonk végi csatlakozás, hajtórúd

A csonkoknak a rendszerbe való csatlakozását többféleképpen lehet kivitelezni. A teljesség igénye nélkül:

- Hegesztett csatlakozás
- Menetes csatlakozás
- Karimák felhegesztése

A dolgozatban felhasznált modellkonfigurációban található csonkok végére a rendszerbe oldható kötést biztosító karimák kerülnek felhegesztésre. Ezen karimákat a megrendelő szabványos alkatrészeket tartalmazó katalógusból kívánta kiválasztani, emiatt, ha változnak a kívánt csonkméretek, akkor szükséges a karimák újraválasztása is. A fedél zárását végző menetesszár mozgatásáért felelős hajtórúd is katalógusból lett kiválasztva, illetve a leeresztőcsonkon található csap is.



20. ábra Szabványos alkatrészeket is tartalmazó modell

7 Szilárdsági ellenőrzés

Ahhoz, hogy az adatbázisunkat fel tudjuk tölteni adatokkal, szükséges a méretezéseket elvégezni. Ezen számítások során kapható meg, hogy a berendezés ellenáll-e az azt érő terheléseknek.

A bemutatott összefüggések elvégzését követően célszerű végesem szimulációkat is futtatni, ahol a program elvégzi ezeket a számításokat és utána a szimuláció alapján ellenőrizni tudjuk a kalkulált értékeket.

A dolgozathoz a diákok számára elérhető Ansys WorkBench 2023 R1-es verzióját használtam.

7.1 Alapadatok

- A berendezésre ható túlnyomás: 4 barg
- A test cső átmérője: 406,4 mm
- Kézi mozgató erő: 200 N
- Mozgatóorsó anyaga: S275JR [3]
- A választott anyag folyáshatára: $R_{eh} = 275 \text{ MPa}$ [4]
- Működési hossz: 500 mm
- Menet típusa: Trapézmenet

7.1.1 A berendezésre ható terhelőerő meghatározása

A terhelt felületünk nagysága:

$$A = r^2 \cdot \pi = 203,2^2 \cdot \pi \approx 129717 \text{ mm}^2 = 0,129717 \text{ m}^2$$

A terhelő erő meghatározása:

$$F_{\min} = P \cdot A = 4 \cdot 10^5 \cdot 0,129717 = 51885,6 \text{ N} \approx 51,89 \text{ kN}$$

A biztos zárás érdekében a számított terhelő erőt 1,5-ös biztonsági tényezővel láttam el, tehát:

$$F = F_{\min} \cdot 1,5 = 51,89 \cdot 1,5 = 77,835 \text{ kN}$$

7.2 Mozgatóorsó méretezése

7.2.1 A mozgatóorsó átmérőjének meghatározása:

A megengedett maximális feszültség az anyagminőség és biztonsági tényező függvényében:

$$\sigma_{meg} = \frac{R_{eh}}{n} = \frac{275}{2} = 137,5 \text{ MPa}$$

Orsóátmérő méretezése húzásra:

$$d_3 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\sigma_{meg} \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 77,835 \cdot 10^3}{137,5 \cdot \pi}} \approx 26,84 \text{ mm}$$

DIN 103 alapján választott menetesorsó: Tr38 x 7

- Középatmérő: $d_2 = 31 \text{ mm}$
- Magátmérő: $d_3 = 30 \text{ mm}$

7.2.2 Emelőorsó valós biztonsági tényezőjének számítása

Az orsó átmérőjénél használt képletet az ébredő feszültségre kifejezve a következő összefüggést kapom:

$$\sigma_{ébr} = \frac{4 \cdot F}{d_3^2 \cdot \pi}$$

Az összefüggésbe behelyettesítve kiszámítható az ébredő feszültség:

$$\sigma_{ébr} = \frac{4 \cdot 77,835 \cdot 10^3}{30^2 \cdot \pi} = 110,1 \text{ MPa}$$

A valós biztonsági tényező pedig a következő képlettel határozható meg:

$$n_{valós} = \frac{R_{eh}}{\sigma_{ébr}} = \frac{275}{110,1} \approx 2,5$$

7.2.3 Önzáróság ellenőrzése

Menetemelkedési szög:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{P}{d_2 \cdot \pi}\right) = \arctg\left(\frac{7}{31 \cdot \pi}\right) = 4,11^\circ$$

Súrlódási félkúpszög:

$$\rho' = \arctg(\mu') = \arctg(0,19') = 11,698^\circ$$

Mivel $\alpha < \rho'$, így az anya önzáró

7.2.4 Ellenőrzés kihajlásra

A konstrukciós tervezésben taglaltak (6.3.6) során kiderült, hogy a nyomópogácsa és az iga közötti távolság (30 mm) ami megegyezik a mozgatóorsó átmérőjével (30 mm). Ebben az esetben nem beszélhetünk karcsú rúdról, emiatt nincs szükség a kihajlási ellenőrzésre.

Viszont minden más esetben amikor a rúd átmérője lényegesen eltér a rúd hosszától (a nyomópogácsa és az iga közti távolság) akkor szükséges az irodalom feldolgozásban (5.2.3) tárgyalt kihajlási ellenőrzést elvégezni mind numerikusan, mind végeelem módszerrel.

7.3 Hajtókar méretezése

7.3.1 Alap adatok

- Terhelő erő: 77,835 kN
- Megengedhető kézierő: 250 N
- Választott anyag: S275JR [3]
- S275 folyáshatára: $R_{eh} = 275 \text{ MPa}$ [4]

7.3.2 A mozgatáshoz szükséges nyomaték

$$M = F \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho') = 77,835 \cdot 10^3 \cdot \frac{31}{2} \cdot \operatorname{tg}(4,11 + 11,698) \\ = 341570,7631 \text{ Nmm} \approx 341,57 \text{ Nm}$$

Az erőkar minimum hossza 250 N megengedett kézi erő esetén:

$$k = \frac{M}{F_{\text{kézi}}} = \frac{341,57}{250} \approx 2,3 \text{ m}$$

A megrendelővel egyeztetve a működtető kar hossza nem lehet nagyobb a berendezés befoglaló méreteinél, ebből adódóan a választott hosszúság: 600 mm. Ez a hosszúság önmagában nem felel meg a számítások során kapott 2,3 m-rel. Viszont a berendezés karbantartását végző dolgozók hosszabbító kar segítségével nyitják/zárják a szűrő berendezést.

7.3.3 Hajtókar átmérőjének meghatározása

A megengedett maximális feszültség az anyagminőség és biztonsági tényező függvényében:

$$\sigma_{\text{meg}} = \frac{R_{eh}}{n} = \frac{275}{2} = 137,5 \text{ MPa}$$

Csőkeresztmetszetű hajtókar átmérőjének meghatározása:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M}{\pi \cdot \sigma_{\text{meg}}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 341570,7631}{\pi \cdot 137,5}} = 29,36 \text{ mm}$$

MSZ EN 10220:2003 [5] alapján választott csőátmérő: $d_h = 33,7 \text{ mm}$

7.3.4 Hajtókar valós biztonsági tényezőjének számítása

A hajtókar átmérőjének meghatározásánál használt összefüggést az ébredő feszültségre való átrendezést követően a következő képletet kaptam:

$$\sigma_{\text{ébr}} = \frac{32 \cdot M}{d^3 \cdot \pi}$$

Az összefüggésbe behelyettesítve az ébredő feszültség a következő:

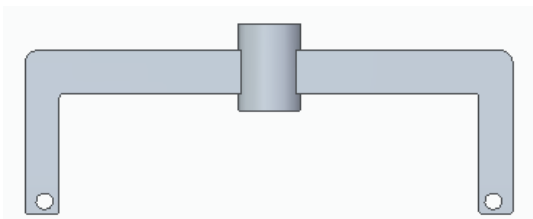
$$\sigma_{\acute{e}br} = \frac{32 \cdot 341570,7631}{33,7 \cdot 10^3 \cdot \pi} = 103,24 \text{ MPa}$$

A valós biztonsági tényezőt a következő képen határoztam meg:

$$n_{val\acute{o}s} = \frac{R_{eh}}{\sigma_{\acute{e}br}} = \frac{275}{103,24} = 2,66$$

7.4 Kéttámaszú tartó lehajlása

A számításokat a 6.3.6 pontban bemutatott ígára szükséges elvégezni. A számítás során ezt az alkatrészt egy kéttámaszú tartóként kezelhetjük.

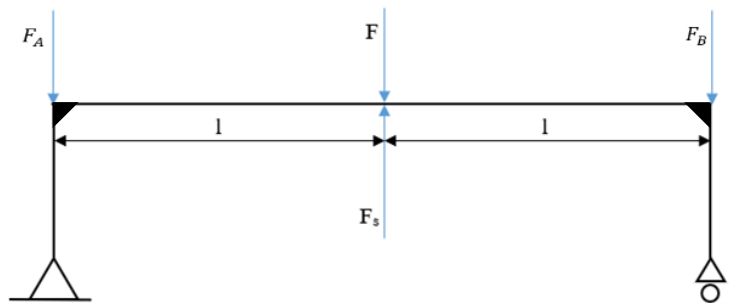


21. ábra Iga, mint kéttámaszú tartó

7.4.1 Az erők és nyomatékok egyensúlya

Alapadatok:

- Iga alapanyaga: S275JR [3]
- Iga tömege: 10,803 kg



22. ábra A 21. ábra bemutatott modell mechanikai vázlata

A szerkezetben ébredő erők:

$$0 = F - F_A - F_S - F_B$$

Behelyettesítve:

$$0 = 77,835 \cdot 10^3 - F_A - 10,803 \cdot g - F_B$$

A szerkezetben ébredők nyomatékok egyensúlyát „A” pontban felírva:

$$0 = l \cdot F - l \cdot F_S - 2 \cdot l \cdot F_B$$

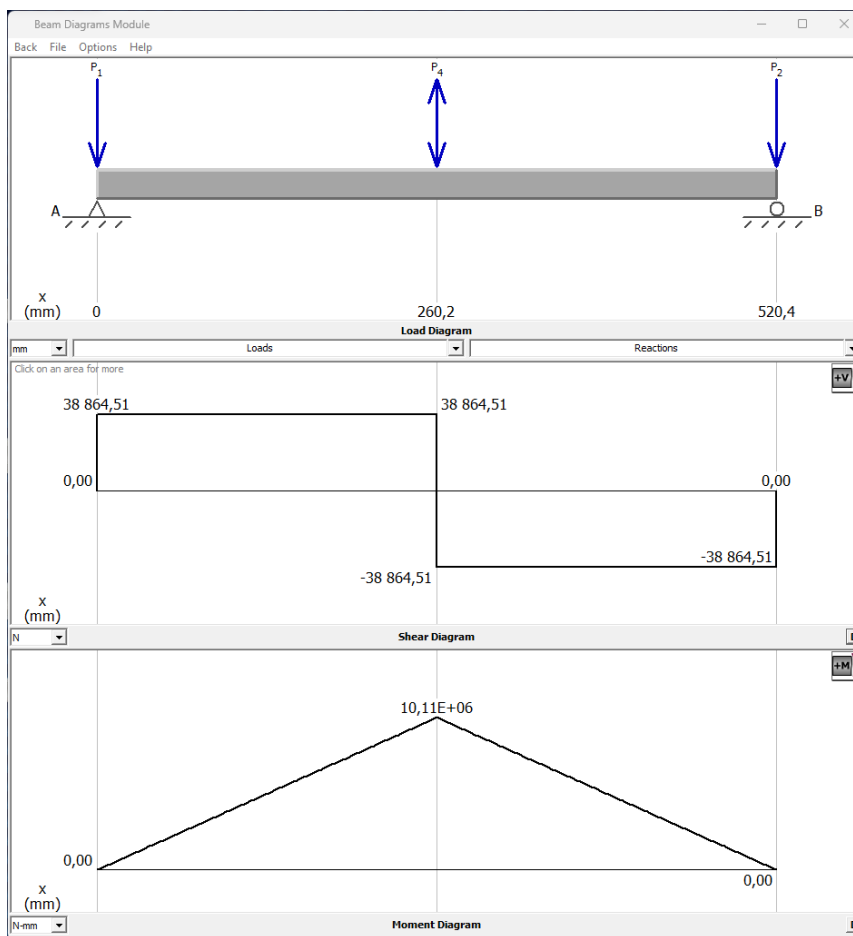
Behelyettesítve:

$$0 = 260,2 \cdot 77,835 \cdot 10^3 - 260,2 \cdot 10,803 \cdot g - 2 \cdot 260,2 \cdot F_B$$

Az egyenletrendszert megoldva megkapjuk, hogy:

$$F_B \approx 38864 \text{ N} \quad F_A \approx 38864 \text{ N}$$

Méretezés a legnagyobb nyírásra és hajlító nyomatékra:



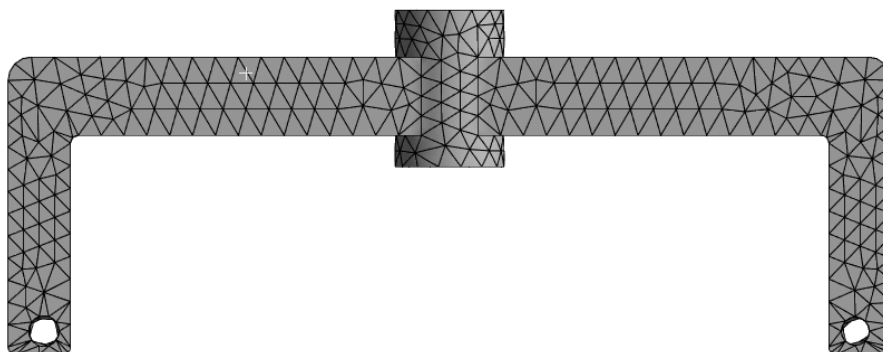
23. ábra Méretezés grafikusán konkrét értékekkel

A rúdra hat a függőleges súlyerő: $F_s = 105,97 N$, illetve a terhelő erő: $F = 77835 N$. Ebből következik, hogy a két támasztó erő F_A és F_B is függőleges irányú lesz. Valamint mivel a két támasztóerő egyforma távolságra vannak a terhelő erőktől, emiatt $F_A = F_B \approx 38864 N$

A rúd első szakaszán a nyíró igénybevétel állandó: $\tau_{A0} = 38864 Pa$, mivel csak az F_A terhelő erő hatása érvényesül. A rúd közepén a két terhelő erő eredőjének hatására a nyíró igénybevétel is megváltozik. Ennek nagysága az előző szakasszal megegyező nagyságú, de ellentétes irányú $\tau_{OB} = -38864 Pa$. Az F_B támaszerő pedig a rúd végén nullába redukálja a nyírást.

7.5 Az erők egyensúlya végeelem szimuláció segítségével

A szimulációhoz egy egyszerűsített modellt alkalmaztam. Ezáltal csökkent a szimuláció pontossága, viszont így is elég pontos, hogy ellenőrizni lehessen a szerkezetet a behatásokra. Így az erőforrás szükséglet is csökkent a szimuláció során.



24. ábra Iga 15mm-es hálózási sűrűséggel

A szimuláció során kapott eredményeket a következő táblázatban mutatom be:

1. táblázat Igában ébredő támasz erők változása a hálózás finomításával

Hálózási finomság [mm]	Támasztó erő [N]
30,487 (automatikus)	38869
25	38860
20	38836
15	38870
13	38883
11	38876
10	38877
9	38878
8	38879

A hálósűrűség növelésével megfigyelhető, hogy az eredmények nem változtak kirívó szinten. Valamit megállapítható, hogy a szimuláció során kapott értékek közel megegyeznek a numerikus úton elvégzett számításokkal.

7.6 Csapszeg méretezése

7.6.1 Alapadatok

- Alapanyag: S355JR [3]
- Az anyagra megadott felső folyáshatár: $R_{eh} = 355 \text{ MPa}$ [4]

7.6.2 A maximális nyírófeszültség meghatározása, amit a kiválasztott anyag elvisel.

Feltételezve, hogy az anyagra csak nyírófeszültség hat emiatt alkalmazható a 5.1 pontban tárgyalt Morh összefüggés, mellyel maximális nyírófeszültség:

$$\tau_{eh} = \frac{R_{eh}}{2} = \frac{355}{2} = 177,5 \text{ MPa}$$

7.6.3 Megengedhető nyírófeszültség meghatározása

$$\tau_{meg} = \frac{\tau_{eh}}{n} = \frac{177,5}{1,75} = 100 \text{ MPa}$$

7.6.4 A legkisebb megengedett átmérő meghatározása a megengedhető nyírófeszültségre

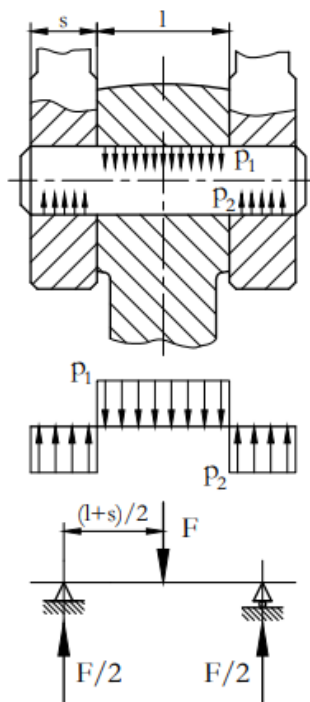
$$d_{sz1} = 2 \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot \tau_{meg}}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{38864}{\pi \cdot 100}} = 22,24 \text{ mm}$$

7.6.5 Megengedhető hajlító feszültség meghatározása

$$\sigma_{meg} = \frac{R_{eh}}{n} = \frac{355}{1,75} = 202,85 \text{ MPa}$$

7.6.6 Csapszegre ható hajlítónyomaték meghatározása

Az összefüggésben felhasznált jelölések a következő ábrán láthatóak:



25. ábra Csapszegre ható terhelések

A csapszegre ható hajlítónyomaték:

$$\begin{aligned} M_h &= \frac{F}{2} \cdot \left(\frac{l}{2} + \frac{s}{2} \right) - \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{4} = \frac{F}{8} \cdot (l + 2 \cdot s) = \\ &= \frac{38864}{8} \cdot (30 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10 \cdot 10^{-3}) = 242,9 \text{ Nm} \end{aligned}$$

7.6.7 A legkisebb megengedett átmérő meghatározása a megengedhető hajlítófeszültségre

$$\sigma_{meg} = \frac{M_h}{K} = \frac{M_h}{\frac{d_{\sigma_{meg}}^3 \cdot \pi}{16}}$$

A képletbe behelyettesítve:

$$202,85 = \frac{242,9}{\frac{d_{sz2}^3 \cdot 10^{-3} \cdot \pi}{16}} \rightarrow d_{sz2} = 18,27 \text{ mm}$$

7.6.8 A választott szabványos csapszegátmérő megállapítása

A csapszeg átmérőjének megállapítása MSZ EN 22341:2000 [6] alapján történt. A táblázatban szereplő „d h11” értékek nagyobbak kell lennie, mint a méretezés során kapott legkisebb megengedett átmérő ($d_{sz1} = 22,24 \text{ mm}$).

d h11	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	40	45	50	
d ₁	1,2	1,6	2	3,2	3,2	4	4	5	5	5	6,3	6,3	8	8	8	10	10	
d ₂	8	10	14	18	20	22	25	28	30	32	36	40	44	50	55	60	66	
c	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	
k	1,6	2	3	4	4	4	4,5	5	5	5,5	6	6	8	8	8	9	9	
w	2,9	3,2	3,2	4,5	5,5	6	6	7	8	8	9		10	10	10	12	12	
z	1	1	1	1	1,6	1,6	1,6	1,6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
l	-tól	10	12	16	20	25	30	35	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
	-ig	50	60	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	200	200	200	200	200
Sszeg ISO 1234 d×l	1,2×10	1,6×12	2×16	2,5×16	3,2×20	3,2×20	4×25	4×28	4×28	5×32	5×36	5×40	6,3×45	6,3×50	6,3×50	8×60	8×70	

26. ábra Fejes csapszeg szabványos átmérőjének meghatározása

A választott szabványos átmérő: 24 mm

7.6.9 Választott szabványos átmérővel számított biztonsági tényező

A szabványos átmérővel számított ébredő nyírófeszültség:

$$\tau_{ébr} = \frac{4 \cdot F}{d_{valós}^2 \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 38864}{24^2 \cdot 10^{-3} \cdot \pi} = 85,9 \text{ MPa}$$

A szabványos átmérővel számított ébredő hajlítófeszültség:

$$\sigma_{ébr} = \frac{M_h}{K} = \frac{M_h}{\frac{d_{valós}^3 \cdot 10^{-3} \cdot \pi}{16}} = \frac{242,9}{\frac{24^3 \cdot 10^{-3} \cdot \pi}{16}} = 89,48 \text{ MPa}$$

Mohr képletébe visszahelyettesítve és megoldva számítható az ébredő feszültség:

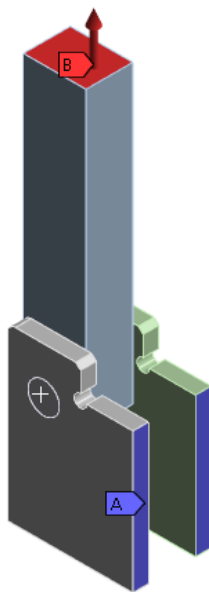
$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{89,48^2 + 4 \cdot 85,9^2} = 193,7 \text{ MPa}$$

Ezt követően a valós biztonsági tényező meghatározható:

$$n_{valós} = \frac{R_{eh}}{\sigma_{red}} = \frac{355}{193,7} = 1,83$$

7.6.10 Hajlításra való ellenőrzés Ansys segítségével

A leegyszerűsített modell a következőképpen néz ki:

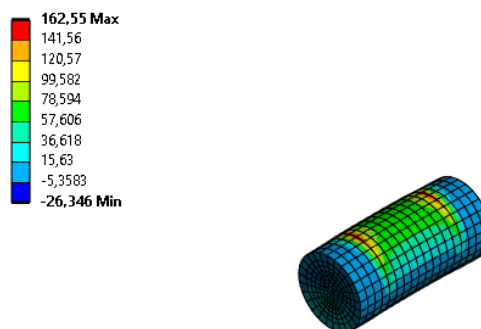


27. ábra Csapszeg leegyszerűsített modellje Ansys-ban

A szükséges számítási idő és erőforrás csökkentése érdekében nem a teljes modellt hoztam létre az Ansys modellezési környezetben. A modellben szereplő alkatrészeknél beállításra került a szükségek anyagminőségek.

A 27. ábra „A”-val jelölt felületén egy fix befogást alkalmaztam, mivel ezen a felületen érintkezik az iga rögzítésére szolgáló zsanér a test csővel. A „B”-vel jelölt felületen pedig a csapszetre ható húzó erőt helyezem el.

A szimuláció során a maximális ébredő feszültséget állapítottam meg. Ezt követően pedig a hálózasi sűrűség finomításával kívánatom a szimuláció pontosságát növelni.



28. ábra Finomított hálózással kapott eredmény

Itt megfigyelhető, hogy a szimulált értékek nem nullától indulnak, mivel nem csak egy irányban ébrednek feszültségek. Emiatt a következő táblázatban az értékek abszolútértékének összege kerül bemutatásra.

2. táblázat Csapszetre ható feszültség változása a hálózas finomításával

Hálózasi finomság [mm]	Ébredő feszültség [MPa]
13,552 (automatikus)	144,71
11	140,91
9	109,71
7	132,49
5	118,84
3	189,24
2,9	188,89
2,8	188,53
2,7	189,4

A 3mm-es hálósűrűséget elérve a kapott eredmények megközelítőleg stagnálnak, és közel megegyeznek a numerikus úton elvégzett számításokkal.

8 Gazdasági számítás

A dolgozat készítése során konzultáltam a megrendelővel. A megrendelő egyeztetett a szabványos alkatrészek beszállítóival, illetve az egyedi alkatrészek készítőivel. Ezt követően meghatározásra került az összeállítási költség is. Ezen költségek összegére a következő értéket kaptam a megrendelőtől:

$$\text{Gyártási költség} = \text{Alapanyag költség} + \text{Összeállítási költség} = 1\,286\,000 \text{ Ft}$$

Ezt követően az összeghez hozzá kell adni a tervezés költségeit. Ez jelen esetben a következőképpen alakul:

$$\text{Összköltség} = \text{Gyártási költség} = \text{Tervezési költség} = 1\,414\,600 \text{ Ft}$$

A dolgozatban bemutatott adatbázissal vezérelt modell készítés a szükséges konstrukciós tervezési idejét hivatott csökkenteni. Az eredeti konstrukciótól eltérő berendezésekhez elegendő a szabványos méretek megállapításához szükséges méretezési eljárásokat elvégezni. Ezt követően az adatbázisba betáplált adatok alapján változik a meglévő modell. Ezzel megspórolva az egyes alkatrészek új méretekkel való ellátásának időbeli költségeit. Valamit a szükséges műszaki rajzok is alkalmazkodnak a modellben történő változásokkal. Az adatbázis kezelő program felépítése egyszeri többlet költséget jelent. A teljes konstrukciós tervezéshez képest a konfigurációs adattábla felépítése kétszeres többletmunkát jelentett. Ezt követően viszont a modell változtatásához szükséges lépések megspórolásával a konstrukciós tervezés a teljes folyamat ¼ részére csökkent.

Az adatbázis kezelő program felépítése a teljes folyamathoz képest vett többletmunkával számolva:

$$\begin{aligned} TK \text{ első alkalommal} &= TK \cdot \text{Adatbázis létrehozási szorzó} = \\ &= 128\,600 \cdot 2 = 257\,200 \text{ Ft} \end{aligned}$$

Ahol:

TK – Tervezési költség

Ezt követően viszont a konfigurációs adattáblát alkalmazva a tervezésre szükséges időszükséglet a negyedére csökken, emiatt a költségei is:

TK konfigurátorral = TK · Szükséges időből adódó szorzó =

$$= 128\,600 \cdot \frac{1}{4} = 32\,150 \text{ Ft}$$

Ezen számokat elemezve megállapítható, hogy a 3. alkalommal amikor az eredeti konstrukciótól eltérő megrendelés érkezik már megtérül a kezdeti befektetésünk.

Az adatbázis kezelő programmal tervezett konstrukció teljes költsége a következőképpen alakul:

$$\begin{aligned} \text{Konfigurátorral vett összköltség} &= \text{Kezdeti összköltség} - (\text{TK} - \text{TK konfigurátorral}) = \\ &= 1\,286\,000 - (128\,600 - 32\,150) = 1\,189\,550 \text{ Ft} \end{aligned}$$

A fedezeti pontot követően a kezdeti összköltséghez képest, a konfigurátor alkalmazásával x%-kal csökken a teljes berendezés költsége.

$$\begin{aligned} \text{Jövedelmezőségi \%} &= \frac{\text{Kezdeti összköltség} - \text{Konfigurátorral vett összköltség}}{\text{Kezdeti összköltség}} = \\ &= \frac{1\,286\,000 - 1\,189\,550}{1\,286\,000} = 6,8 \% \end{aligned}$$

9 Összefoglaló

A dolgozatban egy a fűrásnál használt durvaszűrő fejlesztéséhez szükséges lépéseket mutattam be. Ennek főbb részei a következők voltak: a szükséges méretezési eljárások ismertetése, a megvalósításhoz szükséges modell létrehozása, az új rendszerekbe történő implementálás céljából létrehozott külső adatbázis létrehozása, az adott esetre történő méretezés elvégzése, majd a méretezés ellenőrzése végesem módszer segítségével.

A szabványos méretek meghatározására szükséges méretezési eljárásokat ismertettem. Ennek során bemutattam a mozgó orsó méretezéséhez szükséges összefüggéseket. Ezt követően az igát, mint kéttámaszú tartó vizsgáltam meg, mellyel megállapítható az egyes pontokban hatók támasz és terhelőerők. Ezt követően pedig az iga rögzítésért felelős csapszegek szabványos paramétereinek számításához szükséges képleteket ismertettem.

A modell létrehozásánál bemutattam a fontosabb alkatrészeket, valamint azok szerepét is az összeszerelésben. A háromdimenziós modell létrehozására a Siemens Solid Edge program 2022-es verzióját használtam, ami diákok számára ingyenes elérhető tanulmányi célú felhasználásra.

Az új rendszerekbe való alkalmazást pedig egy külső adatbáziskezelő program bevezetésével igyekeztem elősegíteni. Ennek lényege, hogy a háromdimenziós programban felvett méreteket nem kell minden esetben az egyes alkatrész modelljében változtatni. Az adatbázis kezelő program, amit használtam az a Microsoft Office Excel, ami ugyan csak ingyenes elérhető a diákoknak. Az Excel táblázat felépítése sokkal egyszerűbbé tette a méretek módosítását.

Ezt követően a szűrőberendezésben alkalmazott nyomás alapján a korábban taglalt méretezési eljárások segítségével elvégeztem a numerikus számításokat, ellenőrzéseket. Fontos megjegyezni, hogy minden esetben a kapott eredményekhez legközelebbi szabványok kerültek alkalmazásra. Ez megkönnyíti a szükséges alkatrészek külső beszállítótól való beszerzését és csökkenti az egyedileg legyártandó elemek számát. Ezzel is csökkentve a berendezés költségeit.

A numerikus számítások pedig ellenőrzésre kerültek végeelem szimuláció segítségével is. Így biztosítva, hogy a számítások során kapott adatok a megvalósítást követően megfelelőek legyenek.

Végül pedig kiszámítottam azzal, hogy létrehoztam a konfigurációs adatbázist mekkora egyszeri többlet költséggel kell számolnia a megrendelőnek. Kimutattam, hogy ezt követően az egyszeri plusz munkámmal járó többletköltsége hányadik értékesítésnél térül meg.

10 Summary

In the essay, I presented the necessary steps for developing a coarse filter used in drilling. Its main components were as follows: an explanation of the required sizing procedures, the creation of the model necessary for implementation, the creation of an external database for implementation in new systems, performing sizing for the specific case, and then checking the sizing using the finite element method.

I described the sizing procedures required for determining standard dimensions. I presented the relationships necessary for sizing the driving spindle. Following that, I examined the yoke as a two-support beam, which allows us to determine the support and load forces at single points. Afterward, I explained the formulas needed to calculate the standard parameters for the pins responsible for fixing the yoke.

When creating the model, I introduced the important components and their roles in assembly. To create the 3D model, I used the 2022 version of Siemens Solid Edge, which is freely available for educational use by students.

To facilitate the implementation in new systems, I introduced an external database management program. The essence of this is that the dimensions recorded in the 3D program do not need to be changed in each component model every time. The database management program I used is Microsoft Office Excel, which is also freely available to students. The structure of an Excel spreadsheet made modifying dimensions much simpler.

Following this, I carried out numerical calculations and checks based on the pressure applied in the filter device, using the sizing procedures discussed earlier. It's important to note that the results were always compared to the nearest standards in every case. This simplifies the procurement of necessary components from external suppliers and reduces the number of custom-made parts, ultimately lowering equipment costs.

The numerical calculations were also verified through finite element simulations, ensuring that the obtained data is suitable for implementation.

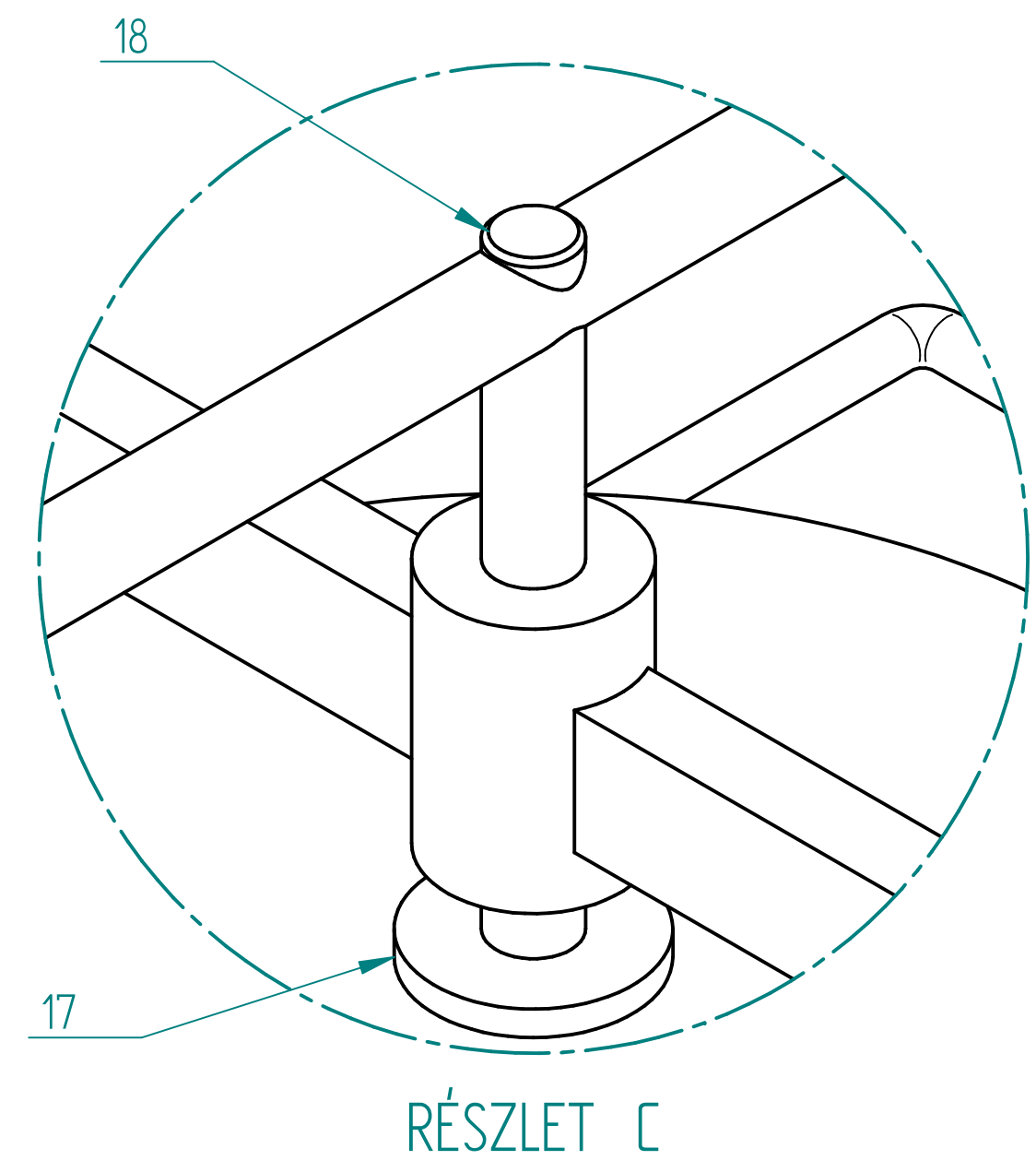
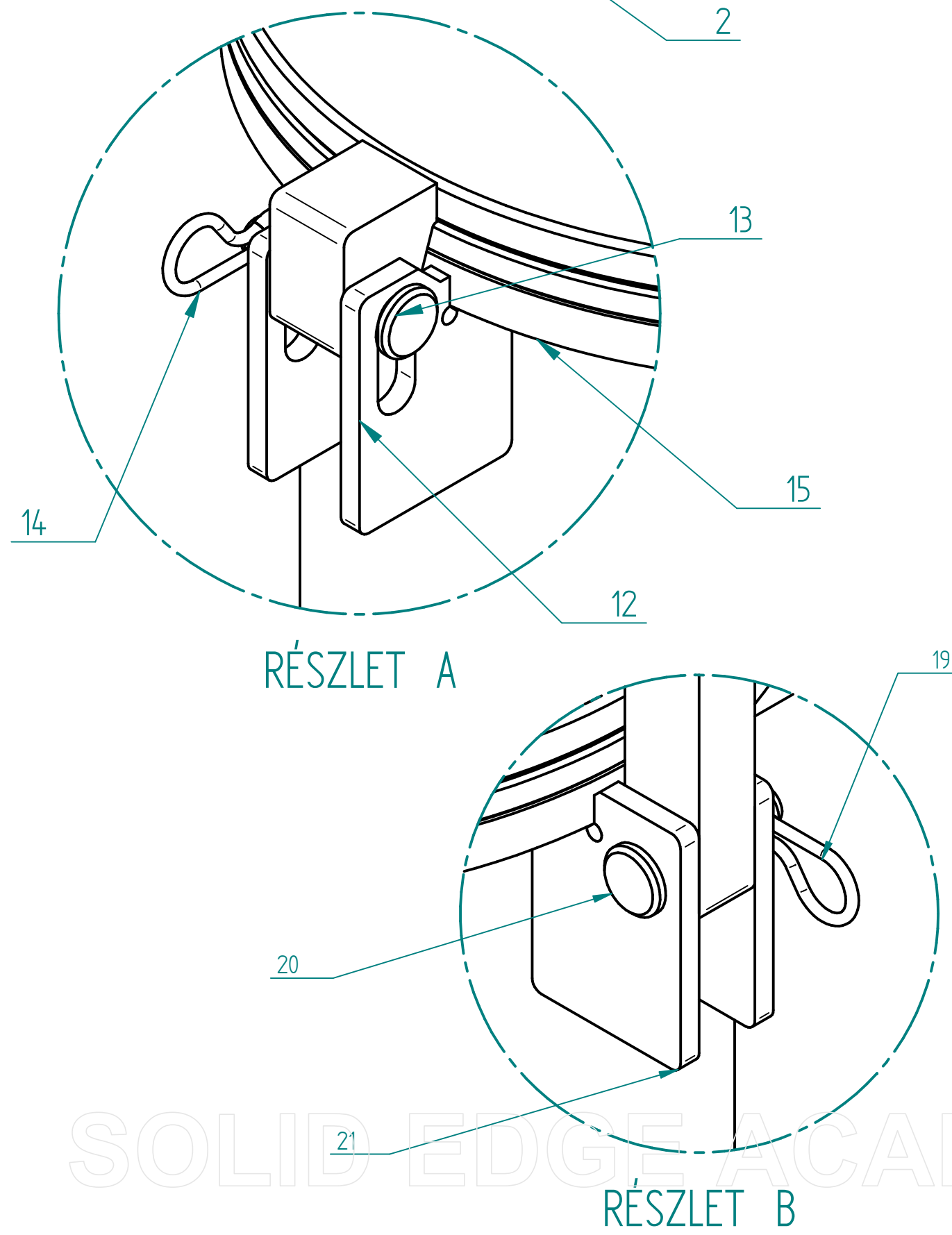
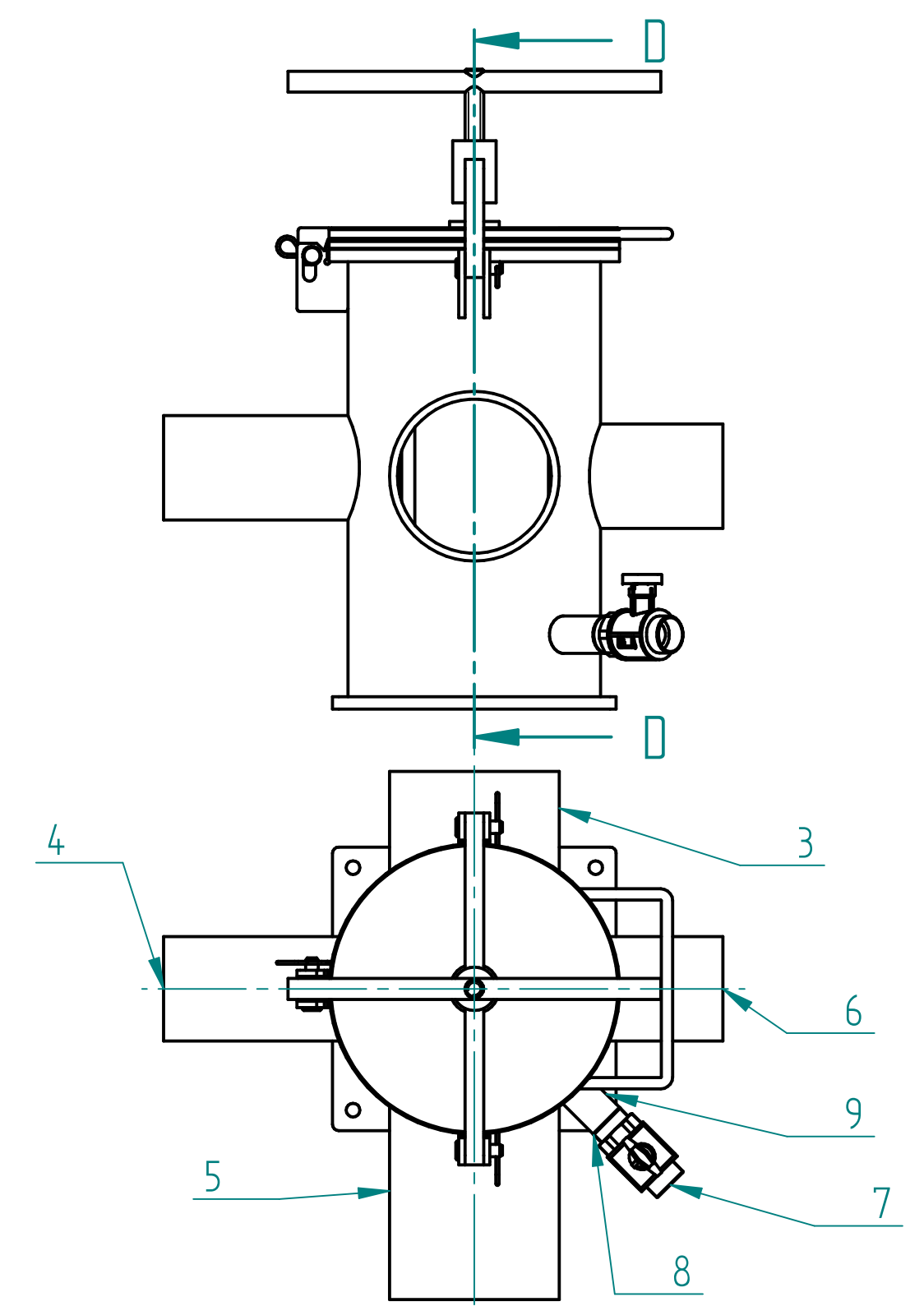
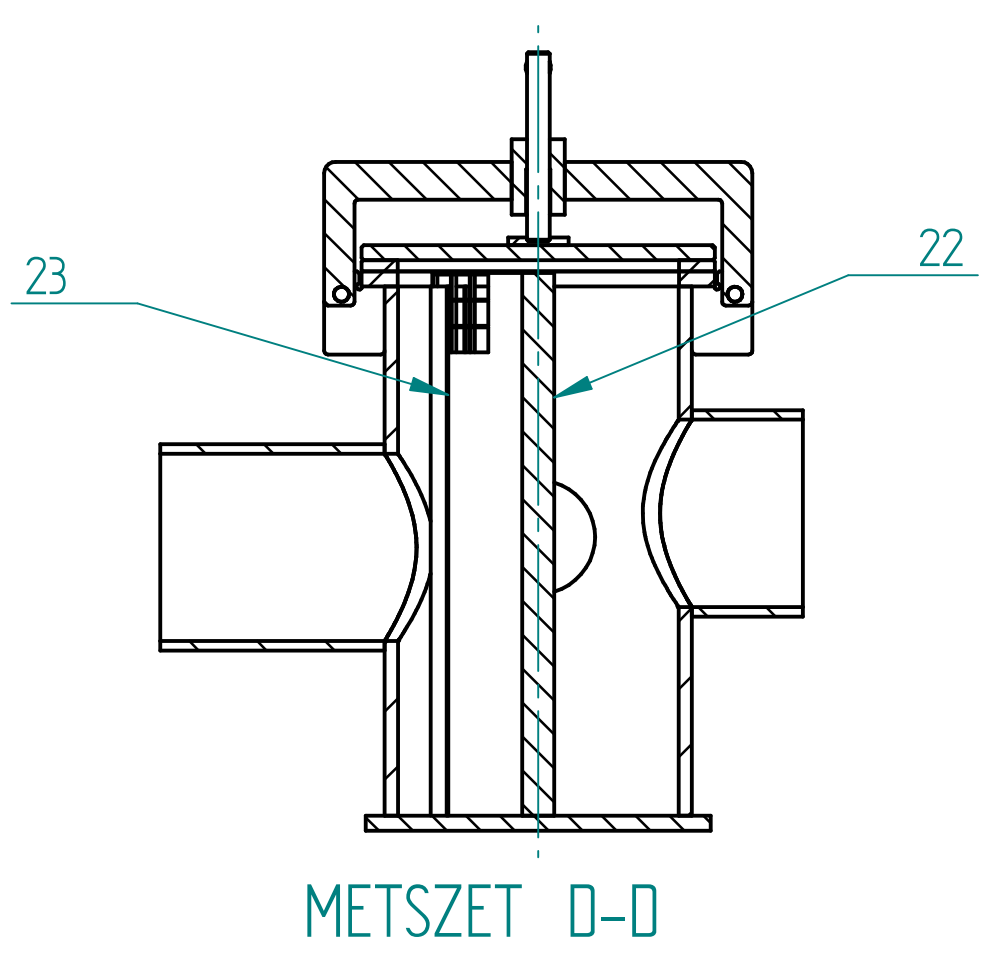
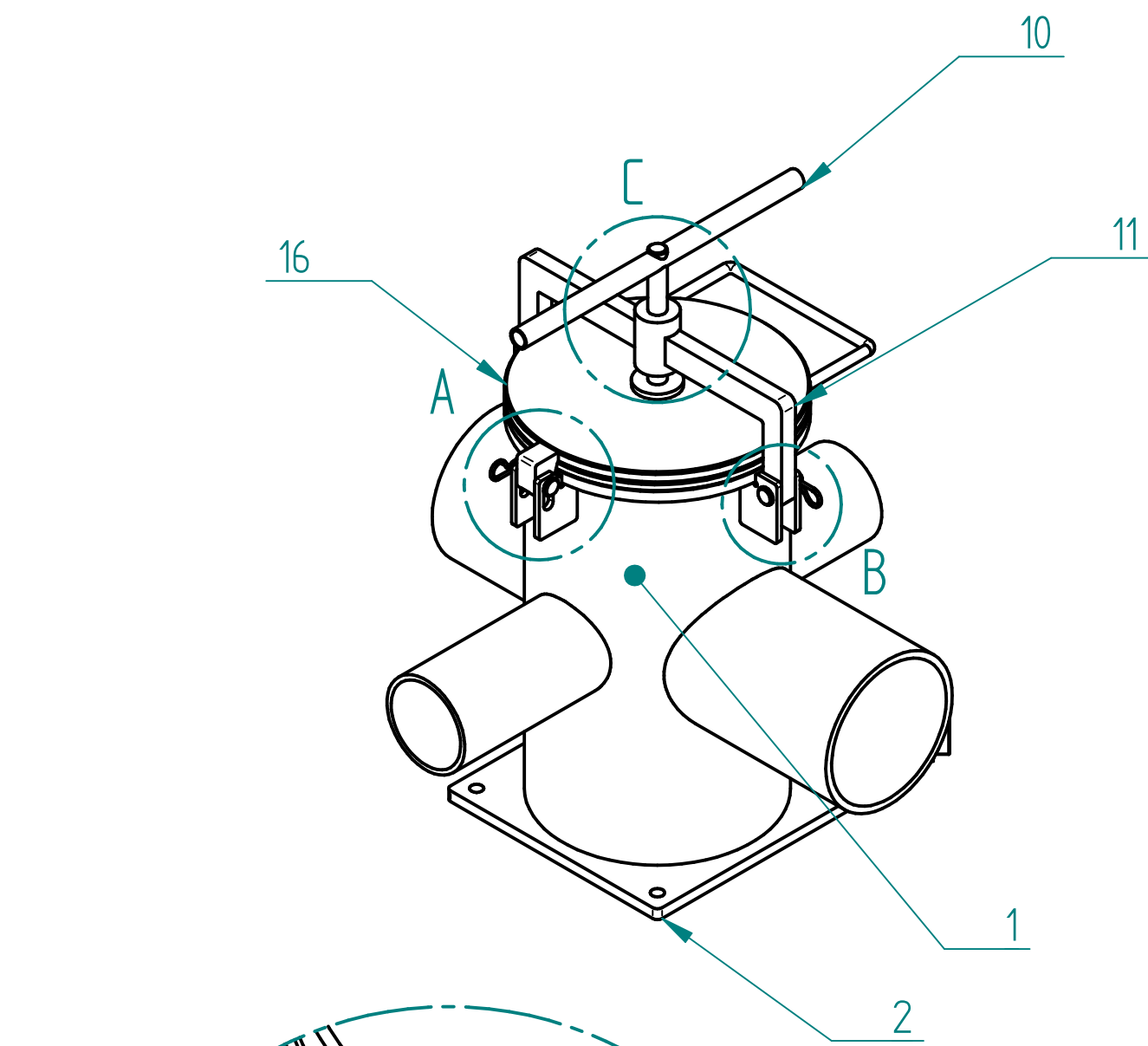
Finally, I calculated the one-time additional cost incurred by creating the configuration database and demonstrated at which point in sales this additional cost pays off for the customer.

11 Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Szendrő Péter, Gépelemek I., Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó, 1978.
- [2] Sági Gábor és Szilas Ákos, Statika gyakorlatok, Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó, 2005.
- [3] MSZ EN 10020:2001, Acélminőségek fogalommeghatározásai és csoportosítása,

- Magyar Szabványügyi Testület, 2001.
- [4] MSZ EN 10060:2004, Hot rolled round steel bars for general purposes. Dimensions and tolerances on shape and dimensions, Magyar Szabványügyi Testület, 2004.
- [5] MSZ EN 10220:2003, Seamless and welded steel tubes. Dimensions and masses per unit length, Magyar Szabványügyi Testület, 2003.
- [6] MSZ EN 22341:2000, Fejes csapszeg (ISO 2341:1986), Magyar Szabványügyi Testület, 2000.
- [7] Kovács Gáborné Mezei Gizella, Rácz Péter, Szalai Péter és Törőcsik Dávid, Gépelemek, Széchenyi István Egyetem: Széchenyi István Egyetem Műszaki Tudományi Kar, 2013.
- [8] Devecz János, „tankönyvtar,” BME, [Online]. Available: <http://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/handle/123456789/2966>. [Hozzáférés dátuma: 15 08 2023].
- [9] M. Csizmadia Béla és Nándori Ernő, Mechanikai Mérnököknek Statika, Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó, 2016.
- [10] Horváth Zoltán. [Online]. Available: <http://users.atw.hu/gepesz-lev/2felev/emelo.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 23 09 2023].
- [11] M. Csizmadia Béla és Nándori Ernő, Mechanikai Mérnököknek Szilárdságtan, Budapest-Gödöllő-Győr: Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., 1999.
- [12] MSZ EN 10058:2019, Hot rolled flat steel bars and steel wide flats for general purposes. Dimensions and tolerances on shape and dimensions, Magyar Szabványügyi Testület, 2019.
- [13] MSZ EN 10029:2011, Hot-rolled steel plates 3 mm thick or above. Tolerances on dimensions and shape, Magyar Szabványügyi testület, 2011.
- [14] MSZ EN ISO 1234:2000, Saszeg (ISO 1234:1997), Magyar Szabványügyi Testület, 2000.
- [15] MSZ EN 10278:2000, Dimensions and tolerances of bright steel products, Magyar Szabványügyi Testület, 2000.
- [16] MSZ EN 10216-5:2021, Seamless steel tubes for pressure purposes. Technical delivery conditions. Part 5: Stainless steel tubes, Magyar Szabványügyi Testület, 2021.
- [17] MSZ EN 10220:2003, Seamless and welded steel tubes. Dimensions and masses per unit length, Magyar Szabványügyi Testület, 2003.

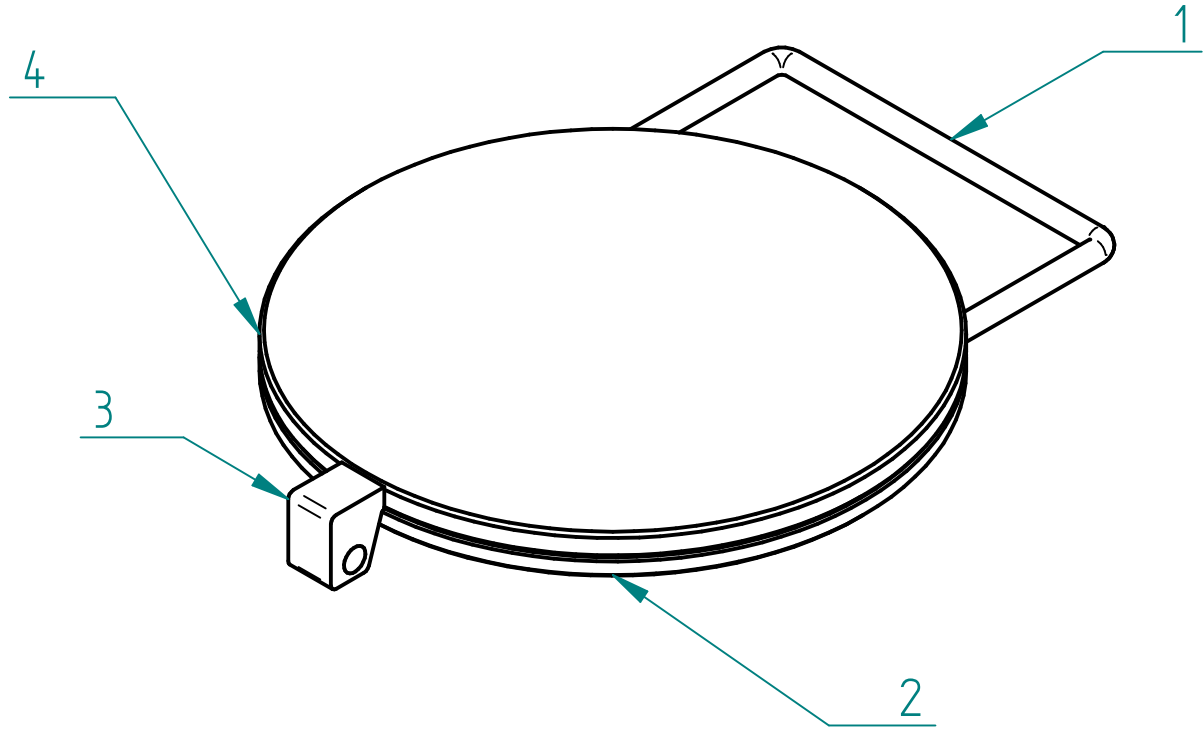
12 Mellékletek:



Tétel	Db	Megnevezés	Méret, jellemző adat	Szabványszám, típus	Anyag	Megjegyzés
23.	4	Vezető sín		MSZ EN 10058	S235JR	
22.	1	Szűrőbetét			-	
21.	4	Iga zsanér		MSZ EN 10029	S235JR	
20.	2	Iga csapszeg	O24h11x70	MSZ EN 22341	S355JR	
19.	2	Iga sasszeg	O5x32	MSZ EN 1234:2000	-	
18.	1	Emelőorsó		MSZ EN 10060	S275JR	
17.	1	Lenyomópogácsa		MSZ EN 10278	S235JR	
16.	1	Fedél összeszerelés				
15.	1	Karima		MSZ EN 10029	S235JR	
14.	1	Fedél sasszeg	O5x32	MSZ EN 1234:2000	-	
13.	1	Fedél csapszeg	O24h11x80	MSZ EN 22341	S355JR	
12.	2	Fedél zsanér		MSZ EN 10029	S235JR	
11.	1	Iga		MSZ EN 10029	S275JR	
10.	1	Hajtókar	33,7 x 2,9	MSZ EN 10220	S275JR	
9.	1	Leeresztocsonk	60,3 x 5,6	MSZ EN 10216	P235GH	
8.	1	Menetes csatlakozó		MSZ EN 10241	P235GH	
7.	1	Gömbcsap	G 2" Kb	-	Réz	Mofém
6.	1	Csonk4	168,3 x 6,3	MSZ EN 10216	P235GH	
5.	1	Csonk3	273 x 7,1	MSZ EN 10216	P235GH	
4.	1	Csonk2	168,3 x 6,3	MSZ EN 10216	P235GH	
3.	1	Csonk1	273 x 7,1	MSZ EN 10216	P235GH	
2.	1	Talp	456,4 x 456,4	MSZ EN 10029	S235JR	
1.	1	Test cső	406,4 x 8,8	MSZ EN 10216	P235GH	

3.						
2.						
1.						
0.	1. kiadás, jóváhagyásra					2023.11.02
Revizió/Revision	Leírás/Description	Tervező/Designer	Név/Name	Ellenőr	Név/Name	Aláírás/Dátum/Signature/Date
		Bodnár Zsolt			Madarász I.	
Magnevezés/Títle		Szűrőberendezés összeállítási rajz				
Méretarány/Scale	Létesítmény/Location	Neptun kód/Neptun code	Rajzszám/Doc. No.	Lapok sz./Lap sz. No. of sh.	Lap sz./Lap sz. Sheet No.	
1:10		AE2RBW	AE2RBW_1	2	1	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



4.	1	Fedél lap	372,2 x 20	MSZ EN 10058	S235JR	
3.	1	Zsanér konzol	-	MSZ EN 10058	S235JR	
2.	1	Tömítés	372,2 x 15		Gumi	
1.	1	Fogantyú	-	MSZ EN 10220	S235JR	
Tétel	Db	Megnevezés	Méret, jellemző adat	Szabványszám, típus	Anyag	Megjegyzés

3.									
2.									
1.									
0.	1. kiadás, jóváhagyásra			Bodnár Zsolt		Ellenőr	Madarász I.	2023. 11. 02.	
Revízió Revision		Leírás Description		Név Name	Aláírás Signature		Név Name	Aláírás Signature	Dátum Date

		<h1>Megnevezés/Title</h1> <h1>Fedél összeállítás</h1>						
Méretarány/Scale	Létesítmény/Location	Neptun kód/Neptun code	Rajzszám/Doc. No.	Lapok sz. No. of sh.	Lap sz. Sheet No.			
1:5		AE2RBW	AE2RBW_2	1	1			

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Bodnár Zsolt
A Hallgató Neptun kódja: AE2RBW
A dolgozat címe: Fúróiszap előszűrő készülék parametrikus tervezése és szilárdsági ellenőrzése
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Gépszerkezettani Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.


A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023 év 10 hó 31 nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Bodnár Zsolt (név) (hallgató Neptun azonosítója: **AE2RBW**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: Gödöllő, 2023 október 31.


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.