

DIPLOMADOLGOZAT

Mérő Dávid

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Műszaki Intézet

Gépészmérnök mesterképzési szak

Épületgépészeti tartószerkezetek tervezésének optimalizálása

Belső konzulens:	Dr. Kiss Péter egyetemi tanár
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Műszaki Intézet, Járműtechnika Tanszék
Külső konzulens:	Kiss Márk okleveles gépészmérnök
Készítette:	Mérő Dávid H1UJT2

Gödöllő

2024

MŰSZAKI INTÉZET GÉPÉSZMÉRNÖK MESTERSZAK
Műszaki fejlesztő specializáció

DIPLOMAMUNKA
feladatlap

Mérő Dávid (HIUJT2)

részére

A diplomamunka címe:

Épületgépészeti tartószerkezetek tervezésének optimalizálása

Feladatkiírás:

Foglalja össze az épületgépészeti rendszerekről és azok rögzítéstechnikai megoldásairól szóló szakirodalmat. Mutassa be a tartószerkezet tervezés folyamatát. Hozzon létre Inventor programban egy könyvtárat, amely tartalmazza az épületgépészeti tartószerkezetek alkatrészeinek 3D modelljeit. Méretezzen egy, a gyakorlatban is gyakran használt tartószerkezetet, készítse el ennek 3D modelljét.

Közreműködő tanszék: Járműtechnika Tanszék

Külső konzulens: Kiss Márk, okleveles gépészmérnök

Belső konzulens: Dr. Kiss Péter, egyetemi tanár, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika Tanszék

Beadási határidő: 2024. április 22. (hétfő) 12.00 óra

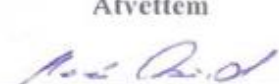
Gödöllő, 2023. november 15.

Jóváhagyom


Prof. Dr. Kiss Péter
tanszékvezető

Prof. Dr. Szabó István
szakfelelős

Átvettem


Mérő Dávid
hallgató

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

Gödöllő, 2024. 04. hó 24. nap


(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés, célkitűzés.....	1
2. Épületgépészeti rendszerek bemutatása	2
2.1. Légtechnika	2
2.1.1. Légszűrők	3
2.2. Csövek és csővezetékek	6
2.2.1. Csővezetékrendszer alapfogalmai	7
2.2.2. Csőanyagok csoportosítása	8
2.2.3. Csővezeték lineáris méretváltozása hő hatására	11
2.2.4. Tárgyaláskiegészítési módok	14
3. Épületgépészeti rendszerek rögzítéstechnikája	15
3.1. Légtechnikai rendszerek rögzítése	15
3.1.1. Függőlegesen futó kör keresztmetszetű légszűrő rögzítése	15
3.1.2. Vízszintesen futó kör keresztmetszetű légszűrő rögzítése	16
3.1.3. Függőlegesen futó négyzet keresztmetszetű légszűrő rögzítése.....	17
3.1.4. Vízszintesen futó négyzet keresztmetszetű légszűrő rögzítése	18
3.2. Csővezetékek rögzítése	19
3.2.1. Csővezetékek általános rögzítése.....	19
3.2.2. Csővezetékek elmozduló rögzítése	21
3.2.3. Csővezetékek fix rögzítése	23
4. Tartószerkezet tervezési folyamat bemutatása	24
4.1. Tervezés megkezdése előtti teendők	24
4.2. Tervezési folyamat	24
4.2.1. Általános szabályok	24
4.2.2. Alaprajzi kiosztás	25
4.2.3. Tartószerkezetek méretezése	26
4.2.4. Tervek elkészítése	29
5. Müpro Designer program bemutatása	30
6. Content Center létrehozása.....	36
6.1. Step fájlok konvertálása	37
6.2. Könyvtár létrehozása.....	37
6.3. Alkatrészek importálása	39
6.4. Szálanyagok importálása	40
6.5. Állítható termékek importálása.....	44
6.6. Alkatrészlista létrehozása	46
7. Séma tartószerkezetek modellezése	47
7.1. Vízszintesen futó négyzet keresztmetszetű légszűrő tartószerkezete	47
7.1.1. Légszűrő modellezése	48
7.1.2. Összeállítás elkészítése.....	48
7.1.3. Összeállítási rajz elkészítése	50

7.1.4. Tartószerkezet méretezése	50
7.2. Vízszintesen futó csőcsorda tartószerkezete	58
7.2.1. Összeállítás elkészítése.....	58
7.2.2. Összeállítási rajz elkészítése	59
8. Következtetések, javaslatok	60
9. Összefoglalás.....	61
10. Summary	62
11. Irodalomjegyzék.....	63
12. Ábrajegyzék	64

1. Bevezetés, célkitűzés

Az épületgépészeti rendszerek javítják az épületekben élő, vagy tartózkodó emberek komfortérzetét, biztosítják a megfelelő hőmérsékletet és levegőminőséget, ezáltal alapvető részei a modern épületeknek. Egy új gyártócsarnok, lakóház, vagy irodaház megépítése során nem elég azonban csak a gépészeti rendszert megtervezni, gondoskodni kell annak rögzítéséről is.

Jelenleg egy épületgépészeti rendszerek rögzítéstechnikájával foglalkozó cégnél dolgozom. Feladatom az épületgépészeti rendszerek tartószerkezetének megtervezése. Munkám során leggyakrabban légtechnikai rendszerek, fűtés-hűtés rendszerek, használati víz, illetve különböző technológiai rendszerek tartószerkezetét kell megterveznem. Ez magába foglalja a gépek és berendezések, illetve a csővezetékek és légcsatornák tartószerkezetének megtervezését.

Diplomamunkám célja az épületgépészeti rendszerelemek és azok rögzítéstechnikai megoldásainak bemutatása, a tervezési folyamat ismertetése, illetve a tartószerkezeti tervek elkészítésének optimalizálása.

A tervezési folyamatot úgy szeretném optimalizálni, hogy a tervrajzok minél gyorsabban, átláthatóbban és esztétikusabban készüljenek el. Jelenleg az engem foglalkoztatott cég saját fejlesztésű szoftverét használom a tervek elkészítéséhez. A program csak két dimenziós tervek elkészítésére alkalmas, és véleményem szerint ezeknek a terveknek az elkészítése relatív sok időt vesz igénybe. Hogy ezeken változtassak, a tervrajzok elkészítéséhez használt szoftvert az Autodesk Inventor programra szeretném leváltani.

Ezáltal várakozásaim szerint a cég által foglalkoztatott többi mérnök kolléga is effektívebben tud majd dolgozni, gyorsabban haladnak majd a munkájukkal, illetve háromdimenziós tervek elkészítésére is lehetőség lenne. Így amellet, hogy átláthatóbbá válnak a rögzítéstechnikai tartószerkezetek tervei, gyorsabban is elkészülnek, valamint a gépészeti rendszereket szerelő emberek munkáját is megkönnyítik, mivel biztosítjuk számukra a tervek sokoldalúbb és átláthatóbb megjelenítését.

2. Épületgépészeti rendszerek bemutatása

Az épületgépészet, az épületek üzemben tartásához szükséges rendszerek tervezésével, kivitelezésével és üzemeltetésével foglalkozó szakterület. A szakterületen belül különböző szakágak alakultak ki: légtechnika, fűtéstechika, vízellátás, csatornázás, gázellátás, villamosenergia-ellátás stb. (Both, 2022)

A tartószerkezet tervezés szempontjából az épületgépészeti rendszereket két nagy csoportra tudjuk osztani. Ez a két csoport a légtechnikai rendszerek, valamint a csővezetékes rendszerek, melyek magába foglalják a fűtés-hűtés, a vízellátás-csatornázás, illetve a gázok és különböző technológiai vezetékek rendszereit és rendszerelemeit. Ebben a fejezetben ezeket a rendszereket fogom ismertetni.

2.1. Légtechnika

Zárt terekben fontos a megfelelő mennyiségű és minőségű levegő előállítása, az elhasználódott levegő cseréje. Ezeket a feladatokat látják el a légtechnikai rendszerek, melyek mára elengedhetetlen részét képezik egy új irodaépület, lakóház, gyártócsarnok tervezésének.

Légtechnikai rendszerkomponenseknek nevezzük a rendszer legkisebb építőelemét. Ez alatt a légtechnika szakterületén belül olyan berendezést, vagy gépészeti egységet kell érteni, amely a rajta keresztüláramló levegőnek megváltoztatja valamely paraméterét. Ez a paraméter lehet például a levegő hőmérséklete, vagy nyomása. Ilyen rendszerkomponensek a zsaluk, légszűrők, hővisszanyerők, kaloriferek, ventilátorok, légcsatornák.

Légtechnikai berendezésnek hívjuk a rendszerkomponensek meghatározott sorrendbe kapcsolásával létrejött gépeket, melyek egy meghatározott cél érdekében jöttek létre. Ilyen berendezések például a klímák, termoblokkok, vagy a légkezelők.

Légtechnikai rendszereknek nevezzük a légtechnikai berendezések és részrendszerek szigorú logikai sorrendben történő összekapcsolását. A légtechnikai rendszerek feladata, hogy a működésük során a bennük áramló levegő paramétereit a fizika törvényszerűségeit felhasználva megváltoztassák azzal a céllal, hogy az ember/technológia számára előírt levegő-környezetet alakítsanak ki. (Both, 2022)

2.1.1. Légcsatornák

A légcsatornákkal rögzítéstechnikai szempontból külön érdemes foglalkozni, mivel elsősorban a légcsatornák rögzítéséhez készítünk tartószerkezeti terveket.

A légcsatornák a levegőáram vezetésére szolgálnak. Feladata a légkezelő rendszerek központjában előállított levegőt a befűvónyílásokig eljuttatni, illetve az elhasznált levegőt elszívni és összegyűjtve elszállítani a légkezelő központba. A légcsatornáknak a következő követelményeket kell teljesíteniük:

- belső felület megfelelő simasága,
- könnyű tisztíthatóság,
- korrózióállóság,
- nedvességállóság,
- könnyű szerelhetőség,
- tűzbiztonság,
- légtömörség
- megfelelő zajelnyelés.
-

A gyakorlatban felhasznált légcsatornák általában nem rendelkeznek a felsorolt tulajdonságok mindegyikével, a felhasználás függvényében kell ezeket a követelményeket megfelelően rangsorolni és ennek alapján dönteni az alkalmazásról.

A különböző típusú légcsatornákat négy csoportba lehet sorolni:

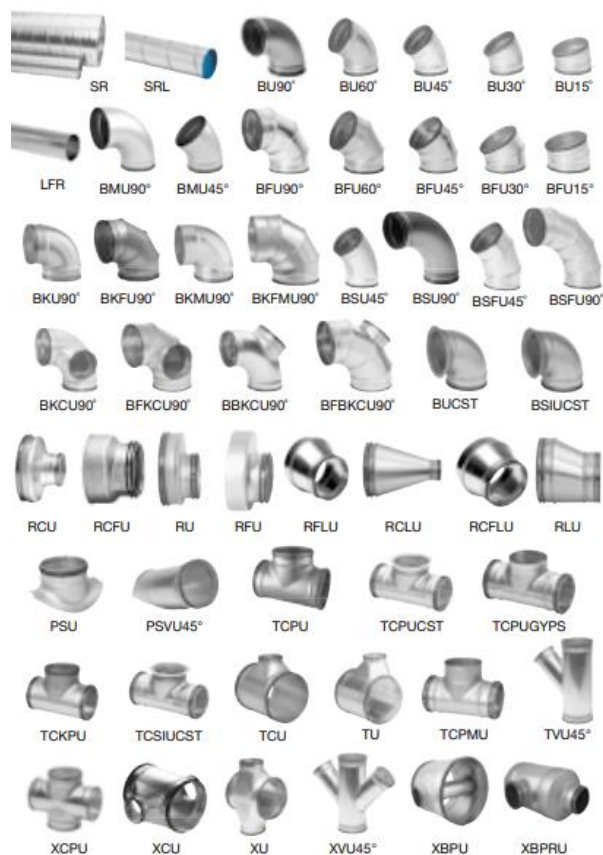
- lemezcsatornák,
- csőcsatornák,
- épített csatornák,
- flexibilis csatornák. (Bartófi, 2008)

Lemezc satornák – A lemezlégcsatornák gyártásához leggyakrabban horganyzott acéllemezt használnak. Lúgos és savas, vagy egyéb korrozív gázkeveréket szállító légc satornák anyaga lehet rozsdamentes acél, vagy esetleg vörösréz is. A csatornahálózat egyenes vezetékekből és különböző geometriájú, különböző alakú idomdarabokból épül fel, melyek rendszerint kör- illetve négyszög keresztmetszetűek. A légc satornák lemezvastagsága függ a légc satorna anyagától, felhasználásától, illetve méretétől. Jellemzően 0,2-4 mm vastagságú lemezekből készülnek. A légc satornák gyártási hossza rendszerint az alapanyagként rendelkezésre álló

lemezek méretének függvénye, a leggyakoribb hossz méret 1500-2000 mm. Fontos megjegyezni, hogy mind a lemezvastagságok, mind a légszatórnák hossz méretei a különböző gyártóknál eltérőek lehetnek. Az idomdarabok (1. ábra) a légáramlatok irányának megváltoztatására, szétosztására vagy épp egyesítésére, illetve a légszatórnák keresztmetszetének átalakítására szolgálnak. (Bartófi, 2008)

1. ábra: Idomdarabok

(Forrás: Lindab, 2023)



A légszatórnák felépíthetők spirálkorcolt, úgynevezett spiko csővekből is. A spirálkorcolt csővek készülhetnek rozsdamentes, vagy horganyzott acélszalagból, illetve alumíniumból is. Spirálkorcolt csővek előfordulhatnak mindenféle légtechnikai rendszerekben, akár por- és forgácselszívó rendszerekben is alkalmazhatók. Gyártási méreteit tekintve 80-1600 mm átmérő között, maximum 6000 mm hosszú, 0,5-0,9 mm falvastagsággal gyártják. Ahogy a négyszög keresztmetszetű légszatórnáknál, úgy itt is ezek a méretek az egyes gyártóknál eltérhetnek. (Menyhárt, 1997)

Csőcsatornák – Gyakran készítenek kis átmérőjű légcatornákat csövekből. A cső anyagának függvényében változhat a csőcsatornák felületi simasága. A nedves levegő szállításához, általában függőleges felszálló vezetékeknél régebben azbesztcement csőcsatornákat használtak. Ennek belső felületi simasága általában rosszabb, mint bármely lemezcsatornáé. Vegyszerállósági követelmények esetén újabban műanyag csöveket szoktak használni, melyek felületi simasága nagyon előnyös a felhasználás szempontjából. A műanyag csövek hőtágulási együtthatója relatíve magas, ezért alkalmazásukkor figyelembe kell venni a hőtágulás okozta hosszváltozásokat. Rögzítésük során megfelelő felerősítéssel kell gondoskodni az elmozdulásukról.

Épített légcatornák – Az épített légcatornák előnye, hogy esztétikailag jobban kivitelezhetőek, a környezettel jobban összedolgozhatóak, mint a szerelt légcatornák. Hátránya, hogy nagyobb a falvastagsága és nehezen átalakítható, ezért ritkán szoktak épített légcatornákat alkalmazni. Falazott légcatornát nagy keresztmetszetű padló alatti, vagy függőleges csatornák esetén építenek, melyek jellemzően téglából vagy betonból készülnek.

A légcatornák belső felületi simasága áramlás-tani szempontból annál fontosabb, minél kisebb a légcatorna keresztmetszete. Mivel az épített légcatornák relatív nagy keresztmetszetűek, ezért a belső felületi simaságuk nem annyira jelentőségteljes, mint például a kis átmérőjű csőcsatornáknál, de azért érdemes a por lerakódásának megakadályozása céljából az épített légcatornák belső felületét is simára készíteni.

Hő és füstelvezető rendszerekben gyakran előfordulnak épített légcatornák. Ezek leggyakrabban Promat légcatornák, amelyek cementkötésű, szilikát alapú, alacsony testsűrűségű, nedvességre érzéketlen, alaktartó, önhordó tűzvédő építőlapokból épülnek fel. (Promat, 2023)

Flexibilis csatornák – flexibilis csatornák alkalmazhatók önálló vezetékként, végelemek (pl. anemosztátok) bekötésére, vagy helyettesíthetnek íveket és idomdarabokat is, megkönnyítve a szerelést. A hajlítható légcatornák szerelése nem igényel nagy pontosságú lakatosmunkát. Általában alumíniumból gyártják őket, de ide sorolhatók a műanyag-fóliából készített tömlők is. Előfordulnak olyan hajlítható légcatornák is, melyek kettős falúak, ezáltal hő- és hangszigeteltek. (Bartófi, 2008)

2.2. Csövek és csővezetékek

Az épületgépészeti rendszerekben a csővezetékek feladata valamilyen folyékony, vagy gáz halmazállapotú, illetve ömlesztett anyagok továbbítása. Belsejükben általában vákuum, vagy túlnyomás uralkodik, kivételt képeznek ez alól a gravitációs esővíz, vagy szennyvíz rendszerek. Tervezésük során figyelembe kell venni a szállított közeg mennyiségét, minőségét, hőmérsékletét, áramlástani jellemzőit, vegyi sajátosságait, a belső túlnyomást, a csővezeték nyomvonalát, hosszát, hőszigetelési igényét, stb. A csővezetékeket több szempont szerint is csoportosíthatjuk. Amennyiben összeépítettség szerint vizsgáljuk, akkor beszélhetünk csőhálózatról, csővezeték rendszerről, csővezetékről, illetve csőről. Csoportosíthatjuk felhasználási céljuk szerint is, ez esetben megkülönböztethetünk termelőüzemi és anyagszállító vezetékeket. Elrendezésük szerint előfordulnak szabadon-, aknában-, falban-, padlóban szerelt, illetve talajba fektetett csővezetékek.

A csöveket szabványos hosszúságokban gyártják. Egymáshoz csőídomokkal, csőszerelvényekkel (szelepek, csapok, tolózárak, stb.), műszerekkel (hőmérő, nyomásmérő, stb.), oldható vagy nem oldható, előírt szabvány tömítési osztály szerinti tömített kötések segítségével kapcsolhatók.

Az áramoltatáshoz szükséges energiát szivattyúk, vagy kompresszorok biztosítják.

Amennyiben a csővezetékek a környezettől eltérő hőmérsékletűek, akkor a tervezés és kivitelezés során figyelembe kell venni a csővezetékek hosszváltozását, rögzítésük során úgynevezett fix pontokkal és elmozduló megfogásokkal kell a vezetékeket szerelni. A hosszváltozások felvételére beiktatott kiegyenlítő tagok szolgálnak. Ilyen kiegyenlítő tagok a kompenzátorok és lírák, amit a 2.2.4. Táguláskiegyenlítési módok fejezetben részletezek. (Juhász, 2004; Szendrő, 1978)

2.2.1. Csővezetékrendszer alapfogalmai

Nyomások

- **Névleges nyomás:** Névleges nyomásnak nevezzük azt a legnagyobb túlnyomást, amelyre az adott alapanyagú csőrendszer elemei tartósan igénybe vehetők 20°C hőmérsékleten. A névleges nyomás a csővezetékekre és elemeire vonatkozó szabványok alapja.
Jele: PN, vagy NNY
Mértékegysége: bar, vagy MPa
- **Megengedett üzemi nyomás:** az a legnagyobb nyomás, amellyel a meghatározott névleges nyomású csővezeték, illetve szerelvényei adott üzemi hőmérsékleten tartós üzemben terhelhető. Meghatározása a csővezeték, illetve a csővezetéki elemek alapanyagának az üzemi hőmérsékleten meghatározott szilárdsági jellemzői alapján történik. Vas és acélcsövek esetén -10°C és +120°C közeghőmérséklet határok között az üzemi nyomás megegyezik a névleges nyomással.
Jele: PÜ
Mértékegysége: bar
- **Megengedhető legnagyobb nyomás:** A számítási képletekben ezt az értéket kell használni. Értékét a csővezeték, illetve a csővezetéki elemek hőmérséklettől függő szilárdsági jellemzői befolyásolják. Egy csővezetéki elemben a megengedhető legnagyobb nyomásnak azt a maximális belső túlnyomást hívjuk, amely minden elképzelhető üzemállapot figyelembevételével keletkezhet.
Jele: p_{meg}
- **Próbanyomás:** Csővezetéki szerelvények tömörségének vizsgálati nyomása, a záróelemek nyitott állásában. A próbanyomás által általában környezeti hőmérsékleten, a csővezetéki elemek szilárdságát, tömör zárását tudják ellenőrizni. Értéke általában a névleges nyomás 1,5-szöröse. Relatív magas névleges nyomás esetén ez a szorzószám kisebb lehet, hogy elkerülhessük a felesleges túlméretezéseket. A vizsgálatokat a készre szerelt csővezeték szigetetlen és festetlen állapotában szobahőmérsékletű vízzel végzik. Gőz-, levegő- vagy gázvezeték vizes nyomáspróbája nem ajánlott, mert a szerkezetek túlterhelődhetnek.
Jele: PP

Átmérők

- Névleges átmérő: A csővezetékek és a hozzá kapcsolódó csővezetéki elemek jellemzésére használatos mértékegység nélküli szám. Számértéke megközelítően megegyezik a csővezeték mm-ben mért belső átmérőjével.

Jele: DN, vagy NÁ

- Külső átmérő: Általában műanyag csöveknél szokták használni, értéke megegyezik a cső külső átmérőjével.

Jele: Ø

Hőmérsékletek

- Üzemi hőmérséklet: A tartós üzemállapothoz tartozó cső-, fal-, illetve közeghőmérséklet. Tervezési adatszolgáltatás során meg kell adni a legkisebb üzemi hőmérsékletet is.
- Tervezési hőmérséklet: Másnéven legnagyobb üzemi hőmérséklet. Értéke a megengedhető legnagyobb hőmérséklet, amelyre a csőfal üzem közben felmelegedhet.
- Szerelési hőmérséklet: Ismerete a csővezetékek hosszváltozásának meghatározásához szükséges. Szerelési hőmérséklet az a hőmérséklet, amelyen a csővezetékét összeszerelik. (Juhász, 2004; Szendrő, 1978)

2.2.2. Csőanyagok csoportosítása

Öntöttvas csövek

- Lemezgrafitos öntöttvas cső: A lemezgrafitos öntöttvas csövek súlyosak és ridegek. Általában földbe fektetett vezetékként, kis nyomású és hőmérsékletű rendszerekben, víz- és gázvezetékeknél szokták alkalmazni. Technológiai vezetékek építésére nem szokták használni. Előnye az olcsó előállítási költség, vegyi anyagokkal szembeni jó korrózióálló-képesség, de jeltősségük egyre csökken az acél- és műanyag csövek térnyerésével. Az öntöttvas ötvözetek igen ridegek, alkalmazásuk során nagy figyelmet kell fordítani a hődilatáció kiegyenlítésére. A lemezgrafitos csöveket karimás vagy tokos kötéssel lehet egymáshoz csatlakoztatni.
- Gömbgrafitos öntöttvas cső: A gömbgrafitos öntöttvas csöveket elsősorban különleges terheléseknek kitett vezetékek, magas nyomású vezetékek, szigorú üzembiztonsági követelmények, rossz talajviszonyok között fektetett vezetékek esetén alkalmazzák.

Mechanikai tulajdonságai az acélcsővekhez hasonló. A gömbgrafitos öntöttvas csöveket tömszelencés, csavartokos, vagy tyton kötéssel lehet egymáshoz rögzíteni.

Acélcsővek

A csőgyártás egyik leggyakrabban alkalmazott anyaga, előnyös alakíthatósági és szilárdsági tulajdonságai miatt. Az acélcsőveket nagyobb hőmérsékletű és nyomású rendszerekben szokták alkalmazni. A csőszakaszok általában varrat nélküli vagy hegesztett kivitelben készülnek. A hegesztett csövek lehetnek spirál-, vagy hosszvarratosak. A különböző gyártástechnológiai eljárások függvényében a csövek falvastagsága és külső átmérője eltérhet egymástól, ezért külön szabvány vonatkozik a spirálvarratos, a hosszvarratos és a varrat nélküli acélcsővekre. A méretszabványok közül az épületgépészek leggyakrabban a DIN2448 és DIN2440 szabványokból választanak. A DN6-DN150-es névleges átmérőig a DIN2440 szabványban meghatározott névleges és külső átmérőt, falvastagságot és cső súlyokat az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Acélcső méretek

(Forrás: Saját szerkesztés DIN2440 alapján)

Névleges átmérő	Külső átmérő [mm]	Falvastagság [mm]	Cső súly [kg/m]
DN6	10,2	2,0	0,407
DN8	13,5	2,35	0,650
DN10	17,2	2,35	0,852
DN15	21,3	2,65	1,22
DN20	26,9	2,65	1,58
DN25	33,7	3,25	2,44
DN32	42,4	3,25	3,14
DN40	48,3	3,25	3,61
DN50	60,3	3,65	5,1
DN65	76,1	3,65	6,51
DN80	88,9	4,05	8,47
DN100	114,3	4,5	12,1
DN125	139,7	4,85	16,2
DN150	165,1	4,85	19,2

Fémcsövek

- **Alumíniumcsövek:** Sajtolással, hideghúzással, vagy hideghengerléssel készülnek alumíniumból, illetve annak különböző ötvözeteiből. Alumínium csövek esetén a legnagyobb külső átmérő 160 mm.
- **Rézcsövek:** A rézcsövek varrat nélkül húzással vagy hengerléssel készülnek. Alapanyaga sárgaréz, vagy vörösréz lehet, melyeket ónnal, cinkkel, nikkellel, mangánnal, vagy vassal ötvöznek. Tulajdonságait tekintve jól hajlítható, jó hővezető, forrasztható, nem korrodál. Általában vízvezetéknek, kenőolaj vezetékként, lepárlóknál, hőcserélőknél használják.
- **Azbesztcement csövek:** Napjainkban már nem használják, mivel az azbesztről kiderült, hogy egészségkárosító hatású. Régen nyomócsőként, vagy lefolyócsőként alkalmazták az épületgépészetben. Anyaga a hosszúszerű azbesztröst és cement keveréke. Öntöttvas csövek helyettesítésére használták. Előnye, hogy könnyen megmunkálható, korrózióálló és kis fajsúlyú. Hátránya az egészségkárosító hatása mellett, hogy rideg, hajlító igénybevételt csak kis mértékben tud elviselni, ezért könnyen törik.

Műanyagcsövek:

A műanyag csővezetékek leggyakrabban polietilén, üvegszál erősítésű poliészter, polipropilén, illetve polivinil-klorid anyagúak. Közepes nyomású, kisnyomású, vagy nyomás nélküli vezetékekhez használják. Számos előnyös tulajdonságuk miatt az épületgépészetben egyre inkább kiszorítják a fémcsöveket. Előnyük kis súlyuk, jó alakíthatóságuk, vegyi anyagokkal szembeni ellenállásuk és korrózióállóságuk. Hátránya a műanyag csöveknek, hogy nagy a hőtágulásuk miatt csak kis hőmérséklet határon belül tudnak üzemelni, kis szilárdságuk miatt könnyen törnek. A műanyag csöveket oldható és nem oldható módon egyaránt jól lehet egymáshoz kötni. A különböző műanyag csövek fizikai, kémiai és mechanikai tulajdonságai jelentősen eltérhetnek egymástól, ezért a rögzítéstechnikai tartószerkezetek tervezése során nagyon fontos szerepe van ezeknek a tulajdonságoknak a pontos megismerésére. A 2. ábrán látható táblázat a Magyarországon népszerűnek számító KE Kelit cég által forgalmazott műanyag csövek anyagjellemzőit ábrázolja az acél, illetve réz csövekhez viszonyítva. Ez a táblázat jól szemlélteti, hogy a műanyag csövek között tulajdonságaikat tekintve komoly eltérések lehetnek. (Juhász, 2004; Szendrő, 1978)

2. ábra: KE Kelit műanyag csövek anyagjellemzői

(Forrás: KE Kelit (2023))

Anyagjellemzők

Csőanyag	Tágulási együttható α mm/mK	E modulus 60° N/mm ²
Horganyzott acél	0,012	220 000
Rozsdamentes acél	0,015	200 000
Réz	0,016	130 000
KELOX	0,025	4 240
KELEN ALU	0,035*	3 500
KELEN	0,14	300
PEX	0,175	540

*d63 mm-től $\alpha=0,05$ mm/mK

2.2.3. Csővezeték lineáris méretváltozása hő hatására

A csővezetékek hosszúsága a terhelésük és hőmérsékletingadozásuk miatt megváltozik, amit a tervezés és szerelés során egyaránt figyelembe kell venni, hogy elkerüljük a vezetékben fellépő feszültségek okozta maradó alakváltozásokat, amik szélsőséges esetben akár csőtöréshez is vezethetnek.

Ha az egyik végén befogott, L hosszúságú csövet t_1 hőmérsékletről t_2 hőmérsékletre melegítünk fel, az alábbi képlettel ki tudjuk számolni a cső ΔL megnyúlását. (3.ábra)

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta t_{1,2} \quad (1)$$

ahol:

ΔL – cső megnyúlása (mm)

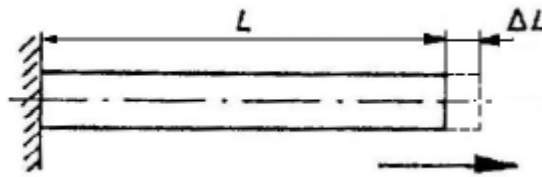
L – cső hossza (mm)

α – lineáris hőtágulási együttható (mm/mK)

$\Delta t_{1,2}$ – hőmérsékletkülönbség (K)

3. ábra: Egy oldalt befogott csővezeték hossznyúlása

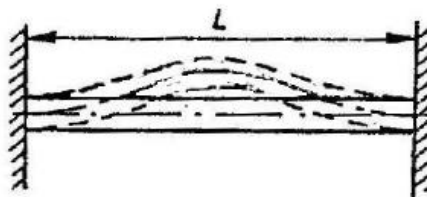
(Forrás: Juhász, 2004)



Ha a csövet mindkét oldalt szilárdan befogjuk (4.ábra) és t_1 hőmérsékletéről t_2 hőmérsékletre melegítjük, a cső nem fog tudni megnyúlni, így feltételezve, hogy a cső nem hajlik ki, a ΔL hosszváltozás a cső azonos mértékű összenyomódását okozza.

4. ábra: Két oldalt befogott csővezeték melegítése

(Forrás: Juhász, 2004)



A ΔL hosszváltozást az eredeti L hosszra vonatkoztatva, a szilárdságtan szerint bevezethetünk egy, a megnyúlásra jellemző mennyiséget, az ε fajlagos nyúlást, vagy összenyomódást, amely a $\Delta L = L - L_0$ megnyúlásból számítható:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2)$$

ahol:

ε – fajlagos nyúlás (-)

ΔL – cső megnyúlása (mm)

L – cső hossza (mm)

A Hooke-törvény érvényességén belül a feszültségek arányosak a nyúlásokkal, ebből az arányból adódik az E rugalmassági, vagy másnéven Young-modulus, amely az anyagtól függő állandó. Ha ismerjük az anyag rugalmassági modulusát és a fajlagos nyúlást a Hooke törvény segítségével meghatározható az anyagban keletkező normálfeszültség mértéke.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (3)$$

ahol:

σ – feszültség (MPa)

E – rugalmassági modulus (MPa)

ε – fajlagos nyúlás (-)

Ha az (1) egyenletet a (2) egyenletbe behelyettesítjük megkapjuk a hőfeszültség értékét.

$$\sigma_t = E \cdot \frac{\Delta L}{L} = E \cdot \frac{L \cdot \alpha \cdot \Delta t_{1,2}}{L} = E \cdot \alpha \cdot \Delta t_{1,2} \quad (4)$$

Mereven befogott csővezetékben csak a következő hőmérsékletkülönbség engedhető meg:

$$\Delta t_{1,2} = \frac{f_m}{E \cdot \alpha} \quad (5)$$

ahol:

f_m – a csővezetékben megengedett feszültség (MPa)

Acélcsővek esetén a megengedett feszültség értéke:

$$f_m = \frac{R_{eH}}{n} \quad (6)$$

ahol:

f_m – a csővezetékben megengedett feszültség (MPa)

R_{eH} – folyáshatár (MPa)

n – biztonsági tényező (-)

A (6) egyenletet behelyettesítve az (5) egyenletbe megkapjuk annak a hőmérséklet-különbségnek az értékét (7), melynél nagyobb hőmérsékletkülönbség esetén a csővezeték hőtágulás- kiegyenlítővel kell ellátni (Juhász, 2004; M. Csizmadia, 1999)

$$\Delta t_{1,2} = \frac{\frac{R_{eH}}{n}}{E \cdot \alpha} \quad (7)$$

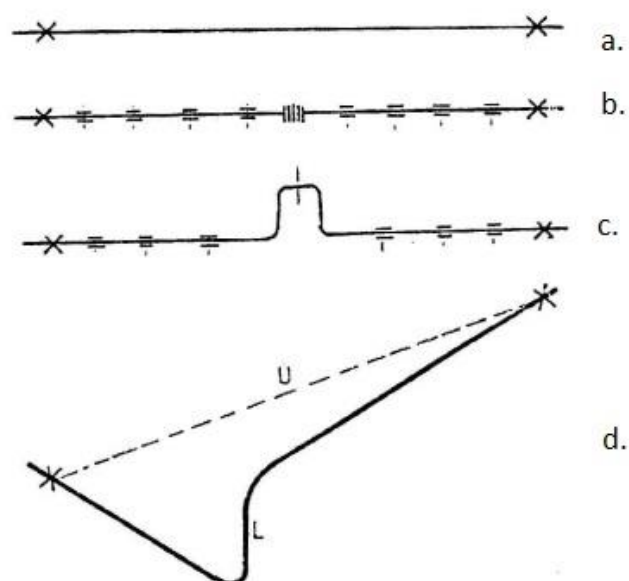
2.2.4. Táguláskiegyenlítési módok

A csővezetékek hőtágulásának kiegyenlítésére szolgáló módszerek az 5. ábrán láthatók.

- Mereven fektetésnek (5.a ábra) nevezzük, amikor a két fixpont között a legrövidebb úton vezetjük a csövet, így a hőtágulást a cső tengelyirányú alakváltozásával kell felvonnunk. Számítása viszonylag egyszerű feladat, leginkább a hatások pontos meghatározása okozhat gondot, ezért ezt az eljárást a gyakorlatban általában kerülni szokták.
- Kompenzátorok beépítésével (5.b ábra) a nagyobb feszültségek keletkezését tudjuk elkerülni. Ez a gyakorlatban gyakran használt módszer, mellyel a vezetékek axiális irányú rugalmasságát tudjuk megnövelni. Ebben az esetben a tervezés során fontos ismerni a kompenzátorok pontos jellemzőit, melyeket a termékismertető tartalmaznak.
- Lóra- vagy U kompenzátornak (5.c ábra) nevezzük, amikor a rugalmas elemet magából a csőből alakítjuk ki. Ennek segítségével a csőben ébredő axiális irányú erők helyett hajlító igénybevételt tudunk előidézni, ezáltal a deformáló erő a rá merőleges csőrészeket fogja hajlítani. A gyakorlatban ezt a módszert is gyakran alkalmazzák. Hátránya, hogy a lórának nagy a helyigénye, emiatt nem minden esetben kivitelezhető a megépítése.
- Önkompenzációnak (5.d ábra) nevezzük, amikor a végpontokat összekötő szakaszok az egyenestől eltérő nyomvonalvezetést igényelnek. Ez általában beltéri vezetékeknél fordul elő, ahol a helyi adottságok nem megfelelőek az egyenes szakaszok építéséhez (Juhász, 2004; Szendrő, 1978; Fazekas, 2013).

5. ábra: Hőtágulás kezelésének módjai

(Forrás: Saját szerkesztés Juhász (2004) alapján)



3. Épületgépészeti rendszerek rögzítéstechnikája

Az épületgépészeti rendszerek működésük során zajt és rezgéseket bocsátanak ki. Az épületekben a legjelentősebb zavaró zajok akkor keletkeznek, ha ezek a zajok és rezgések áttérjednek az épület vázszerkezetére. Ezek a zajok nehezen lokalizálhatók és gyakran csak az épület teljes felújításával szüntethetők meg, ezért a gépészeti rendszerek rögzítése során gondoskodni kell a zaj- és rezgéscsillapításról. Ennek módja, hogy minden potenciális zajforrást, leválasztunk az épületszerkezetről, tehát a gépészeti rendszer minden rögzítési pontjánál gondoskodni kell a zaj- és rezgéscsillapításról.

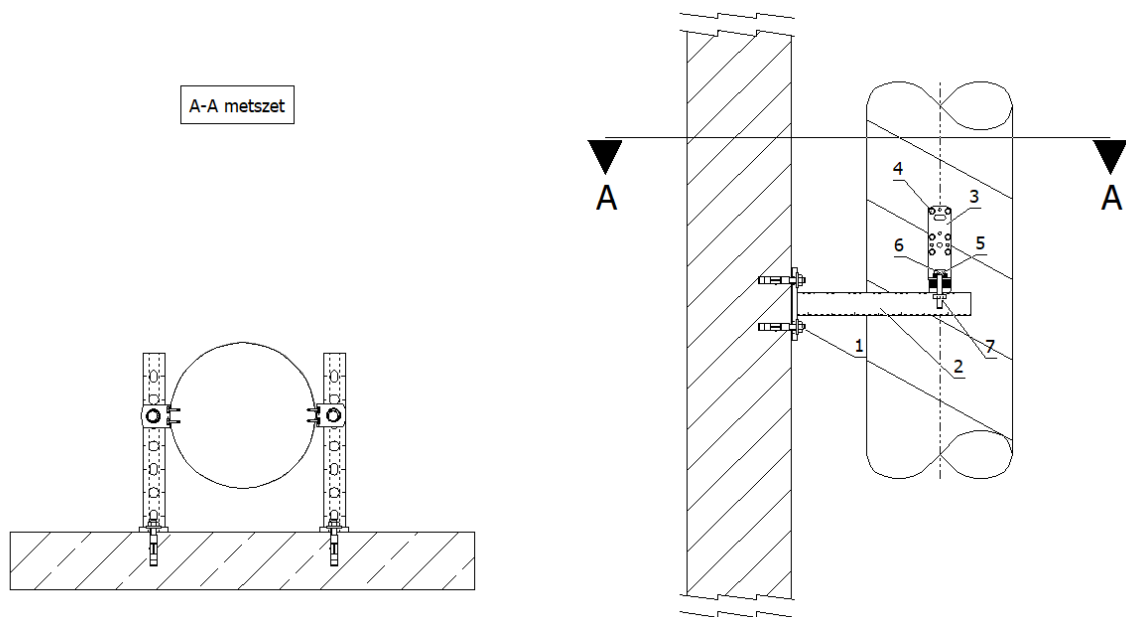
Ebben a fejezetben a légszatórnák, illetve a csövek vízszintesen és függőlegesen futó vezetékének rögzítési megoldásait fogom bemutatni. Az egyszerűség kedvéért csak vasbeton falhoz, illetve födémhez rögzített tartószerkezetek kerülnek bemutatásra, de a rögzítési elv ugyan az különböző anyagú falak, vagy födémek esetében, csak az adott épületszerkezethez kapcsolódó dübeleket kell kicserélni. (Müpro, 2023)

3.1. Légtechnikai rendszerek rögzítése

3.1.1. Függőlegesen futó kör keresztmetszetű légszatórna rögzítése

6. ábra: Függőlegesen futó kör keresztmetszetű légtechnikai vezeték rögzítése

(Forrás: Saját szerkesztés)



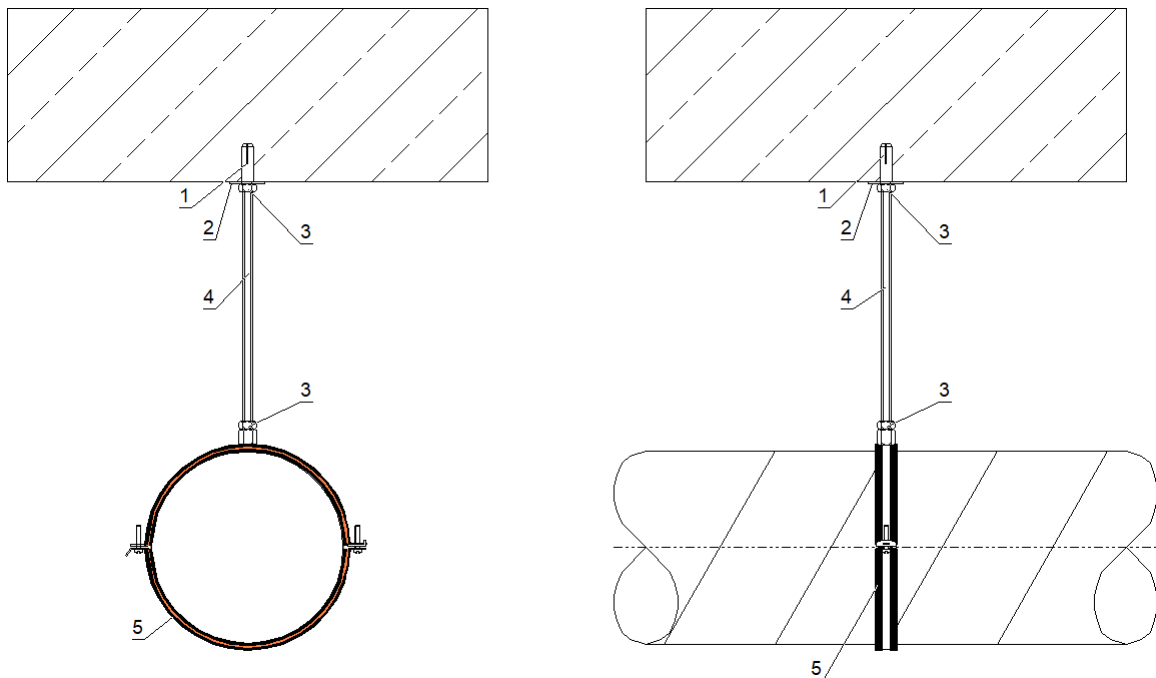
1 - alapcsavar, 2 - sínkonzol, 3 – légszatórna szeglet, 4 – önmetsző csavar, 5 – hatlapfejű csavar, 6 – alátét, 7 - sínanya

Függőlegesen futó kör keresztmetszetű légtechnikai vezeték rögzítését (6. ábra) légsatorna szegletekkel lehet megvalósítani. A légsatorna szegletekhez a légsatornát önfúró csavarokkal kell rögzíteni. A légsatorna szegletek a falhoz rögzített, megfelelően méretezett sínkonzolon ülnek. A zaj és rezgéscsillapításról ebben az esetben a légsatorna szeglet alatt található zajcsillapító betét gondoskodik.

3.1.2. Vízszintesen futó kör keresztmetszetű légsatorna rögzítése

7. ábra: Vízszintesen futó kör keresztmetszetű légtechnikai vezeték rögzítése

(Forrás: Saját szerkesztés)



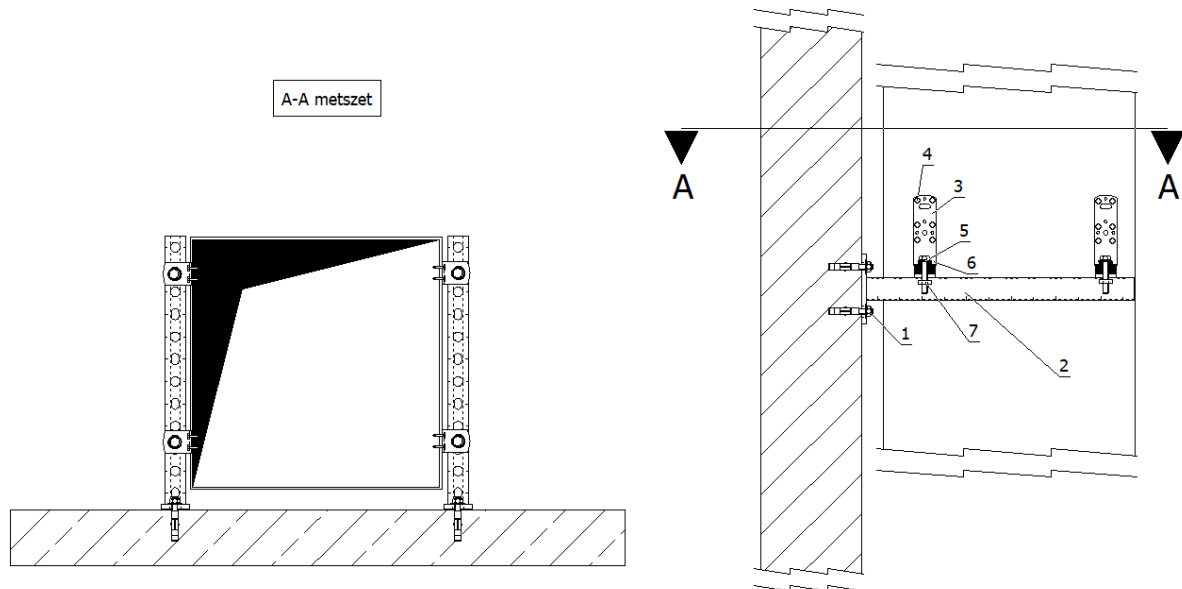
1 – acéldübel, 2 – alátét, 3 – hatlapú anya, 4- menetes szár, 5 – légtechnikai bilincs

Vízszintesen futó kör keresztmetszetű légtechnikai vezeték rögzítését (7. ábra) légtechnikai bilincs segítségével lehet megoldani, amit menetes szárral és acéldübelrel a födémhez lehet rögzíteni. A zaj- és rezgéscsillapítást ez esetben a légtechnikai bilincs belsejében található gumibetét biztosítja.

3.1.3. Függőlegesen futó négyszög keresztmetszetű légcsatorna rögzítése

8. ábra: Függőlegesen futó négyszög keresztmetszetű légtechnikai vezeték rögzítése

(Forrás: Saját szerkesztés)



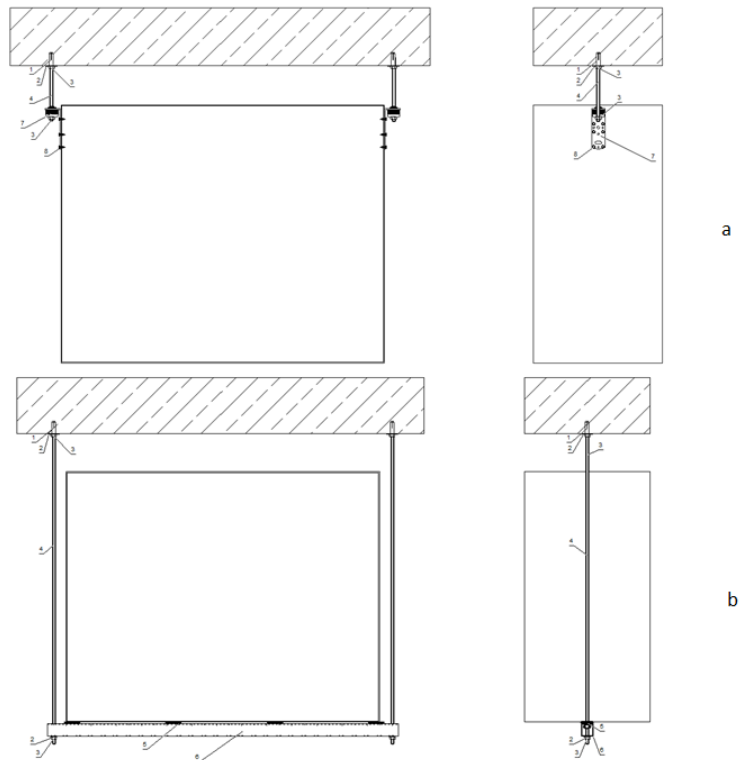
1 - alapcsavar, 2 - sínkonzol, 3 – légcsatorna szeglet, 4 – önmetsző csavar, 5 – hatlapfejű csavar, 6 – alátét, 7 - sínanya

Függőlegesen futó négyszög keresztmetszetű légtechnikai vezetékek rögzítését (8. ábra) légcsatorna szegletekkel lehet megvalósítani. A légcsatorna szegletekhez a légcsatornát önfúró csavarokkal kell rögzíteni. A légcsatorna szegletek a falhoz rögzített, megfelelően méretezett sínkonzolon ülnek. A zaj és rezgéscsillapításról ebben az esetben a légcsatorna szeglet alatt található zajcsillapító betét gondoskodik.

3.1.4. Vízszintesen futó négyszög keresztmetszetű légcsatorna rögzítése

9. ábra: Vízszintesen futó négyszög keresztmetszetű légtechnikai vezeték rögzítése

(Forrás: Saját szerkesztés)



1 - acéldübel, 2 - alátét, 3 – hatlapú any, 4 – menetes szár, 5 – síngumi, 6 – rendszersín, 7 – légcsatorna szeglet, 8 – önfúró csavar

A vízszintesen futó négyszög keresztmetszetű légtechnikai vezetékek rögzítéséhez két módszert is lehet alkalmazni.

Az első módszert (9.a ábra) kisebb keresztmetszetű légcsatornák (kb. 800x800 mm-ig) rögzítéséhez szokták alkalmazni. A légcsatornát ebben az esetben is önfúró csavarokkal tudjuk a légcsatorna szeglethez rögzíteni. A légcsatorna szegletet menetes szárral függeszthetjük le a födémről. A zaj- és rezgéscsillapításról ebben az esetben is zajscillapító betét gondoskodik.

A második módszert (9.b ábra) a nagyobb keresztmetszetű légcsatornák (kb. 800x800 mm felett) alkalmazzák, amikor a légcsatornát önsúlya miatt szükséges alátámasztani, elkerülve ezzel a légcsatorna alakjának deformálódását. Ebben az esetben a légcsatornát megfelelően méretezett keresztmetszetű rendszersínre ültetjük, amit két menetes szárral függesztünk le a födémről. Ennél a rögzítési módszernél a zaj- és rezgéscsillapításról a rendszersínbe helyezett síngumik gondoskodnak.

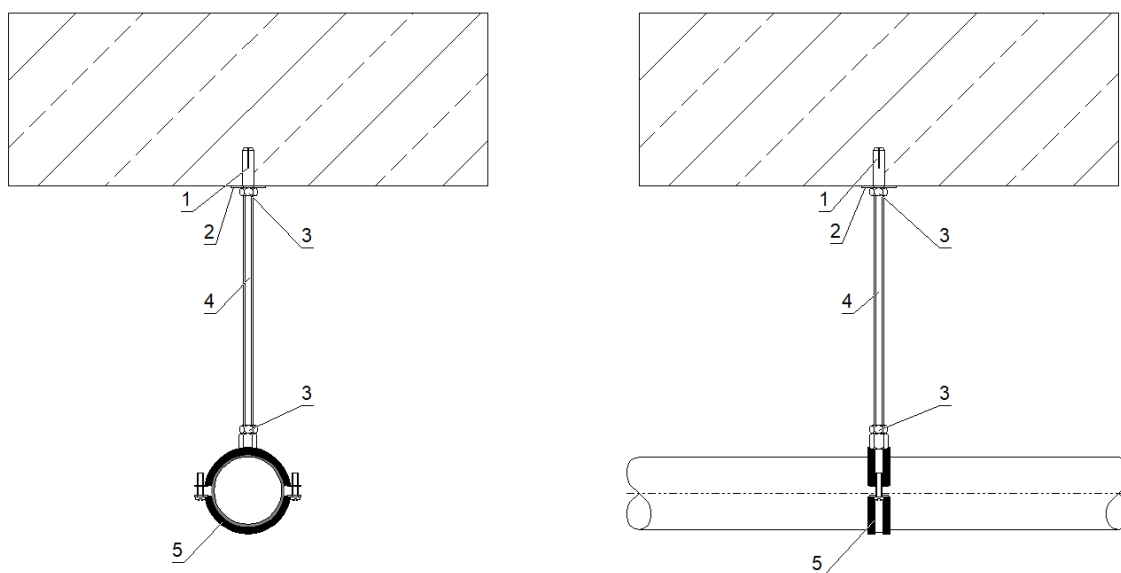
3.2. Csővezetékek rögzítése

A csővezetékek rögzítése során a korábbi fejezetekben tárgyalt okok miatt megkülönböztetünk általános-, elmozduló-, és fix megfogásokat. A megfelelő kialakítású csőmegfogásokkal biztosítható, hogy a csővezetékrendszerben keletkező erőhatások a tervezett módon lépjenek fel, és ezáltal ismert módon adódjanak át a tartószerkezetre. A megfogások kialakítása során figyelembe kell vennünk a tartószerkezetre ható lehetséges dinamikus és statikus erőhatásokat. (Fazekas, 2013, Homonnay, 2001, MSZ 261-1:1984)

3.2.1. Csővezetékek általános rögzítése

10. ábra: Csővezeték általános rögzítése

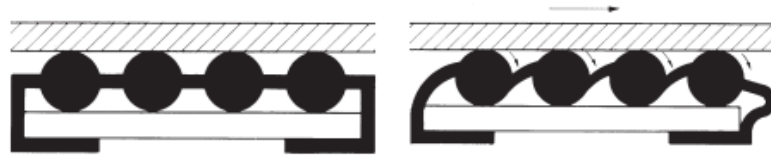
(Forrás: Saját szerkesztés)



1 – acéldübel, 2 – alátét, 3 – hatlapú anya, 4- menetes szár, 5 – csőbilincs

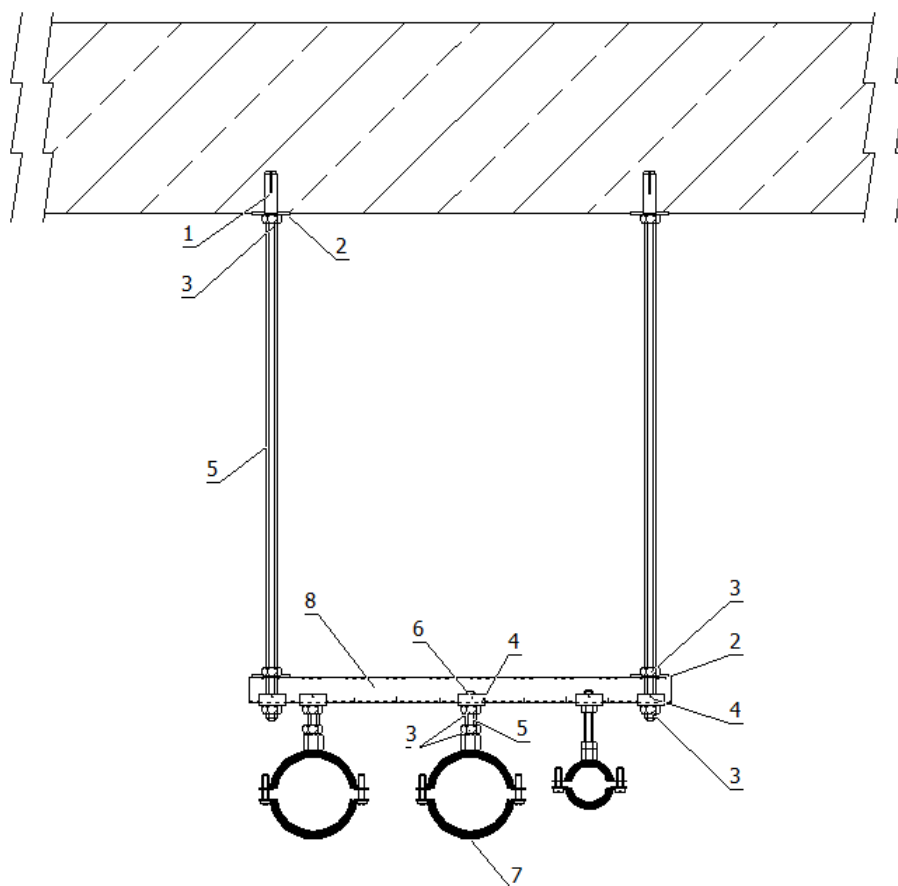
A csöveket általános esetben ugyan úgy tudjuk rögzíteni (10. ábra), mint a kör keresztmetszetű légcsatornákat, csak ebben az esetben légtechnikai bilincs helyett csőbilincseket alkalmazunk. A zaj- és rezgéscsillapításról ebben az esetben is a csőbilincs belsejében található bilincsbetét gondoskodik. A bilincsbetétek nagy rugalmasságú görgőprofilból vannak kialakítva, melyek elnyelik a zavaró zajok és rezgések nagy részét. A görgőprofilok képesek 8-9 mm axiális elmozdulás felvételére, de ennél nagyobb értéknél a betét kifordulhat a bilincsből. Az axiális elmozdulást a betétben lévő hengerek teszik lehetővé. (MSZ 261-5:1986) (11. ábra)

(Forrás: Müpro, 2023)



12. ábra: Csőcsorda általános rögzítése

(Forrás: Saját szerkesztés)



1 – acéldübel, 2 – alátét, 3 – hatlapú anya, 4 – tartókapocs, 5 – menetes szár, 6 – sínanya, 7 – csőbilincs, 8 - rendszersín

3.2.2. Csővezetékek elmozduló rögzítése

Az elmozduló megfogások lehetővé teszik a csővezeték axiális, vagy radiális irányú elmozdulását, vagy szögelfordulását. A megfelelő elmozduló megfogás kiválasztásához több szempontot is figyelembe kell venni, például az elmozdulás irányát, mértékét, csővezeték súlyát, stb.

Kengyel: (13. ábra)

A kengyeles elmozduló megfogás előnye, hogy egyszerű szerelést tesz lehetővé a levehető görgőnek és a külső menetes csatlakozásnak köszönhetően. Kis szerkezeti magasság jellemzi, ideális mérsékelt hosszváltozások kiegyenlítéséhez. Közvetlenül a födémhez, vagy rendszersínhez is rögzíthető.

13. ábra: Kengyeles elmozduló megfogás

(Forrás: Müpro, 2023)



Lengő függeszték: (14. ábra)

A lengő függesztékes elmozduló megfogások előnye, hogy képesek axiális és radiális elmozdulások felvételére is. Nagy függesztési távolságok, illetve jelentős hosszváltozások esetében is alkalmazhatók.

14. ábra: Lengő függeszték

(Forrás: Müpro, 2023)

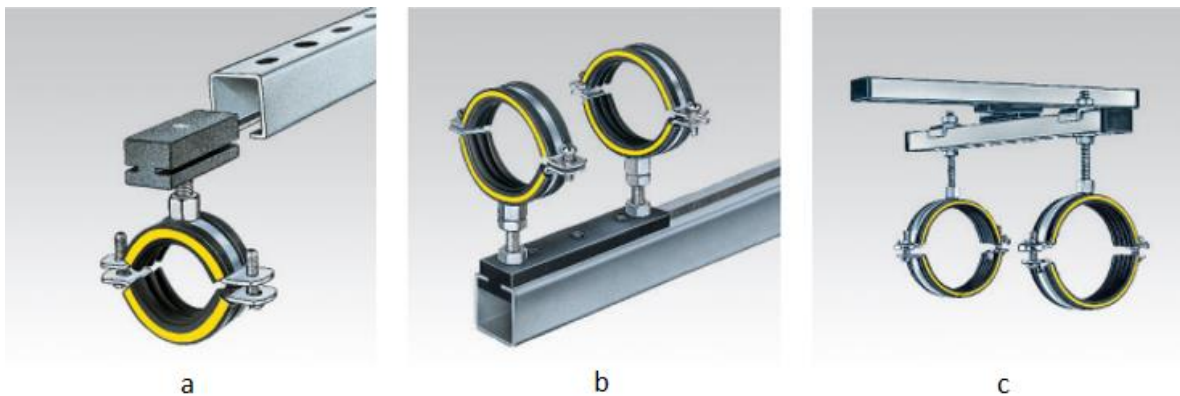


Csúszótest: (15. ábra)

A csúszótestek egyenként kizárólag axiális irányú hosszváltozások felvételére képesek, kis szerkezeti magasságúak. Függő (15.a ábra) és álló (15.b ábra) rögzítésként is alkalmazhatók, illetve két csúszótest összeszerelése esetén (15.c ábra) képes a csővezeték radiális irányú hőtágulását is felvenni.

15. ábra: Csúszótest

(Forrás: Müpro, 2023)

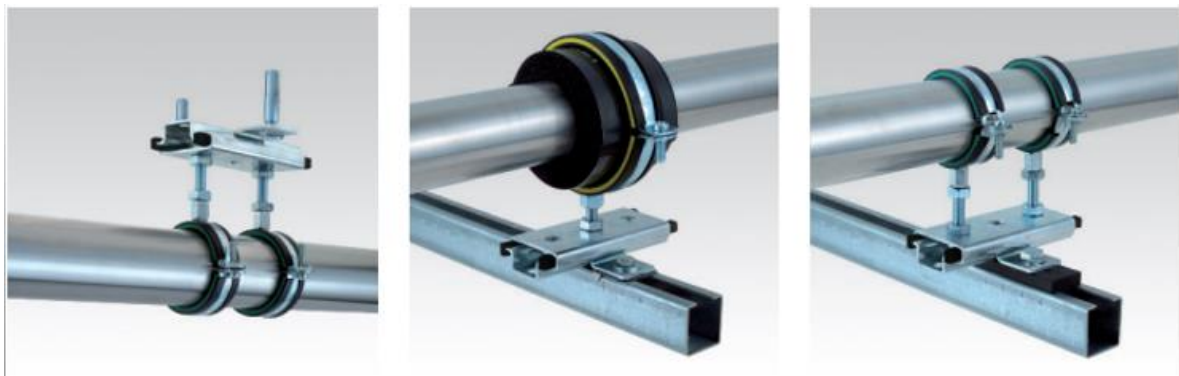


Csúszószán/Tolószán: (16. ábra)

A csúszószánok, vagy tolószánok a csúszótesthez hasonlóan axiális irányú hosszváltozások felvételére alkalmasak. Bár csak korlátozott hosszváltozás felvételére alkalmas, előnye a csúszótesttel szemben a nagyobb terhelhetősége. Amíg a csúszótest terhelhetősége max. 1 kN, addig a tolószánok akár 4 kN-os terhelés mellett is alkalmazhatók.

16. ábra: Tolószán

(Forrás: Müpro, 2023)



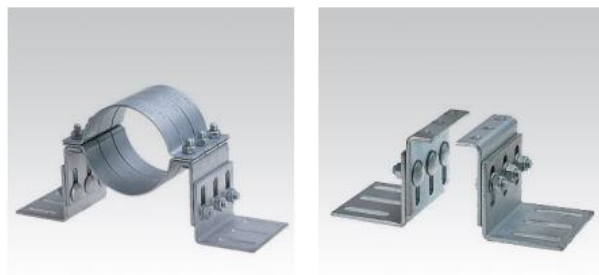
3.2.3. Csővezetékek fix rögzítése

Nagy hőmérsékletváltozások esetén (pl. fűtés, melegvíz vezetékeknél), illetve függőleges csőszakaszok tömegének megtartása miatt kell fix pontokat kialakítani a csőhálózatban, melyek kizárják a csővezeték elmozdulását és elfordulását. A fix megfogások az alátámasztó szerkezetekre erőket és nyomatékokat adnak át, amivel a tartószerkezet tervezés során számolni kell. A fixpontok teherbírását a csővezeték és a csőbilincs között létrejövő erőzáró kapcsolat fogja meghatározni, amely minden csőtípusnál különböző. Műanyag csövek esetén ez az érték meglehetősen kicsi a csővezeték kis felületi érdessége miatt, ezért ilyen esetekben karmantyú, vagy valamilyen alakzáró kötést biztosító elem alkalmazása szükséges. Fix megfogások kialakítása kizárólag gumibetét nélküli bilincsekkel történhet.

Nagy axiális erő esetén úgynevezett stato konzolokat és stato bilincseket (17. ábra) szokás alkalmazni, melyek alkalmasak függőleges és vízszintes csővezetékek fix pontjainak kialakítására egyaránt.

17. ábra: Stato konzol

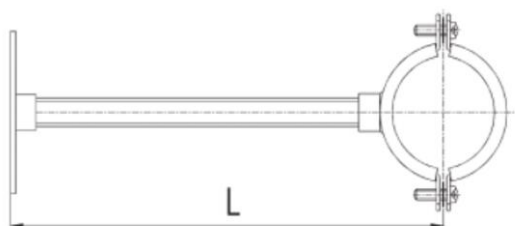
(Forrás: Müpro, 2023)



Mérsékelt axiális erők esetén nem szükséges stato konzolokat alkalmazni, ilyen esetben csőmenet csatlakozású, betét nélküli bilincsek és alaplapok (18. ábra) alkalmazása javasolt, melyeket adott hosszúságú $\frac{1}{2}$ ”-1” menetes csővel kötünk össze.

18. ábra: Menetes csővel kialakított fix megfogás

(Forrás: Müpro, 2023)



4. Tartószerkezet tervezési folyamat bemutatása

4.1. Tervezés megkezdése előtti teendők

A tervezés megkezdése előtt fontos az aktuális projekt megismerése. A projekt terveit a kivitelező cég szokta rendelkezésre bocsátani. Ezek a tervek tartalmazzák az épület építészeti és gépészeti terveit, valamint egy hozzájuk kapcsolódó műszaki leírást.

A tervezés megkezdése előtt fontos ezeknek a terveknek és műszaki leírásnak a megismerése, a gépészeti rendszerek és az épületszerkezet átlátása, megértése.

Érdemes jegyzetet készíteni, hogy a terveken milyen szakágakkal kell foglalkozni, milyen anyagból készülnek a csővezetékek, milyen hőmérsékletű közeg áramlik bennük, milyen vastag és milyen anyagú szigetelések fordulnak elő, stb.

4.2. Tervezési folyamat

4.2.1. Általános szabályok

A projekt megismerése után kezdhetek bele a tervezésbe, melynek során néhány általános szabályt be kell tartanom:

- Alapelvnek tekinthető, hogy minden rögzítési elemhez a csatlakoztatható legnagyobb méretű csatlakozó elemeket kell használni.
- Közös tartószerkezetek kialakítása esetén a csőbilincsek rögzítéséhez használt legnagyobb csatlakozóelemek méreténél nem lehet kisebb a közös tartó rögzítőelemeinek mérete. Ügyelni kell a különböző csőtípusok nem egységes mozgására, amennyiben ezek hosszirányú, esetleg oldalirányú mozgása nem biztosítható, akkor külön kell rögzíteni a csővezetékeket.
- Közös tartószerkezetek kialakítása esetén a tartózási távolság a csordában futó legkisebb rögzítési távolságot igénylő cső alapján kerüljön meghatározásra. Amennyiben ez a távolság legalább fele a legnagyobb cső rögzítési távolságának, akkor a tartók kétféle kialakításban is elkészíthetők.

4.2.2. Alaprajzi kiosztás

Minden tartószerkezetet, megfogási pontot a gépész alaprajzon jelölni kell. A rögzítési pontok meghatározásánál az alábbi sorrend szerint kell eljárni:

1. Fix megfogások helyének meghatározása,
2. Elmozduló megfogások helyének meghatározása,
3. Általános megfogások helyének meghatározása.

Ez a sorrend igaz lehet mind a légcsatornák, mind a csővezetékek tartószerkezetének tervezése során, de míg légcsatornáknál fix- és elmozduló megfogásra általában nincs szükség, a csővezetékelnél nagyon fontos ezek helyzetének pontos meghatározása.

Fix megfogások: Nagy hőmérsékletváltozások esetén (pl. fűtési, melegvíz vezetékeknél) meg kell vizsgálni, hogy szükséges-e fix- és elmozduló rögzítések beépítése. Előfordulhat, hogy a gépész tervező már betervezte a fix pontoknak és az elmozduló megfogásoknak a helyét, ez esetben ezeket ellenőrizni kell. Ha nincs előre meghatározva a fix- és elmozduló megfogások helyzete, akkor amennyiben a rendszer megkívánja, úgy szükséges ezeknek a pontoknak a meghatározása, igény esetén „L”, „U”, „Z” lírák, vagy kompenzátor betervezése megfelelő méretezés mellett.

Elmozduló megfogások: Abban az esetben, ha a csővezetékek oldalirányba elmozdulnak, vagy axiális irányba 8 mm-nél nagyobb a hőtágulásuk, szükséges elmozduló megfogásokat is tervezni a rendszerbe.

Általános megfogások: A csővezeték gyártók általában megadják a cső tartózási távolságát, így általános esetben ezzel a tartózási távolsággal kell jelölni az alaprajzon az általános megfogások helyzetét. Akár a 4.2.1. pontban említett, akár egyéb okok miatt előfordulhat, hogy a csövek tartózási távolsága sűrűbb lesz a gyártó által megadott távolságnál, ez esetben az alaprajzon jelölni kell a pontos tartózási távot.

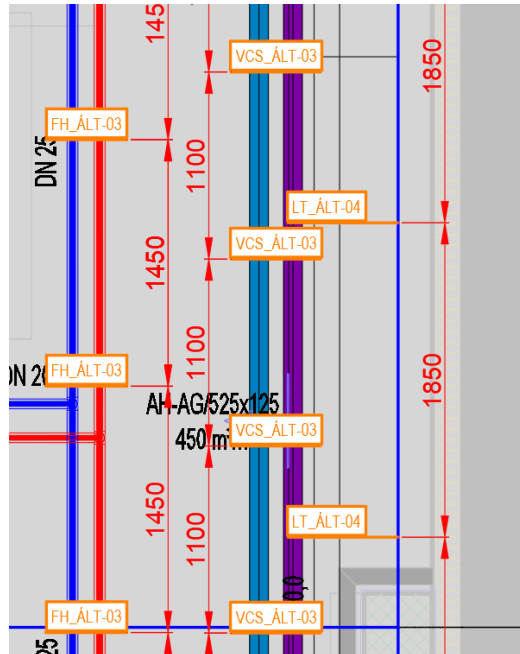
Az alaprajzon úgy kell feltüntetni a megfogási pontokat, hogy azok megegyezzenek a hozzá kapcsolódó tartószerkezet rajzszámával.

Az alaprajzi tartószerkezeti jelölések (19. ábra) egységesek, minden esetben az alábbiakat kell tartalmazniuk:

- szakág neve (pl. légtechnika – LT, fűtés-hűtés – FH, vízellátás-csatornázás – VCS)
- megfogás típusa (fix megfogás – FIX, elmozduló megfogás – ELM, általános megfogás – ÁLT)
- tartó száma (01, 02, 03, stb.)

19. ábra: Alaprajzi jelölések

(Forrás: Müpro, 2023)



4.2.3. Tartószerkezetek méretezése

A tartószerkezeteket hajlító és nyíró igénybevételekre, valamint lehajlásra méretezzük az Eurocode 0, illetve Eurocode 3 szabvány szerint, mely alapján az alábbi feltételeknek kell teljesülnie:

$$\frac{\gamma_F \cdot M}{(f_y \cdot W_y) / \gamma_M} = \frac{M_{E,d}}{M_{R,d}} \leq 1 \quad (8)$$

ahol:

γ_F – hatás oldali parciális tényező (-)

M – keresztmetszetre ható hajlítónyomaték (Nm)

f_y – folyáshatár (N/mm²)

W_y – keresztmetszeti tényező (cm³)

γ_M – ellenállás oldali parciális tényező (-)

$M_{E,d}$ – hajlítónyomaték tervezési értéke (Nm)

$M_{R,d}$ – hajlítónyomatékokkal szembeni ellenállás tervezési értéke (Nm)

$$\frac{\gamma_F \cdot \sigma_M}{f_y / \gamma_M} = \frac{\sigma_{E,d}}{\sigma_{R,d}} \leq 1 \quad (9)$$

ahol:

γ_F – hatás oldali parciális tényező (-)

σ_M – legnagyobb hajlítófeszültség (N/mm²)

f_y – folyáshatár (N/mm²)

γ_M – ellenállás oldali parciális tényező (-)

$\sigma_{E,d}$ – adott pontban fellépő hajlítófeszültség tervezési értéke (N/mm²)

$\sigma_{R,d}$ – hajlítófeszültséggel szembeni ellenállás tervezési értéke (N/mm²)

$$\frac{\gamma_F \cdot \tau_Q}{f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_M)} = \frac{\tau_{E,d}}{\tau_{R,d}} \leq 1 \quad (10)$$

ahol:

γ_F – hatás oldali parciális tényező (-)

τ_Q – legnagyobb nyíró feszültség (N/mm²)

f_y – folyáshatár (N/mm²)

γ_M – ellenállás oldali parciális tényező (-)

$\tau_{E,d}$ – nyírófeszültség tervezési értéke (N/mm²)

$\tau_{R,d}$ – nyírófeszültséggel szembeni ellenállás tervezési értéke (N/mm²)

Két, vagy többtámaszú tartószerkezet esetén a lehajlásra történő méretezés során az alábbi feltételnek kell teljesülnie:

$$\frac{f_{max}}{L/200} = \frac{f_{max}}{f_{meg}} \leq 1 \quad (11)$$

ahol:

f_{max} – lehajlás értéke (mm)

L – rendszersín hossza (mm)

f_{meg} – megengedett lehajlás értéke (mm)

Konzolos tartószerkezet esetén a lehajlásra történő méretezés során az alábbi feltételnek kell teljesülnie:

$$\frac{f_{max}}{L/150} = \frac{f_{max}}{f_{meg}} \leq 1 \quad (12)$$

ahol:

$f_{\max}$ – lehajlás értéke (mm)

L – rendszersín hossza (mm)

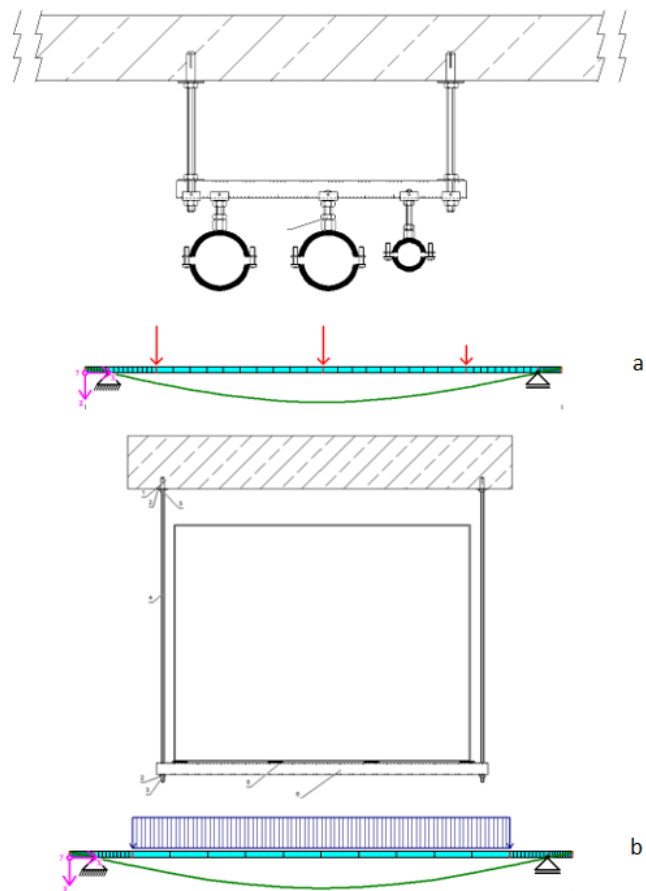
f_{meg} – megengedett lehajlás értéke (mm)

A méretezést FEM (Finite Element Method), magyarul végeselemes módszerrel szoktam elvégezni. A program segítségével meghatározható, hogy adott terhelések mellett a kiválasztott sín teljesíti-e a fenti kritériumokat.

A méretezés során a légcsatornák és a csőrendszerek tartószerkezetét másképp méretezem. A csővezetékek esetén a csövek súlyával pontszerű terhelésként (20.a ábra), míg légcsatornák esetén megoszló terhelésként számolunk. (20.b ábra)

20. ábra: Rendszersín méretezési módszerek

(Forrás: Saját szerkesztés)



4.2.4. Tervek elkészítése

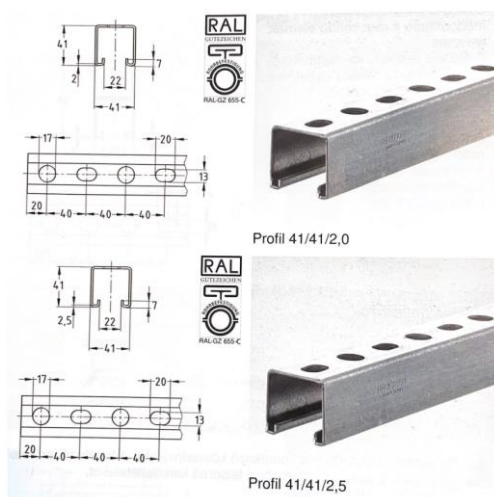
A tartószerkezet tervezéséhez csak a cégünk által forgalmazott rendszersíneket, dübeleket, bilincseket, stb. tudom felhasználni, ezek a rendelkezésre álló termékek, amikből a tartószerkezetet meg kell tervezni.

A tervek elkészítése során több szempontot is figyelembe kell venni, ilyen például a gazdaságos kialakítás, vagy a könnyű szerelhetőség. Ezek gyakran egymásnak ellentmondó kritériumok, mivel vannak olyan termékek, amik segítségével gyorsabbá lehet tenni a szerelési folyamatot, ellenben drágábbak. Alap esetben a terveket a legolcsóbban kivitelezhető megoldással szoktam elkészíteni. Olyan drágább elemeket, amik gyorsabbá tehetik a szerelést csak az ügyfél külön kérésére szoktam tervezni a tartószerkezetbe.

A cég termékpalettájában sokféle rendszersín áll rendelkezésre, melyek eltérő keresztmetszete lehetőséget kínál a felesleges túlméretezések elkerülésére. Vannak hasonló keresztmetszetű rendszersínek, amelyek befoglaló méretei megegyeznek, csak a profilvastagságuk különbözik (21. ábra). Előfordulnak olyan esetek, ahol ugyan azon a projekten a méretezések során kiderül, hogy az egyik tartószerkezethez elég lenne a 2 mm lemezvastagságú profil, a másik tartóhoz viszont szükséges lenne a 2,5 mm-es. Ilyen esetekben minden tartót 2,5 mm vastag profillal tervezek, ezzel elkerülve, hogy a kivitelezés során véletlenül összekeverjék őket.

21. ábra: Rendszersín profilméretek

(Forrás: Müpro, 2023)



A tartószerkezet terveit egy saját fejlesztésű szoftver által készítjük el, amit Müpro Designer-nek hívnak, a következő fejezetben ezt a programot fogom bemutatni annak előnyeivel és hátrányaival.

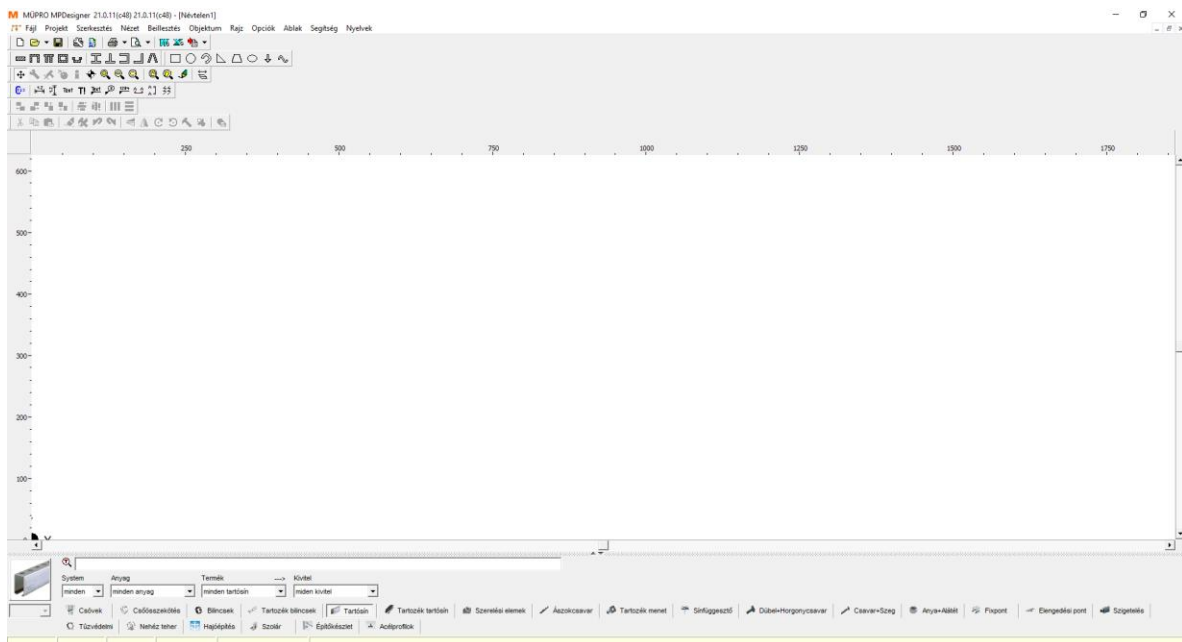
5. Müpro Designer program bemutatása

A Müpro Designer a cég saját fejlesztésű szoftvere. A program az épületgépészeti rendszerek tartószerkezeti terveinek elkészítésében nyújt segítséget. A program működését egy függőleges légtechnikai vezeték tartószerkezetének megrajzolása során fogom bemutatni. Ennek során lehetőség nyílik a program előnyeinek és hátrányainak megismerésére.

A Müpro Designer programot elindítva egy üres rajzlap látható. (22. ábra)

22. ábra: Müpro Designer kezdőlapja

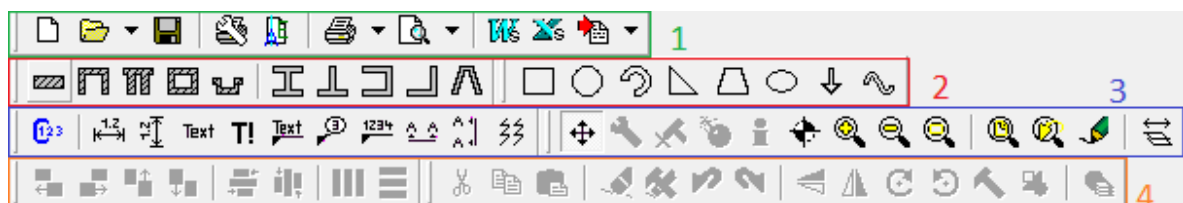
(Forrás: Saját szerkesztés)



A bal felső sarokban található parancsikonok segítségével (23. ábra) lehet megkezdeni a tervezést.

23. ábra: Müpro Designer parancsikonok

(Forrás: Saját szerkesztés)

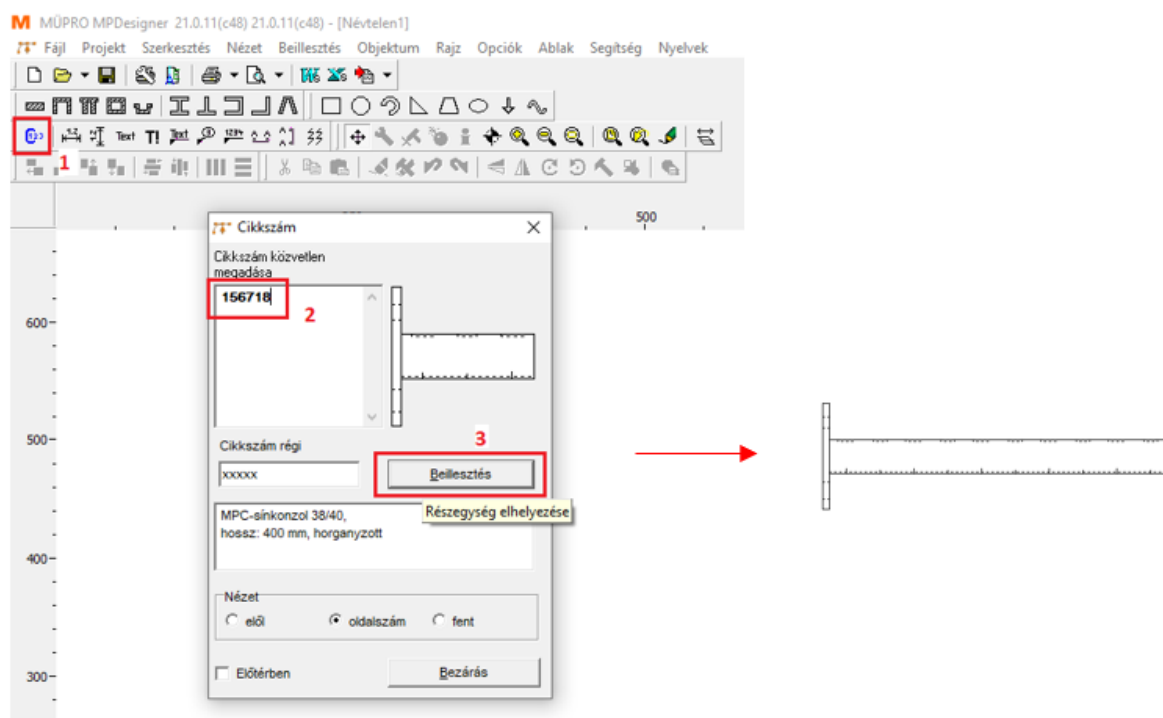


- 1 - A felső sorban az új dokumentum, megnyitás, mentés, nyomtatás stb. parancsikonok találhatók.
- 2 – A második sorban különböző zártszelvények, idomok beszúrásához szükséges parancsikonok találhatók.
- 3 – A harmadik sor parancsikonjai segítségével lehet feliratokat, méretvonalakat, metszeteket beszúrni a rajzra, illetve ebben a sorban található a „cikkszám megadása” parancsikon is.
- 4 – A negyedik sorban található parancsikonok a beillesztett alkatrészek egymáshoz viszonyított pozíciójának beállításához szükségesek.

Ha rákattintok a *cikkszám megadása* parancsikonra, felugrik egy ablak. Ebben az ablakban a cikkszám beírásával ki tudom választani a rajzlapra beszúrni kívánt tétel elől-, oldal-, vagy felülnézeti rajzát. A *beillesztés* gombra kattintva pedig elhelyezhetem azt a rajztéren belül bárhova. (24. ábra)

24. ábra: Tétel beszúrása

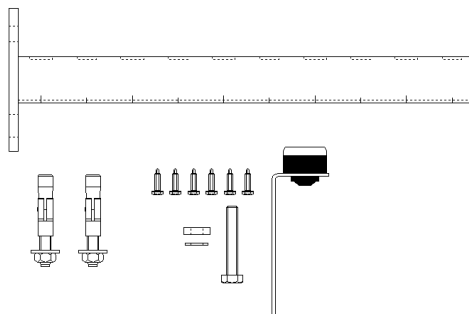
(Forrás: Saját szerkesztés)



Ezt a műveletsort megismételve beilleszttem a tartószerkezet többi elemét is. A tartó megrajzolásához szükség lesz 2 db alapsavarra, 1 db hatlapfejű csavarra, 1 db legcsatorna szegletre, 6 db önmetsző csavarra és 1 db sínanyára. (25. ábra)

25. ábra: Tartószerkezethez szükséges alkatrészek

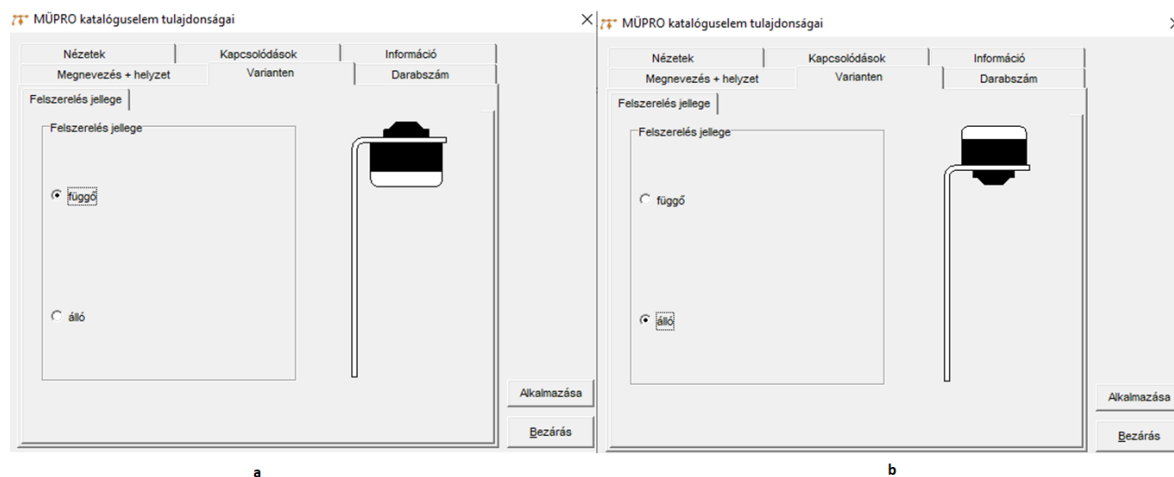
(Forrás: Saját szerkesztés)



Az alkatrészeket az egér segítségével lehet mozgatni. Elforgatni, tükrözni, stb. pedig a 23. ábra 4. sorában található gombokkal tudom. Az alkatrészeket *Ctrl-C+Ctrl-V* parancssal lehet másolni, illetve az alkatrészek forgatásához is van lehetőség billentyűparancsok beállítására. Egy alkatrészre duplán kattintva még ilyenkor is lehetőségem van annak nézetének megváltoztatására, illetve néhány alkatrésznél különböző összeszerelési variációk meghatározására. Ilyen például a légcsatorna szeglet is, aminek a zajcsillapító elemét elhelyezhetem függő (26.a ábra) illetve álló (26.b ábra) kivitelben is.

26. ábra: Összeszerelési variációk kiválasztása

(Forrás: Saját szerkesztés)

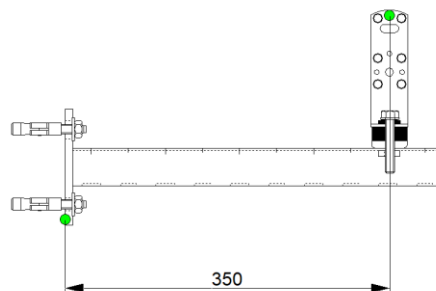


Jelen esetben a légcsatorna szegletet nem a födémről szeretném függesztetni, hanem rá szeretném ültetni a sínkonzolra, ezért az álló kivitel választom, a nézetek közül pedig az előlnézetet. Ezután minden elemet a helyére kell illeszteni, ami igencsak időigényes, mivel a program nem ismeri az alkatrészek tengelyvonalait, nevezetes pontjait, ezért más tervezőprogramokkal ellentétben itt nem tudok kényszereket használni, amivel ezt a folyamatot meg lehetne gyorsítani. Mindegyik

alkatrészt csak annyira tudok a helyére illeszteni, amennyire az egér segítségével sikerül pontosan dolgoznom. Például, ha a légcsatorna szegletet a sínkonzol talpától pontosan 350 mm-re szeretném elhelyezni, akkor egy méretvonal segítségével tudom annak a pontos helyzetét kimérni és megpróbálni minél pontosabban elhelyezni. Ezáltal az alkatrészek pontos pozicionálásával rendkívül sok idő elvész. (27. ábra)

27. ábra: Alkatrészek pozicionálása

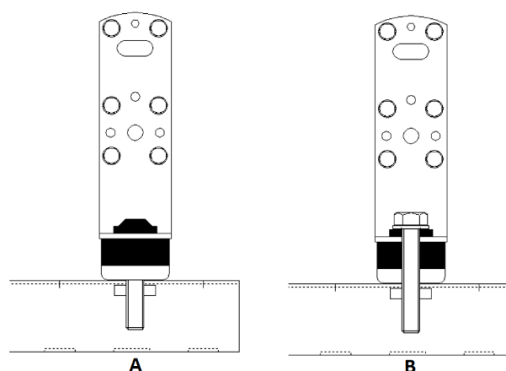
(Forrás: Saját szerkesztés)



Amikor az alkatrészeket elhelyeztem a megfelelő pozícióba, akkor gondoskodni kell arról is, hogy az egymást takaró részek megfelelően legyenek beállítva. Itt jön elő a tervezőprogram újabb hiányossága, ugyanis a program úgy van felépítve, hogy az alkatrészeket egymáshoz képest lehet előrébb, vagy épp hátrébb küldeni. Jelen esetben ez azt jelenti, hogy a légcsatorna szegletet a sínkonzolhoz rögzítő csavar fejének láthatónak kéne lennie, azonban a szárát el kellene takarnia a zajcsillapító elemnek és a sínkonzolnak. Ezt nem lehet megvalósítani, mivel amennyiben a csavart a legcsatorna szeglethez képest hátrébb küldöm a rajztérben, akkor a légcsatorna szeglet a csavar fejét is ki fogja takarni (28.a ábra), ha viszont előrébb hozom, akkor a csavar szára is látszódni fog. (28.b ábra)

28. ábra: Alkatrészek térbeli elhelyezése

(Forrás: Saját szerkesztés)

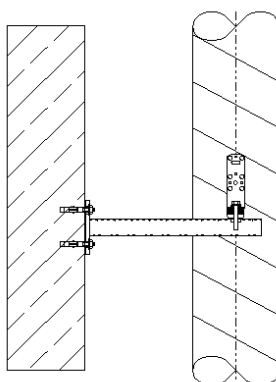


A programnak ezen hiányossága jelen esetben megoldhatatlan problémát okoz. Bonyolultabb tartószerkezetek tervezése során így az elkészített rajzok kevésbé lesznek átláthatók, sőt sok esetben előfordulhat, hogy a szerelő számára nem válik egyértelművé, hogy az egyes alkatrészeket hova is kellene elhelyezni.

Ha a vasbeton falat és a spirálkorcolt csövet elhelyezzük a rajzunkon kész vagyunk a tartószerkezet oldalnézeti rajzával (29. ábra).

29. ábra: Tartószerkezet oldalnézeti rajza

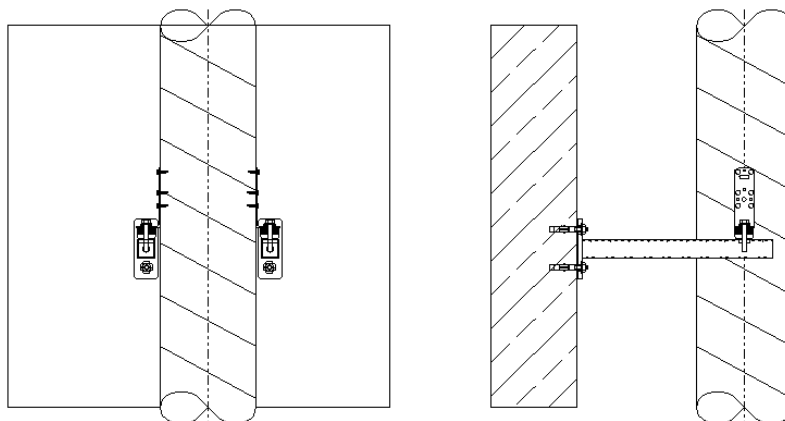
(Forrás: Saját szerkesztés)



Következő lépés a tartószerkezet előlnézeti rajzának (30. ábra) elkészítése lenne, amit más tervezőprogramokkal ellentétben nem lehet az előbb elkészített modellből létrehozni. Az előlnézeti rajzot az előbb felsorolt műveletekkel újra el kell készíteni. Az alkatrészeket egyesével be kell illeszteni, a nézetüket külön-külön megváltoztatni, majd a helyükre illeszteni és a rajztérben elhelyezni őket. Ez szintén rendkívül időigényes munka.

30. ábra: Tartószerkezet elől- és oldalnézete

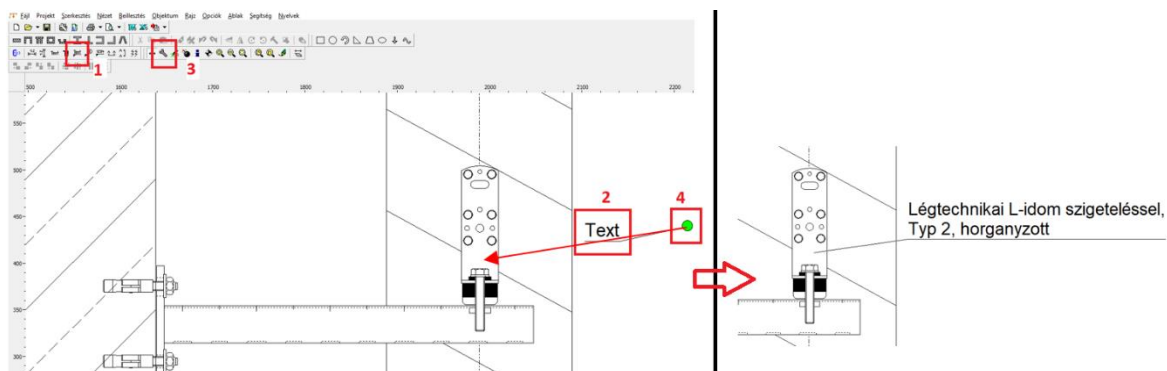
(Forrás: Saját szerkesztés)



Amikor elkészítettem a tartószerkezet elől- és oldalnézeti rajzát is, már csak az alkatrészek feliratozása maradt hátra. Ezt a 23. ábra 3. sorában található *Text* parancsikon segítségével tudom megvalósítani. Ha rákattintok a parancsikonra, akkor el tudok helyezni a rajzlapon egy feliratot, majd a 23. ábra 3. sorában található villáskulccsal szimbolizált *objektumok csoportosítása* parancs segítségével a felirat végén található zöld pöttyöt a feliratozni kívánt alkatrészre húzva a program elkészíti a feliratot. (31. ábra)

31. ábra: Felirat elhelyezése

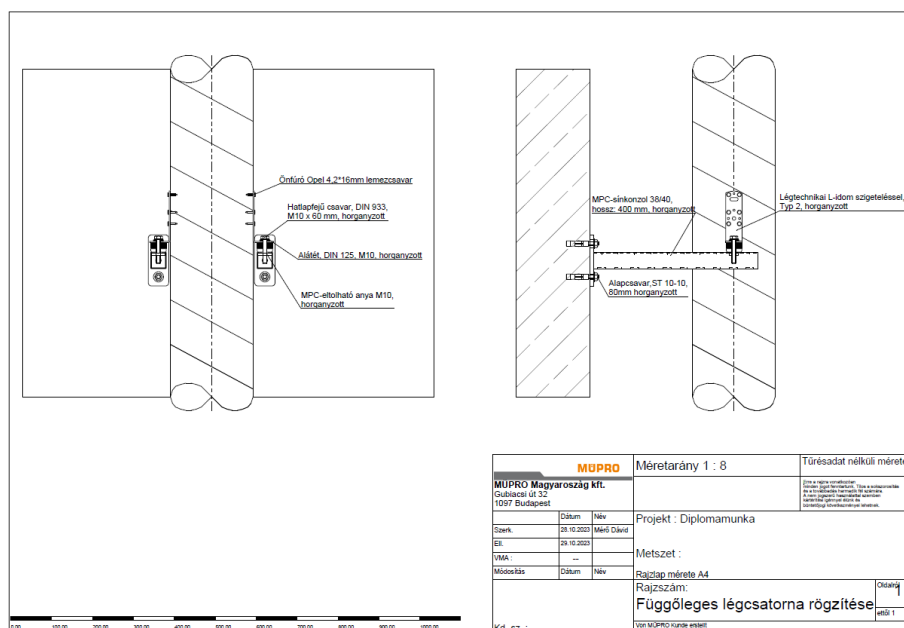
(Forrás: Saját szerkesztés)



Amikor az összes feliratot elhelyeztem a rajzon, a rajzlap szövegmezőinek kitöltésével el is készül a végleges összeállítási rajz. (32. ábra)

32. ábra: Összeállítási rajz

(Forrás: Saját szerkesztés)



A Müpro Designer program előnye, hogy egyszerű összeállítási rajzokat gyorsan el lehet készíteni vele. Mivel az egyes alkatrészek rajzai rendelkezésre állnak, azokat csak cikkszám alapján be kell szűrni és a megfelelő pozíciókba kell illeszteni. Hátránya, hogy időigényes a pontos pozíciók beállítása, a különböző nézetek, metszeti rajzok elkészítése, illetve az összetettebb tartószerkezetek ábrázolása.

6. Content Center létrehozása

Az előző fejezetben említett hátrányok miatt a tervezési folyamatot az Autodesk Inventor programba szeretném áthelyezni. Várakozásaim szerint ezáltal csökkenthető lenne a tervek elkészítésének az ideje, illetve sokkal átláthatóbb, esztétikusabb terveket lehetne ezáltal készíteni. Ahhoz, hogy a tervezési folyamat az Inventor programon belül tudjon zajlani az alábbi lépéseket kell elvégezni:

A termékek 3D modelljei *step* formátumban rendelkezésemre állnak, első lépésben ezeket kell az Inventor által is használni *ipt* formátumra konvertálni.

Második lépésként létre kell hozni az Inventoron belül egy úgynevezett Content Centert. A Content Center szabványosított alkatrészeket tartalmaz, az Inventornak is vannak saját alapértelmezett Content Centerei, melyek több százezer szabványosított alkatrészt (pl. csavarok, anyák, stb.) tartalmaznak, ezzel könnyebbé és gyorsabbá téve az összeállítások elkészítését. Mivel esetemben is előre meghatározott alkatrészeket kell használni, adott termékpalettából kell az összeállításokat és a terveket elkészíteni, ezért optimálisnak gondolom, hogy az Inventoros Content Centerek mintájára egy saját Content Centert hozzak létre, mely segítségével (ahogy az a Müpro Designerben is működött,) cikkszámok alapján tudom beilleszteni az összeállításba a tartószerkezet modellezéséhez szükséges alkatrészeket.

Harmadik lépés a Content Center könyvtár feltöltése a cég által forgalmazott termékekkel. Ezen termékek nagy része könnyen importálható a könyvtárba, vannak azonban olyan termékek, amelyeknek egyes paraméterei változhatnak, pl. szálanyagok (rendszer sín, menetes szár) hossza, lapos szem dőlésszöge, stb. Ezeket bonyolultabb módszerrel lehet a könyvtárba importálni, amit 1-1 példán keresztül fogok bemutatni.

6.1. Step fájlok konvertálása

A Content Centerbe importálni kívánt alkatrészek 3D modelljei *step* formátumban rendelkezésemre álltak. Az Inventor program *ipt* (inventor part file) kiterjesztésű fájlokat használ, ezért szükséges a *step* formátumú fájlok *ipt*-vé alakítása.

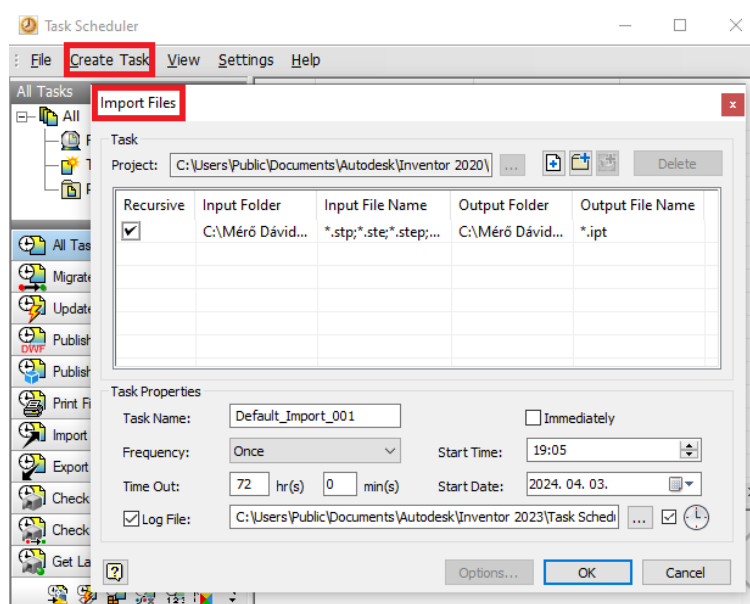
Ezt lehetne úgy, hogy a *step* fájlokat egyesével megnyitom az Inventorban és *ipt*-ként elmentem, de mivel sok időt venne igénybe, ezért a Task Scheduler program segítségével fogom a konvertálást elvégezni. A Task Scheduler programot elindítva a *create task* fül alatt található *import files* parancsra kattintva a felugró ablakban kiválasztom a mappát, amely tartalmazza a *step* fájlokat (*input folder*). Az *Input File Name* és *Output File Name* oszlopban adható meg, hogy a mappában található *step* fájlokat *ipt* kiterjesztésű fájlokká konvertálja át. (33. ábra)

Lehetőségem van megadni a feladat elvégzésének kezdő időpontját is, így a hosszú konvertálási folyamat akkor is elvégezhető, amikor nem vagyok a számítógép közelében.

Az OK gombra kattintva a fájlok konvertálása az általam megadott időpontban el fog kezdődni.

33. ábra: Task Scheduler

(Forrás: Saját szerkesztés)

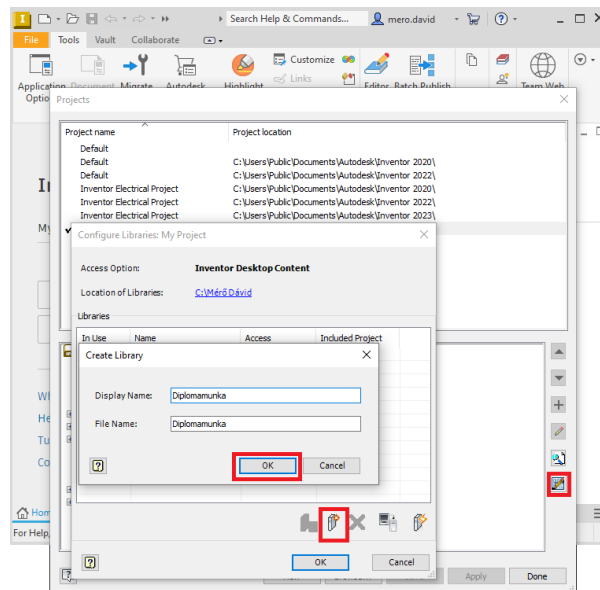


6.2. Könyvtár létrehozása

Content Center könyvtárat az Inventor programon belül lehet létrehozni. A *Project* fület megnyitva a *Configure Content Center Libraries*, majd *Create Library* gombokra kattintva megadom a létrehozni kívánt könyvtár nevét, majd mentés után kész a Content Center könyvtár. (34. ábra)

34. ábra: Könyvtár létrehozása

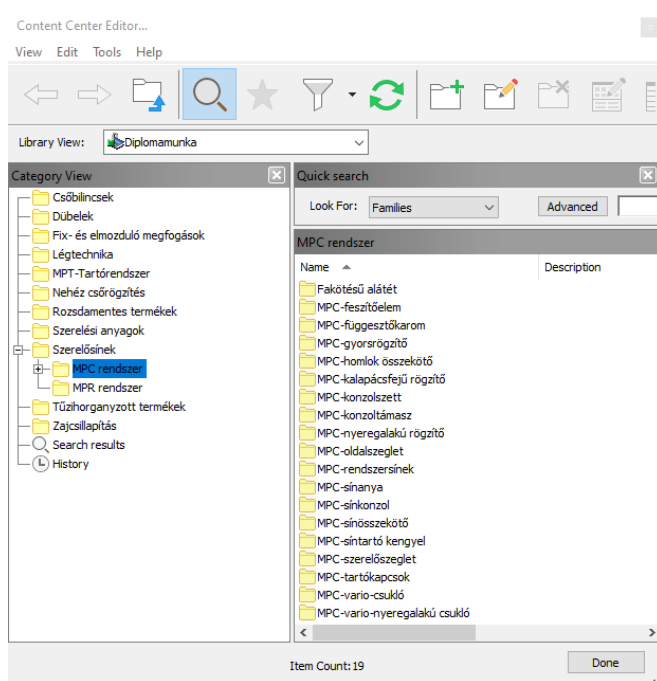
(Forrás: Saját szerkesztés)



Ezt követően a *Content Center Editor* segítségével létrehozom a Content Centeren belül azt a mapparendszert, amibe később az alkatrészeket importálni fogom. A mapparendszer kialakításánál a Müpro rögzítő és zajcsillapító rendszerek című katalógusnak fejezeteit és alfejezeteit vettem alapul, hogy a használat során a keresett termék gyorsan és könnyedén megtalálható legyen. (35. ábra)

35. ábra: Content Center mapparendszere

(Forrás: Saját szerkesztés)



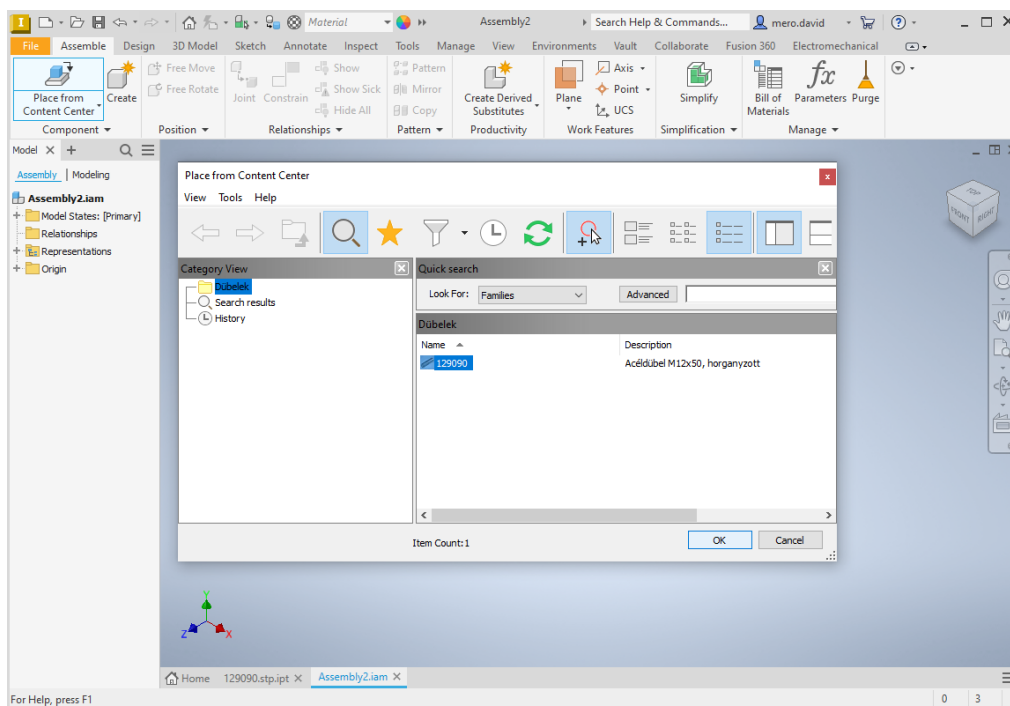
6.3. Alkatrészek importálása

Az alkatrészek/termékek Content Centerbe való importálását egy M12x50 mm-es, horganyzott acéldübelen keresztül fogom bemutatni. Az alábbiakban leírt folyamatot kell minden termék importálása során alkalmazni. Egy alkatrész, vagy termék Content Centerbe való importálásához megnyitom a termék CAD modelljét, ami a termékhez tartozó *step* fájlból konvertál *ipt* fájl. A Task Scheduler-rel való konvertálási feladat miatt az Inventor a fájl megnyitása során az eredeti *step* fájlra hivatkozik vissza. Ez a visszahivatkozás a későbbiekben problémát okozna: ha egy összeállításba a Content Centerből szeretnék majd beilleszteni egy terméket, akkor az eredeti *step* fájlt keresné a számítógépen, nem pedig a létrehozott *ipt* kiterjesztésű modellt. A modellfában az alkatrész ikonjára kattintva a *suppress link* paranccsal megelőzőm ennek a problémának a létrejöttét. Az *iProperties* menüben lehet az alkatrész tulajdonságait beállítani, pl. a termékhez tartozó cikkszámot is itt adom meg.

Ezt követően a *publish part* parancsot használva a Content Center mapparendszerén belül kiválasztom azt a mappát, ahova az alkatrészt be szeretném illeszteni, illetve itt adom meg a termék pontos megnevezését is. Ezután a *Publish* gombra kattintva az alkatrész mostantól megtalálható lesz a Content Centerben, így szabadon beilleszthető bármilyen összeállítás készítése során a *Place from Content Center* parancs segítségével. (36. ábra)

36. ábra: Alkatrész beillesztése egy összeállításba a Content Centerből

(Forrás: Saját szerkesztés)



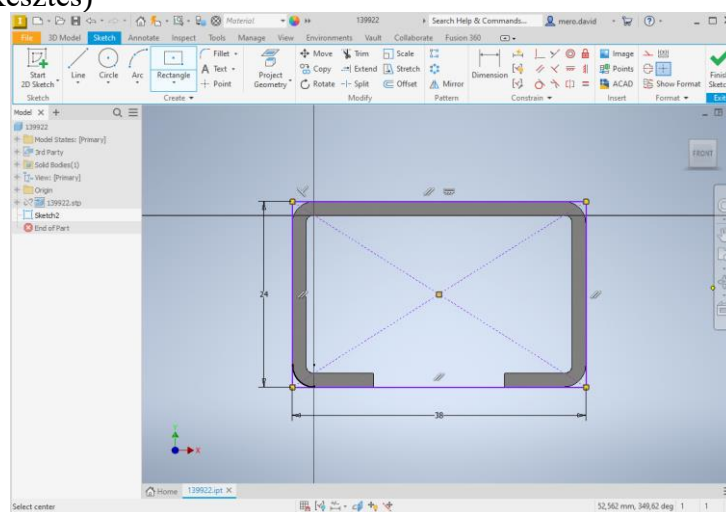
6.4. Szálanyagok importálása

A cég termékpalettájában előfordulnak olyan termékek, amelyeknek hossza a felhasználástól függően változó lesz. Ilyenek például a menetes szárac, vagy a rendszersínek. Ahhoz, hogy az összeállításba a számomra szükséges hosszúságú terméket tudjam majd beilleszteni, ezeket az alkatrészeket más módon kell a Content Centerbe importálnom. Az importálási folyamatot egy 38/24 keresztmetszetű MPC rendszersínen keresztül fogom bemutatni, de az összes szálanyag importálása megvalósítható ezzel a módszerrel.

Egy általános termékhez hasonlóan ebben az esetben is a *step* fájlból konvertált *ipt* fájlt nyitom meg, átirom az *iProperties* menüben a termék cikkszámát, illetve a *suppress link* paranccsal megakadályozom, hogy a későbbi használat során az inventor a *step* fájlra hivatkozzon vissza. Ezt követően a *Start 2D Sketch* parancs segítségével a rendszersín egyik végén létrehozok egy rajzsíkot, amire a rendszersín befoglaló méreteivel megegyező méretű téglalapot rajzolok. (37. ábra)

37. ábra: Téglalap rajzolása a rendszersín végére

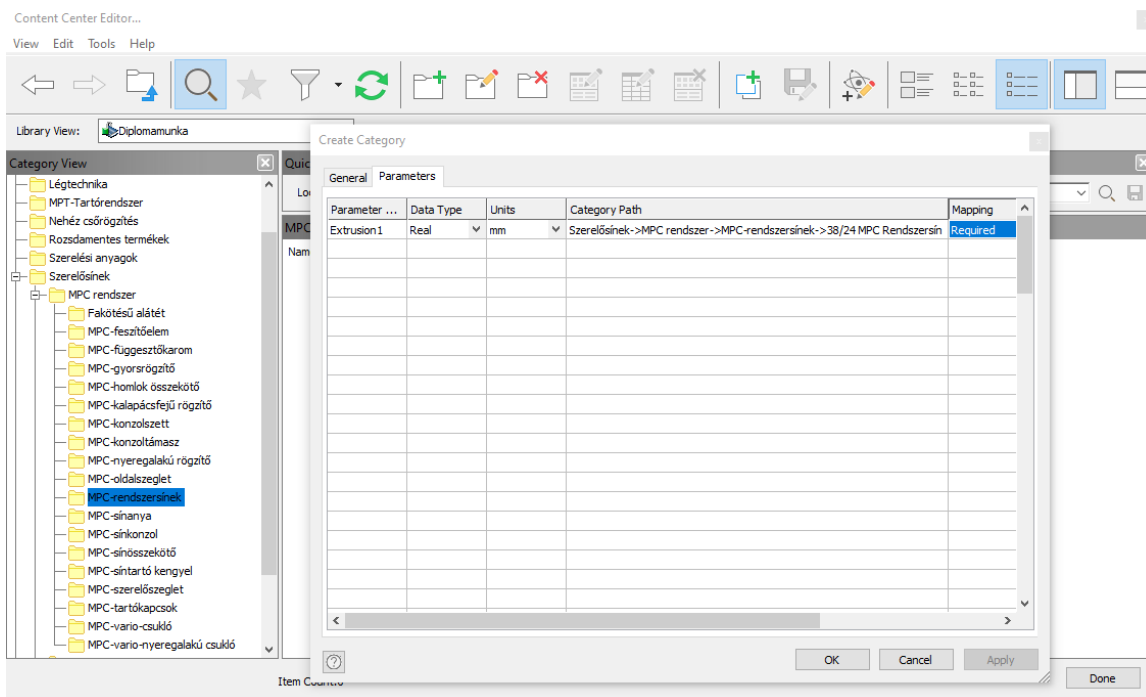
(Forrás: Saját szerkesztés)



Finish Sketch paranccsal bezárom a rajzsíkot, majd az *Extrude-Cut* paranccsal lemetszek a rendszersín végéből egy 6000 mm hosszú darabot. Ezzel gyakorlatilag eltűnik az egész rendszersíнем. A *Content Center Editor*-ban kiválasztom a Content Center mapparendszerén belül azt a mappát, ahova a rendszersín modelljét el szeretném helyezni, majd a *Create Category* menüben a *Parameters* fülön új paramétert adok hozzá, amely az *Extrusion1* paraméter lesz. (38. ábra)

38. ábra: Paraméter beállítása

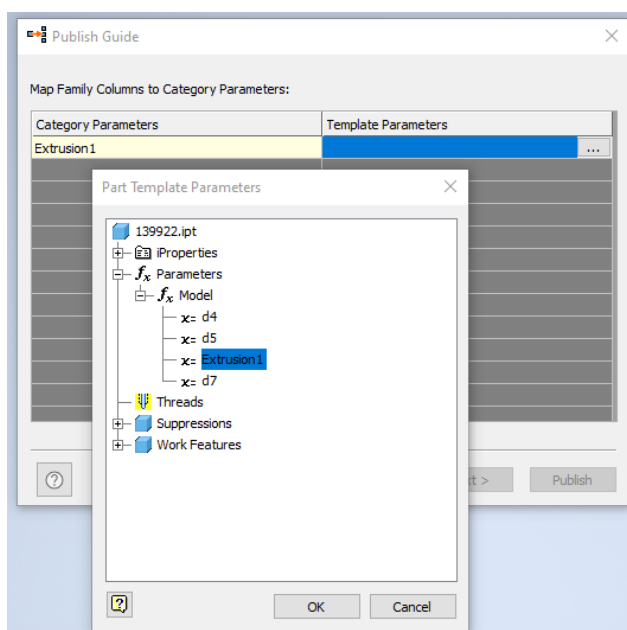
(Forrás: Saját szerkesztés)



A paraméterek beállítása után a *Publish Part* paranccsal a terméket elhelyezem a megfelelő mappában, közben hozzárendelem az Extrusion1 paramétert, mely a rendszersín hosszának változtatásához lesz szükséges. (39. ábra)

39. ábra: Paraméter hozzárendelése

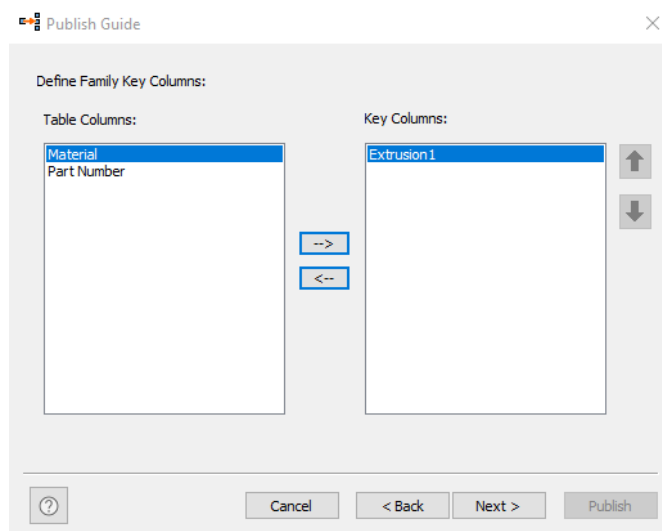
(Forrás: Saját szerkesztés)



A *Next* gombra kattintva a következő fülön a kulcs oszlopokat tudom kiválasztani. Mivel a rendszersínnek csak a hossza fog változni, a cikkszám és az anyaga pedig nem, ezért elég csak az Extrusion1 oszlopot kiválasztanom. (40. ábra)

40. ábra: Kulcs oszlopok kiválasztása

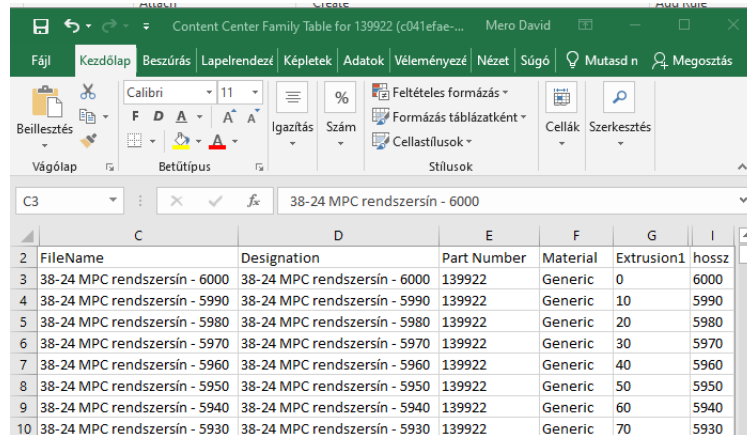
(Forrás: Saját szerkesztés)



A Publish gombra kattintva a rendszersínt közzétettem a Content Centerben. Ebben az állapotban azonban még nem lehetséges a rendszersín beillesztése során különböző méretekből válogatni, ehhez szükséges egy excel tábla hozzárendelése a termékhez, amely tartalmazza a különböző változókat. Ezt a Content Center Editor-on belül, a Family Table fül alatt tudom hozzárendelni. Először egy új kulcs oszlopot hozok létre „hossz” megnevezéssel, majd az Edit via spreadsheet paranccsal megnyitok egy excel táblát, amely tartalmazza a modell különböző tulajdonságait, pl. a fájl nevét, termék megnevezését, cikkszámát, stb. Az excel táblában tudom megadni azokat az értékeket, hogy a korábban beállított Extrusion1 parancs a rendszersínből hány mm-t vágjon le, illetve hogy az így kapott rendszersín hossza mekkora lesz. (41. ábra)

41. ábra: Family table

(Forrás: Saját szerkesztés)

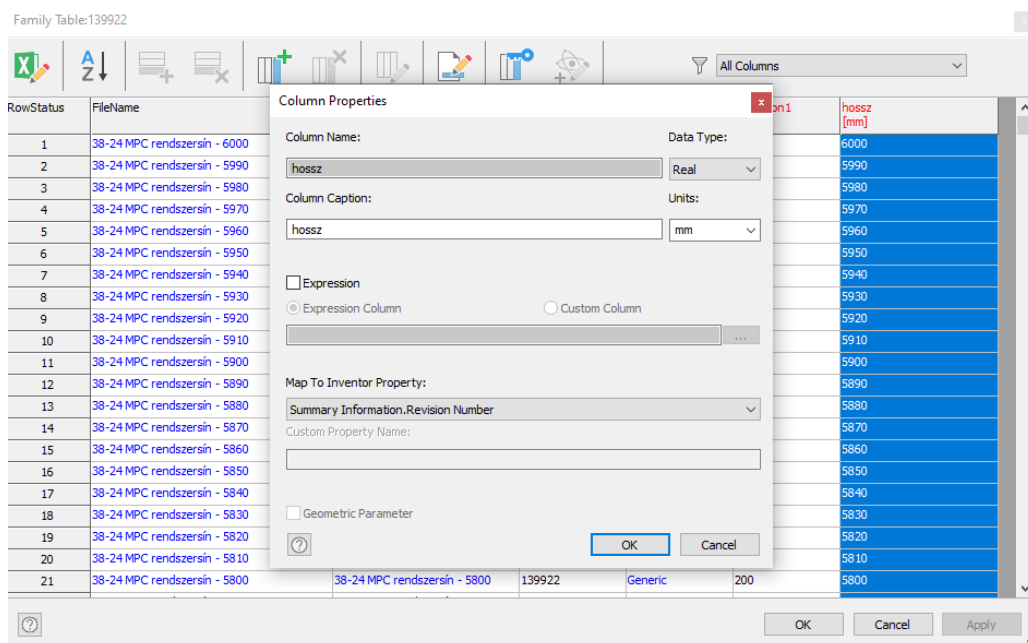


	C	D	E	F	G	I
	FileName	Designation	Part Number	Material	Extrusion1	hossz
3	38-24 MPC rendszersín - 6000	38-24 MPC rendszersín - 6000	139922	Generic	0	6000
4	38-24 MPC rendszersín - 5990	38-24 MPC rendszersín - 5990	139922	Generic	10	5990
5	38-24 MPC rendszersín - 5980	38-24 MPC rendszersín - 5980	139922	Generic	20	5980
6	38-24 MPC rendszersín - 5970	38-24 MPC rendszersín - 5970	139922	Generic	30	5970
7	38-24 MPC rendszersín - 5960	38-24 MPC rendszersín - 5960	139922	Generic	40	5960
8	38-24 MPC rendszersín - 5950	38-24 MPC rendszersín - 5950	139922	Generic	50	5950
9	38-24 MPC rendszersín - 5940	38-24 MPC rendszersín - 5940	139922	Generic	60	5940
10	38-24 MPC rendszersín - 5930	38-24 MPC rendszersín - 5930	139922	Generic	70	5930

Az excel tábla megszerkesztése után a *Family Table*-ben a „hossz” oszlopra kattintva a *Column Properties* menüben a *Map To Inventor Property* fül alatt a *Summary Information.Revision Number* sort választom ki (42. ábra). Erre fogok tudni a későbbiekben az alkatrészlista létrehozásánál hivatkozni, hogy a rajzlapon az alkatrészlistában megjelenjen a termék pontos hossza.

42. ábra: Family Table - Column Properties

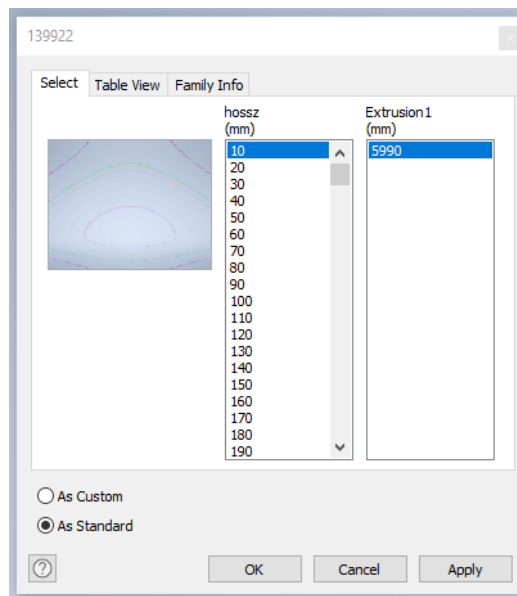
(Forrás: Saját szerkesztés)



Ezt követően, ha megnyitok egy összeállítást, amibe a Content Centerből el szeretném helyezni a terméket, a 43. ábrán található ablak fog felugrani. Itt ki tudom választani a szükséges hosszúságú rendszersínt és ezt el tudom helyezni az összeállításban.

43. ábra: Rendszersín hosszának kiválasztása

(Forrás: Saját szerkesztés)

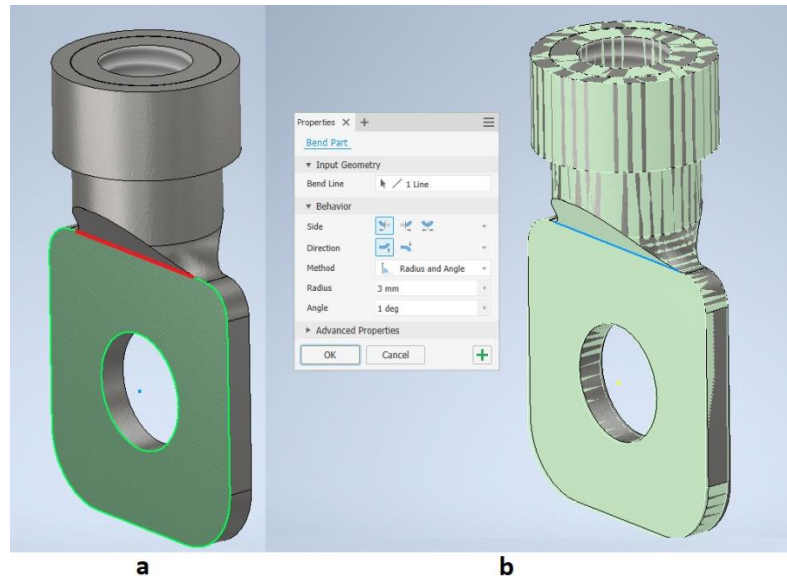


6.5. Állítható termékek importálása

A cég termékpalettájában előfordulnak olyan termékek, amelyeknek alakja a felhasználástól függően változó lesz. Ilyenek például a lengő függesztékek, gyűrűs laposszemek, csuklós alkatrészek, stb. Ezen termékek Content Centerbe való elhelyezését egy gyűrűs lemezcsavaron keresztül fogom bemutatni, ez a módszer használható a hasonló termékek importálása során is. A 44.a ábrán látható modellen a *Start 2D Sketch* paranccsal egy rajzsíkot hozok létre a laposszem egyik furatos felületén. Rajzolok egy vonalat a menetes anya felőli csatlakozáshoz (piros vonal), majd *Bend Part* paranccsal ennek a vonalnak a mentén létre tudok hozni egy hajlítási vonalat, ahol be tudom állítani a hajlítási sugár és szög nagyságát. (44.b ábra)

44. ábra: Bend Part parancs

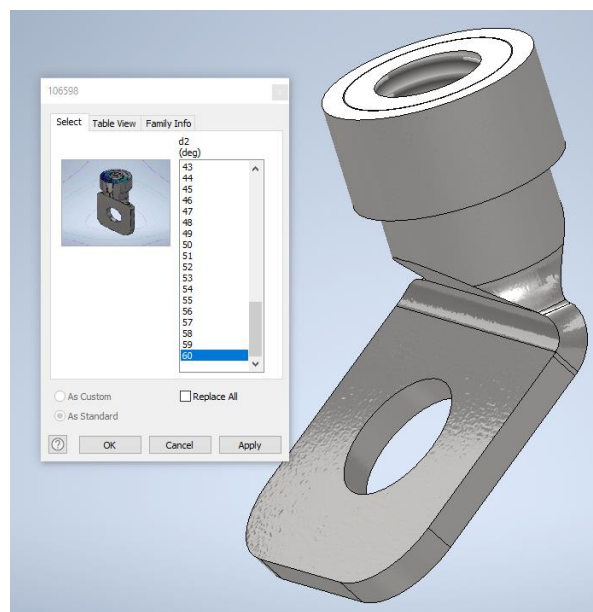
(Forrás: Saját szerkesztés)



Ezt követően az előző fejezetben leírtakhoz hasonlóan folytatom az importálási folyamatot annyi különbséggel, hogy nem Extrusion1 lesz a változó paraméter, hanem Bend Part1, ahol a lapos szem hajlítási szögét változtatom. Miután minden megfelelően be lett állítva, az alkatrész beillesztésekor az 45. ábrán látható ablak fog felugrani, ahol ki tudom választani a beilleszteni kívánt lapos szem hajlítási szögét.

45. ábra: Lapos szem hajlítási szögének kiválasztása

(Forrás: Saját szerkesztés)



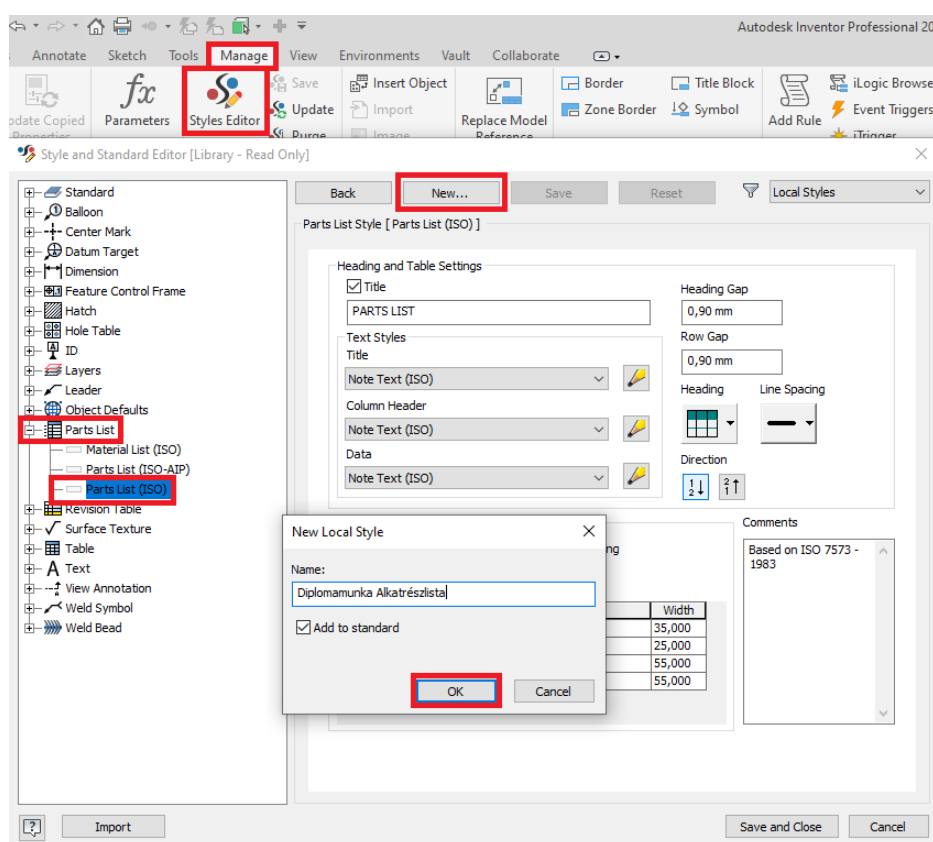
6.6. Alkatrészlista létrehozása

Ahhoz, hogy a rajzok az alkatrészlistájában megjelenjenek a termékek előző fejezetben beállított tulajdonságai, létre kell hoznom egy saját alkatrészlistát.

Ehhez nyitok egy üres rajzlapot, majd a *Manage* fülön megnyitom a *Styles Editort*, ahol a *Parts List* sorra kattintok. Kiválasztom a *Parts List (ISO)* nevű alkatrészlistát, majd a *New...* parancsra kattintva lemásolom és létrehozom a saját alkatrészlistámat. (46. ábra)

46. ábra: Alkatrészlista létrehozása

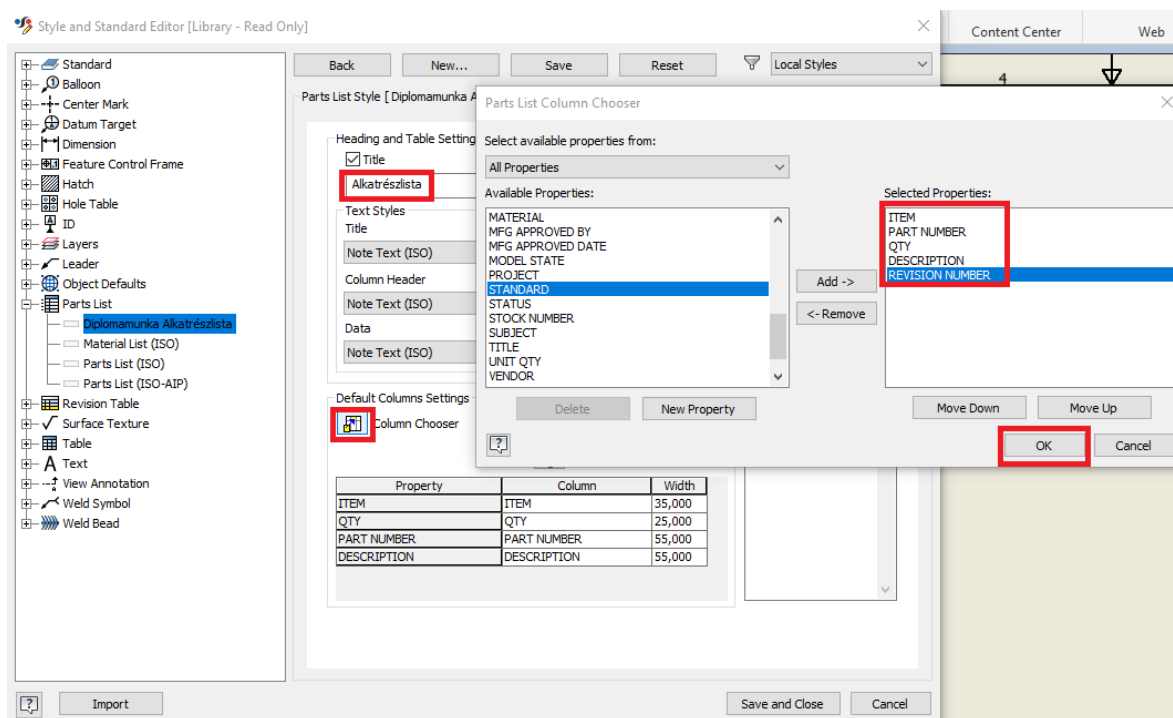
(Forrás: Saját szerkesztés)



Az alkatrészlista létrehozása után az alkatrészlista oszlopait kell beállítanom. Azt szeretném, ha az alkatrészlistában jelölve lenne a termékek sorszáma, cikkszama, darabszáma, megnevezése és adott esetben hossza. Először megadom a táblázat nevét, ami „Alkatrészlista” lesz. Utána a *Column Chooser* ikonra kattintva ki tudom választani a termékek alkatrészlistában megjelenő tulajdonságait. (47. ábra) Ezt követően a *Column* oszlopban látható megnevezéseket átirom magyarrá, mentés után pedig kész az alkatrészlista. Így ha beillesztek a rajzlapra egy összeállítást, az alkatrészlistában meg fognak jelenni a rajzon található termékek korábban megadott tulajdonságai.

47. ábra: Alkatrészlistában megjelenő tulajdonságok kiválasztása

(Forrás: Saját szerkesztés)



7. Séma tartószerkezetek modellezése

A tervezési folyamat során sokszor előfordul, hogy akár egy adott projekten belül, akár különböző projekteknél nagyon hasonló tartószerkezeteket kell megrajzolnunk. Ilyenek például a vasbeton födémhez rögzített vízszintesen futó légcsatornák, vagy csőcsordák.

A tervezési folyamat optimalizálásához, a tervezési idő csökkentéséhez ezekhez az egymásra nagyon hasonlító tartószerkezetekhez létrehozhatunk egy séma tervet, amit aztán néhány paraméter beállításával teljes mértékben az adott projekt igényeire tudunk szabni. Ebben a fejezetben ezeknek a tartószerkezet sémáknak az elkészítését fogom bemutatni.

7.1. Vízszintesen futó négyzög keresztmetszetű légcsatorna tartószerkezete

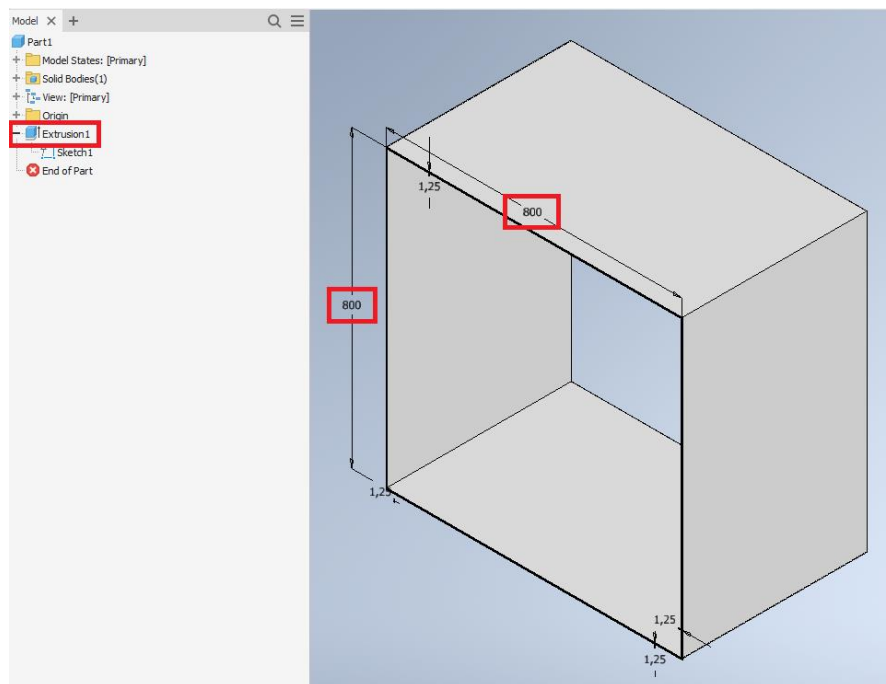
A vízszintesen futó négyzög keresztmetszetű légcsatornák rögzítése az egyik leggyakrabban előforduló rögzítéstechnikai feladat. A séma tartószerkezet elkészítéséhez létre kell hozni egy *Part*, egy *Assembly* és egy *Drawing* fájlt. A *Part* fájl fogja tartalmazni a légcsatornát, az *Assembly* az összeállított tartószerkezetet, a *Drawing* fájl pedig a tartószerkezetről készített összeállítási rajzot.

7.1.1. Légcsatorna modellezése

A légcsatornát az 48. ábrán látható módot készítettem el, amely alap esetben 800 mm széles, 800 mm magas és 500 mm hosszú. A légcsatorna magassága és szélessége a modellen látható méretvonalakra kattintva, hosszúsága pedig az *Extrusion1* parancsra kattintva módosítható.

48. ábra: Légcsatorna paramétereinek beállítása

(Forrás: Saját szerkesztés)

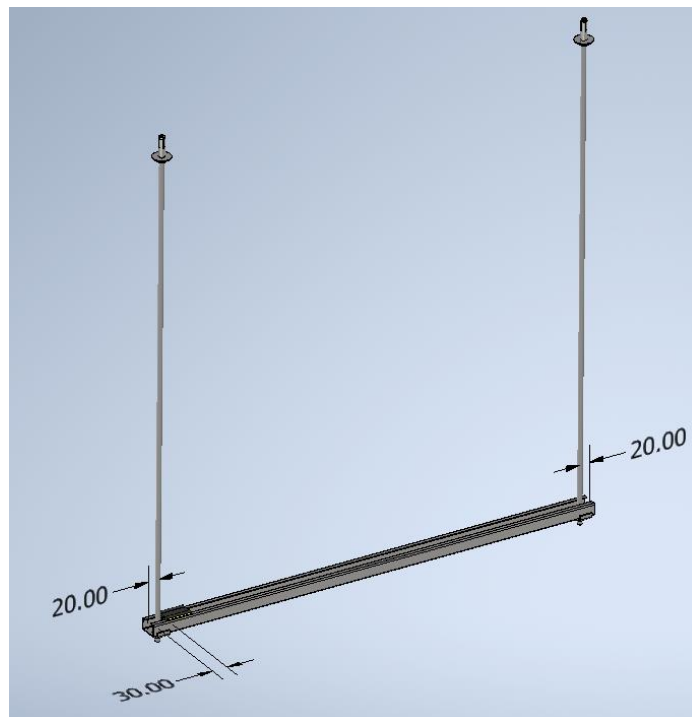


7.1.2. Összeállítás elkészítése

Az összeállítás elkészítése során a cél a tartószerkezet paramétereinek egyszerű és gyors módosítási lehetőségének biztosítása volt. A módosítandó paraméterek a menetes szárak, a rendszersín hossza, illetve a síngumik kiosztása. A menetes szárak tengelyvonalát a rendszersín két végétől 20 mm-re, a síngumit 30 mm-re kényszerítettem. A rendszersín alsó síkja a tartókapocshoz van kényszerítve, ami pedig a menetes szár végéhez (49.ábra). Ezzel elértem, hogy a menetes szár hosszának megváltoztatásával a rendszersín lejjebb kerül, a rendszersín hosszának megváltoztatásával a menetes szárak mindig pontosan 20 mm-re, a síngumik pedig mindig 30 mm-re lesznek a rendszersín két végétől. A modellen csak egy síngumit helyeztem el, mivel ennek száma a légcsatorna méretével arányosan változik. Ezután elhelyeztem a rajzon a légcsatornát, aminek egyik oldala a rendszersín végétől 50 mm-re, másik oldala pedig a síngumi felső síkjához van pozícionálva.

49. ábra: Légszatorna tartószerkezet kényszerei

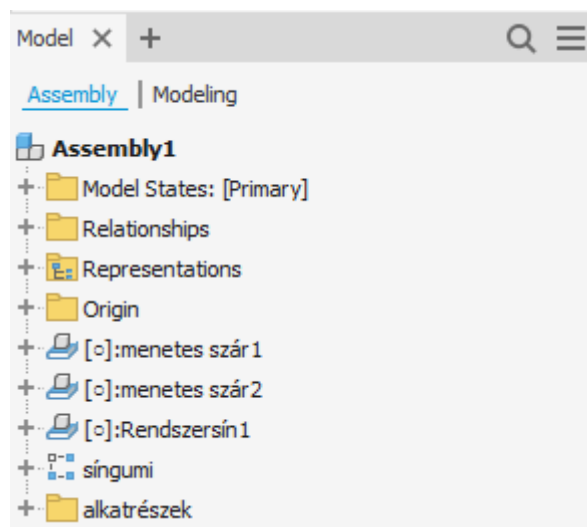
(Forrás: Saját szerkesztés)



Az így elkészített modellt mindössze 4 paraméter megváltoztatásával (50.ábra) az adott projekt igényeinek megfelelően be tudom állítani. A menetes szárok és a rendszersín hosszát a *change size* paranccsal, míg a síngumi kiosztását a *pattern* paranccsal tudom változtatni (50. ábra).

50. ábra: Beállítandó paraméterek

(Forrás: Saját szerkesztés)



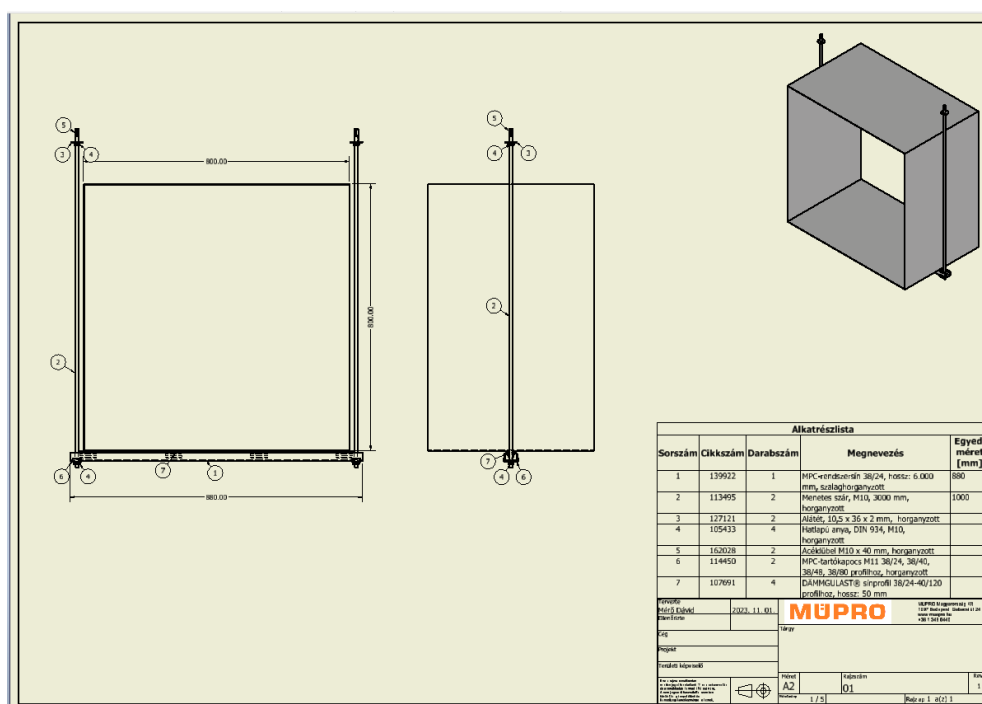
7.1.3. Összeállítási rajz elkészítése

Egy rajzlapra beillesztem az elkészített összeállítási modellt és az alkatrészlistát, valamint a feliratokat és méretvonalakat elhelyezése után készen van a séma tartó összeállítási rajza. (51. ábra)

Az így elkészített rajzon automatikusan frissülni fognak a méretvonalak és az alkatrészek megjelölései, ha az előző fejezetben beállított paramétereket megváltoztatom.

51. ábra: Összeállítási rajz

(Forrás: Saját szerkesztés)



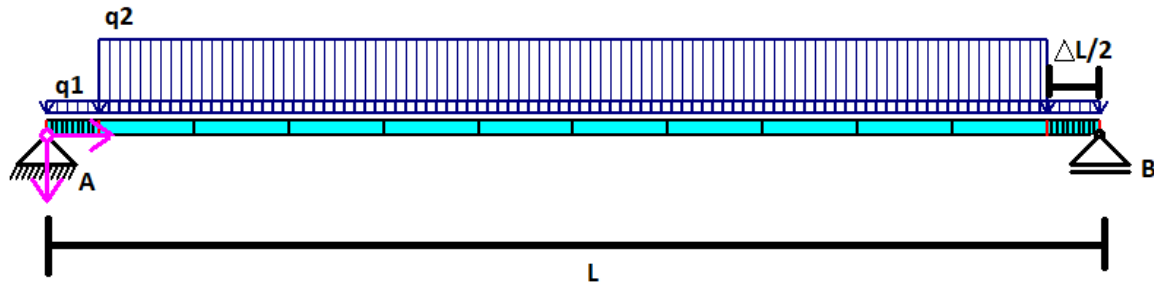
7.1.4. Tartószerkezet méretezése

A tervezési folyamat optimalizálásának érdekében a légszűrő tartószerkezetének méretezését is parametrizálni szeretném. A méretezés célja egy olyan egyenletrendszer létrehozása, amely segítségével adott súlyú és szélességű légszűrő tartószerkezetéhez szükséges rendszersín keresztmetszete meghatározható, amennyiben a légszűrő oldalai a rendszersín két végétől egyenlő távolságban helyezkednek el. Mindezt úgy, hogy a tartószerkezet megfeleljen a 4.2.3. fejezetben leírt Eurocode3 szabvány előírásainak. A tartószerkezetet hajlításra és lehajlásra méretezem, mivel a nyírás következtében ébredő feszültségek elhanyagolhatónak tekinthetők.

A tartószerkezetre ható terhelések az 52. ábrán láthatók.

52. ábra: Tartószerkezetre ható terhelések

(Forrás: Saját szerkesztés)



Az alátámasztási pontokban ébredő reakcióerőket a statika alaptételének segítségével tudjuk meghatározni, mely szerint egy merev szerkezetre ható egyensúlyi erőrendszerre az alábbi egyenletek érvényesek:

$$\sum_{i=1}^n F_i = 0 \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^n M_{Ai} = 0 \quad (14)$$

(13) egyenlet alapján:

$$F_A + F_B - q_1 \cdot L - q_2 \cdot (L - \Delta L) = 0 \quad (15)$$

ahol:

F_A – „A” pontban ébredő reakcióerő (kN)

F_B – „B” pontban ébredő reakcióerő (kN)

q_1 – rendszersín súlyából származó megoszló terhelés (kN/m)

q_2 – légcsatorna súlyából származó megoszló terhelés (kN/m)

L – rendszersín hossza (m)

ΔL – rendszersín hosszának és légcsatorna szélességének különbsége (m)

Mivel a megoszló terhelések középpontja $L/2$ -nél van, ezért:

$$F_A = F_B \quad (16)$$

$$2 \cdot F_A = q_1 \cdot L + q_2 \cdot (L - \Delta L) \quad (17)$$

$$F_A = \frac{q_1 \cdot L + q_2 \cdot (L - \Delta L)}{2} \quad (18)$$

Ez alapján meg tudom határozni a veszélyes keresztmetszetre ható hajlítónyomatékot, ami szintén $L/2$ -nél lesz:

$$M_{max} = F_A \cdot \frac{L}{2} - q_1 \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{L}{4} - q_2 \cdot \frac{L-\Delta L}{2} \cdot \frac{\frac{L}{2} - \frac{\Delta L}{2}}{2} \quad (19)$$

Ebből (8) egyenlet alapján ki tudjuk számítani a hajlítónyomaték tervezési értékét és a hajlítónyomatékkal szembeni ellenállás tervezési értékét:

$$\gamma_F \cdot M_{max} = M_{E,d} \quad (20)$$

ahol:

γ_F – hatás oldali parciális tényező (-)

M_{max} – veszélyes keresztmetszetre ható hajlítónyomaték (kNm)

$M_{E,d}$ – hajlítónyomaték tervezési értéke (kNm)

$$(f_y \cdot W_y) / \gamma_M = M_{R,d} \quad (21)$$

ahol:

f_y – folyáshatár (kN/m^2)

W_y – keresztmetszeti tényező (m^3)

γ_M – ellenállás oldali parciális tényező (-)

$M_{R,d}$ – hajlítónyomatékokkal szembeni ellenállás tervezési értéke (kNm)

Amennyiben:

$$\frac{M_{E,d}}{M_{R,d}} \leq 1 \quad (22)$$

a tartószerkezet megfelelően van méretezve a hajlítónyomatékkal szembeni ellenállásra.

A legnagyobb hajlítófeszültséget az alábbi képlettel tudjuk kiszámolni:

$$\sigma_M = \frac{M_{max}}{I_x} \cdot y \quad (23)$$

ahol:

σ_M – legnagyobb hajlítófeszültség (kN/m²)

M_{max} – veszélyes keresztmetszetre ható hajlítónyomaték (kNm)

I_x – rendszersín x irányú inercia nyomatéka (m⁴)

y – rendszersín szélső szálának távolsága a tengelyvonalától (m)

Ebből (9) egyenlet alapján ki tudjuk számítani a hajlítófeszültség tervezési értékét és a hajlítófeszültséggel szembeni ellenállás tervezési értékét:

$$\gamma_F \cdot \sigma_M = \sigma_{E,d} \quad (24)$$

ahol:

γ_F – hatás oldali parciális tényező (-)

σ_M – legnagyobb hajlítófeszültség (kN/m²)

$\sigma_{E,d}$ – adott pontban fellépő hajlítófeszültség tervezési értéke (kN/m²)

$$\frac{f_y}{\gamma_M} = \sigma_{R,d} \quad (25)$$

ahol:

f_y – folyáshatár (kN/m²)

γ_M – ellenállás oldali parciális tényező (-)

$\sigma_{R,d}$ – hajlítófeszültséggel szembeni ellenállás tervezési értéke (kN/m²)

Amennyiben:

$$\frac{\sigma_{E,d}}{\sigma_{R,d}} \leq 1 \quad (26)$$

a tartószerkezet megfelelően van méretezve a hajlítófeszültséggel szembeni ellenállásra.

A rendszersín lehajlását a rugalmas szál differenciálegyenlettel tudom meghatározni:

$$E \cdot I_x \cdot \frac{d^2 y}{dx^2} = -M \quad (27)$$

ahol:

E – rendszersín rugalmassági modulusa (kN/m²)

I_x – rendszersín x irányú inercia nyomatéka (m⁴)

y – lehajlás (m)

x – pont távolsága a rendszersín mentén (m)

Ha felírom a nyomaték-egyenletet x függvényében:

$$E \cdot I_x \cdot \frac{d^2 y}{dx^2} = -F_A \cdot x + q_1 \frac{x^2}{2} + q_2 \frac{\left(x - \frac{\Delta L}{2}\right)^2}{2} \quad (28)$$

Ez egyenletet integrálva:

$$E \cdot I_x \cdot \frac{dy}{dx} = -F_A \cdot \frac{x^2}{2} + q_1 \frac{x^3}{6} + q_2 \frac{\left(x - \frac{\Delta L}{2}\right)^3}{6} + c_1 \quad (29)$$

Mivel az $x=L/2$ pontban a rendszersín szögelfordulása 0, ezért meg tudom határozni c_1 értékét:

$$x = \frac{L}{2} \rightarrow dy = 0 \quad (30)$$

$$0 = -F_A \cdot \frac{\left(\frac{L}{2}\right)^2}{2} + q_1 \cdot \frac{\left(\frac{L}{2}\right)^3}{6} + q_2 \cdot \frac{\left(\frac{L}{2} - \frac{\Delta L}{2}\right)^3}{6} + c_1 \quad (31)$$

$$c_1 = F_A \cdot \frac{\left(\frac{L}{2}\right)^2}{2} - q_1 \cdot \frac{\left(\frac{L}{2}\right)^3}{6} - q_2 \cdot \frac{\left(\frac{L}{2} - \frac{\Delta L}{2}\right)^3}{6} \quad (32)$$

Az egyenletet újból integrálva:

$$E \cdot I_x \cdot y = -F_A \cdot \frac{x^3}{6} + q_1 \cdot \frac{x^4}{24} + q_2 \cdot \frac{\left(x - \frac{\Delta L}{2}\right)^4}{24} + c_1 \cdot x + c_2 \quad (33)$$

Mivel az $x=0$ pontban a rendszersín lehajlása 0, ezért meg tudom határozni c_2 értékét:

$$x = 0 \rightarrow y = 0 \rightarrow c_2 = 0 \quad (34)$$

Legnagyobb lehajlás $x=L/2$ pontban lesz, ezért:

$$E \cdot I_x \cdot y = -F_A \cdot \frac{\left(\frac{L}{2}\right)^3}{6} + q_1 \cdot \frac{\left(\frac{L}{2}\right)^4}{24} + q_2 \cdot \frac{\left(\frac{L-\Delta L}{2}\right)^4}{24} + F_A \cdot \frac{\left(\frac{L}{2}\right)^3}{2} - q_1 \cdot \frac{\left(\frac{L}{2}\right)^4}{6} + q_2 \cdot \frac{\left(\frac{L-\Delta L}{2}\right)^3 \cdot \frac{L}{2}}{6} \quad (35)$$

Egyszerűsítés után:

$$E \cdot I_x \cdot y = \frac{1}{3} \cdot F_A \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^3 - \frac{1}{8} \cdot q_1 \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^4 + q_2 \cdot \frac{\left(\frac{L-\Delta L}{2}\right)^3}{24} \cdot \left(\left(\frac{L}{2} - \frac{\Delta L}{2}\right) - 4 \cdot \frac{L}{2}\right) \quad (36)$$

Ebből ki tudom fejezni y értékét:

$$y = \frac{\frac{1}{3} F_A \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^3 - \frac{1}{8} q_1 \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^4 + q_2 \cdot \frac{\left(\frac{L-\Delta L}{2}\right)^3}{24} \cdot \left(\left(\frac{L}{2} - \frac{\Delta L}{2}\right) - 4 \cdot \frac{L}{2}\right)}{E \cdot I_x} \quad (37)$$

Amennyiben:

$$\frac{y}{L/200} \leq 1 \quad (38)$$

a tartószerkezet megfelelően van méretezve a lehajlásra. (Gere, 2012; Caprani, 2007; Csizmadia 1996)

Az egyenletrendszer ellenőrzése céljából egy konkrét terhelési esetre is megvizsgálom a tartó megfelelőségét.

Kiindulási adatok:

A terhelés 38/40 keresztmetszetű MPC rendszersínre hat.

- légcsonna súlya: $100 \text{ kg/m} \Rightarrow q_2 = 0,981 \text{ kN/m}$
- légcsonna tartózási távolsága: 1 m
- légcsonna szélessége: $L_2 = 1 \text{ m}$
- rendszersín hossza: $L = 1,1 \text{ m}$
- rendszersín súlya: $1,82 \text{ kg/m} \Rightarrow q_1 = 0,0178542 \text{ kN/m}$
- rendszersín x irányú inercia nyomatéka: $I_x = 4,3286 \text{ cm}^4 = 4,3286 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$
- rendszersín keresztmetszeti tényezője: $W_y = 2,164 \text{ cm}^3 = 2,164 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$

- rendszersín folyáshatára: $f_y = 235 \text{ N/mm}^2 = 235000 \text{ kN/m}^2$
- rendszersín rugalmassági modulusa: $E = 210000 \text{ N/mm}^2 = 210 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2$
- szabványban előírt hatás oldali parciális tényező értéke: $\gamma_F = 1,4$
- szabványban előírt ellenállás oldali parciális tényező értéke: $\gamma_M = 1,1$
- rendszersín szélső szála a tengelyvonalától: $y = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$

(18) egyenletbe behelyettesítve megkapom F_A értékét:

$$F_A = \frac{0,0178542 \cdot 1,1 + 0,981 \cdot (1,1 - 0,1)}{2} = 0,50031981 \text{ kN} \quad (39)$$

(19) egyenletbe behelyettesítve megkapom $M_{\max}$ értékét:

$$M_{\max} = 0,50031981 \cdot \frac{1,1}{2} - 0,0178542 \cdot \frac{1,1}{2} \cdot \frac{1,1}{4} - 0,981 \cdot \frac{1,1 - 0,1}{2} \cdot \frac{\frac{1,1}{2} - \frac{0,1}{2}}{2} = 0,1498504478 \text{ kNm} \quad (40)$$

(8) egyenletbe behelyettesítve:

$$\frac{1,4 \cdot 0,149850448}{(235000 \cdot 2,164 \cdot 10^{-6}) / 1,1} = \frac{0,2097906269 \text{ kNm}}{0,46230909 \text{ kNm}} = 0,4538 \leq 1 \quad (41)$$

Tehát a tartó megfelel a hajlítónyomatékkal szembeni ellenállásnak.

(23) egyenletbe behelyettesítve megkapom σ_M értékét:

$$\sigma_M = \frac{0,149850048}{4,3286 \cdot 10^{-8}} \cdot 0,02 = 69237,37 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 69,2373 \text{ N/mm}^2 \quad (42)$$

(9) egyenletbe behelyettesítve:

$$\frac{1,4 \cdot 69,2373}{235 / 1,1} = \frac{96,93232308 \text{ N/mm}^2}{213,6363636 \text{ N/mm}^2} = 0,4538 \leq 1 \quad (43)$$

Tehát a tartó megfelel a hajlítófeszültséggel szembeni ellenállásnak.

(37) egyenletbe behelyettesítve:

$$y = \frac{\frac{1}{3} 0,50031981 \cdot \left(\frac{1,1}{2}\right)^3 - \frac{1}{8} 0,0178542 \cdot \left(\frac{1,1}{2}\right)^4 + 0,981 \cdot \frac{\left(\frac{1,1}{2} - \frac{0,1}{2}\right)^3}{24} \cdot \left(\left(\frac{1,1}{2} - \frac{0,1}{2}\right) - 4 \cdot \frac{1,1}{2}\right)}{210 \cdot 10^6 \cdot 4,3286 \cdot 10^{-8}} = 0,0020744 \text{ m} = 2,0744 \text{ mm} \quad (44)$$

(38) egyenletbe behelyettesítve:

$$\frac{0,002074435585}{1,1/200} = 0,37717011 \leq 1 \quad (45)$$

Tehát a tartó megfelel a lehajlással szembeni ellenállásnak.

Ahhoz, hogy az adott terhelési esetre az optimális rendszersínt tudjam kiválasztani, ezeket az egyenleteket végig kellene számolnom a különböző sínek paramétereivel. A tervezési folyamat optimalizálásának érdekében egy excel táblába átvezetem ezt az egyenletrendszert. Ennek segítségével az 53. ábrán sárgával jelölt cellákba kell csak beírnom az adott értékeket és a felette lévő táblázatban egyből megjelenik, hogy adott rendszersín használatával mekkora a tartószerkezet kihasználtsága. Ezzel a módszerrel gyorsan meg tudom határozni a számomra szükséges rendszersín keresztmetszetét.

53. ábra: Számítási eredmények

(Forrás: Saját szerkesztés)

	Kihasználtság [%]	
	σ_{Ed}/σ_{Rd}	lehajlásra
38/24	1,077	1,493
38/40	0,454	0,377
39/52	0,247	0,158
40/60	0,171	0,095
40/80	0,106	0,044
38/48	0,383	0,265
38/80	0,152	0,063
40/120	0,054	0,015
légcsatorna súlya	100	kg/m
légcsatorna szélessége	1	m
tartózási táv	1	m
sín hossza	1,1	[m]

Ahogy az 53. ábrán látható, az említett terhelési esetről a 38/24 keresztmetszetű rendszersín nem felel meg az adott terhelésnek. A legkisebb keresztmetszetű sín a 38/40-es, ami elbírja ezt a terhelést, ezért ennél a tartószerkezetnél a 38/40-es rendszersínt választom.

Ellenőrzés céljából több terhelési esetet is kiszámoltam és a FEM analízissel számított eredményekkel összevetettem. A kapott számítási eredmények minden esetben megegyeztek, ezért kijelenthetem, hogy a számítási képletek helyesek, az így kapott eredmények megfelelnek az Eurocode3 szabványban előírt feltételeknek.

7.2. Vízszintesen futó csőcsorda tartószerkezete

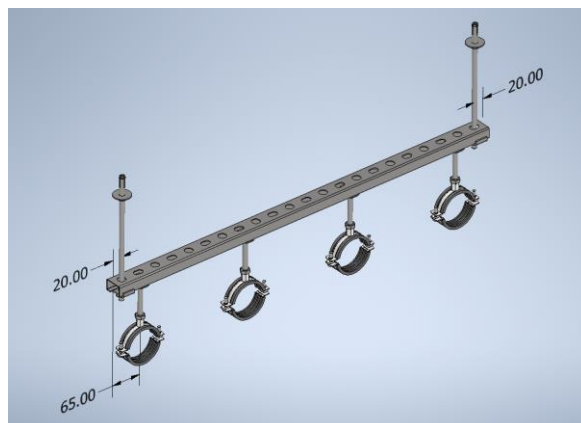
A vízszintesen futó négyszög keresztmetszetű légcsonak rögzítése mellett a másik leggyakrabban előforduló rögzítéstechnikai feladat a vízszintesen futó csőcsordák rögzítése. A csővezetékek sematikus tartószerkezetének a méretezését a sok változó miatt nem érdemes az előző fejezetben bemutatott módon elkészíteni, s méretezést sokkal egyszerűbb és gyorsabb a végelemes programban elvégezni és ez után kiválasztani a szükséges keresztmetszetű sínt. A modellt és az összeállítási rajzot ugyanakkor érdemes elkészíteni a légcsonak rögzítéséhez hasonló módon, mivel a séma tartó alapján az összeállítási rajzot így is gyorsan el lehet készíteni.

7.2.1. Összeállítás elkészítése

A függesztések kényszerítését (dübél, menetes szár, tartókapocs, sín) a légcsonak séma tartószerkezetéhez hasonlóan végeztem el. (54. ábra) A modellen ezen felül a csővezetékek rögzítéséhez szükséges termékeket helyeztem el: csőbilincs, hatlapú anya, alátét, sínanya. A rögzítéshez használt alkatrészeket a *pattern* paranccsal osztottam ki a sín mentén.

54. ábra: Csőcsorda tartószerkezet összeállítása rajz

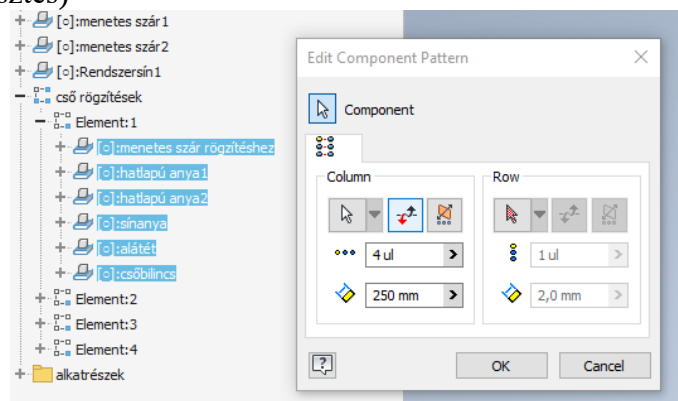
(Forrás: Saját szerkesztés)



A csőrögzítések számát és a közöttük lévő távolságot a *pattern* parancs paramétereinek átírásával tudom módosítani, (55. ábra) a bilincs méretet pedig a csőbilincsrre kattintva a *replace* parancssal. Ebben az esetben ha egy csőbilincset kicserélek az összes csőbilincs ugyan arra ki lesz cserélve. Amennyiben a csőcsordában nem azonos átmérőjű csövek futnak, akkor a rögzítési pontokra az adott bilincset be kell illeszteni és a megfelelő helyre kényszeríteni.

55. ábra: Rögzítések számának és távolságának módosítása

(Forrás: Saját szerkesztés)

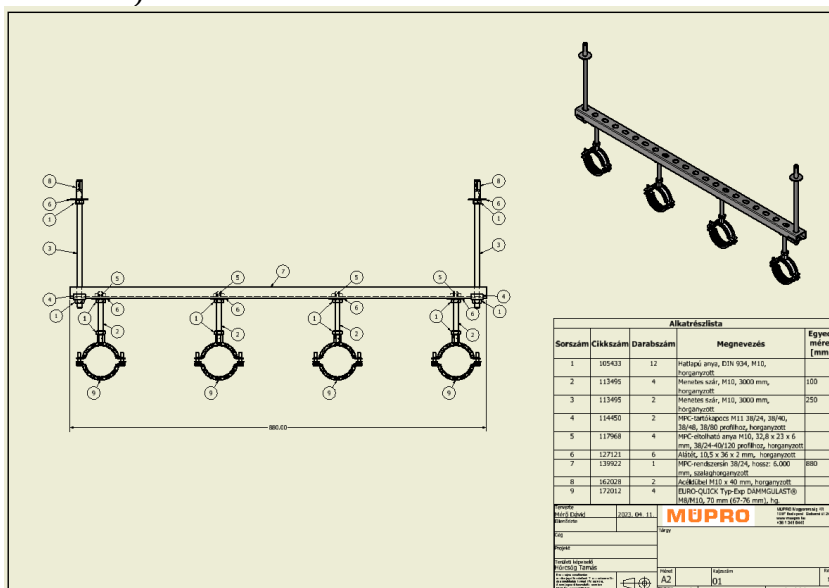


7.2.2. Összeállítási rajz elkészítése

Az 56. ábrán látható a csőcsorda séma tartószerkezetének összeállítási rajza. A légszatórna tartóhoz hasonlóan az alkatrészlista ebben az esetben is automatikusan frissül, ha a modellt módosítjuk.

56. ábra: Csőcsorda séma tartószerkezetének összeállítási rajza

(Forrás: Saját szerkesztés)



8. Következtetések, javaslatok

A Content Center létrehozásával lehetőség nyílt a korábban használt Müpro Designer szoftver leváltására. Ezáltal a korábbinál műszakilag sokkal fejlettebb környezetben lehet dolgozni, amely lehetőséget nyújt a 3D modellezésre és parametrizált séma tartószerkezetek tervezésére. Ennek köszönhetően a tervezési idő csökkenése mellett az összeállítási rajzok esztétikusabb kivitelben történő elkészítését is biztosítani lehet.

Véleményem szerint a tervezési idő csökkentésének kulcsa az átgondolt, megfelelő konstrukcióban elkészített séma tartószerkezetek létrehozásában rejlik. Ahogy a 7.2.4. Tartószerkezet méretezése fejezetben bemutattam, egy séma tartószerkezetnek a méretezésére is ki lehet alakítani egy olyan egyenletrendszert, amelynek köszönhetően nem csak a modellezés során nyerhetünk időt, hanem a rendszersínek méretezésével is.

Az általam létrehozott tartószerkezeti sémákon kívül különböző fal, illetve födém típusok esetére is lehet sémákat készíteni, ezenkívül függőleges vezetékekhez, fix pontokhoz, elmozduló megfogásokhoz és kültéri tartószerkezetekhez is. Előfordulhat, hogy a tartószerkezetnek különböző hőállósági követelményeknek kell megfelelnie, vagy kültéri tartók esetén hó- és szélterheléssel is kell számolni. Ezekre az esetekre is el lehet készíteni a tartószerkezet méretezéséhez szükséges egyenletrendszert, amellyel a tervezési folyamat ideje még tovább csökkenne.

Ezek alapján a következőket javaslom:

- Listát készíteni a gyakorlatban gyakran használt tartószerkezet típusokról
- Ezeknek a tartószerkezeteknek elkészíteni a 3D modelljét és a hozzá kapcsolódó összeállítási rajzot úgy, hogy a modelleket könnyen lehessen módosítani az adott projekt igényeire és az összeállítási rajzok ezeket a módosításokat lekövessék, azokon változtatni ne kelljen.
- Az elkészített tartószerkezet sémákhoz olyan egyenletrendszer létrehozása, melynek segítségével könnyen elvégezhető a tartószerkezet méretezése.

9. Összefoglalás

Diplomamunkám célja az épületgépészeti tartószerkezetek tervezésének optimalizálása.

Dolgozatomban bemutattam az épületgépészeti rendszereket és azok rögzítéstechnikai megoldásait. Ismertettem a tartószerkezet tervezés folyamatát, amelyet három fázisra lehet felosztani: tartószerkezetek helyének és típusának meghatározása, tartószerkezetek méretezése, illetve a tervek elkészítése.

Az egyik optimalizálási lehetőséget a tervek elkészítésének módjában láttam, mivel ehhez jelenleg egy régi szoftvert használok, amellyel a tervezési idő hosszú és csak két dimenziós rajzokat lehet vele készíteni. Ezen szerettem volna változtatni és a tervezési folyamatot egy műszakilag fejlettebb környezetbe áthelyezni annak érdekében, hogy a tervezési időt csökkenteni tudjam és átláthatóbb terveket lehessen készíteni, ahol a tartószerkezetek axonometrikus nézeteit is ábrázolni tudom.

A célom az volt, hogy a tervezési folyamatot az Autodesk Inventor programba tudjam áthelyezni. Ez lehetőséget biztosítana a 3D tervezésre, az összeállítási rajzok gyors elkészítésére és olyan tartószerkezeti sémák létrehozására, amelyek alkalmazásával csökkenne a tervek elkészítési ideje.

Ennek érdekében létrehoztam az Inventoron belül egy Content Centert, amelybe importáltam a tartószerkezetek tervezéséhez szükséges termékek 3D modelljeit. Az importálási folyamat a termékek funkciójából adódóan eltérő lehet, ezért a folyamatot három különböző alkatrész segítségével mutattam be.

A Content Center révén egy olyan működő rendszert tudtam létrehozni, amellyel a terveket az Inventoron belül lehet elkészíteni.

Ezt követően modelleztem két, a gyakorlatban is gyakran alkalmazott tartószerkezetet. Az egyik egy vízszintesen futó csőcsordának, a másik egy légcsatornának a rögzítési megoldását mutatta be. A modellek elkészítése során a cél a tartószerkezetek paramétereinek egyszerű és gyors módosítási lehetőségének biztosítása volt.

A tervezési folyamat másik optimalizálási lehetősége a tartószerkezetek méretezésének parametrizálása, ezt az elkészített légcsatorna tartószerkezet sémájának méretezésén keresztül mutattam be.

10. Summary

The aim of my thesis is to optimize the designing of building mechanical structures. In my thesis, I presented the mechanical systems of buildings and their fastening solutions. I described the process of structural design, which can be divided into three phases: determining the location and type of structures, sizing the structures, and creating plans.

One optimization opportunity I identified is in the method of plan creation. Currently, I use an outdated software which results in long design times and only allows for the creation of two-dimensional drawings. I wanted to change this by transferring the design process to a more technologically advanced environment to reduce design time and create more transparent plans, where I can also depict the axonometric views of the structures.

My goal was to transfer the design process to Autodesk Inventor program. This would enable 3D design, quick preparation of assembly drawings, and creation of structural schemes that would decrease the time required for plan creation.

To achieve this, I created a Content Center within Inventor and imported the 3D models of products necessary for designing structures. The import process may vary depending on the function of the products, so I demonstrated the process using three different components.

Through the Content Center, I was able to establish a functional system for creating plans within Inventor.

Subsequently, I modeled two support structures that are often used in practice. One presented the fixing solution for horizontally running pipes, the other for an air duct. During the modeling process, the aim was to ensure simple and fast modification options for the parameters of the structures. Another optimization opportunity in the design process is parameterizing the sizing of structures, which I demonstrated through the sizing of the created duct structural scheme.

11. Irodalomjegyzék

- [1.] Barótfi I. (2008): Épületgépészet, Gödöllő
- [2.] Both B., Czétány L., Goda R., Magyar T. (2022): Légtechnikai rendszerek I., Akadémiai Kiadó
- [3.] C. Caprani (2007): Deflection of flexural members – Macaulay’s Method, [S.l.]
- [4.] DIN 2440: Medium weight threaded steel tubes, 1978
- [5.] EN 1990 Eurocode: Basis of structural design
- [6.] EN 1993 Eurocode 3: Design of steel structures
- [7.] Farkas Gy., Lovas A., Szalai K.: [N.a.] A tartószerkezeti tervezés alapjai az eurocode szerint. [K.n.]Letöltés dátuma: 2024.04.17. forrás: <https://hsz.bme.hu/hsz/eurocode-ismertetok>
- [8.] Fazekas L. (2013): Válogatott fejezetek a gépészeti alapismeretekből, Terc Kft, Budapest
- [9.] Homonnay Györgyné (2001): Épületgépészet 2000 – Fűtéstechika II, Épületgépészet Kiadó Kft, Budapest
- [10.] Juhász Gy. (1995): Csővezetékek és csővezetéki elemek, Debrecen
- [11.] KeKelit (2023): Kelen kézikönyv. Letöltés dátuma: 2024.04.17.
forrás: https://www.kekelit.com/hu_hu/termek/kelen-pp-rct
- [12.] Lindab (2023): Lindab Ventilation Products. Letöltés dátuma: 2024.04.12.
forrás: <https://itsolution.lindab.com/lindabwebproductsdoc/pdf/documentation/ads/lindab/brochure/ventilationproducts.pdf>
- [13.] M. Csizmadia B., Nándori E. (1999): Szilárdságtan, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest – Gödöllő – Győr
- [14.] M. Csizmadia B., Fekete T., Gelencsér E., Kiscelli L., Nándori E., Terplán Z. (1996): Statika, Nemzeti Tankönyvkiadó, Gödöllő - Budapest
- [15.] Menyhárt J., Marcsó S. (1997): Légtechnika I., Debrecen
- [16.] J. M. Gere, B.J. Goodno (2012): Mechanics of Materials, Cengage Learning
- [17.] MSZ 261-1:1984: Csőtartó szerkezetek. Általános előírások
- [18.] MSZ 261-5:1986: Csőtartó szerkezetek. Kettős csőbilincs
- [19.] Müpro (2023): Support Technology and Vibration Control Systems. Letöltés dátuma: 2024.04.17. forrás: https://www.muepro.com/?cl=c4s_downloads&type=4_20339
- [20.] Promat (2023): Promat termékkatalógus. Letöltés dátuma: 2024.04.17.
forrás: <https://www.promat.com/hu-hu/epiteszet/dokumentacio>
- [21.] Szendrő P. (1978): Gépelemek I., Agrártudományi Egyetem, Gödöllő

12. Ábrajegyzék

1. ábra: Idomdarabok	4
2. ábra: KE Kelit műanyag csövek anyagi jellemzői	11
3. ábra: Egy oldalt befogott csővezeték hossznyúlása	12
4. ábra: Két oldalt befogott csővezeték melegítése	12
5. ábra: Hőtágulás kezelésének módjai	14
6. ábra: Függőlegesen futó kör keresztmetszetű légtechnikai vezeték rögzítése	15
7. ábra: Vízszintesen futó kör keresztmetszetű légtechnikai vezeték rögzítése	16
8. ábra: Függőlegesen futó négyyszög keresztmetszetű légtechnikai vezeték rögzítése	17
9. ábra: Vízszintesen futó négyyszög keresztmetszetű légtechnikai vezeték rögzítése	18
10. ábra: Csővezeték általános rögzítése	19
11. ábra: A bilincsbetét működési elve	20
12. ábra: Csőcsorda általános rögzítése	20
13. ábra: Kengyeles elmozduló megfogás	21
14. ábra: Lengő függeszték	21
15. ábra: Csúszóttest	22
16. ábra: Tolószán	22
17. ábra: Stato konzol	23
18. ábra: Menetes csővel kialakított fix megfogás	23
19. ábra: Alaprajzi jelölések	26
20. ábra: Rendszersín méretezési módszerek	28
21. ábra: Rendszersín profilméretei	29
22. ábra: Müpro Designer kezdőlapja	30
23. ábra: Müpro Designer parancsikonok	30
24. ábra: Tétel beszúrása	31
25. ábra: Tartószerkezethez szükséges alkatrészek	32
26. ábra: Összeszerelési variációk kiválasztása	32
27. ábra: Alkatrészek pozicionálása	33
28. ábra: Alkatrészek térbeli elhelyezése	33
29. ábra: Tartószerkezet oldalnézeti rajza	34
30. ábra: Tartószerkezet elől- és oldalnézete	34
31. ábra: Felirat elhelyezése	35
32. ábra: Összeállítási rajz	35
33. ábra: Task Scheduler	37
34. ábra: Könyvtár létrehozása	38
35. ábra: Content Center mapparendszere	38
36. ábra: Alkatrész beillesztése egy összeállításba a Content Centerből	39
37. ábra: Téglalap rajzolása a rendszersín végére	40
38. ábra: Paraméter beállítása	41
39. ábra: Paraméter hozzárendelése	41
40. ábra: Kulcs oszlopok kiválasztása	42
41. ábra: Family table	43
42. ábra: Family Table - Column Properties	43
43. ábra: Rendszersín hosszának kiválasztása	44
44. ábra: Bend Part parancs	45
45. ábra: Lapos szem hajlítási szögének kiválasztása	45
46. ábra: Alkatrészlista létrehozása	46
47. ábra: Alkatrészlistában megjelenő tulajdonságok kiválasztása	47
48. ábra: Légcsatorna paramétereinek beállítása	48
49. ábra: Légcsatorna tartószerkezet kényszerei	49
50. ábra: Beállítandó paraméterek	49
51. ábra: Összeállítási rajz	50
52. ábra: Tartószerkezetre ható terhelések	51
53. ábra: Számítási eredmények	57
54. ábra: Csőcsorda tartószerkezet összeállítása rajz	58

55. ábra: Rögzítések számának és távolságának módosítása	59
56. ábra: Csőcsorda séma tartószerkezetének összeállítási rajza.....	59

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Mérő Dávid
A Hallgató Neptun kódja: H1UJT2
A dolgozat címe: Épületgépészeti tartószerkezetek tervezésének optimalizálása
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Járműtechnika tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat 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.

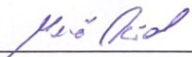
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

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 MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. 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 MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: 2024 év 04 hó 21 nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Mérő Dávid (hallgató Neptun azonosítója: H1UJT2) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2024. év 04. hó 22.nap



belső konzulens