



**SZÉCHENYI
EGYETEM**
UNIVERSITY OF GYŐR
AUDI HUNGARIA
JÁRMŰMÉRNÖKI KAR

OTDK Dolgozat

Lehetséges megoldás a 230 km/h sebesség felett közlekedő, zárt rendszerű, nyomástömör vezetőállású vezérlőkocsi légkezelésére

Kovács Zoltán

T4D4BW

**Járműmérnöki MSc
Villamos járműhajtások
I. évfolyam**

Konzulens: Prof. Dr. habil Lakatos István Ph.D.

2023

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	1
1.	A nyomáscsúcs elkerülő rendszer elméleti alapjai	1
2.	A túlnyomás hatása a tervezésre	4
3.	Hazánkban forgalomban lévő 160 km/h sebességre képes mozdonyok, motorvonatok	7
4.	Saját rendszer előtervezése	8
5.	Az orrba keresztbe beépített, túlnyomást létrehozó egységgel kiegészített klímarendszer tervezése	15
5.1.	A Faiveley túlnyomásos rendszere	15
5.2.	A nyomásviszonyok megállapítása méréssel	18
5.3.	A klímaegység elhelyezése és rögzítése	22
5.4.	A csatornarendszer tervezésének előkészítése	27
5.5.	A csatornarendszer megtervezése a Faiveley elvárásainak megfelelően ..	35
5.5.1.	Levegőelosztó egység tervezése	35
5.5.2.	Csatornarendszer nyomvonal vezetésének lehetőségei	37
5.5.3.	Szélvédőhöz vezető csatorna tervezése	40
5.5.4.	Lábtérhez és az oldalablakok alá vezető légcsatorna tervezése	42
5.5.5.	Mennyezeti kivezetés felé vezető légcsatorna tervezése	46
5.5.6.	Visszaszívó légcsatorna tervezése	50
5.5.7.	A csatornarendszer ellenállásának a meghatározása	51
	Összefoglalás	57
	Felhasznált irodalom	58
	Kutatási jelentések:	58
	Bemutató anyagok:	58
	Szakkönyvek:	58
	Elektronikus dokumentumok:	58
	Szabványok, előírások:	58

Jelölésjegyzék

Latin betűk, jelölések:

- A : keresztmetszet [mm^2];
- c : jármű sebessége [km/h];
- d : átmérő [mm];
- h : magasság [m];
- K : terület [mm]
- L : hosszúság [mm]
- p : nyomás [Pa]
- s : megtett út [m]
- t : idő [s]
- v : légsebesség [m/s]
- $\dot{V}$: térfogatáram [m^3/h]

Görög betűk, jelölések:

- λ : lamináris áramlás csőszűrlődési tényezője;
- ξ : veszteségtényező;
- ρ : sűrűség [kg/m^3];

1. Bevezetés

Feladatomban egy olyan nyomástömör, zárt rendszerű klímarendszer megtervezése, amely a nagy sebességből eredő hirtelen nyomásváltozások kellemetlen hatásaitól megóvjaa a mozdonyvezető érzékszerveit. A dolgozatban bemutatásra kerül, hogy egy átlagos mozdonyvezető, repülőgép pilóta vagy akár egy utas, milyen nyomásváltozásokat képes észrevétlenül elviselni.

Mivel a Magyar Államvasutaknak nincs nagysebességű vezérlőkocsija, viszont az InterCity forgalomban, hazánkban $160 \frac{km}{h}$, külföldön $200 \frac{km}{h}$ sebesség felett is közlekedhetne ez a jármű, ezért a hazai gyártású IC+ flotta kiegészítéseként jól hasznosítható lenne a nyomástömör vezetőállású vasúti vezérlőkocsi. Egy mozdony és a vezérlőkocsi közé kapcsolva ezeket a kocsikat, egy a Railjet-hez hasonló szerelvényt kaphatnánk. Ahhoz, hogy az egész szerelvény nyomástömör lehessen, az IC+ kocsikat nyomástömör, például HÜBNER átjárókkal és zárt rendszerű klímaberendezéssel kellene szerelni.

A tervezés előkészítésének első fázisa a hazánkban már ismert vezetőállások feltérképezése. Alaposan szemügyre vettem három mozdony és egy motorvonat klímarendszerének kialakítását. A klímaegység elhelyezését, a csatornarendszer kialakítását, a légbefűvások helyét, és a kiegészítő berendezéseket mértem fel.

Kiválasztottam a megfelelő klímaegységet, megterveztem a rögzítését, megoldottam a könnyű cserélhetőségét

Megterveztem a klímarendszer levegő elosztását, kialakítottam a légelosztó egységet, létrehoztam a csatornarendszert.

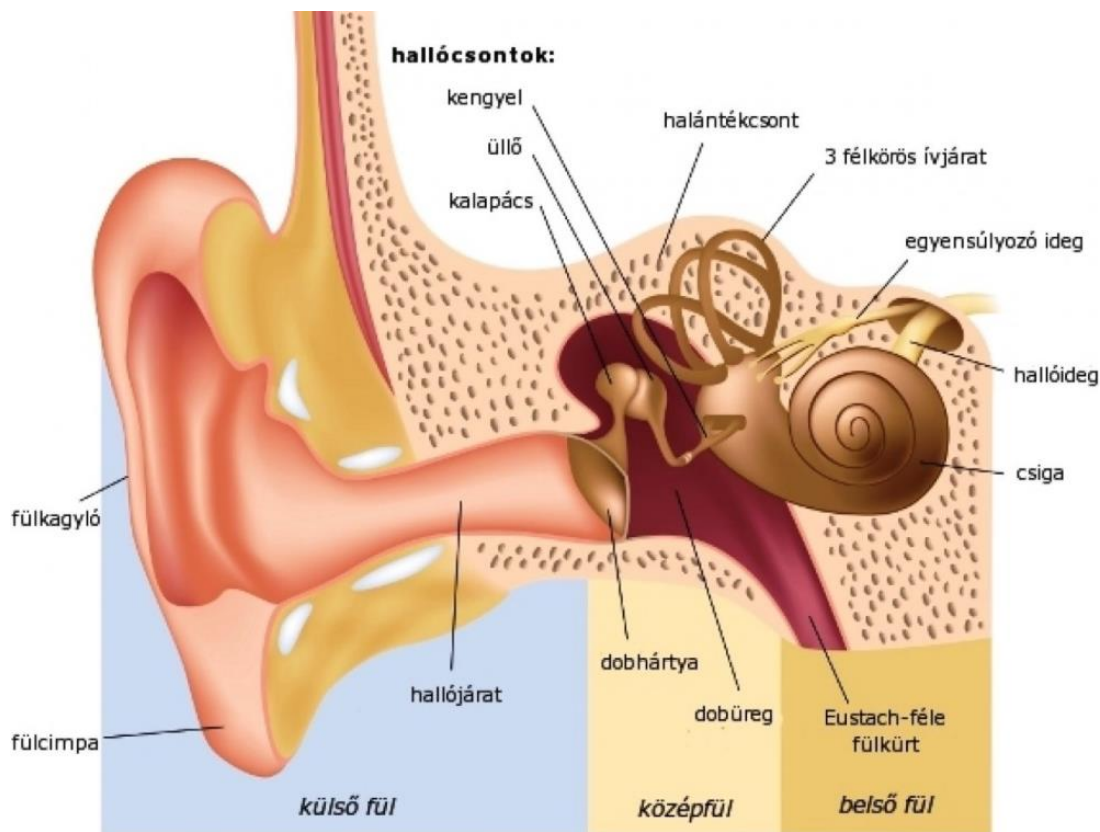
Végül a kialakított csatornarendszer nyomáskeresését határozom meg.

1. A nyomáscsúcs elkerülő rendszer elméleti alapjai

A 230 km/h sebességet túllépő nagysebességű vonatoknál a légkondicionáló rendszert ki kell egészíteni túlnyomásos rendszerrel, amely alapfeltétele a nyomástömör kocsitest. Bizonyos nagyságú és időtartamú nyomásváltozások vagy nyomáscsúcsok kellemetlenséget okozhatnak a mozdonyvezető és az utasok számára. A légkondicionáló rendszer túlnyomást elkerülő egysége jelentősen csökkentheti a nyomáscsúcsok nagyságát és időtartamát, javítva ezzel a mozdonyvezető és az utasok komfortérzetét.

A személyszállító repülőgépeknél az általánosan elfogadott nyomáscsökkenés értéke $0,263 \frac{PSI}{min} \left(1,813 \frac{kPa}{min}; 0,0181 \frac{bar}{min}\right)$, míg a nyomásnövekedés értéke $0,158 \frac{PSI}{min} \left(1,0894 \frac{kPa}{min}; 0,0109 \frac{bar}{min}\right)$. Ezek azok az értékek, amelyek kutatással alátámasztva nem befolyásolják az átlagos utas közérzetét. Ezek a számok a tengerszintről percenként 500ft (152,4m) emelkedést (csökkenő nyomás), és 300ft (91,4m) a tengerszinti magasságra csökkenést (növekvő nyomás) jelentenek [1].

Mivel a nagyobb sebességgel közlekedő vonatoknál a hirtelen nyomásnövekedés gyorsan alakul ki, ezért itt védő túlnyomás felépítési és lecsökkentési sebességek kialakításánál kell figyelembe venni a kísérletben meghatározott érzékelési értékeket. Ennek alapján a nagysebességű vasúti járműveknél is a túlnyomást lassan kell felépíteni, illetve csökkenteni, hogy az észrevehetetlen legyen az utasok számára. Az így kialakított túlnyomással lehet megvédeni az emberi szervezetet a hirtelen nyomásváltozásoktól. Az **1. ábra** a fül anatómiai felépítését mutatja.



1. ábra: A fül anatómiája

(forrás: <https://tankorterem.wordpress.com/2020/10/08/a-ful-anatomiaja-elettana/>)

Nyomásváltozáskor megnő a nyomáskülönbség a középfülben és feszül a dobhártyánk, ezért jön létre a füldugulás. A nyomáskülönbség kiegyenlítés nyeléssel fokozható.

A fül három részre osztható fel: külső fül, középfül és belső fül. A középfület a külső fültől a dobhártya határolja el. A középfül egy zárt üreg, melynek a szellőzését az Eustach-féle fülkürt biztosítja. A fülkürt összeköttetésben áll az orrüreggel és alaphelyzetben zárt állapotban van, mert a környező szövetek összenyomják. Nyelés és orrfújás hatására rövid időre kinyílik. A repülés során változik a légnyomás. Felszálláskor csökken a nyomás, a leszálláskor pedig nő. De ugyanez figyelhető meg hegymászásnál, vagy akár gyors és hosszan tartó liftezéskor is. Búvárkodás közben is változik a nyomás, lefelé haladva nő és felfelé haladva visszacsökken a nyomás. A túl gyors nyomásváltozást a fülkürt nem tudja elég gyorsan kiegyenlíteni. Ha csökken a külső légnyomás, akkor a középfülben nő a nyomás és kifelé nyomódik a dobhártya. Ha nő a külső légnyomás, akkor a középfülben csökken a nyomás és befelé nyomódik a dobhártya. Mindkét esetben fülfeszülés, füldugulás jön létre. Tompul a hallás, megfájdulhat a fül a dobhártyára nehezedő nyomástól. Minél nagyobb a nyomáskülönbség, annál jelentősebb lehet az emberi szervezetre gyakorolt kellemetlen hatás [2].

Két nagyobb sebességű vonat ellenkező irányú találkozásánál, vagy nagysebességgel alagútba való haladáskor rövid idejű nyomásváltozás alakulhat ki, amely a mozdonyvezetőnél és az utasoknál fülzúgást, füldugulást, fülfájást okozhat. Ha túlnyomást hozunk létre a kocsiban, amely nagyobb, mint a kialakuló rövid idejű nyomásváltozás, elkerülhetjük a kellemetlen hatást. A megismert ingerküszöb után érdemes meghatározni nagyságrendileg a kialakuló túlnyomást.

Becslés szintű számítást végezve a dinamikus nyomást, jelen esetben a túlnyomást a következőképpen lehet megállapítani.

Első esetben egy $230 \frac{km}{h}$ sebességgel közlekedő, alagútba érkező vonat előtt létrejövő torlónyomás közelítő értékét határozom meg. A külső hőmérsékletet $-20^{\circ}C$ -nak tekintem, a szerelvény a tengerszint magasságában közlekedik.

$$p_{dinamikus} = \frac{\rho \cdot c^2}{2} = \frac{1,396 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(\frac{230 m}{3,6 s}\right)^2}{2} = 2\,849 Pa$$

A második esetben két egymással ellentétes irányban $230 \frac{km}{h}$ sebességgel közlekedő és találkozó vonat előtt létrejövő torlónyomás közelítő értékét határozom meg.

$$p_{dinamikus} = \frac{\rho \cdot c^2}{2} = \frac{1,396 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(\frac{460 m}{3,6 s}\right)^2}{2} = 11\,396 Pa$$

Ezek az értékek hirtelen, pár másodperc alatt alakulnak ki, ezért ezekből következik, hogy az előzőekben már bemutatott érzékelhetőségi határt meghaladják (nyomás csökkenés: $1\,813 \frac{Pa}{min}$; nyomás növekedés: $1\,089 \frac{Pa}{min}$). Tehát mindkét esetben kellemetlen hatások érhetik a vonaton utazókat, figyelembe véve azt is, hogy a túlnyomás nem lassan, hanem igen gyorsan alakul ki. Ráadásul, az is jól látható, hogy a képletben a sebesség négyzetes növekedése miatt, a túlnyomás (torlónyomás) kialakulásának mértéke a sebességtől nagymértékben függ. Az egymással ellentétes irányban $230 \frac{km}{h}$ sebességgel közlekedő vonatok találkozásánál akkora hirtelen nyomásváltozás jöhet létre rövid ideig, ami már a kellemetlen érzés határát is túllépi. Tehát az előzőekben leírtak alapján megállapítható hogy a vezetőállásban $10.000 Pa (0,1 bar)$ túlnyomást lenne célszerű alkalmazni, amely felépülésére 10 percet ($\frac{10\,000 Pa}{1\,089,4 Pa} = 9,17$), megszüntetésére pedig megközelítőleg 6 percet ($\frac{10\,000 Pa}{1\,813 Pa} = 5,51$) kellene biztosítani, hogy a mozdonyvezető ne érzékeljen kellemetlen hatást.

Az Átjárhatósági Műszaki Előírás (ÁME, angolul: TSI, azaz Technical Specifications for Interoperability) alapján a $230 \frac{km}{h}$ tervezési sebességű egységeket úgy kell aerodinamikailag megtervezni, hogy a vonatsebesség és az alagút- keresztmetszet adott kombinációja esetében a jellemző nyomásingadozásra vonatkozó követelmények egyszerű, vízszintes, csőszerű alagútban egyedül közlekedő vonatra vonatkozóan teljesüljenek. A követelményeket az **1. táblázat** tartalmazza.

1. táblázat: Az egyszerű, vízszintes, csőszerű alagútban egyedül közlekedő vonatokra vonatkozó követelmények (forrás: [3])

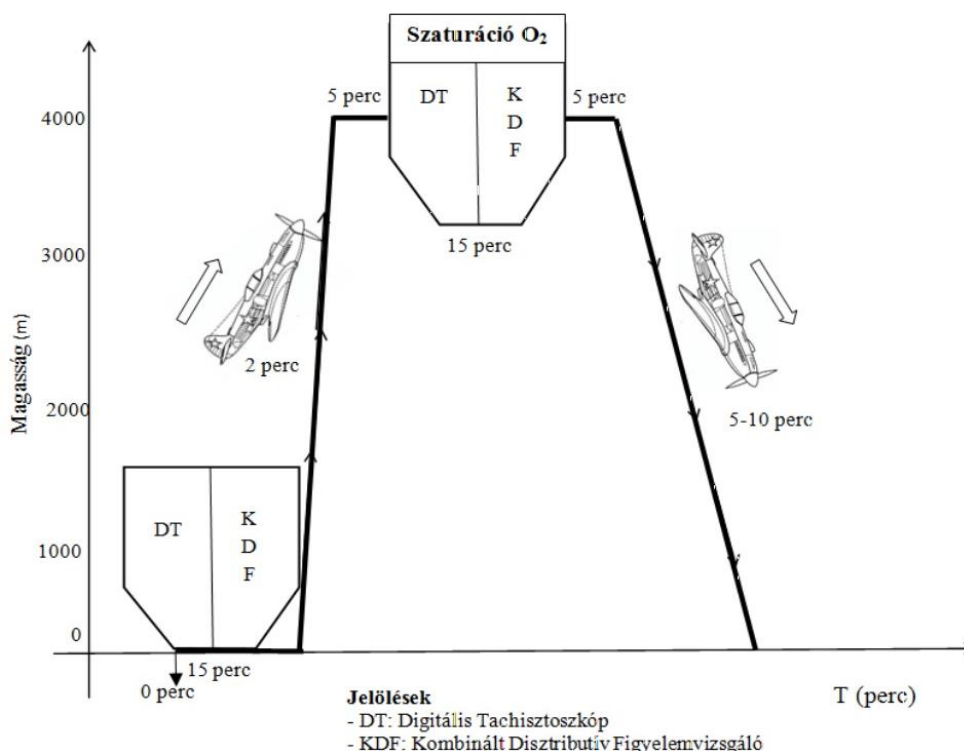
	Referenciaeset		A referenciaeset kritériumai		
	V_{tr}	A_{tu}	Δp_N	$\Delta p_N + \Delta p_{Fr}$	$\Delta p_N + \Delta p_{Fr} + \Delta p_T$
$< 250 \text{ km/h}$	200 km/h	53,6 m ²	$\leq 1\,750 \text{ Pa}$	$\leq 3\,000 \text{ Pa}$	$\leq 3\,700 \text{ Pa}$
$\geq 250 \text{ km/h}$	250 km/h	63,0 m ²	$\leq 1\,600 \text{ Pa}$	$\leq 3\,000 \text{ Pa}$	$\leq 4\,100 \text{ Pa}$

A nyomásingadozásnak az előírás alapján az alagútban közlekedő vonatknál a 250 km/h sebességhatárig 3 700 Pa alatt kell maradnia.

2. A túlnyomás hatása a tervezésre

A vezetőállásban a klímarendszer túlnyomást hoz létre a nagy sebesség miatti nyomáscsúcsok elkerülése érdekében. Az előzőekben leírtak alapján, az adatok ismeretének hiányában úgy tekintem, hogy ez a túlnyomás 0,1bar, azaz 10 000Pa. Az átlagos emberi szervezet 1 100 $\frac{\text{Pa}}{\text{min}}$ nyomásnövekedést és 1 800 $\frac{\text{Pa}}{\text{min}}$ nyomáscsökkenést képes úgy elviselni, hogy kellemetlen érzés ne alakuljon ki a hallószervben. Ezek alapján a 10 000Pa eléréséhez tíz percre van szükség, illetve 6 perc alatt lehet leépíteni ezt a túlnyomást. Az előzőek alapján a vezérlőkocsiban nem fordulhat elő olyan eset, hogy a jegyvizsgáló csak úgy benyit a mozdonyvezetőhöz beszélgetés céljából, már csak azért sem, mert a belső nyomás a megközelítőleg 1m² felületű ajtón 1 000kg terhelésnek felel meg. Illetve a hozzávetőleg 10 000 $\frac{\text{Pa}}{\text{s}}$ nyomáscsökkenés 330-szorosa lenne a kívánatosnak, ami egész biztos fájdalmat okozna a vonatvezetőnek. A mozdonyvezetőnek a maximális nyomás leépülése előtt 6 percet kellene várnia az ajtó-, ablak nyitás előtt. Véleményem szerint a nyomásnövekedést és csökkenést, illetve a külső ajtónyitási lehetőséget mindenképpen sebességhez és megadott nyomásértékhez kellene kötni. Például 40 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ felett kezdődne a 10 perces nyomásnövekedési szakasz, ilyenkor az ajtó a külső nyitásra reteszelődne. 120 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ alatt indulna a 6 perces nyomásmentesítés. Álló szerelvéynél, ha a vezetőállás túlnyomásának értéke 1 000Pa alá csökkent, a külső nyitási reteszelés feloldása megtörténne. A tervezés további szakaszában, amikor már kellő információ birtokába jutottam, szembesültem vele, hogy a gyártók jóval kisebb túlnyomást alakítanak ki a vezetőállásban. A hirtelen nyomáscsúcsok kialakulása ellen más megoldással védekeznek, esetleg több védelmi rendszerrel együttesen.

Az 1. fejezetben leírt nyomásnövekedési és nyomáscsökkenési értékek a komfort érzet megváltozására utaló számok. Kellemetlen, fájdalmas érzés kialakulásához nagyobb értékek szükségesek. Magasabb nyomásnövekedést és nyomáscsökkenést képes az emberi szervezet különösebb fájdalom nélkül elviselni. Repülőorvosi vizsgálatoknál barokamrában vizsgálják a jelentkezők ilyen jellegű alkalmasságát is. Barokamrás repülőgépes szimulációnál a repülőgép tengerszinti magasságról történő 4 000m-re történő emelkedését szimulálják 100 – 130s alatt, illetve erről a magasságról történő süllyedését imitálják 300 – 600s alatt. A 2. ábrán a szimuláció lépései láthatóak.



2. ábra: A szimuláció menete

(forrás: Dr. Reményi Ákos)

Az antihisztaminok kognitív funkciókra gyakorolt hatásának vizsgálata a katonai- és repülőorvosi alkalmasság tekintetében, Doktori (PhD) értekezés

Tegyük fel, hogy a szimuláció szerint a lehető leggyorsabban emelkedik a repülőgép! Ebben az esetben a vizsgált személynek 4 000m emelkedést kell elviselnie 100 másodperc alatt. A tengerszinten lévő levegő sűrűségét $1,225 \frac{kg}{m^3}$ sűrűségűnek veszem $15^\circ C$ külső hőmérsékleten és $101\,325 Pa$ külső nyomáson. 4 000m-en lévő levegő sűrűségét $0,819 \frac{kg}{m^3}$ sűrűségűnek tekintem $-11^\circ C$ külső hőmérsékleten és $61\,660 Pa$ külső nyomáson. [4].

$$\Delta p = p_0 - p_1 = 101\,325 Pa - 61\,660 Pa = 39\,665 Pa$$

$$\Delta p = \Delta \rho \cdot h \cdot g = \frac{1,225 \frac{kg}{m^3} + 0,819 \frac{kg}{m^3}}{2} \cdot 4\,000 m \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 40\,103 Pa$$

A tesztelt személynek $40\,103 Pa$ nyomásváltozást kell elviselnie 100 másodperc alatt. Ez megfelel $401 \frac{Pa}{s}$ nyomáscsökkenésnek. Tegyük fel, hogy egy ejtőernyős 6 000 méteres magasságból kiugrik a repülőgéből, 4 000 méteres zuhanás után 2 000 méteres magasságban kinyitja az ejtőernyőjét. Az ejtőernyős 10 – 11s alatt éri el a kritikus, maximális zuhanási sebességet ($50 \frac{m}{s}$), utána ezzel zuhan tovább [4], [5].

$$s_{kritikus \text{ sebesség elérése}} = (0,5 \cdot g \cdot t^2) - (0,15 \cdot t^3) =$$

$$\left(0,5 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot (10s)^2\right) - (0,15 \cdot (10s)^3) = (490,5) - (150) = 340,5 m$$

$$v = \frac{s}{t} \Rightarrow t = \frac{s - s_{\text{kritikus sebesség elérése}}}{v} = \frac{3\,659,5\text{m}}{50 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 73,19\text{ s}$$

$$t_{\text{zuhanás}} = t_{\text{kritikus sebesség elérése}} + t = 83,19\text{ s}$$

$$\frac{\Delta p}{t_{\text{zuhanás}}} = \frac{|47\,217\text{Pa} - 79\,501\text{Pa}|}{83,19\text{s}} = 388 \frac{\text{Pa}}{\text{s}}$$

Tehát az ejtőernyősnek megközelítőleg $388 \frac{\text{Pa}}{\text{s}}$ nyomásnövekedést kell elviselnie.

Elmondható, hogy az előbb kiszámolt nyomáscsökkenést és nyomásnövekedést a repülőorvosi vizsgálaton megfelelt személyek képesek különösebb problémák nélkül elviselni. Én is részt vettem Kecskeméten a repülőorvosi vizsgálat, bűvárok számára kötelező barokamrás tesztjén. Sikeresen, különösebb probléma nélkül, könnyedén teljesítettem a feladatot. A fül dugulás elkerülése érdekében néhányat nyelnem kellett a vizsgálat során, kellemetlenséget nem tapasztaltam. Az anatómiai szempontból egészséges embereknek nem jelent nehézséget a vizsgálat. A tesztelésem során egy felügyelő orvos jelen volt, a mérést azonnal leállította volna, ha bárminemű rendellenességet tapasztal nálam. Egy pohár víz kortyolgatása segített a belső fül és a környezeti nyomás kiegyenlítésében.

Az UIC 660-as és az UIC 779-es előírás $500 \frac{\text{Pa}}{\text{s}}$ nyomásváltozást enged meg nagysebességű vonatknál.

Ezen kívül 800Pa -nál nagyobb nyomásváltozásra 3 másodpercnél hosszabb időt kell biztosítani; $1\,000\text{Pa}$ -nál nagyobb nyomásváltozásra 10 másodpercnél hosszabb időt kell biztosítani; $2\,000\text{Pa}$ -nál nagyobb nyomásváltozásra 60 másodpercnél hosszabb időt kell biztosítani [6], [7].

A fenti adatokból kiderül, hogy $10\,000\text{Pa}$ nyomásváltozás le és felépítésére, az ejtőernyőst érő hatásokat és az UIC előírásokat is figyelembe véve legalább 1 perc szükséges.

A vezetőállás valójában egy nyomástartó edény, amit megfelelőképpen méretezni kell. A feltételezett $0,1\text{bar}$ -os túlnyomás a hátsó válaszfalban már igen nagy erőket ébresztene kihajlás szempontjából. A Vectron vezetőállása az ajtó kilincsének felfelé húzásával (mint a több ponton záródó ajtóknál) válik nyomástömörre. A kilincs lenyomásával a nyomástömörség megszűnik.

Tervezésnél, az ajtónál, a szélvédőnél, az oldalablakoknál és a választásnál figyelembe kell venni a $10\,000\text{Pa}$ feltételezett belső túlnyomást! A pontos nyomásértékek és a rendszer működésének szabatos leírásának megismerése elkerülhetetlen a tervezés ebben a szakaszában. Fontos, hogy a vezetőállás tere a kívánt körülményekhez igazítva legyen megtervezve.

A nyomáshullám elkerülő rendszer alapvetően háromféle lehet:

- A folyamatosan túlnyomással rendelkező belső tér, a külső nagy és gyors nyomásváltozások hatását kiiktatja, időben elnyújtja
- A külső nagy és gyorsan változó nyomásváltozások előtt csappantyúkkal megfelelő időben lezárjuk a belső teret
- A kettő kombinációja! Kisebb belső folyamatos túlnyomással és megfelelő időben lezáró csappantyúkkal védjük a belső teret a külső, hirtelen létrejövő nagy nyomásváltozásoktól

3. Hazánkban forgalomban lévő 160 km/h sebességre képes mozdonyok, motorvonatok

A Bombardier TRAXX mozdonyban az orrba keresztbe beépített klímaegység van nyomáscsúcs kiegészítő rendszerrel, ami kapcsolható. A mozdony orrába szerelt klímaegysége a **3. ábrán** látható. A SIEMENS Taurus mozdonyban a klímakészülék a vezetőpult alá, hosszirányban került elhelyezésre. Ennél a járműnél is van nyomáscsúcs kiegészítő rendszer beépítve, am szintén kapcsolható. A Railjet vezérlőkocsija a **4. ábrán** látható. A SIEMENS Vectron mozdonyban az orrba keresztbe beépített klímaegység van szerelve. Van nyomáscsúcs kiegészítő rendszere, de ez nem kapcsolható ki. Az **5. ábrán** a mozdony látható. A Stadler FLIRT motorvonatban a klímaegység oldalról, kívülről szerelhető. A frisslevegő beszívás csappantyúval zárható. A **6. ábrán** a motorvonat látható.



3. ábra: TRAXX mozdony kinyitott orrburkolattal



4. ábra: Railjet vezérlőkocsija



5. ábra: Vectron mozdony kinyitott orrburkolattal

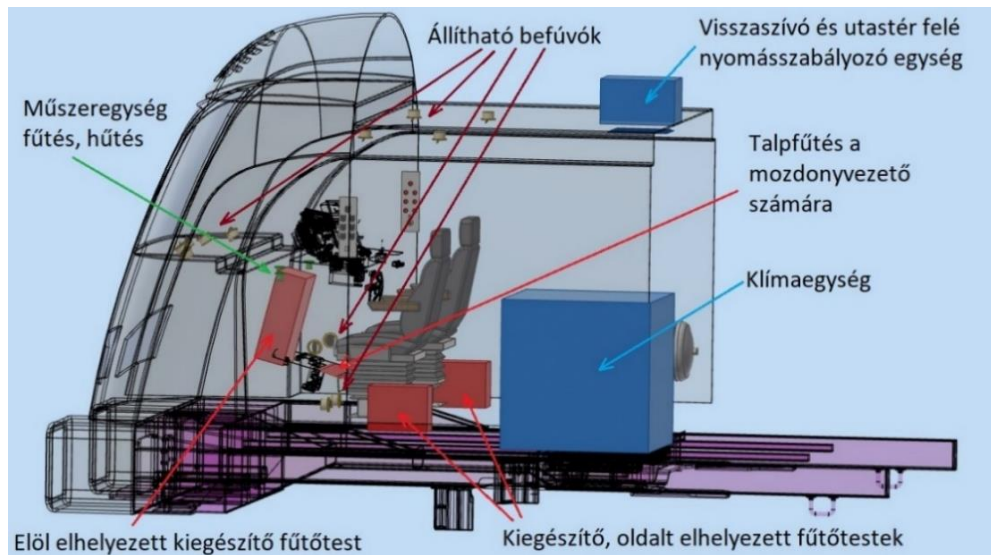


6. ábra: FLIRT motorvonat oldalra kihúzott klímaegységgel

A klímaegységek beépítéséről részletesebb tájékoztatás található **3. mellékletben**.

4. Saját rendszer előtervezése

A begyűjtött információk alapján kialakult bennem egy tervezői elképzelés. A klimatizált vezetőállást először a FLIRT mintájára szerettem volna tervezni. A **7. ábrán** látható a tervezni kívánt klímarendszer felépítése. Összegyűjtöttem a szükséges információkat a FLIRT vezetőállásának a levegőkezeléséről, majd alaposan szemügyre vettem azt.



7. ábra: A klímarendszer előtervezése FLIRT alapján

A klímarendszer főbb egységei a következők:

- **Klímaegység:**
A friss levegőt beszívja, a vezetőállásból visszaszívott levegőhöz keveri, majd azt lehűti, vagy felmelegíti az aktuális külső hőmérséklettől függően és befújja a vezetőállás terébe.
- **Visszaszívó és utastér felé nyomásszabályozó egység:**
Visszaszívja a vezetőállás levegőjét a klíma felé. A belső túlnyomást biztosítja, az utastér felé végzi a nyomásszabályozást.
- **Kiegészítő, oldalt elhelyezett fűtőtestek:**
A mozdonyvezető hőérzetét javító rendszer.
- **Elöl elhelyezett kiegészítő fűtőtest:**
A mozdonyvezető lábát közvetlenül fűtő egység.
- **Talpfűtés a mozdonyvezető számára:**
A dobogóba épített, a mozdonyvezető talpát fűteni képes egység.
- **Állítható befűvők:**
A mennyezeten, a vezetőpult első részén, a vezető lábánál, a szélvédő alsó részén elhelyezett kifűvott levegő irányát és mértékét befolyásolni képes egységek.
- **Műszeregység fűtés, hűtés:**
Hidegben a páralecsapódást, melegben a túlforrósodást akadályozza meg a műszeregységek belső felületein.

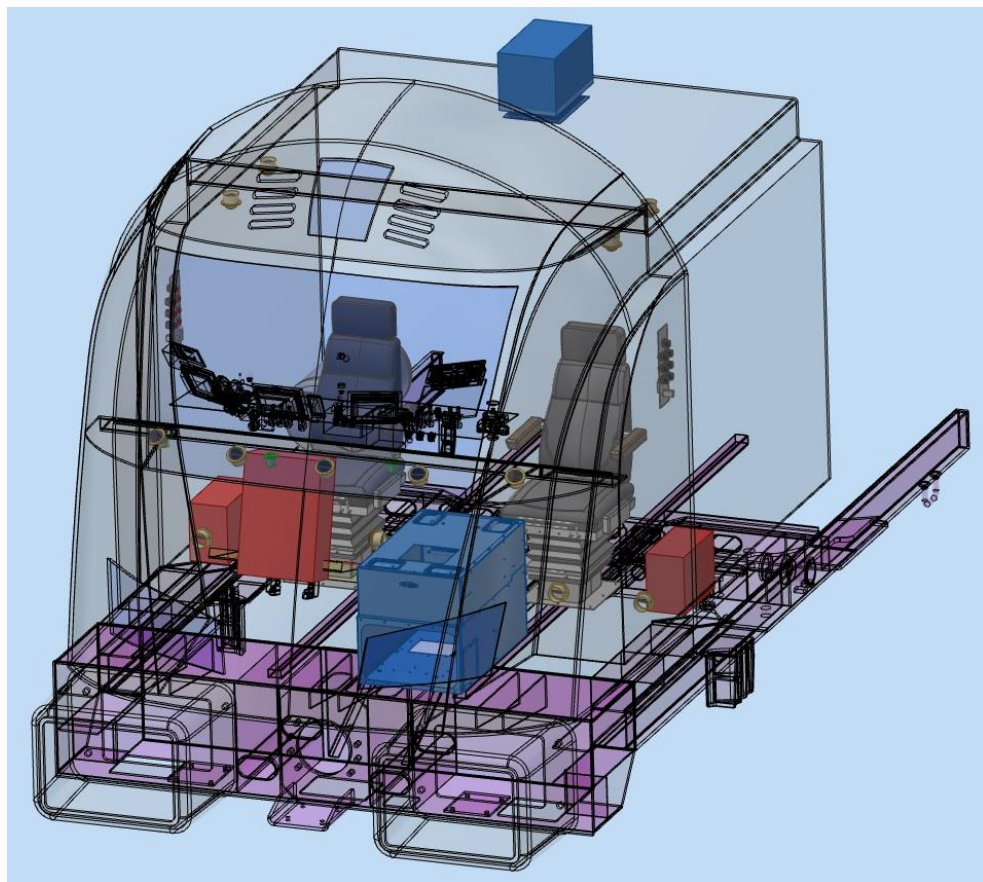
Felkerestem különböző klímagyártó cégeket. A felkutatott cégek logói a **8. ábrán** láthatóak.



8. ábra: Vasúti kocsik klímagyártói
(forrás: saját készítés, céges honlapokon talált információk alapján)

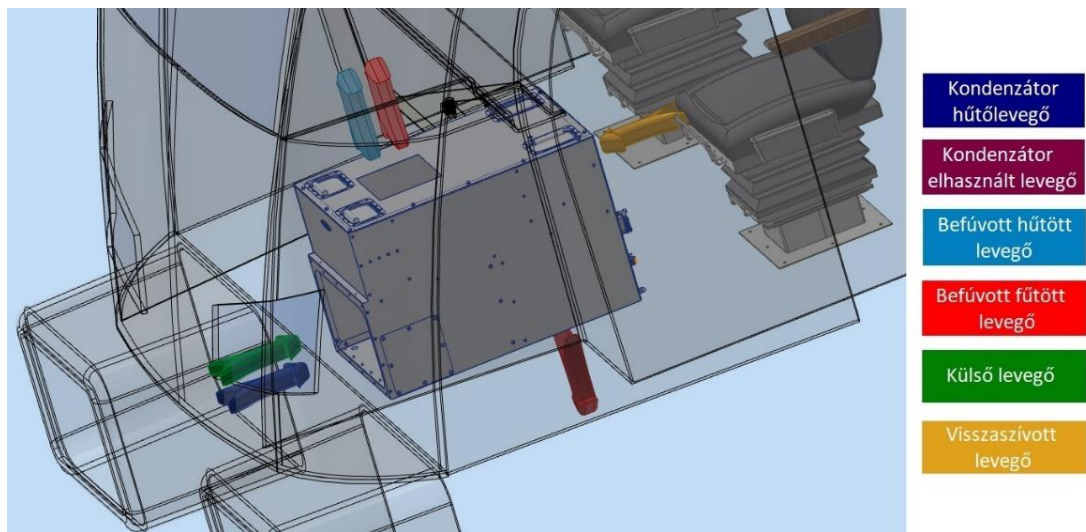
Két olyan céggel teremtettem kapcsolatot, akik a termékpalettájukból tudtak számomra alkalmas vezetőpult alá, vagy orrba épített egységet kínálni.

Az egyik a DC-Airco, ez a klímaberendezést a **9. ábrán** látható a beépítési környezetben a pult alá beépítve.

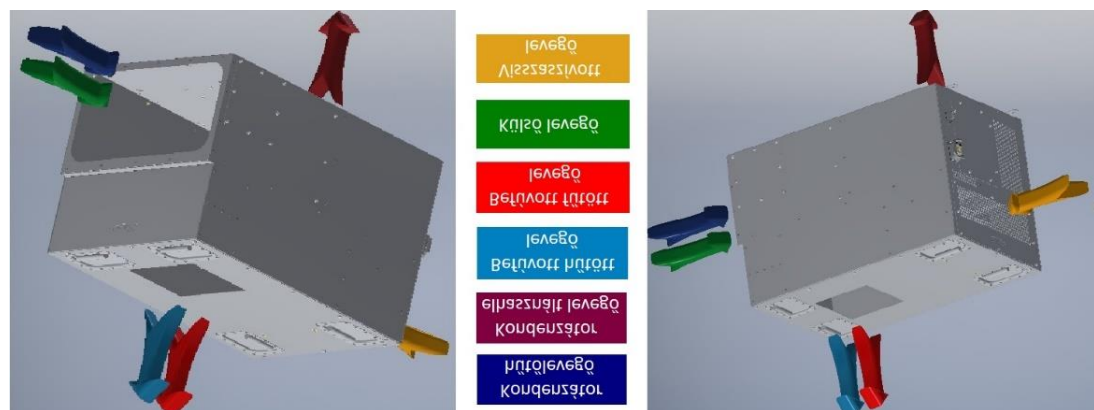


9. ábra: A pult alá beépített klímaegység

A 10. és a 11. ábrán a DC-Airco klímaegységének a csatlakozási sémája látható.



10. ábra: A DC-Airco klímaegység levegőelosztása



11. ábra: A DC-Airco klímaegység működése

A DC-Airco rendszer választásakor felmerült pozitív és negatív jellemzők:

+ Az orron nem szükséges külön nyitható burkolatot kialakítani, ez a formatervezésnél könnyebbséget jelent. A bonyolult elülső burkolat nyitását szolgáló mechanika elhagyható.

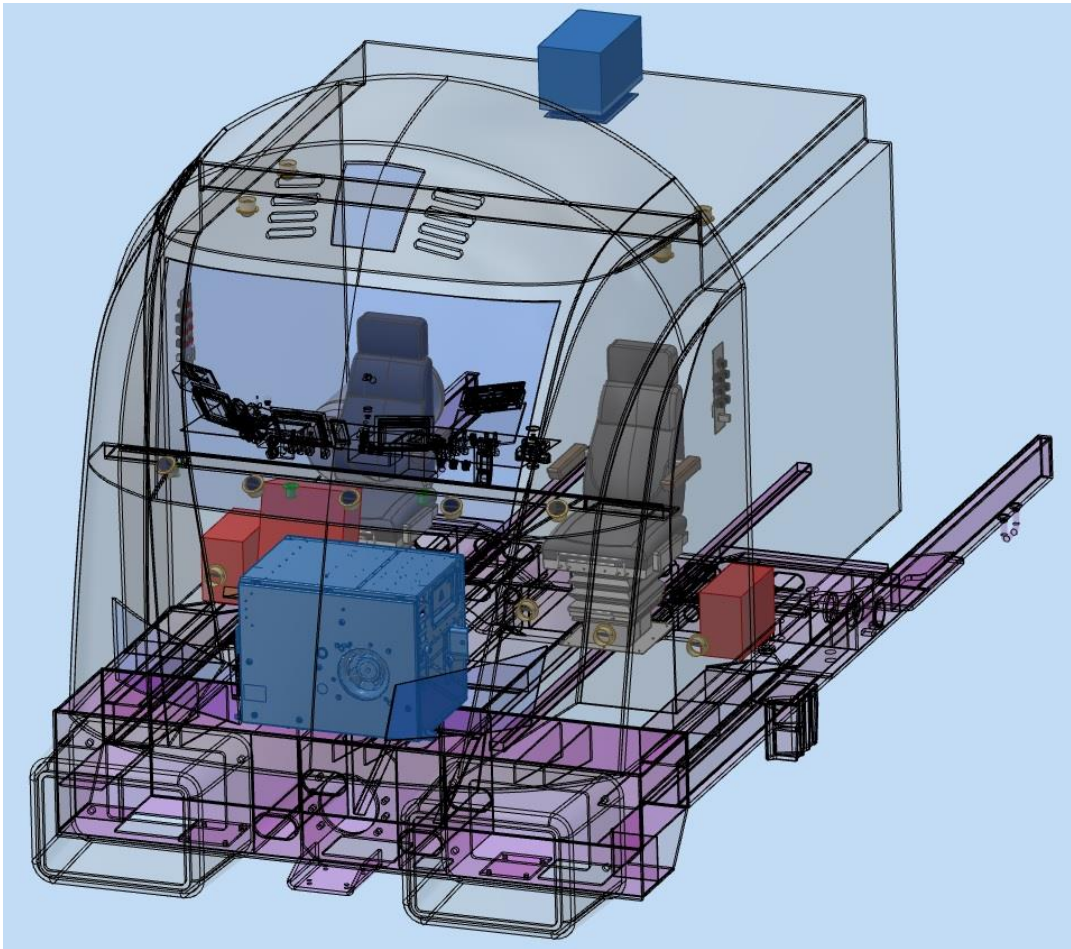
- Mivel a klímaegységet a vezetőállás felől kell beépíteni, ezért a klímaegység méretét befolyásolja a vezetőállás ajtótokjának mérete.

- Nehezen beépíthető, és cserélhető a berendezés. Már a klímaegység vezetőállásba juttatása is bonyolult, nehéz, körülményes feladat, amelyhez mindenképpen szükséges két vagy több szerelő fizikai ereje.

- A vezetőpult alatt nagy helyet tölt ki a klímaegység, kiszorítva ezzel más szerkezeti egységeket.

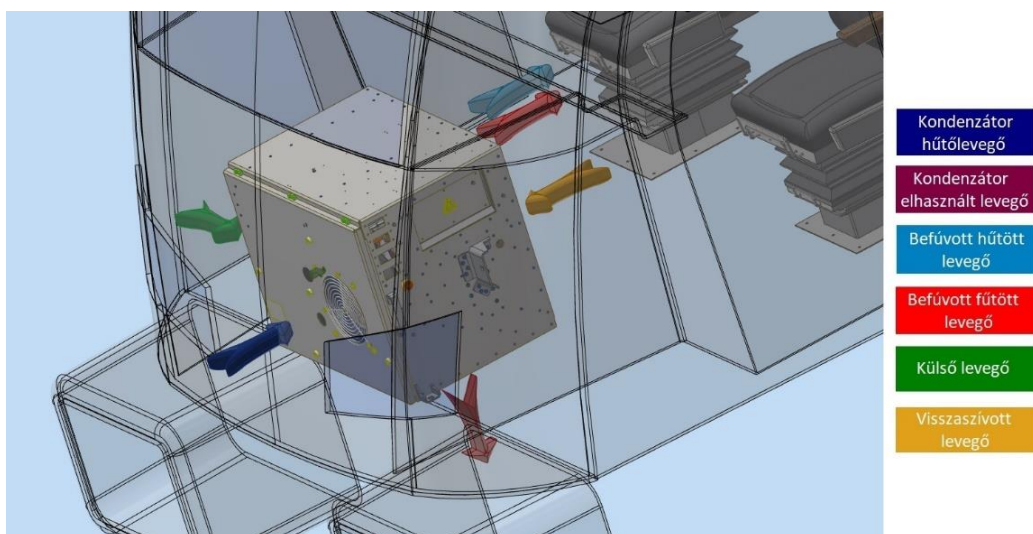
- A túlnyomásos rendszert a gyártó nem szállítja a klímaegység mellé, ennek a megtervezése az én feladatom lenne.

A másik cég a Faiveley, az általuk kínált klímaberendezés beépítési környezetben a **12. ábrán** látható. Ezt a készüléket a vezérlőkocsi orrába keresztbe kell beépíteni.

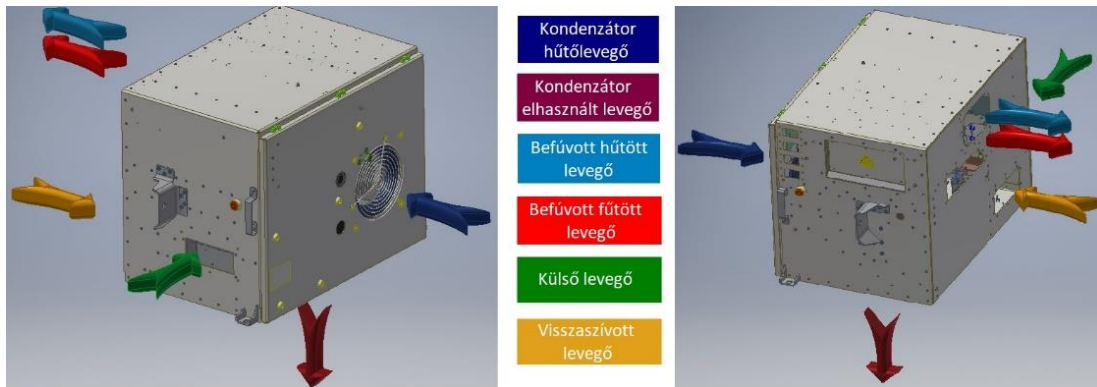


12. ábra: Az orrba, keresztbe beépített klímaegység

A **13.** és a **14. ábrán** a Faiveley klímaegységének a csatlakozási sémája látható.



13. ábra: A Faiveley klímaegység levegőelosztása



14. ábra: A Faiveley klímaegység működése

A Faiveley rendszer választásakor felmerült pozitív és negatív jellemzők:

- + Mivel a klímaegységet a homlokfal felől kell beépíteni, ezért a klímaegység mérete kevésbé jelent nehézséget a tervezés során.
- + Könnyen beépíthető, és cserélhető a berendezés.
- + A vezetőpult alatti rész szabad marad, így oda más szerkezeti egységeket lehet elhelyezni.
- + A cég a túlnyomásos rendszert a klímaegységgel együtt szállítja.
- Az orron külön nyitható burkolatot kialakítása szükséges, ez a formatervezésnél nagyobb megkötöttséget jelent. Bonyolult elülső burkolat nyitását szolgáló mechanika szükséges.
- Magasabb, nagyobb tömegű járművel történő frontális ütközés esetén a klímaegység még kisebb erejű hatásokra is megsérülhet.

A 15. ábra a Vectron mozdony elülső burkolópaneljének mozgatását végző mechanizmus



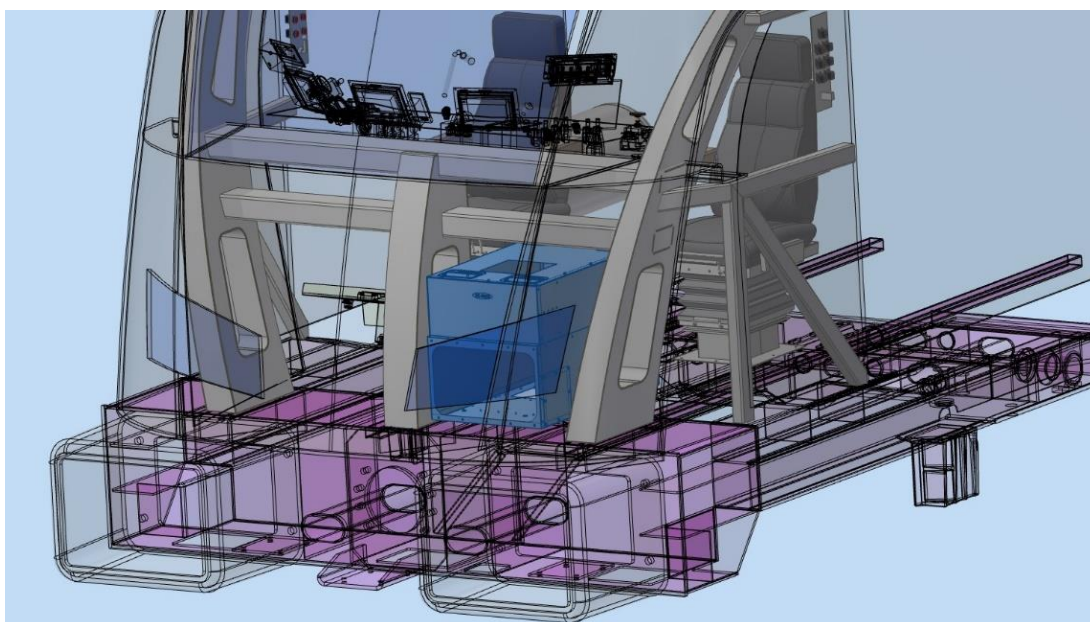
15. ábra: A Vectron mozdony orrburkolatát nyitó szerkezet

A **2. táblázat** a két klímaegység összehasonlító táblázata látható.

2. táblázat: A DC-Airco és a Faiveley klímaegységek főbb adatainak az összehasonlítása *(forrás: saját készítés, cégektől kapott adatok alapján)*

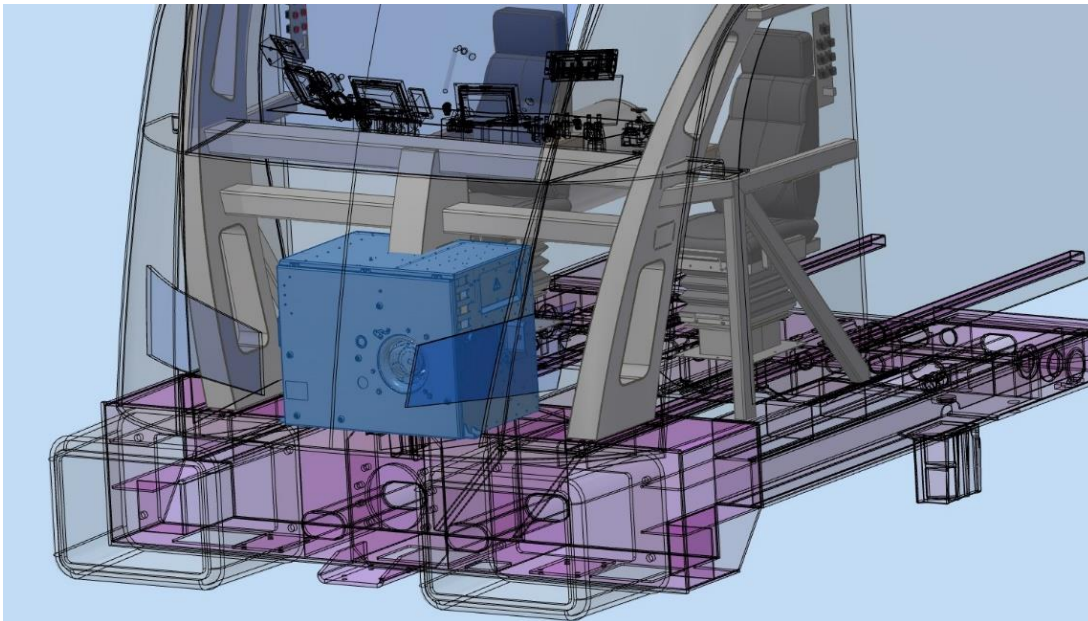
	DC-Airco	Faiveley
Főbb méretek (HxSzxM) [mm]	888 X 550 x 605	1054 X 600 X 690
Tömeg [kg]	160	220
Hűtési teljesítmény [kW]	5,5	5,8
Fűtési teljesítmény [kW]	4,5	7,5
Üzemi feszültség [V]	400	440
Beszívott levegő [m ³ /h]	60	80
Forgatott levegő [m ³ /h]	1 050	700

A két, különböző beépítést igénylő szerkezetnek két fontos tervezési szempontból is igen jelentős jellegzetessége is van. A vázszerkezet tervezésénél figyelembe kell venni, hogy a merevítők hová essenek. Jelen esetben a pult alá beépített tartó oldja meg a merevítés feladatát. A vezetőpult alá hosszába beépített klímaegység ebben az esetben jól elhelyezhető. A **16. ábrán** a klímaegység beépítése látható az említett középső tartó megjelenítésével.



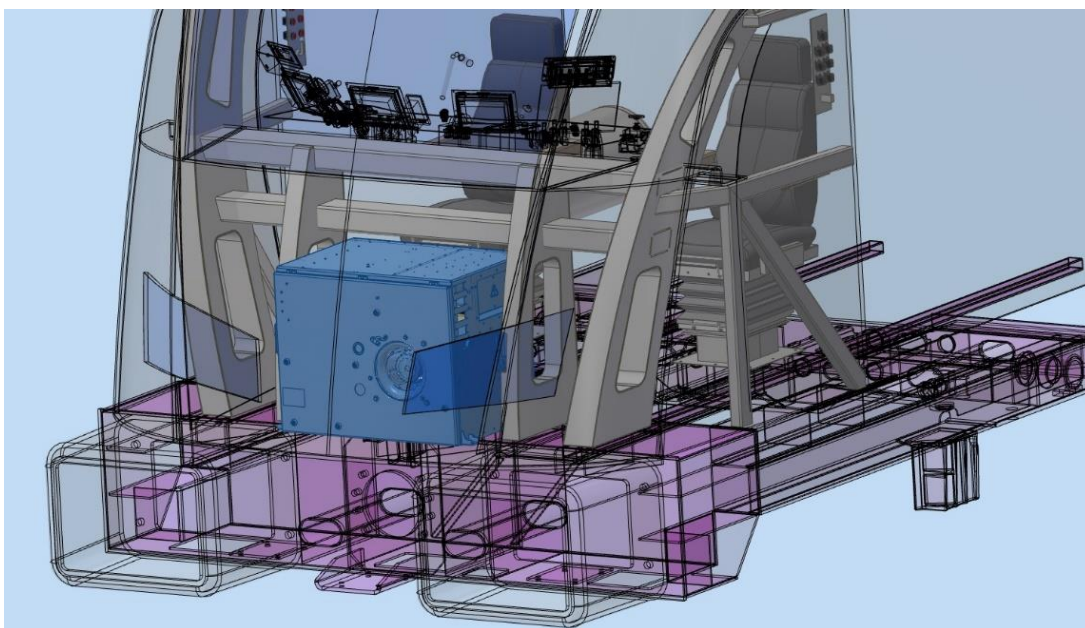
16. ábra: A pult alá beépített klímaegység és a középső merevítő oszlop

Az orrba keresztbe beépített klímaegység esetén, amint az a **17. ábrán** is jól látható a konzol pont útban van, a klímaegység nem fér el miatta.



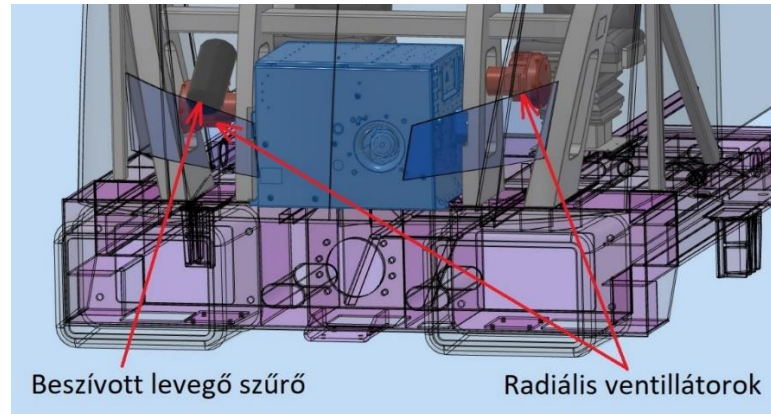
17. ábra: Az orrba előre, keresztbe beépített klímaegység és a rossz helyen lévő merevítő oszlop

A középső oszlop, merevítő hatását, két kisebb, a széleken elhelyezett oszloppal lehet kiváltani. A keresztben beépített klímaegység a **18. ábrán** látható.



18. ábra: Az orrba előre, keresztbe beépített klímaegység és a két oldalán elhelyezett merevítő oszlopok

A **19. ábrán** az is megfigyelhető, hogy a túlnyomást biztosító rendszer két radiális ventilátorának és a beszívott levegő légszűrőjének elhelyezésére még megfelelő hely marad a klímaegység két oldalán.



19. ábra: Az orrba előre, keresztbe beépített klímaegység és a két oldalán elhelyezett merevítő oszlopok, a túlnyomás rendszerrel

5. Az orrba keresztbe beépített, túlnyomást létrehozó egységgel kiegészített klímarendszer tervezése.

5.1. A Faiveley túlnyomásos rendszere

A nagy túlnyomás alkalmazása elkerülhető. A Faiveley rendszere alacsonyabb belső túlnyomást használ, mégis el lehet vele hárítani a nagyobb külső nyomásváltozások kellemetlen vezetőállásban jelentkező hatását, az időben lezáró csappantyúk nélkül is. A rendszer működésének lényege, hogy a környezettel való összeköttetés keresztmetszete igen kicsi, így a külső gyors nyomásváltozás a belső térben nem tud gyorsan terjedni. A klímaegység frisslevegő beáramlására szolgáló nyílására csavarozott, és azt lezáró lemez, az azon lévő kis keresztmetszetű gégecső csatlakozással a **20. ábrán** látható.



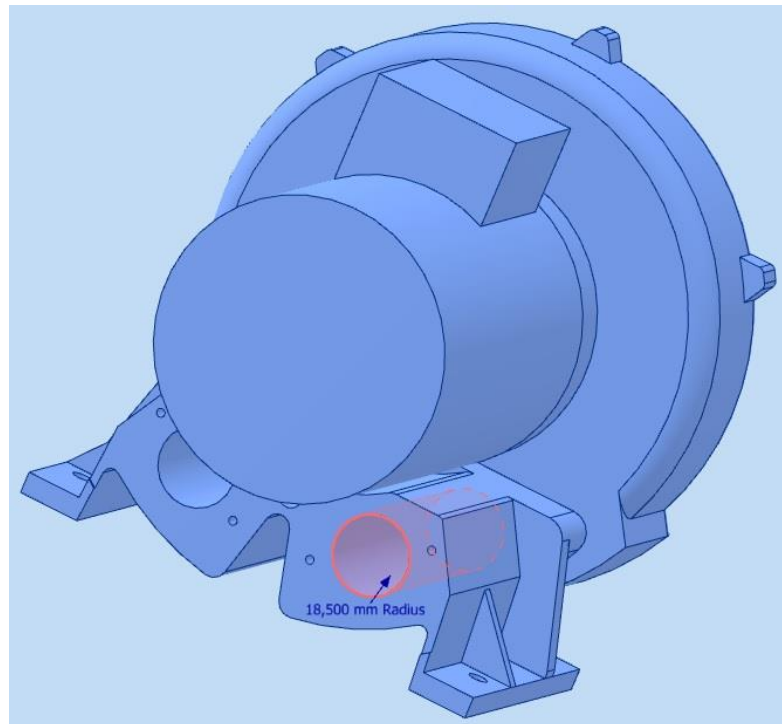
20. ábra: A Vectron klímaegység friss levegő táplálása

A megfelelő térfogatáramot a rendszer a szűk keresztmetszeten nagy térfogatáramot biztosító ventilátor segítségével hozza létre. Ugyanilyen ventilátor van elhelyezve az elhasznált levegő elvezetésénél is. Tehát a vezetőállás zárt belső tere két kisméretű keresztmetszettel és két nagyteljesítményű ventilátorral van összekötve a külső térrel. Az egyik ventilátor a szűk beáramló keresztmetszeten a klímaegységet táplálja friss levegővel, míg a másik ventilátor a szűk kiáramló keresztmetszeten az elhasznált levegőt juttatja a szabadba. Az elhasznált levegő vezetőállásból való elvezetésére szolgáló csatlakozás a **21. ábrán** nézhető meg.



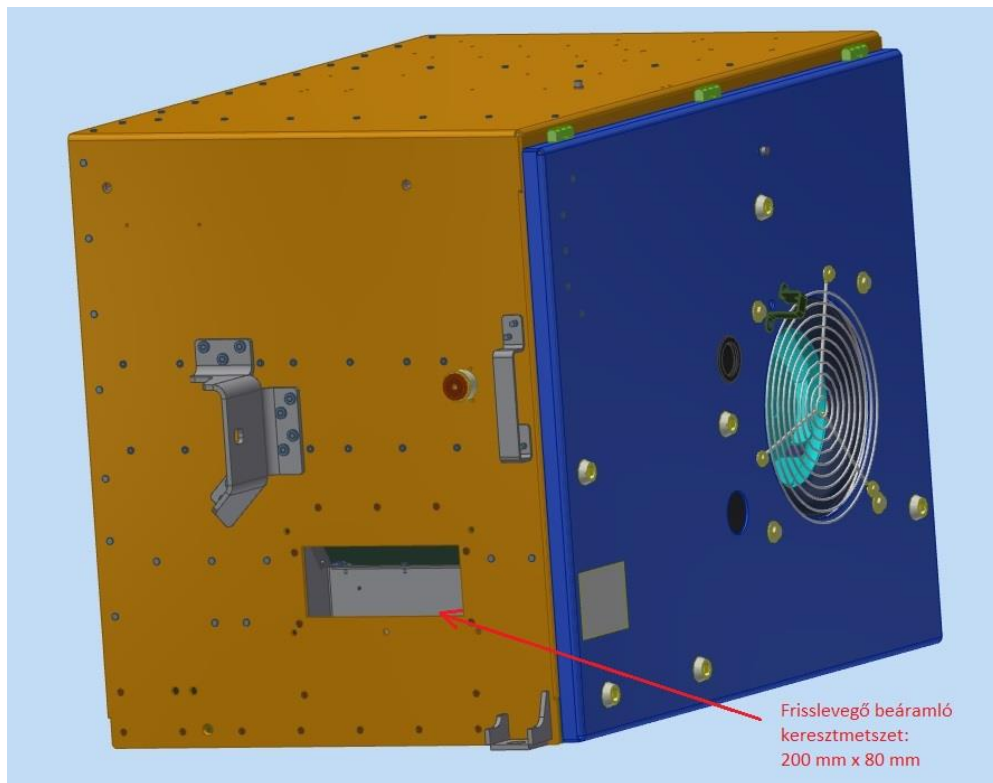
21. ábra: A Vectron klímaegység elhasznált levegő kiszívása

A ventilátor csatlakozója és annak Ø37 mm-es mérete a **22. ábrán** látható.



22. ábra: A Faiveley nagyteljesítményű ventilátor csatlakozása
(forrás: saját készítés, Faiveley-től kapott modell alapján)

A klímaegység frisslevegő nyílása a **23. ábrán** nézhető meg.



23. ábra: A Faiveley klímaegység frisslevegő beáramló nyílása
(forrás: saját készítés, Faiveley-től kapott modell alapján)

A beszívó keresztmetszet az ábra alapján:

$$A_1 = 80\text{mm} \cdot 200\text{mm} = 16\,000\text{mm}^2$$

A klímaegység légszállító képessége, térfogatáram a beszívó csatlakozásnál:

$$\dot{V}_1 = 80 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

A klímaegységbe beszívott levegő sebessége:

$$v_1 = \frac{\dot{V}_1}{A_1} = \frac{80 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{\frac{16\,000\text{mm}^2}{10^6}} = 1,388 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ha a beszívott levegő térfogatáramát megtartva a beáramló keresztmetszetet lecsökkentjük, akkor a sebesség megnövekszik. A beszívó keresztmetszet a ventilátornál:

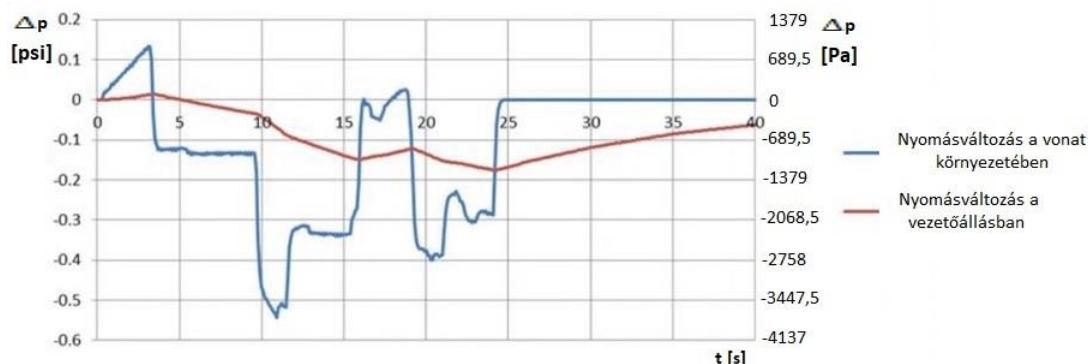
$$A_2 = \frac{(37\text{mm})^2 \cdot 3,14}{4} = 1\,074\text{mm}^2$$

A klímaegységbe bejuttatott levegő sebessége:

$$v_2 = \frac{\dot{V}_2}{A_2} = \frac{80 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{\frac{1\,074\text{mm}^2}{10^6}} = 20,69 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Tehát, ha kisebb keresztmetszeten szeretnénk a klímaegység adott frisslevegő ellátását biztosítani, akkor azt nagyobb sebességű levegővel kell majd biztosítani, melyet a nagyteljesítményű légszivattyúk fognak biztosítani.

A vonat környezetében és a vezetőállásban létrejövő nyomásváltozást, a Faiveley túlnyomásos rendszer működését a **24. ábra** szemlélteti.

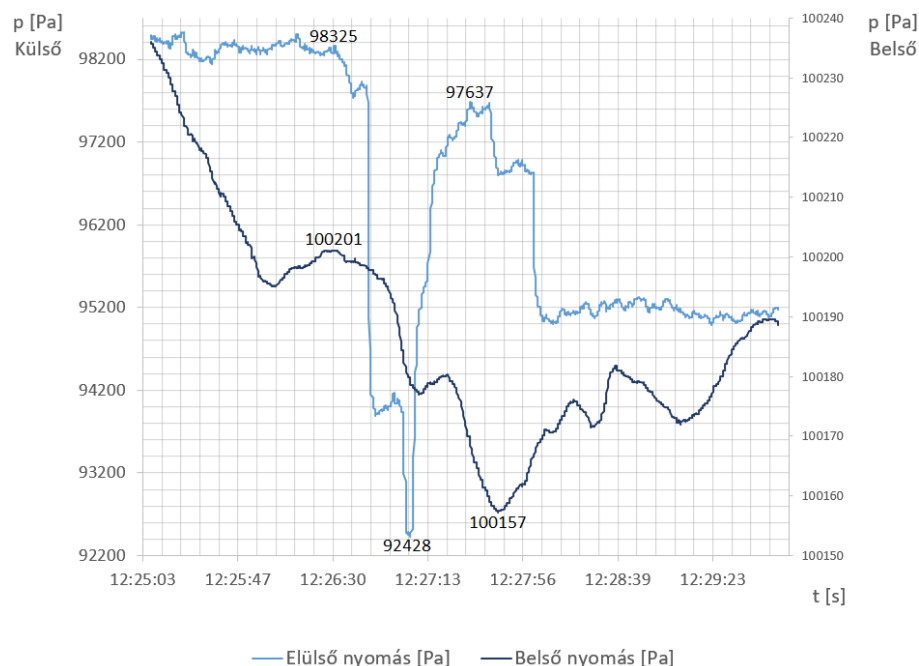


24. ábra: A vonat környezetében és a vezetőállásban kialakuló nyomásváltozás a Faiveley túlnyomásos rendszerének működése közben
(forrás: Faiveley belső anyag, saját szerkesztés)

Jól látható, hogy míg a külső gyors nyomásváltozás eléri a $4\,000\text{Pa}$ értéket, addig a túlnyomásos rendszernek köszönhetően a vezetőállásban létrejövő lassabb nyomásváltozás $1\,300\text{Pa}$ körüli értéken alakul. A vezetőállásban jóval kisebb értékű és elnyújtott nyomásváltozás jön létre a környezetben kialakuló nyomáshoz képest.

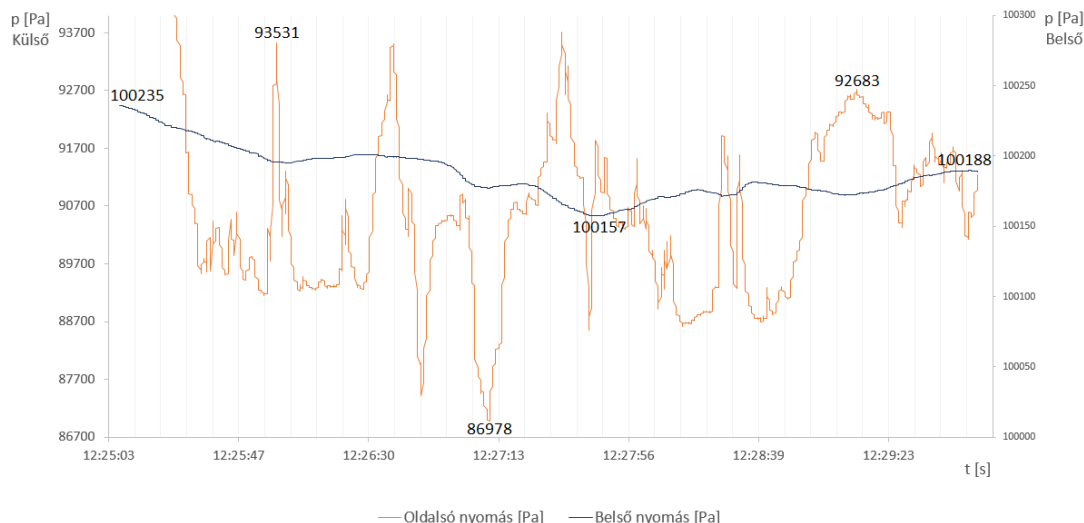
5.2. A nyomásviszonyok megállapítása méréssel

A külső nyomásváltozást, a vezetőtérbe jutó nyomáshullámot eddig durva, közelítő számítással és információk begyűjtésével próbáltam meghatározni. Mivel a nyomásérték pontos ismerete nagy jelentőséggel bír, ezért úgy határoztam, hogy méréseket végzek. A mérésorozat dokumentálását az **1. számú mellékletben** lehet áttekinteni. A mérés során a hazánkban megtalálható legalább $160\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességre engedélyezett mozdonyokon végeztünk méréseket, így a Taurus-on, a TRAXX-on, és a Vectron-on is. A mérést kiegészítettük a $120\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel történő alagútba haladás vizsgálatával is és V-43-as mozdony méréseivel. A **25. ábrán** a Faiveley által gyártott klímával épített Vectron mozdony egyik nyomásmérési diagramsorozatának részlete látható. Az összes általam készített diagram megtalálható a **2. mellékletben** nagyobb, áttekinthetőbb formában.



25. ábra: Vectron mozdony mérési adatainak egy részlete {2. melléklet 1. ábra}

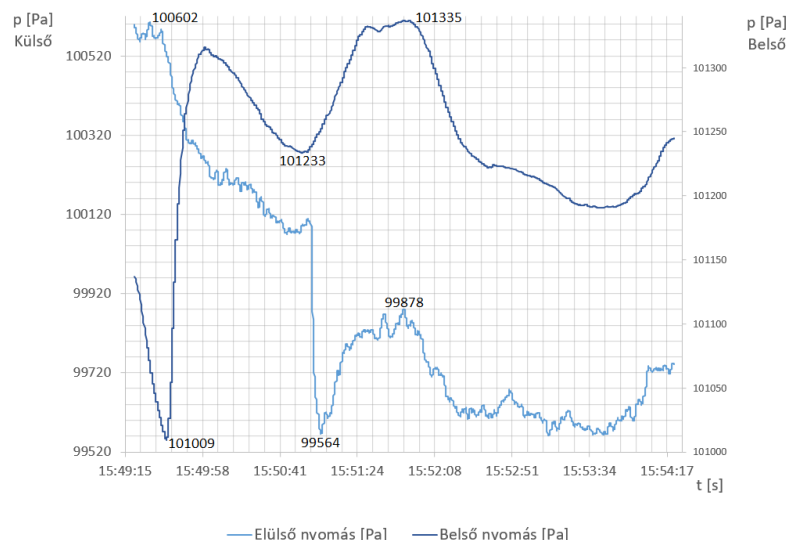
A diagramról leolvasható, hogy míg a szélvédőre ragasztott érzékelő $5\,897\text{ Pa}$ ($98\,325\text{ Pa} - 92\,428\text{ Pa}$) ugrásszerű nyomáscsökkenést érzékelt 35 másodperc alatt, addig a belső nyomásérzékelő szenzor által mért nyomáscsökkenés 44 Pa ($100\,201\text{ Pa} - 100\,157\text{ Pa}$) volt, és időben jóval elnyújtottabban alakult ki, 77 másodperc alatt. Időegységre vonatkoztatott külső nyomáscsökkenés $169\frac{\text{Pa}}{\text{s}}$, időegységre vonatkoztatott belső nyomáscsökkenés pedig $0,6\frac{\text{Pa}}{\text{s}}$ volt. A 26. ábrán a Vectron mozdony egy másik nyomásmérési diagramsorozatának részlete látható.



26. ábra: Vectron mozdony mérési adatainak egy másik részlete {2. melléklet 2. ábra}

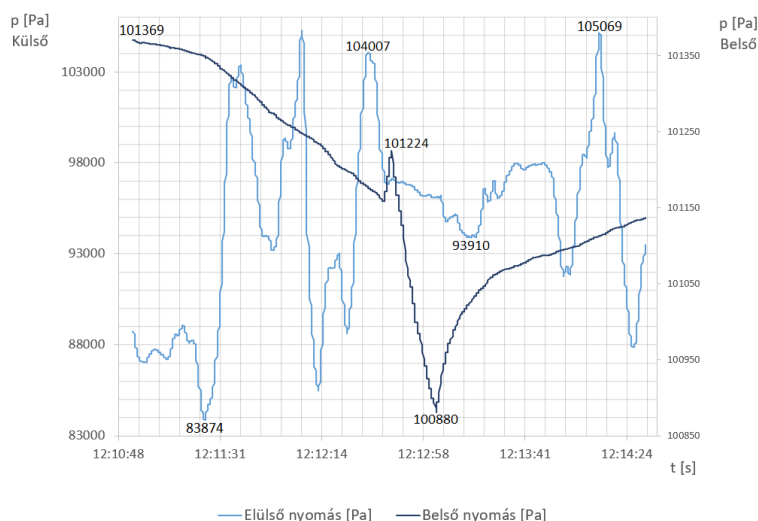
Erről a diagramról is leolvasható, hogy míg az oldalsó részre ragasztott érzékelő $6\,553\text{ Pa}$ ($93\,531\text{ Pa} - 86\,978\text{ Pa}$) ugrásszerű és gyors nyomásváltozást érzékelt rövid időközökben ingadozva, addig a belső nyomásérzékelő szenzor által mért nyomásváltozás 78 Pa ($100\,235\text{ Pa} - 100\,157\text{ Pa}$) volt, és időben jóval elnyújtottabban alakult ki, 290 másodperc alatt.

Mindkét adat alátámasztja, hogy a jármű haladása közben a jármű közvetlen környezetében kialakuló gyors és nagymértékű nyomásváltozások a nyomáscsúcs elkerülő rendszernek köszönhetően a vezetőállásban jóval lassabban lefutó és alacsonyabb mértékű nyomásváltozást hoznak létre. A **27. ábrán** egy TRAXX mozdony egyik nyomásmérési diagramsorozatának részlete látható bekapcsolt túlnyomás elleni védelemmel.



27. ábra: TRAXX mozdony mérési adatainak egy részlete {2. melléklet 3. ábra}

A diagramról leolvasható, hogy míg a szélvédőre ragasztott érzékelő 546 Pa ($100\,110\text{ Pa} - 99\,564\text{ Pa}$) nyomáscsökkenést érzékelt 4 másodperc alatt, addig a belső nyomásérzékelő szenzor által mért nyomásnövekedés 326 Pa ($101\,335\text{ Pa} - 101\,009\text{ Pa}$) volt 14 másodperc alatt. A külső nyomáscsökkenés intenzitása $137 \frac{\text{Pa}}{\text{s}}$, a belső nyomásnövekedés intenzitása pedig $23 \frac{\text{Pa}}{\text{s}}$ volt. Látható, hogy a Vectron mozdonyban alkalmazott nyomásvédelmi rendszerrel kisebb nyomásváltozások jöttek létre a belső térben, mint a TRAXX mozdonyban használt rendszerrel, viszont az ábrából azért jól látszik, hogy a TRAXX nyomásvédelménél is a hirtelen külső nyomásváltozást elnyújtott belső nyomásváltozás követi. A **28. ábrán** egy V43-as mozdony egyik nyomásmérési diagramsorozatának részlete látható.



28. ábra: V43-as mozdony mérési adatainak egy részlete {2. melléklet 4. ábra}

A diagramról leolvasható, hogy míg a szélvédőre ragasztott érzékelő 10 097 Pa (104 007 Pa – 93 910 Pa) ugrásszerű nyomáscsökkenést érzékelt 43 másodperc alatt, addig a belső nyomásérzékelő szenzor által mért nyomáscsökkenés 344 Pa (101 224 Pa – 100 880 Pa) volt, és időben hirtelen, ugrásszerűen alakult ki 26 másodperc alatt. Időegységre vonatkoztatott külső nyomáscsökkenés $235 \frac{Pa}{s}$, időegységre vonatkoztatott belső nyomáscsökkenés pedig $13,2 \frac{Pa}{s}$ volt. Az ábrán látható, hogy a belső nyomásváltozások a V43-a mozdony belső terében hirtelen alakulnak ki, az eddig látott nyomásvédelmi rendszerektől eltérően, ahol a belső nyomásváltozások elnyújtottan jöttek létre, amelyeket nagy rádiuszú ívekkel lehetett kirajzolni.

A V43-as mozdony vezetőállásában nincs hermetikus lezárás, mint a nyomáscsúcs elkerülő rendszereknél. Nyomásvédelmi rendszer és megfelelő tömítések nélkül olyan mértékű és gyorsan lefutó nyomásváltozások jönnek létre menet közben, amelyek a mozdonyvezető hallószervében kellemetlen érzések kialakulását eredményezik.

A mérésorozat fő célja annak a megállapítása volt, hogy a mai korszerű mozdonyok közvetlen környezetében milyen nyomások uralkodnak. Az ott kialakuló hirtelen nyomásváltozások milyen mértékű vezetőállásbeli nyomásváltozásokhoz vezetnek. A legintenzívebben kialakuló nyomásváltozásokat járművek szerint, a **3. táblázat** foglalja össze.

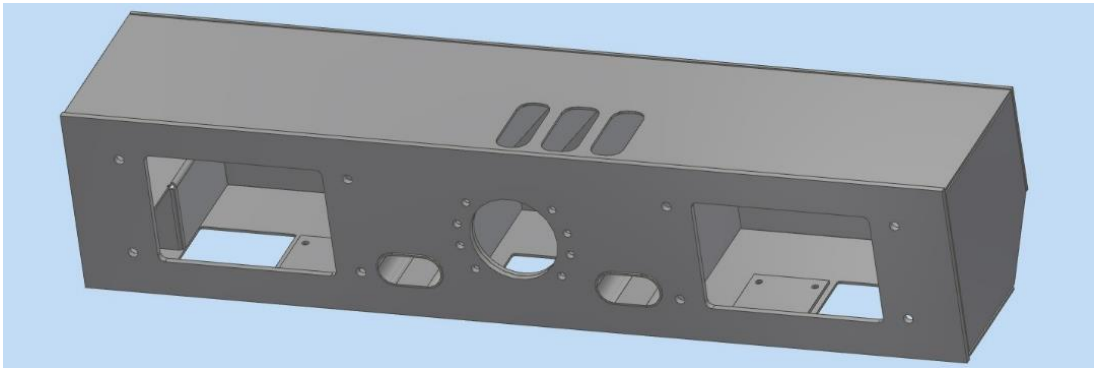
3. táblázat: A szélsőséges, időegységre vetített nyomásértékek
{1. melléklet 2. táblázat}

A mért jármű	A kialakult legnagyobb mért hirtelen nyomásváltozás és a hozzá tartozó jellemzők					
	A jármű szélvédőjénél			A vezetőállásban		
	Nyomásváltozás [Pa]	Eltelt idő [s]	Időegységre jutó nyomásváltozás $\Delta p/\Delta t$ [Pa/s]	Nyomásváltozás [Pa]	Eltelt idő [s]	Időegységre jutó nyomásváltozás $\Delta p/\Delta t$ [Pa/s]
Bombardier TRAXX	2960	12	247	105	12	8,8
SIEMENS Taurus	1862	5	372	18	5	3,6
SIEMENS Vectron	3329	18	185	137	18	7,6
Ganz-MÁVAG V43 sorozat	297	3	99	66	3	22

A táblázatból jól kivehető, hogy a korszerű, nyomástömör vezetőállással rendelkező vasúti járműveknél a legnagyobb időegységre jutó nyomásváltozás nem haladja meg a $10 \frac{Pa}{s}$ -os értéket, viszont a régi típusú mozdonynál ez az érték akár a duplája is lehet. A V43-as sorozatú mozdonynál a $22 \frac{Pa}{s}$ nyomásnövekedés a $104 \frac{km}{h}$ sebességgel alagútba behaladó szerelvény vezetőállásában jött létre. Ez az intenzitású nyomásváltozás már a vezetőállásban tartózkodó összes személynél fül dugulással járt. Tehát ez az érték már kellemetlenséggel jár a vonaton utazók számára. A tervezés során ügyelni kell arra, hogy a vezetőállás nyomásváltozása, a vezérlőkocsi normál üzemi körülményei között, lehetőség szerint, még szélsőséges esetekben sem lépje túl a 10 Pascalos értéket másodpercenként.

5.3. A klímaegység elhelyezése és rögzítése

A saját tervezésű rendszeremben a klímaegység a homloktartó fölé kerül. A klíma külső hőcserélőjét a menetszél, a homlokfalon keresztül, a menetiránnyal megegyező irányból éri, az elhasznált, felmelegedett levegő a klímaegység alsó részén távozik a szabadba. A lefelé távozó felmelegedett levegő szabadba jutását a homloktartó részben gátolta. A homloktartó felső és alsó részén kivágásokat kellett kialakítani, hogy a levegő akadálytalanul átjuthasson rajta. A homloktartó kellő merevsége érdekében a felső részen három kivágás készült. A kivágások között merevítő bordák lettek elhelyezve. A perforált felső résszel rendelkező homloktartó a **29. ábrán** átható.



29. ábra: A homloktartó felső részén kialakított perforációk

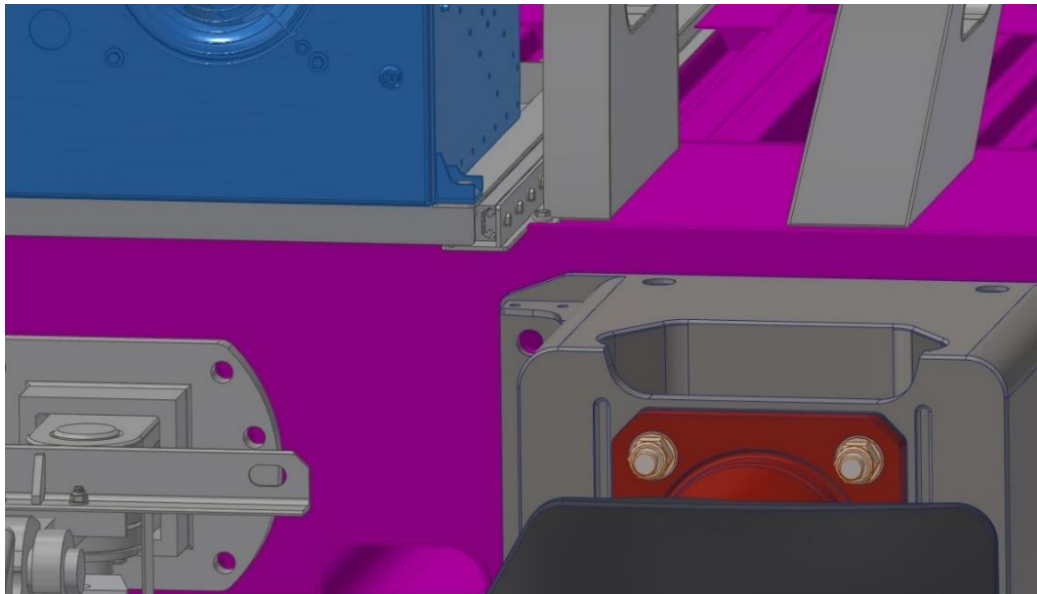
A készülékház beszerelési helyére juttatásának minél egyszerűbb megoldása volt a célom. A behelyezést követően történhet a megfelelő lefogatás. Mivel igen szűkös helyre kell a készüléket becsúsztatni, ezért megfelelő teherbírású fióksín gyártót, forgalmazót kellett felkutatnom. Elsőként 966mm kihúzási hosszon 2 580N terhelést megengedő fióksínt választottam. Mivel a klímaberendezés szélessége 600mm, ezért a felnyíló orrsz helyfoglalását is figyelembe véve a kényelmes beszerelés (daruzás) érdekében a 966mm kihúzási hosszat megengedő fióksínt választottam. A klímaegység tömege 220kg, a két fióksín kihúzott állapotban is megnyugtató biztonsággal elbírja a készüléket ($258kg \cdot 2 = 516kg$).

A **30. ábrán** a keretre szerelt kihúzott állapotban lévő fióksínek láthatóak. A kereten látható, hogy a klíma hűtőjéből kiérkező levegő egy rácson halad át, ami a klímakészülékbe való idegen anyag bejutását hivatott megakadályozni.



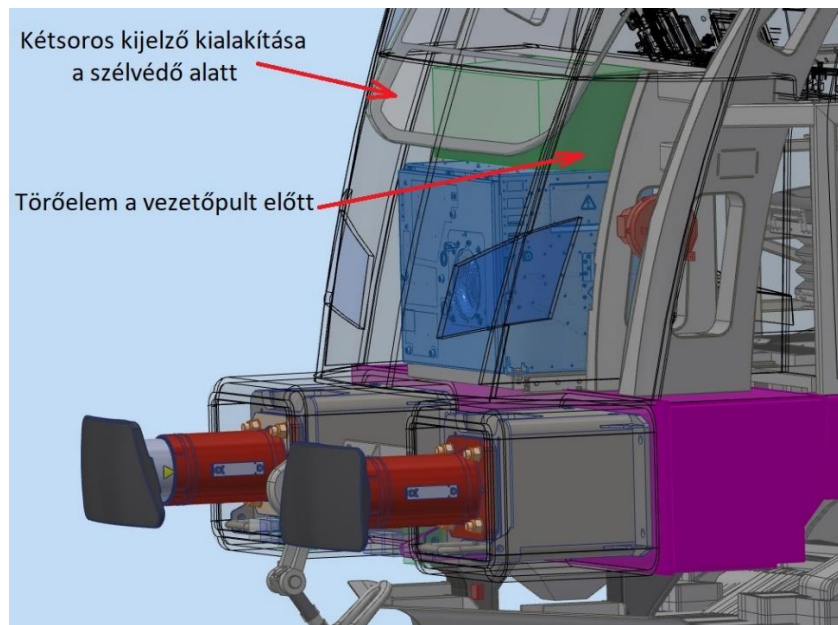
30. ábra: Kihúzott állapotban lévő fióksín a kerettel

A **31. ábrán** a beépített fióksín a klímatarató kerettel, és az arra rögzített klímaegység a beépítési helyén látható.



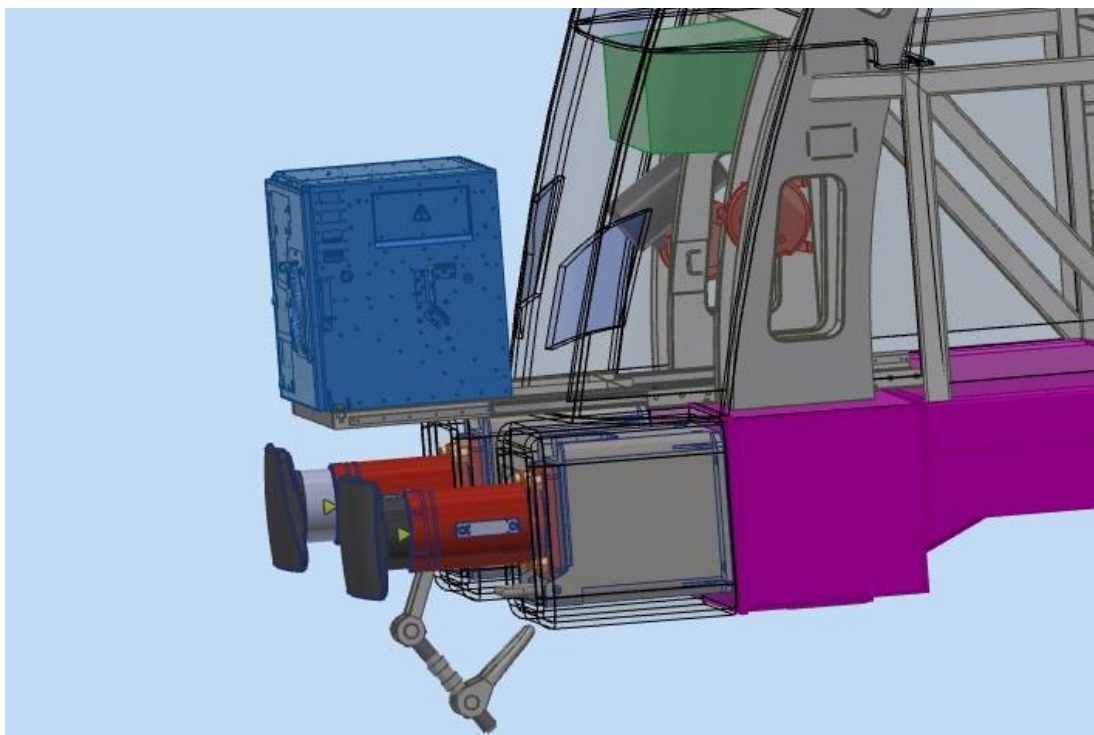
31. ábra: A fióksínek a keretre szerelve beépítve, a klímaegységgel

Ezzel a fióksínnel és kerettel a klímaegység magasabbra került a szükségesnél. A klímaegység fölött, így a szélvédő alá beépítendő kétsoros kijelző nem férne el. Ráadásul a vezetőpult elé törőelem, ütközési energia egy részét elnyelő egység, kerül beépítésre, aminek a tervezett magassága nagyobb volt, mint a klímaegység felet rendelkezésre álló hely. A beépített klímaegység és a felette található elemek a **32. ábrán** láthatóak.



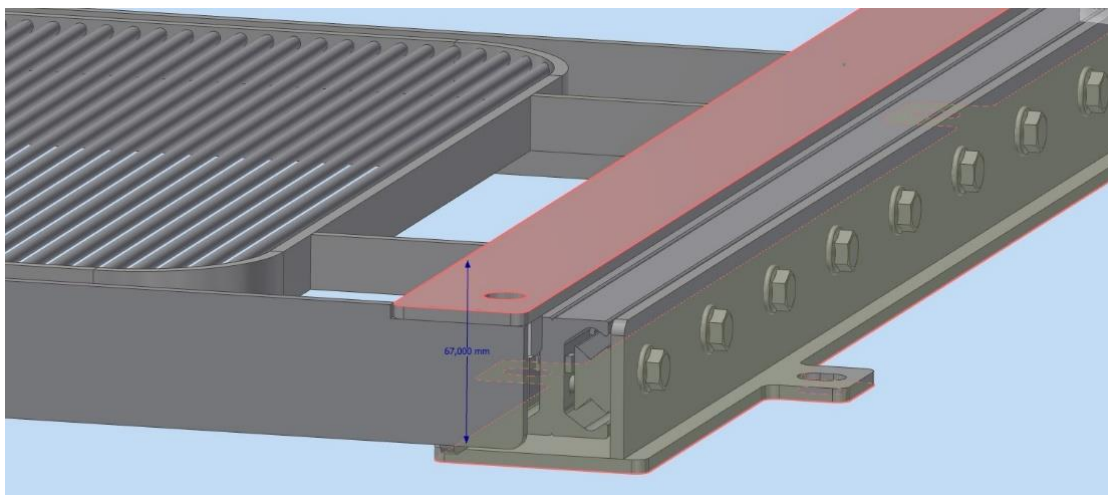
32. ábra: A beépített klímaegység és a felette található törőelem

A klímaegység beépítését modellezi a **33. ábra**, ahol a készülék a teljesen kihúzott sínekre van helyezve. Ennél a megoldásnál daruzással is megoldható a klímaegység kihúzott sínekre helyezése.



33. ábra: A klímakészülék beépítésének modellezése

A fióksín és a keret magassága 67mm , ezt a magasságot kellett csökkentenem. A klímaegység két oldalán elhelyezkedő két merevítő oszlop és a klíma közötti távolság szűkössége miatt nem lehetett ezzel a fióksínnel lejjebb süllyeszteni a klímaegységet. Más kialakítású fióksínt kellett választanom. A keretre szerelt fióksín magassága, azaz a klíma homloktartótól való távolsága a **34. ábrán** látható.



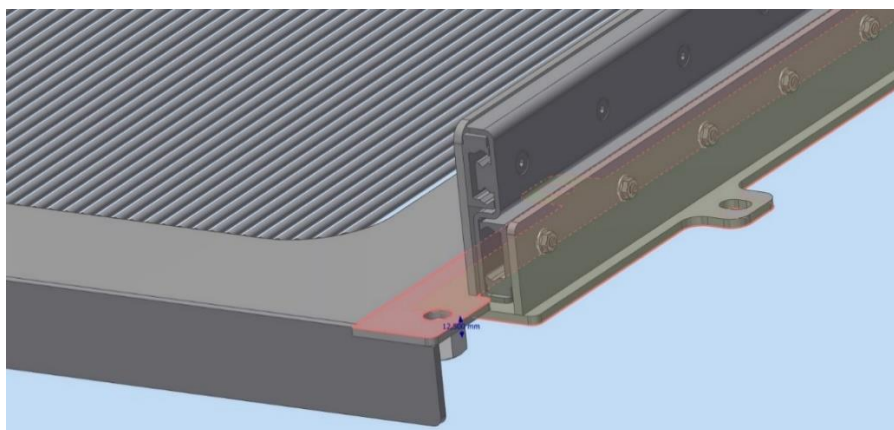
34. ábra: A keretre szerelt fióksín beépítési magassága (67 mm)

Választásom a 886mm kihúzási hosszon $2\,830\text{N}$ terhelést megengedő keskeny fióksínre esett. A **35. ábrán** a keretre szerelt kihúzott állapotban lévő keskeny fióksínek láthatóak. A fióksín és a keret magasságát az új keskeny szerkezettel sikerült $12,5\text{mm}$ -re csökkenteni, így a klímaegység beépítési magassága $54,5\text{mm}$ -rel csökkent.



35. ábra: Kihúzott állapotban lévő keskeny fióksín a kerettel

A keretre szerelt fióksín magassága, azaz a klíma homloktartótól való távolsága a **36. ábrán** látható.



36. ábra: A keretre szerelt keskeny fióksín beépítési magassága (12,5 mm)

Amikor a Faiveley cég megküldte számomra a klímaberendezés modelljét, akkor vált egyértelművé, hogy ez a típusú klímaszerkezet van beépítve a Vectron mozdonyokba is. Mivel a MÁV-nak egyelőre még nincsenek Vectron mozdonyai, így a GYSEV soproni javítóbázisán megszerveztem egy klímacserére beálló Vectron mozdony szemrevételezését. A klímaegység cseréje igen gyorsan elvégezhető, két személy szükséges hozzá. A klímaegységet, egy a mozdony előtt álló targonca villáira húzza két munkás a klímaegységet megvezető csúszóbetétes sínekről. A beszerelésnél a targonca a kívánt magasságba emeli az egységet, majd a két operátor a helyére tolja azt. Mivel a klímaegység cseréje nem mindennapos folyamat, ezért felesleges drága fióksíneket tervezni a beépítésének a segítésére. A fióksín az esetlegesen naponta többszöri használatot is képes jól elviselni. Ebben az esetben az egyszerűbb, csúszó rendszerű sín is megfelelő lehet. A két fióksín költsége meghaladja a félmillió forintot (nettó 574 899 Ft), míg tömege a kerettel együtt 43,11kg.

A **37. ábrán** a Vectron mozdony klímaberendezésének behelyezését megkönnyítő csúszóbetétes sín látható. A klímaberendezés csak a meghibásodások alkalmával kerül kiszerelésre, mivel a szűrők cseréje a klíma eltávolítása nélkül végezhető el.

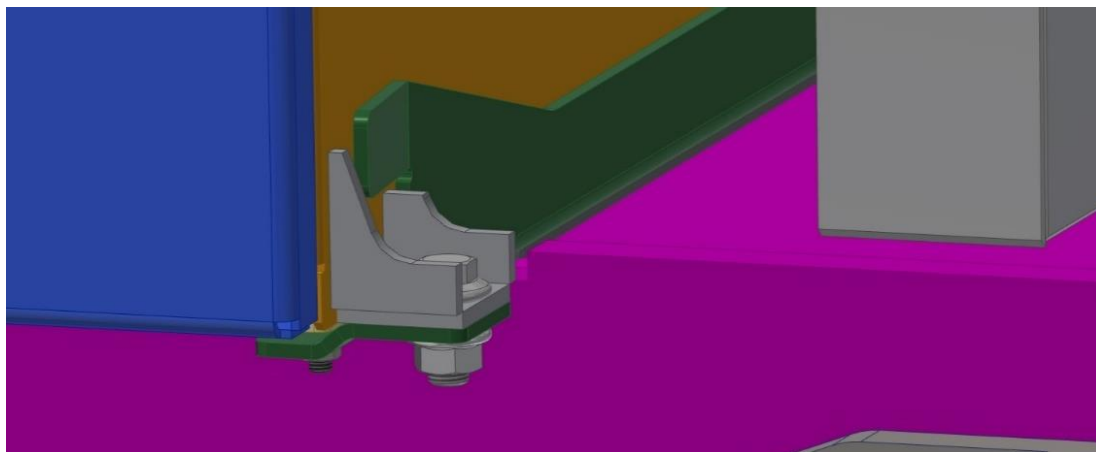


37. ábra: A klímaberendezésének cseréjét megkönnyítő csúszóbetétes sín

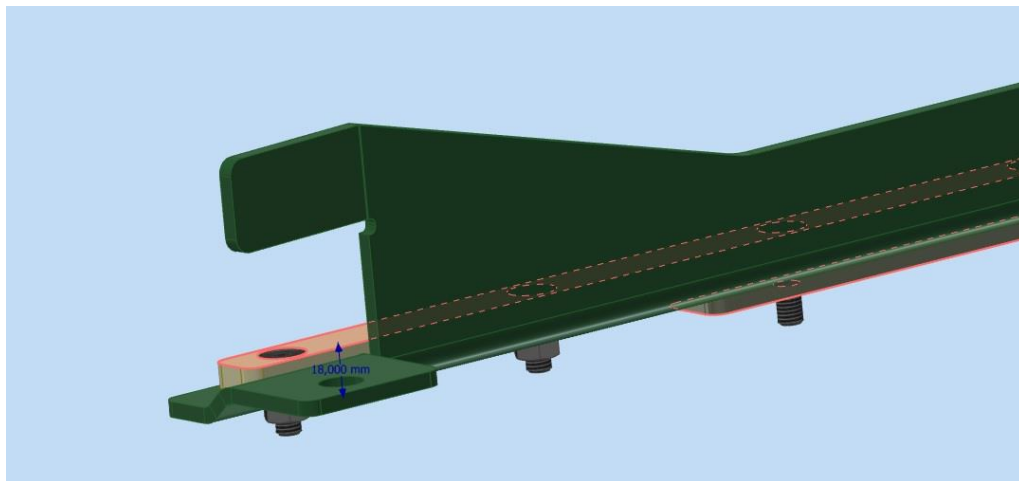
A **38. ábrán** látható, amint a klímaberendezést két személy könnyedén a mozdony előtt álló targonca villájára húzza. A **39. és a 40. ábrán** a saját tervezésű csúszóbetétes sín látható.



38. ábra: A mozdony klímaberendezésének cseréje



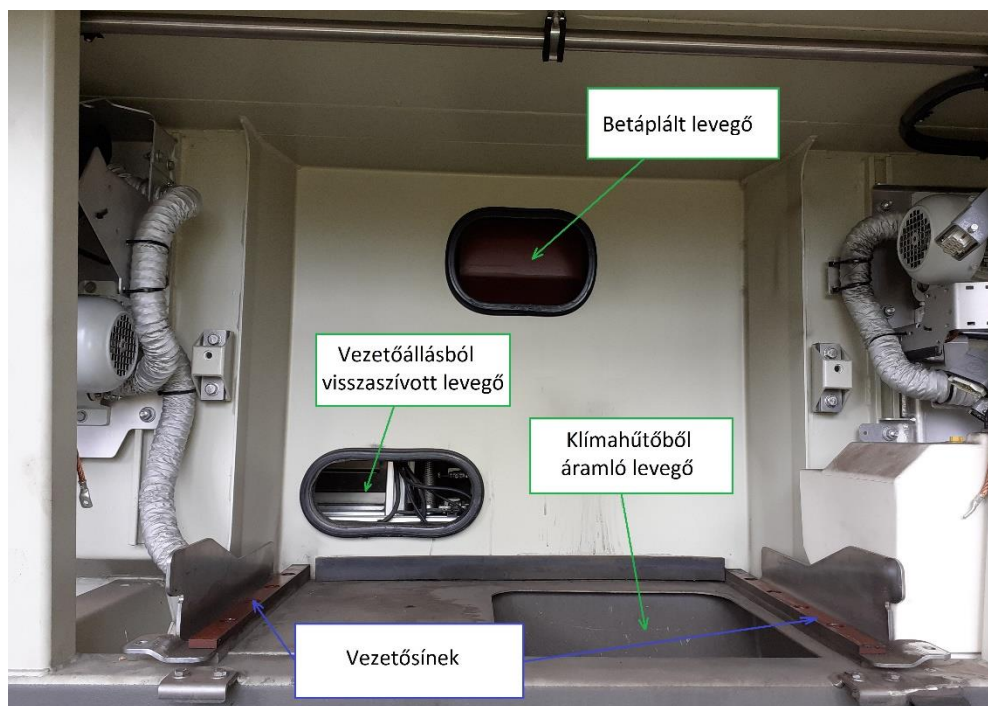
39. ábra: Saját tervezésű csúszó sín a klímaegységgel



40. ábra: Saját tervezésű csúszó sín beépítési magassága (18 mm)

5.4. A csatornarendszer tervezésének előkészítése

A **41. ábrán** a Vectron mozdony klímaegység mögötti tér látható, ahol a klímaház befűvő és visszaszívó nyílásai csatlakoznak a vezetőállás nyomástartó teréhez.



41. ábra: A klímaegység beépítési helye

A visszaszívott levegő, csatornázás nélkül van kialakítva, egyszerűen a padló közeléből, a vezetőállás alsó részéből szívja vissza a vezetőállásból a levegőt. A vezetőállásba betáplált levegő csatornarendszere is igen egyszerű kialakítású. Háromfelé ágazik a rendszer a csatlakozásnál. A légcsatornák a meleg, illetve a hideg levegőt a mozdonyvezető és a kísérőülés lábrészához, illetve a szélvédő alsó részére fújják. A kifűvő nyílás kialakítása a mozdonyvezető- és a vonatkísérő lábrésznél a **42. és a 43. ábrán** látható.

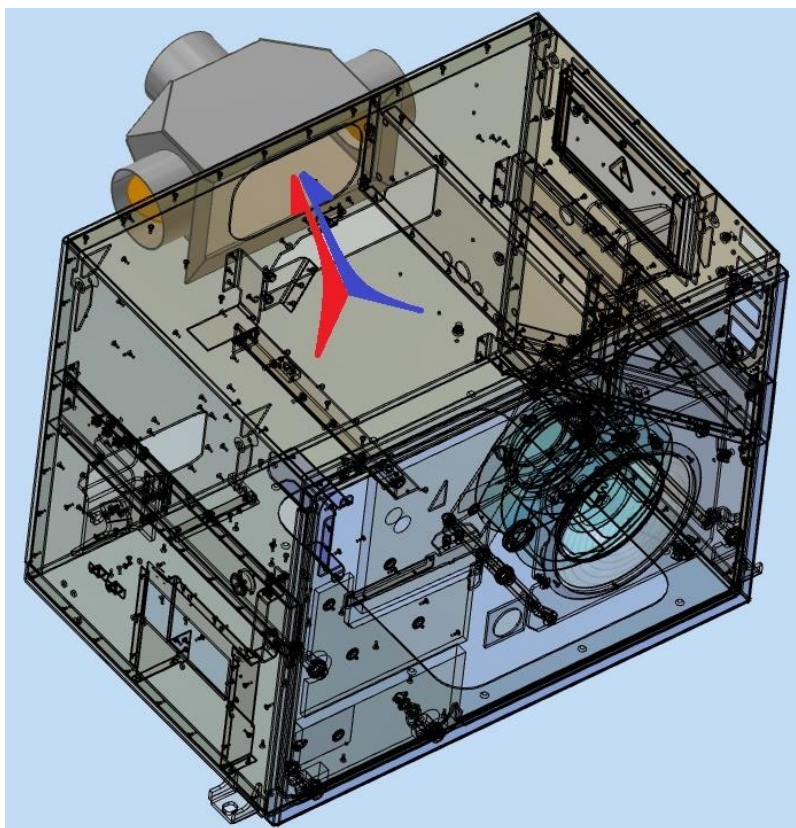


42. ábra: A mozdonyvezető lábára fűjő csatornakivezetés



43. ábra: A mozdonykísérő lábára fűjő csatornakivezetés

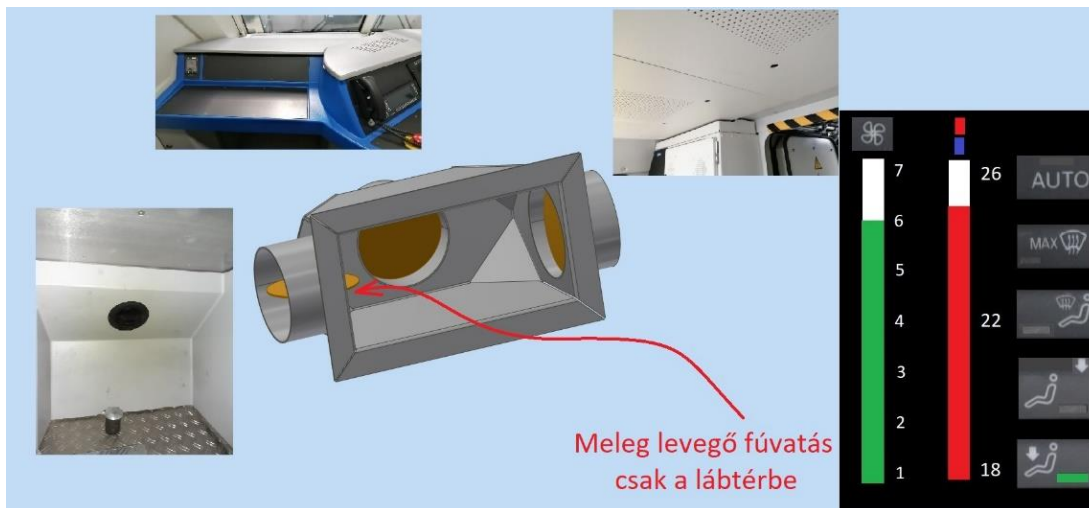
Az elképzelésem szerint a Vectron mozdonyéhoz képest egy bonyolultabban, de funkciójában jobb csatornakialakítást tervezek. Mindenféleképpen különbséget kívánok tenni a meleg-, illetve hideg levegő vezetőtérbe juttatása között. Tehát a fűtés és a hűtés csatornarendszere külön válna. A meleg levegőt alacsonyan szeretném a térbe juttatni, viszont a hideg levegőt minél magasabbról, lehetőleg a mennyezetről kívánom a vezetőtérbe fűjatni. A **44. ábrán** az elképzelt, levegő elosztására alkalmas elosztódoboz látható.



44. ábra: A klímaegységhez csatlakozó elosztódoboz

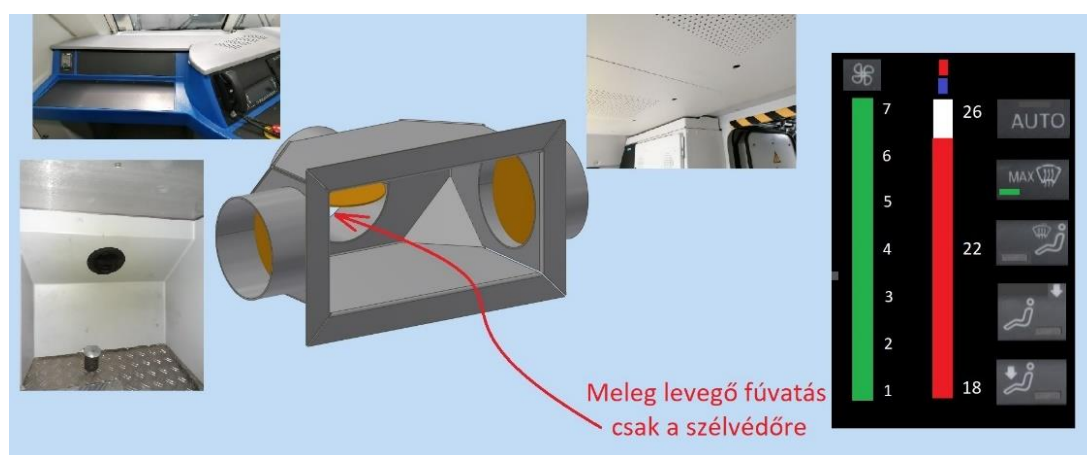
Az elosztódoboz három irányban tudná csappantyúk segítségével a levegőt szétosztani.

A klímaegységből kiáramló levegőt az elosztóegység a lábtérbe, a szélvédőre és a mennyezet felé tudná elosztani, attól függően, hogy hideg-, illetve meleg levegőről, tehát fűtésről, vagy hűtésről beszélünk. A csappantyúk kialakítása és vezérlése igen egyszerű lenne. A fojtószelepeknek csak két állása lenne, nyitott és zárt pozícióba lehetne kivezérelni őket. A **45. ábrán** látható, hogy az elosztódobozban a szélvédő és a mennyezet felé ágazó csatornarész csappantyúi zárva vannak. Csak a lábrészhez vezető csatorna csappantyúja van nyitva. Az ábra jobb oldalán elhelyezett érintő felületű kijelzőn leolvasható, hogy a ventilátor hatos fokozaton fűjatja a 25°C-ra beállított meleg levegőt a lábtér felé.



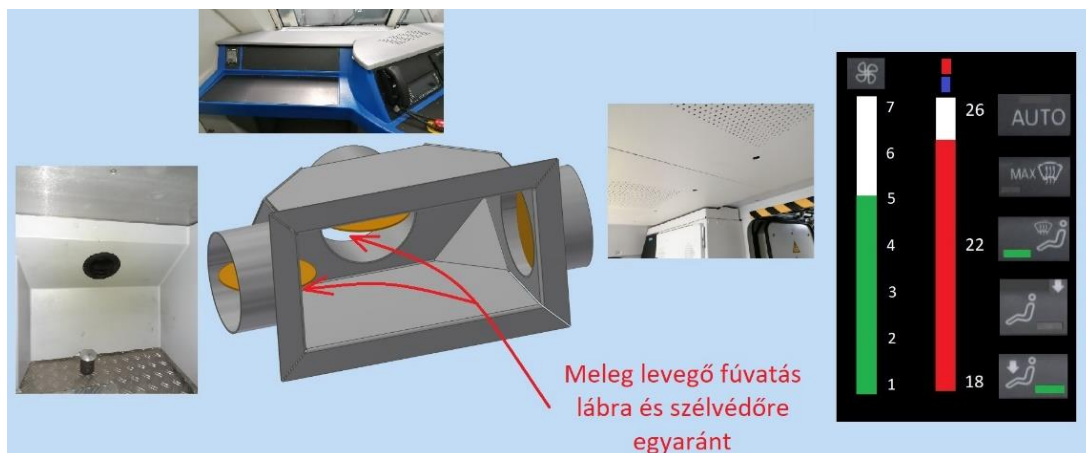
45. ábra: Meleg levegő fűtatása lábtérbe

A **46. ábrán** látható, hogy az elosztódobozban a lábtér és a mennyezet felé ágazó csatornarész csappantyúi zárva vannak. Csak a szélvédőhöz vezető csatorna csappantyúja van nyitva. Az ábra jobb oldalán elhelyezett érintő felületű kijelzőn leolvasható, hogy a ventilátor maximális, hetes fokozaton fűjatja a 25°C-ra beállított meleg levegőt a szélvédő felé.



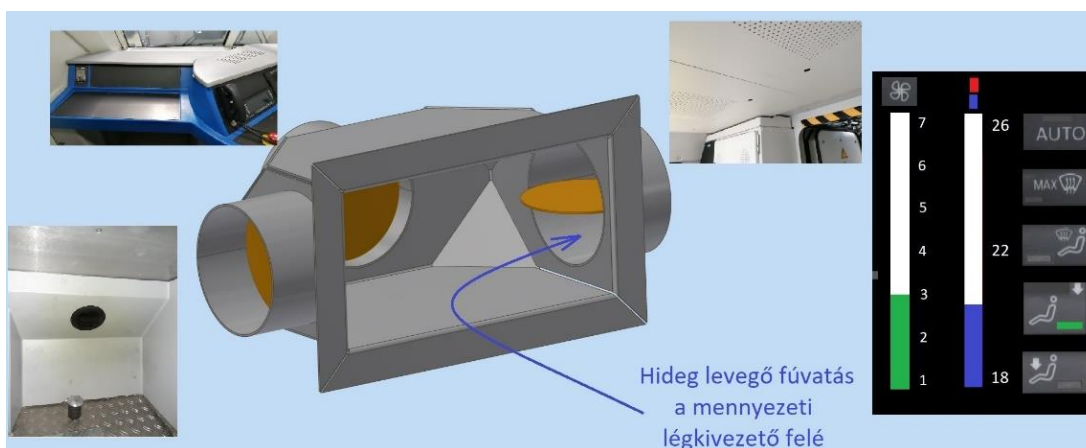
46. ábra: Meleg levegő fűtatása szélvédőre

A **47. ábrán** látható, hogy a mennyezet felé ágazó csatornarész csappantyúja zárva van. A lábtérhez és a szélvédőhöz vezető csatorna csappantyúja nyitva van. Az ábra jobb oldalán elhelyezett érintő felületű kijelzőn leolvasható, hogy a ventilátor ötös fokozaton fűjatja a 25°C-ra beállított meleg levegőt a szélvédő és a lábtér felé.



47. ábra: Meleg levegő fúvatása a lábtérbe és a szélvédőre egyaránt

A **48. ábrán** látható, hogy az elosztódobozban a lábtér és a szélvédő felé ágazó csatornarész csappantyúi zárva vannak. Csak a mennyezeti légkivezető felé vezető csatorna csappantyúja van nyitva. Az ábra jobb oldalán elhelyezett érintő felületű kijelzőn leolvasható, hogy a ventilátor hármasként fűtja a 20°C-ra beállított hideg levegőt, felfelé, a mennyezeti légkivezető felé.



48. ábra: Hideg levegő fúvatása a mennyezeti légkivezető felé

A Faiveley kísérleti úton meghatározott egy maximális csatorna légáramlási sebességet, amely akusztikai szempontból nagyon fontos. Ennek a sebességnek a nagyobb áramlási zajok elkerülése érdekében a legmagasabb értéke $6 \frac{m}{s}$.

Az ISOVER egy légcsatorna gyártásával foglalkozó cég. Olyan csatornarendszert kínál, amelyet a megrendelő a szerelés helyszínen tud összeállítani speciális szerszámok, ragasztószalag segítségével, megfelelően merevített, önhordó üvegyapot lapokból. Ennél a rendszernél a belső hálódos üvegyapot hangelnyelő képességének köszönhetően a csatornán belüli áramlási sebessége a $18 \frac{m}{s}$ -ot is elérheti.

A csatornarendszer belsejében ajánlott legmagasabb áramlási sebességet a műszaki adatlap tartalmazza, aminek egy részlete a **4. táblázatban** megtalálható.

4. táblázat: ISOVER A2 Neto műszaki adatlap részlet (forrás: [8])

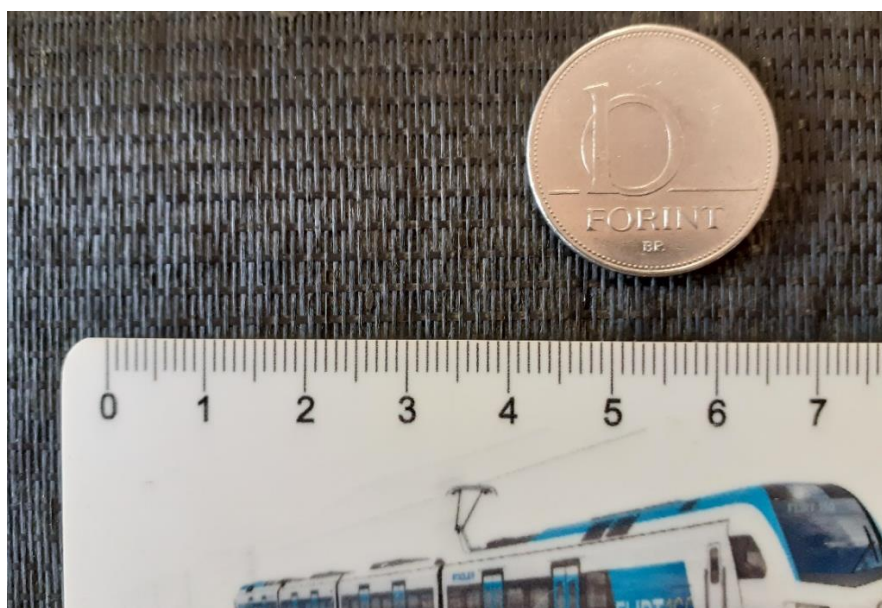
CHARACTERISTIC	SYMBOL	UNIT	QUANTITIES AND DECLARED VALUES	STANDARD
Reaction to fire	-	-	Non combustible, Euroclass A2-s1, d0	EN 13501-1 EN 15715
Application field	-	-	CLIMAVER® is a self-supporting duct for air-conditioning, ventilation and heating systems CLIMAVER® has been designed to offer excellent thermal performance, acoustics, fire safety and high level of air-tightness making the system energy efficient	EN 13403
Airtightness	-	-	Class D	EN 1507 EN 12237
Resistance to pressure	-	Pa	800	EN 13403
Pressure losses	-	Pa	For normal HVAC system air speeds pressure drops are similar to metal ducts	-
Dimensional stability	-	%	Quantities and measured values : < 1	EN 1604
CE marking	-	-	CE marking designation code MW-EN14303-T5-MV1	EN 14303
Water vapour resistance	-	m ² ·h·Pa/mg	140	EN 12086
Quality management	-	-	ISOVER is certified according to EN ISO 9001 and EN ISO 14001	EN ISO 9001 EN ISO 14001
Installation unique feature	-	-	Duct assembly: exclusive male/female molded shiplap	-
Working conditions	-	-	Resistant to mechanical cleaning methods Maximum air speed: 18 m/s Maximum temperature of circulating air: 90°C	-

Egy ISOVER rendszerű összeállított sarok elem a **49. ábrán** látható.



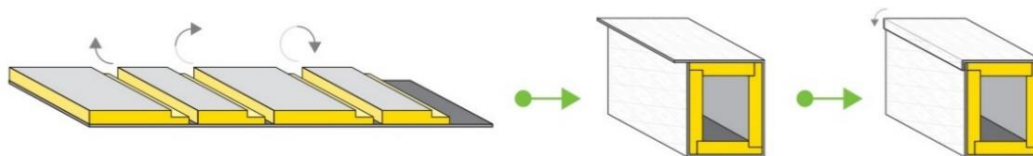
49. ábra: ISOVER rendszerű sarokelem
(forrás: ISOVER elektronikus termékkatalógusa)

Az **50. ábrán** a rendszer belső, jó hangelnyelő, nagy kopásállóságú felülete látható.



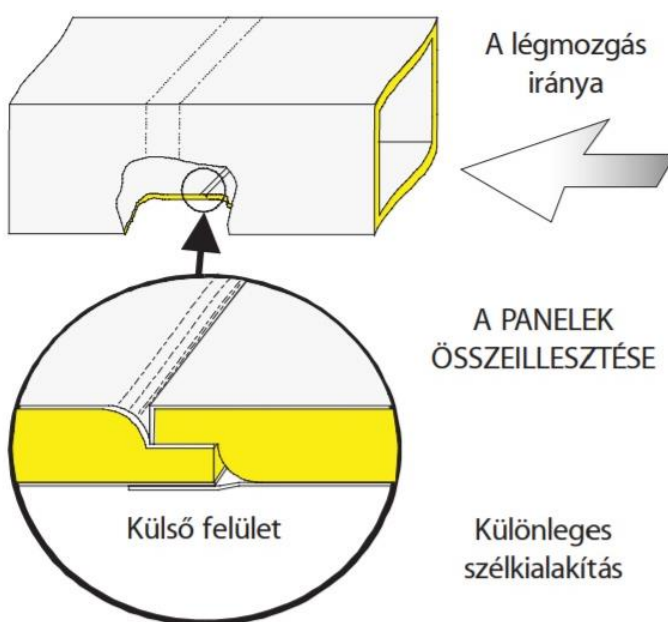
50. ábra: ISOVER rendszer belső borítása

Az ISOVER rendszer összeállítása az **51. ábrán** látható.



51. ábra: ISOVER rendszer összeállítása
(forrás: CLIMAVÉR szerelési útmutató)

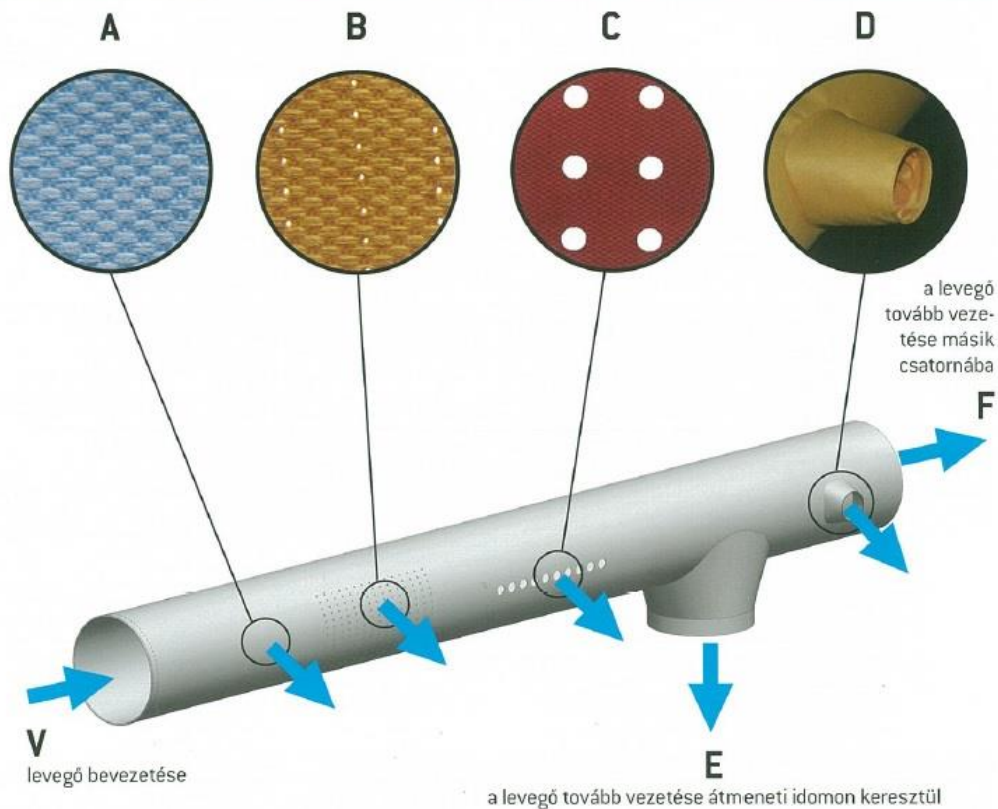
Az összeszerelt panelek hosszirányú toldása az **52. ábrán** látható.



52. ábra: ISOVER rendszer hosszirányú toldása
(forrás: CLIMAVÉR szerelési útmutató)

A Prihoda egy textil légszűrő gyártásával foglalkozó cég. Bonyolult csatornarendszerek alakíthatók ki a segítségével. A cég vállalja a szoftver segítségével való áramlástechnikai méretezést, a szabásminta megtervezését, a termék legyártását. A rendszer könnye telepíthető, kis tömeggel bír, páralecsapódás mentes, tisztítása nagyon egyszerű, hisz csak mosógépben ki kell mosni az egymáshoz cipzárral erősített darabokat. Az **53. ábra** a textil légszűrő rendszer levegő kiáramlási variációkat mutatja be. Az **54. ábra** egy bonyolult több elágazásos csatornát mutat. Az **55. ábrán** egy szélvédőre fűtő csatornakialakítás látható, míg az **56. ábra** a textil légszűrőben, szoftver segítségével meghatározott, nyomáseloszlást ábrázolja. A textil légszűrőnek nyomásvesztése nagyon hasonlít a hagyományos légszűrőkéhez. Számításokkal alátámasztva egy bonyolultabb textil légszűrő rendszer hasonló eredményeket ért el, mint a fémlemez légszűrő. Minimális statikus nyomás szükséges, hogy a textil légszűrő megtartsa a megfelelő formáját, ami függ a felhasznált szövet súlyától. $20Pa$ elegendő a könnyű anyagoknak, és $50Pa$ a közepes vagy nehéz fajtáknak. A nyomáselosztás a textil légszűrőn eltérő az átlagos légszűrőkhöz képest, mivel a csökkenő légáram miatt a légsebesség csökken [9].

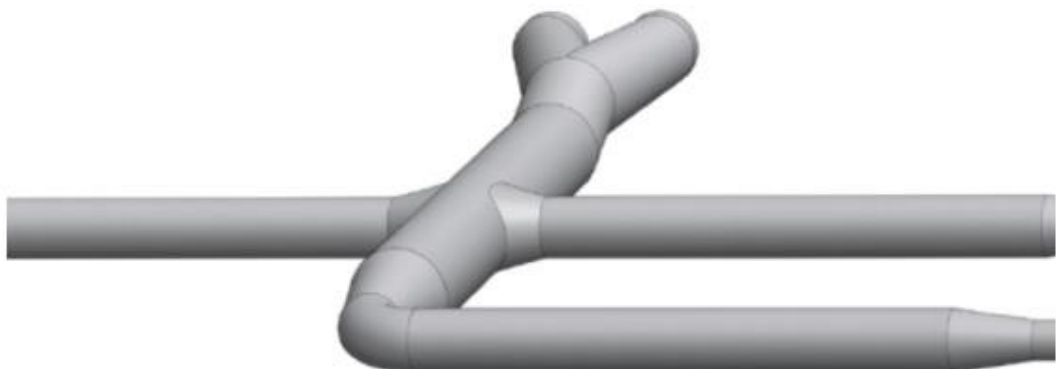
- A - légáteresztő szöveten keresztül
- B - mikroperforáción át - 0.2 - 0.4 mm-es lyukak a szövetben
- C - perforáción át - 4 mm-es átmérőnél nagyobb lyukakon
- D - fúvókán át - lásd az 5. fejezetben
- E - átmeneti idomon keresztül - a levegő átvezetésre kerül egy másik csatornába
- F - tovább vezetés egy másik csatornába



Mindig igaz, hogy: $V = A + B + C + D + E + F$

(az A, B, C, D, E, F bizonyos értékei lehetnek zérók)

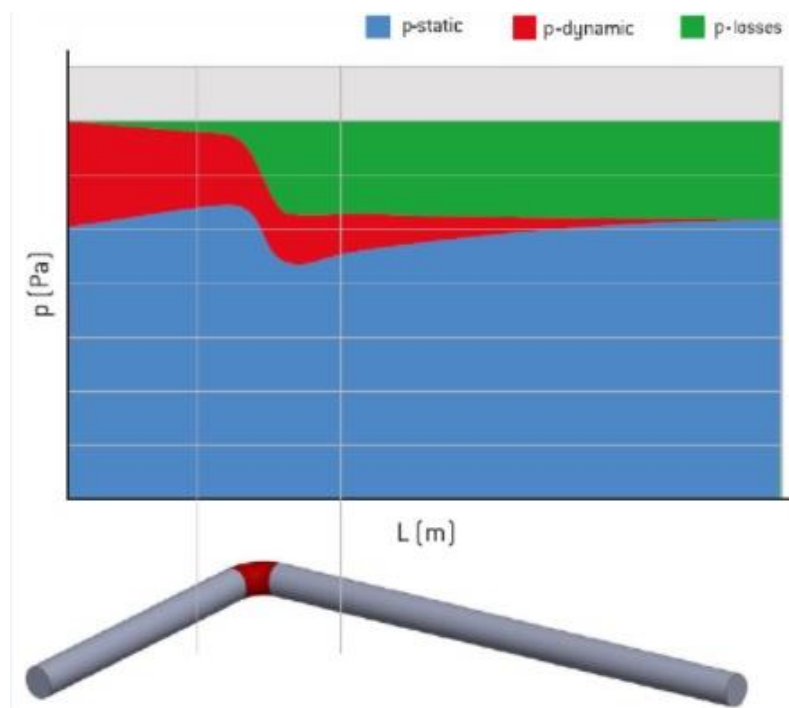
53. ábra: Levegő kiáramlás a textil légcsatornából
(forrás: Prihoda termék katalógus)



54. ábra: Egy bonyolultabb csatornaelágaztatás a Prihoda rendszer segítségével
(forrás: Prihoda termék katalógus)



55. ábra: Szélvédőre fűtő csatornakialakítás a Prihoda rendszer segítségével
(forrás: Prihoda termék katalógus)

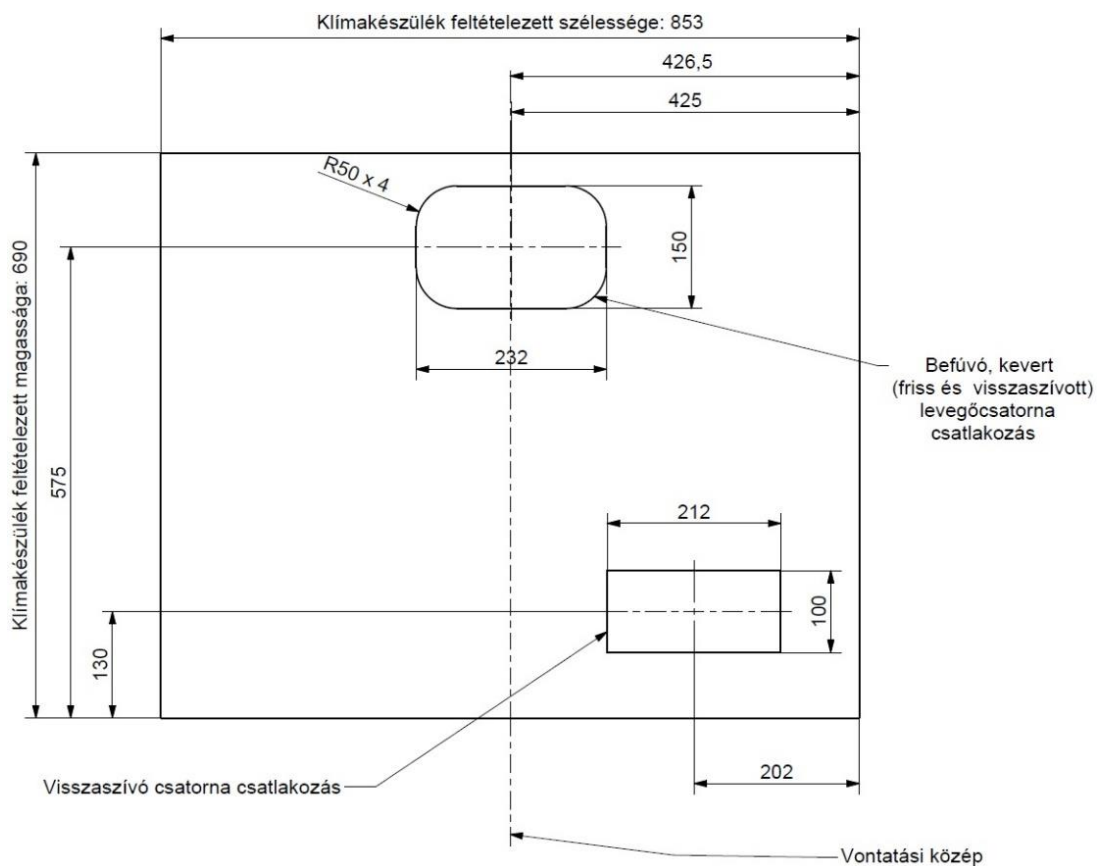


56. ábra: Prihoda rendszerű textil légcatornában a nyomás eloszlásának az alakulása
(forrás: Prihoda termék katalógus)

5.5. A csatornarendszer megtervezése a Faiveley elvárásainak megfelelően

5.5.1. Levegőelosztó egység tervezése

A csatornarendszer gyártható fémből, amit utólagosan hangszigetelő anyaggal burkolnék, ami a páralecsapódást is megakadályozza a csatorna belső felületén. A csatorna gyártható magából a hangszigetelő anyagból, amiből megfelelő technológiával csatorna formázható. A legfontosabb, az anyagnak mindenképpen meg kell felelni a vasúti tűzvédelmi előírásoknak (EN 45545-2). A fém belső felületnél $6 \frac{m}{s}$, míg a hangszigetelő anyaggal borított belső felületű rendszernél $18 \frac{m}{s}$ a megengedett belső áramlási sebesség a kellemetlen akusztikai hatások elkerülése érdekében. A klímaegység és a csatornarendszer csatlakozó felületének kialakítása az **57. ábrán** látható.



57. ábra: Klímaegység és a csatornarendszer csatlakozó kialakítása

A befűvő keresztmetszet az ábra alapján:

$$A_3 = 150mm \cdot 232mm - \left(100mm \cdot 100mm - \frac{(100mm)^2 \cdot 3,14}{4} \right) \\ = 34\,800mm^2 - 2\,150mm^2 = 32\,650mm^2$$

A klímaegység légszállító képessége, térfogatáram a befűvő csatlakozásnál:

$$\dot{V}_3 = 700 \frac{m^3}{h}$$

A klímaegységből kilépő levegő sebessége:

$$v_3 = \frac{\dot{V}_3}{A_3} = \frac{\frac{700 \frac{m^3}{h}}{3600}}{\frac{32650 mm^2}{10^6}} = 5,9554 \frac{m}{s}$$

Az adatból látható, hogy a Faiveley a klímaegység tervezésénél figyelt rá, hogy a szerkezetből kilépő levegő sebessége $6 \frac{m}{s}$ alatt maradjon.

A légelosztó egység kiáramló keresztmetszetei a következők kell, hogy legyenek, ha a kritikus sebesség alatt akarok maradni:

$$A_5 = \frac{\dot{V}_5}{v_5} = \frac{\frac{700 \frac{m^3}{h}}{3600}}{6 \frac{m}{s}} = 0,0324 m^2 = 32407 mm^2$$

$$A_5 = \frac{D_5^2 \cdot \pi}{4} \rightarrow D_5 = \sqrt{\frac{4 \cdot A_5}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 32407 mm^2}{3,14}} = 203,18 mm$$

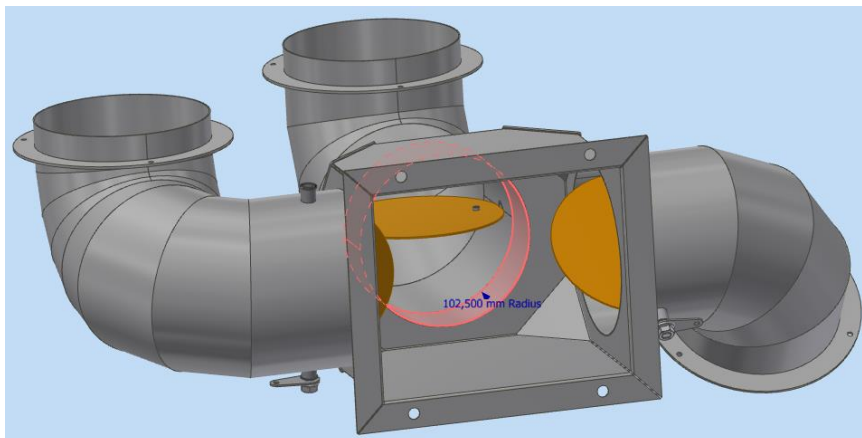
A kritikus sebesség elkerülése miatt, minimum $32407 mm^2$ -es keresztmetszetet kell biztosítani a légáram szétosztásánál. Ez a keresztmetszet minimum $\varnothing 204 mm$ -es kiáramló átmérőt igényel. $\varnothing 205 mm$ -es belső és $\varnothing 208 mm$ -es külső csatlakozási méretet választok. Ebben az esetben az áramlási sebesség a következőképpen alakul:

$$A_6 = \frac{(205 mm)^2 \cdot 3,14}{4} = 32989 mm^2$$

$$v_6 = \frac{\dot{V}_6}{A_6} = \frac{\frac{700 \frac{m^3}{h}}{3600}}{\frac{32989 mm^2}{10^6}} = 5,89 \frac{m}{s}$$

Az érték igen közel van a $6 \frac{m}{s}$ megengedett sebességhez, de ez nem jelent gondot, mivel ez nem egy olyan határ, mint például a folyáshatár, ahol mindenképp alatta kell maradni a megengedett határértéknek. Nem kell biztonsági tényezőt beépíteni a rendszerszámításnál. Itt átlagsebességet veszek figyelembe, és mivel a csőrendszer íveket, átmeneti keresztmetszeteket tartalmaz, biztos, hogy lokálisan lesz olyan szakasz, ahol akár $10 \frac{m}{s}$ fölé emelkedik a sebesség.

A levegőelosztó egységet az adatoknak megfelelően terveztem, ami az **58. ábrán** látható. Az egységben három pillangószelep található, amiket pneumatikus munkahengerekkel vagy elektronikusan működő egységekkel lehet vezérelni.

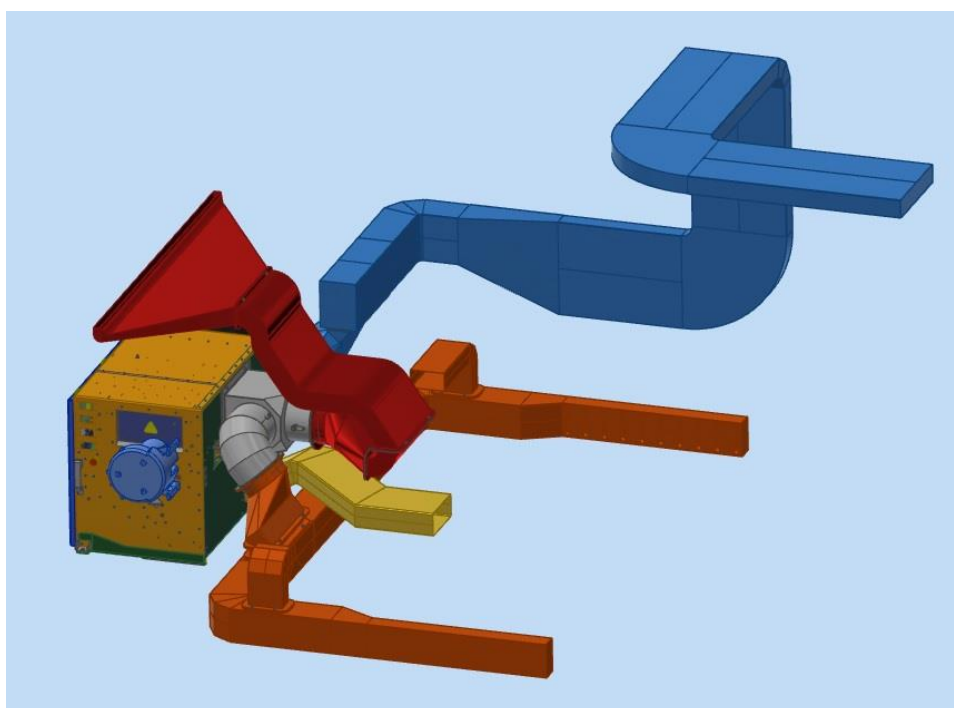


58. ábra: A levegőelosztó egység Ø205mm-es belső mérettel

5.5.2. Csatornarendszer nyomvonal vezetésének lehetőségei

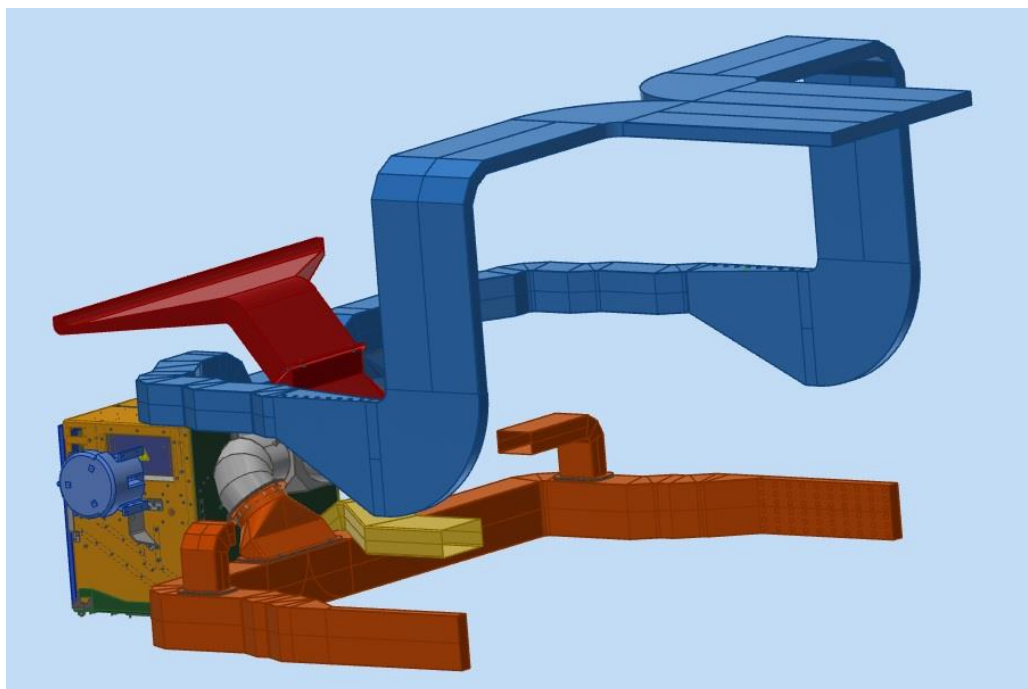
A csatornarendszer egy hosszabb tervezési folyamat eredményeként jött létre. Mivel a vezetőpult és az alatta lévő tér nagyon sok elemet tartalmaz. Ezek energiaellátását, vezérlését, sűrített levegővel való ellátását is meg kell majd oldani, amire figyelemmel kellett lennem. Négy különböző tervváltozatot is készítettem a csatornarendszer véglegesítéséig.

Az első változat az **59. ábrán** tekinthető meg. Ez az elképzelés még egy helyigényesebb és bonyolultabb szélvédőre fűjató, hattyúnyak szerű csatornát tartalmazott, a lábtérhez vezető csatorna a vezetőpult alatti térbe jelentősen benyúlt, illetve a mennyezetre csak egy csatorna vezetett, ami az oldalfal burkolatából jobban kiemelkedett.



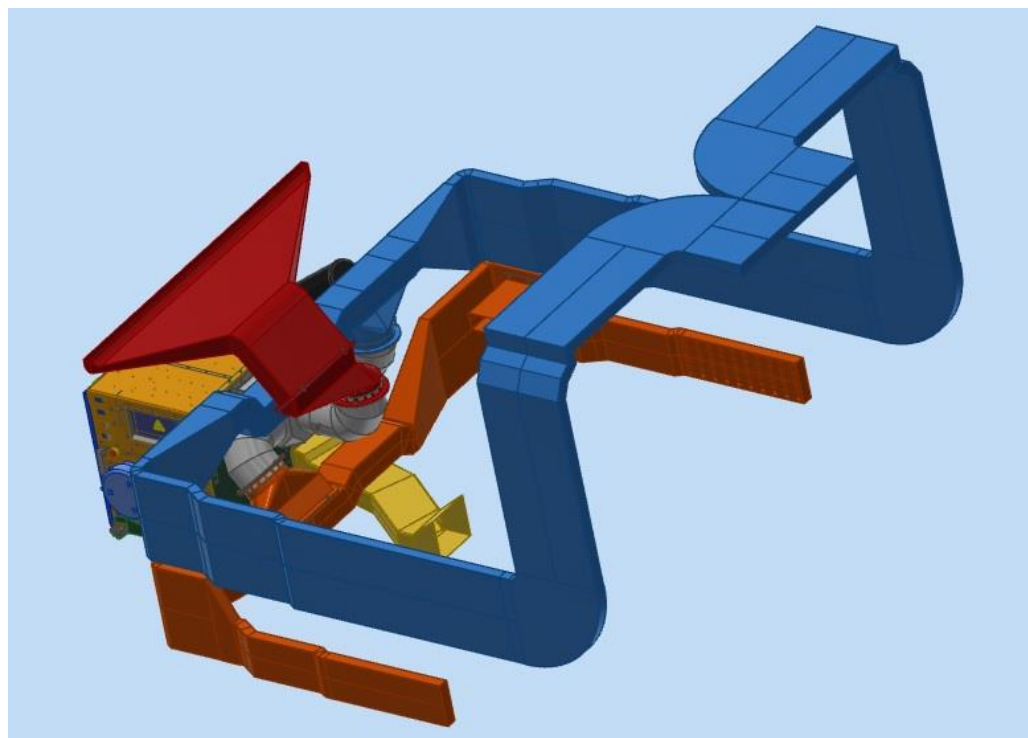
59. ábra: Az első légcsatorna kialakítási elképzelésem

A második változatnál már a szélvédőre fűtő csatorna kompaktabb kialakítású lett. A lábtérhez vezető csatorna már jobban követi az oldalfalvezetést, illetve a mennyezet felé már két csatorna vezet. Ez az elképzelés a **60. ábrán** nézhető meg.



60. ábra: A második légszatóna kialakítási elképzelésem

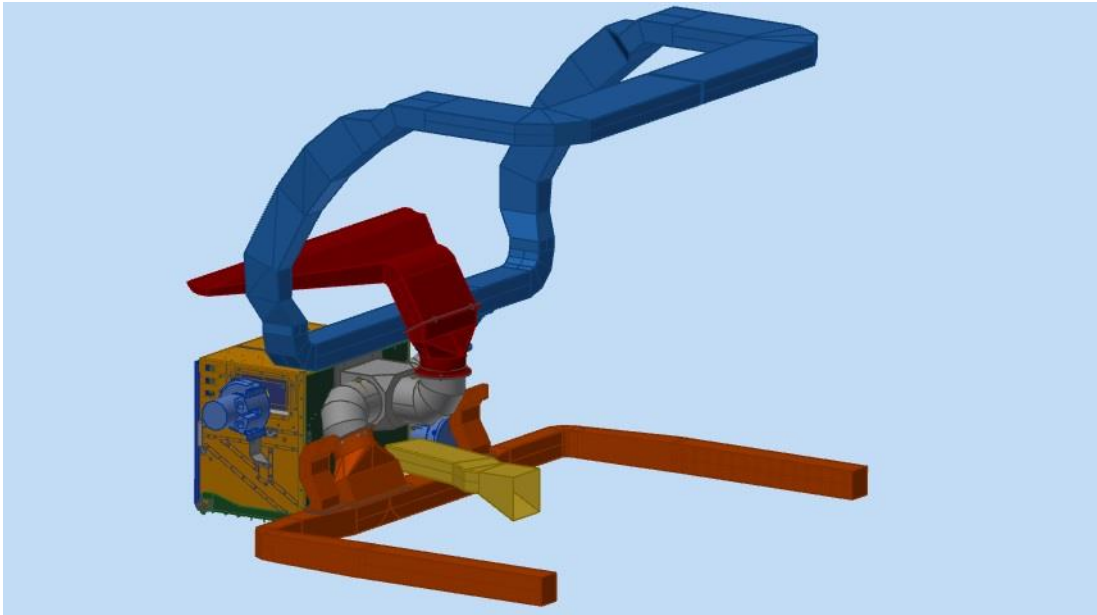
A harmadik elképzelés a **61. ábrán** tekinthető meg.



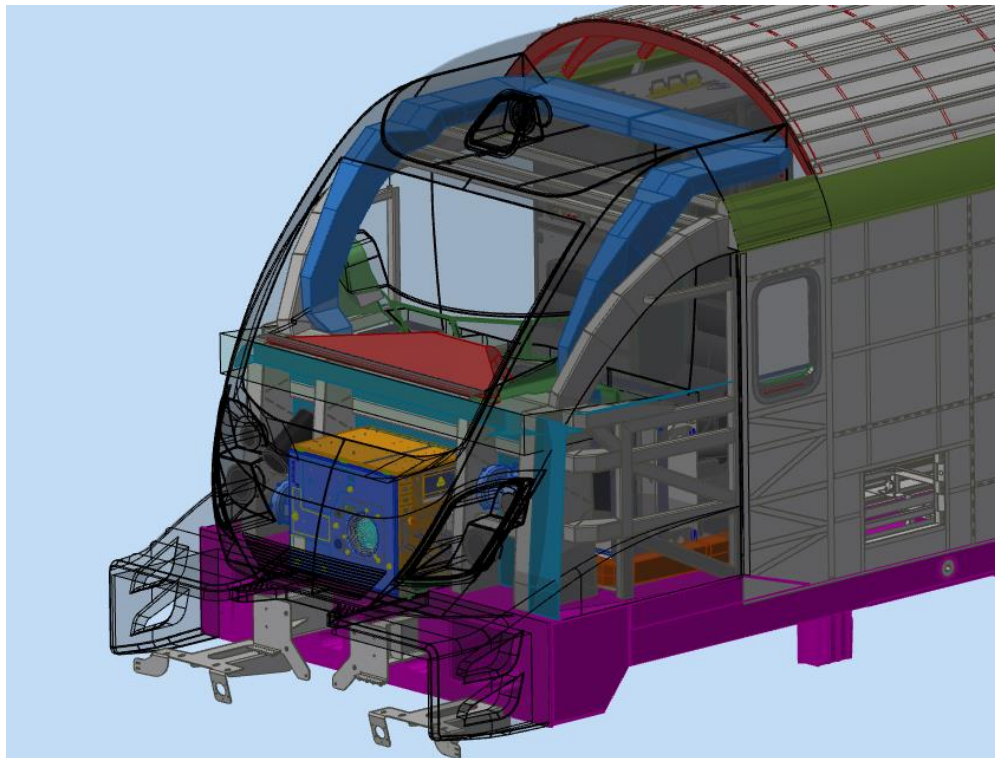
61. ábra: A harmadik légszatóna kialakítási elképzelésem

A harmadik változatnál már az összes csatorna optimális helykihasználásúnak tekinthető, az alulra és a felülre vezető csatornák szorosan követik az oldalfalat és minimálisan 50mm-re emelkednek ki attól, így a belső tér méretét is csak kis mértékben szűkítik.

A negyedik változatnál a két A oszlop nyomvonalát szorosan követi a két mennyezetre vezető csatorna. Ez az elképzelés a **62.** és a **63. ábrán** látható. Ennél a megoldásnál az oldalablak mozgatómechanikájának meghibásodása esetén nem kell a csatornarendszert megbontani, mint az előző lehetőségeknél.



62. ábra: A negyedik csatornakialakítási elképzelésem



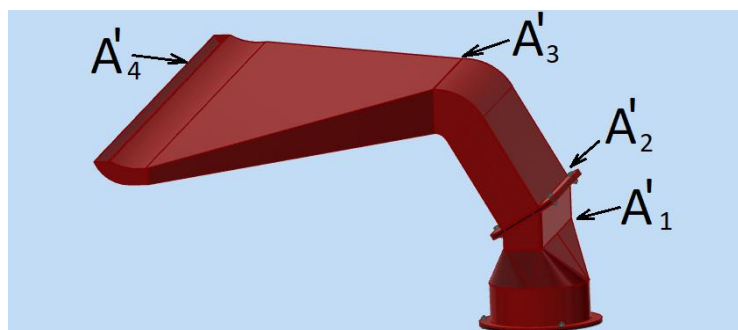
63. ábra: A két csápként az A oszlop mellett felfelé futó csatornák

A légvezetést szövet légcsatornákkal oldanám meg. A légtechnikai modellezést követően kiderülne milyen ellenállású a rendszer és milyen áramlási viszonyok jönnek létre a csatornarendszer belsejében. A légcsatornák szükséges átalakítása után történhet meg a rögzítő fülek megtervezése, szükséges kifeszítés megvalósításának a megoldása. Ezeket követheti a prototípusok gyártása.

5.5.3. Szélvédőhöz vezető csatorna tervezése

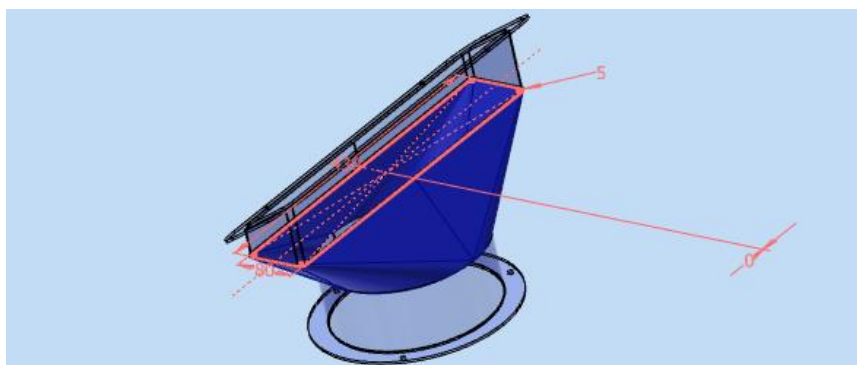
A levegőelosztó egység elhelyezhetősége, a vezetópultban helyet kapó egységek, a vezető ülés-, illetve a kísérő ülés lábtér-kialakítása miatt nincs nagy mozgástér a tervezésnél. A vezetőülés a középsíkhöz közelebb, míg a kísérőülés a középsíktól távolabb helyezkedik el, a klímaegység pont a középsíkban került elhelyezésre. A szélvédőhöz vezető csatornát is a középsíkba építettem be.

Az átmenő keresztmetszetek mindegyikét megvizsgálom, minden keresztmetszetnél kiszámolom a légáramlási sebességeket. Optimális esetben a műszaki gyakorlatban elfogadottnak tekinthető, hogy a fő, gerincvezetékben $6 \frac{m}{s}$ alatt kell tartani a légáramlási sebességet, míg a leágazásoknál, a kifújó nyílásoknál a felére, olyan $3 - 4 \frac{m}{s}$ közé csökkenthető a kilépő légsebesség. A következőkben kiszámított csatorna légsebességek csak tájékoztató jellegű adatok. A csatornában kialakuló légsebesség a csatorna hosszától, a légcsatorna vezetés íveitől, a csatorna levegővel érintkező felület milyenségétől, a csatorna bélés anyagától, tehát a belső ellenállásától is függ. Ezeket az értékeket csak bonyolult számításokkal, áramlástechnikai modellezéssel lehetne meghatározni. Az általam kiszámolt értékeknél a valóságos adatok alacsonyabbak lesznek. A **64. ábrán** a szélvédőre fűjató csatorna keresztmetszet átmenetei láthatóak.



64. ábra: A szélvédőre fűjató csatorna keresztmetszet átmenetei

Az A'_1 keresztmetszet egy lekerekített sarkú téglalap, mely a **65. ábrán** látható.



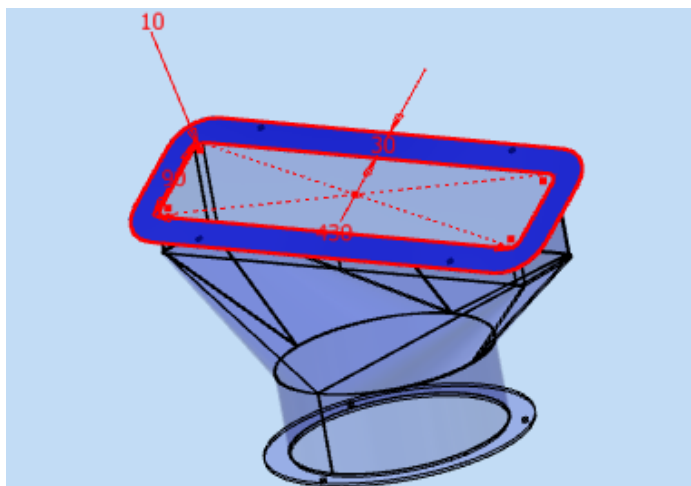
65. ábra: Az A'_1 keresztmetszet

$$A'_1 = 430\text{mm} \cdot 80\text{mm} - \left(10\text{mm} \cdot 10\text{mm} - \frac{(10\text{mm})^2 \cdot 3,14}{4} \right) \\ = 34\,400\text{mm}^2 - 21,5\text{mm}^2 = 34\,379\text{mm}^2$$

$$v'_1 = \frac{V'_1}{A'_1} = \frac{\frac{700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{3\,600}}{\frac{34\,379\text{mm}^2}{10^6}} = 5,65 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Az A'_1 keresztmetszetben az áramlási átlagsebesség $5,65 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ -ra csökken.

Az A'_2 keresztmetszet egy lekerekített sarkú téglalap, mely a **66. ábrán** látható.



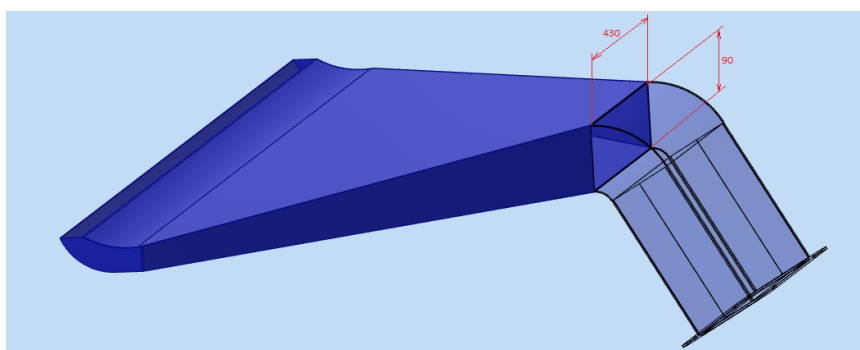
66. ábra: Az A'_2 keresztmetszet

$$A'_2 = 430\text{mm} \cdot 90\text{mm} - \left(20\text{mm} \cdot 20\text{mm} - \frac{(20\text{mm})^2 \cdot 3,14}{4} \right) \\ = 38\,700\text{mm}^2 - 86\text{mm}^2 = 38\,614\text{mm}^2$$

$$v'_2 = \frac{V'_2}{A'_2} = \frac{\frac{700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{3\,600}}{\frac{38\,614\text{mm}^2}{10^6}} = 5,03 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Az A'_2 keresztmetszetben az áramlási átlagsebesség $5,03 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ -ra csökken.

Az A'_3 keresztmetszet egy téglalap, mely az **67. ábrán** látható.



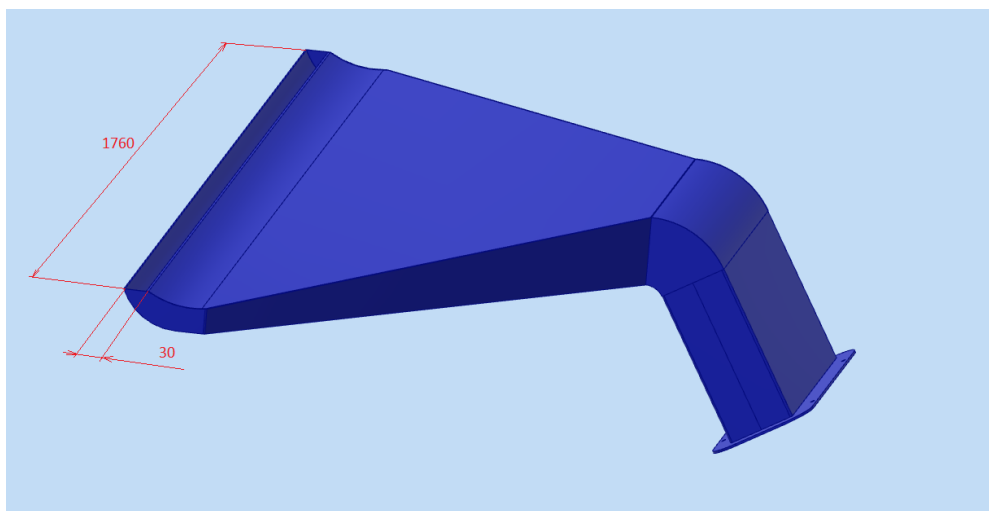
67. ábra: Az A'_3 keresztmetszet

$$A'_3 = 430\text{mm} \cdot 90\text{mm} = 38\,700\text{mm}^2 = 38\,700\text{mm}^2$$

$$v'_3 = \frac{V'_3}{A'_3} = \frac{\frac{700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{3\,600}}{\frac{38\,700}{10^6}} = 5,02 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Az A'_3 keresztmetszetben az áramlási átlagsebesség $5,02 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ -ra változik.

Az A'_4 keresztmetszet egy téglalap, mely a **68. ábrán** látható.



68. ábra: Az A'_4 keresztmetszet

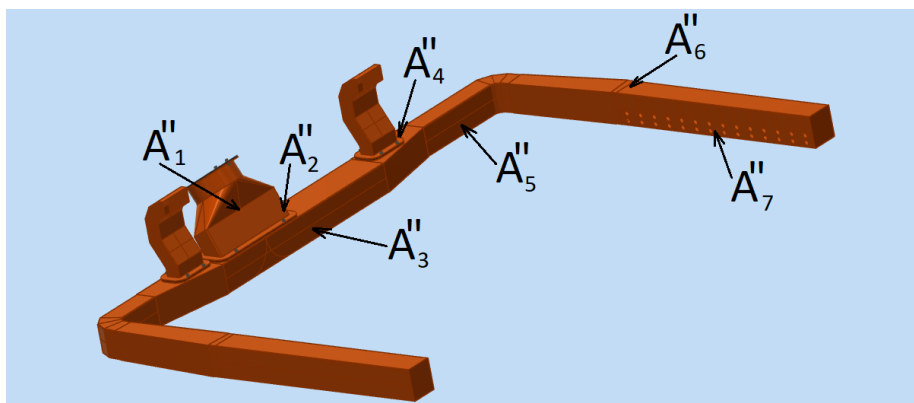
$$A'_4 = 1760\text{mm} \cdot 30\text{mm} = 52\,800\text{mm}^2$$

$$v'_4 = \frac{V'_4}{A'_4} = \frac{\frac{700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{3\,600}}{\frac{52\,800\text{mm}^2}{10^6}} = 3,68 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

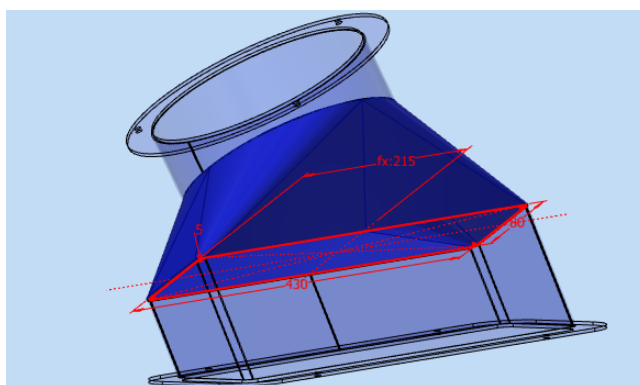
Az A'_4 keresztmetszetben az áramlási átlagsebesség $3,68 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ -ra csökken. Ez a kiáramlási sebesség halk fűtást tesz lehetővé, viszont még kellő intenzitású légáramot biztosít a szélvédő gyors páramentesítésére. A szélvédő valószínűleg fűtőszállal szerelt kivitelű lesz.

5.5.4. Lábtérhez és az oldalablakok alá vezető légcsatorna tervezése

A lábtérhez vezető csatorna az elosztó egység után kétfelé ágazik. A csatornán mindkét oldalon van a lábtérhez leágazás, majd a csatorna folytatódik tovább mindkét oldalon az ülések mellett, egészen a háttámlák síkja mögé. Furatokon keresztül a vezetőállás mindkét oldalán végig áramlik ki a levegő. Az átmenő keresztmetszetek mindegyikét megvizsgálom, minden keresztmetszetenél kiszámolom a légáramlási sebességeket. A **69. ábrán** a lábtérbe fűtató csatorna keresztmetszet átmenetei láthatóak.



69. ábra: A lábtérbe és oldalra fűjtő csatorna keresztmetszet átmenetei
Az A''_1 keresztmetszet egy lekerekített sarkú téglalap, mely a **70. ábrán** látható.



70. ábra: Az A''_1 keresztmetszet

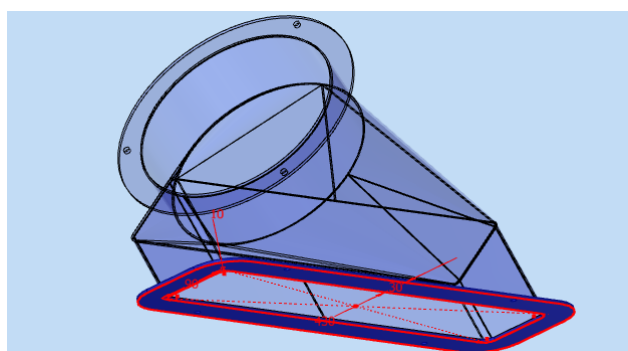
$$A''_1 = 430\text{mm} \cdot 80\text{mm} - \left(10\text{mm} \cdot 10\text{mm} - \frac{(10\text{mm})^2 \cdot 3,14}{4} \right)$$

$$= 34\,400\text{mm}^2 - 21,5\text{mm}^2 = 34\,379\text{mm}^2$$

$$v''_1 = \frac{V''_1}{A''_1} = \frac{\frac{700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{3\,600}}{\frac{34\,379\text{mm}^2}{10^6}} = 5,65 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Az A''_1 keresztmetszetben az áramlási átlagsebesség $5,65 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ -ra csökken.

Az A''_2 keresztmetszet egy lekerekített sarkú téglalap, mely a **71. ábrán** látható.

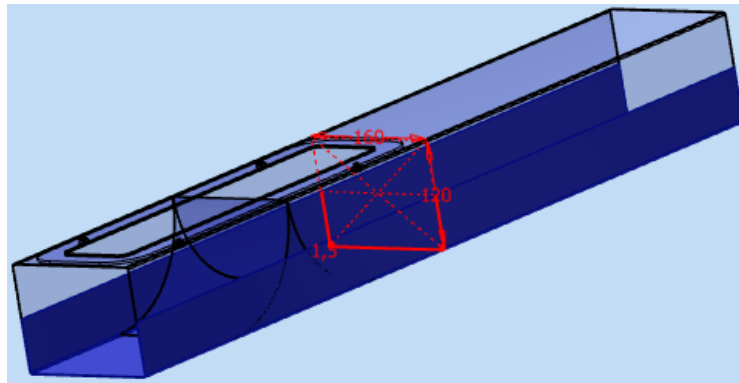


71. ábra: Az A''_2 keresztmetszet

$$\begin{aligned}
 A''_2 &= 430\text{mm} \cdot 90\text{mm} - \left(20\text{mm} \cdot 20\text{mm} - \frac{(20\text{mm})^2 \cdot 3,14}{4} \right) \\
 &= 38\,700\text{mm}^2 - 86\text{mm}^2 = 38\,614\text{mm}^2 \\
 v''_2 &= \frac{V''_2}{A''_2} = \frac{\frac{700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{3\,600}}{\frac{38\,614\text{mm}^2}{10^6}} = 5,03 \frac{\text{m}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

Az A''_2 keresztmetszetben az áramlási átlagsebesség $5,03 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ -ra csökken.

Az A''_3 keresztmetszet egy téglalap, mely a **72. ábrán** látható. Ebben a keresztmetszetben a térfogatáram kettéoszlik.

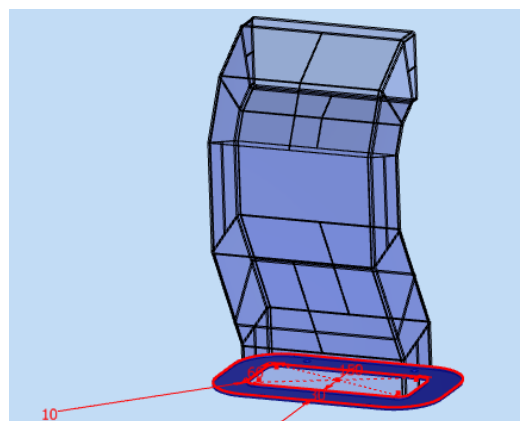


72. ábra: Az A''_3 keresztmetszet

$$\begin{aligned}
 A''_3 &= 160\text{mm} \cdot 120\text{mm} = 19\,200\text{mm}^2 \\
 v''_3 &= \frac{V''_3}{A''_3} = \frac{\frac{700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{2 \cdot 3\,600}}{\frac{19\,200\text{mm}^2}{10^6}} = 5,06 \frac{\text{m}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

Az A''_3 keresztmetszetben az áramlási átlagsebesség $5,06 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ -ra változik.

Az A''_4 keresztmetszet egy téglalap, mely a **73. ábrán** látható. A lábtérbe fűtő leágazásba a már előbb kettéosztott térfogatáram tovább osztódik kétfelé 12/10 arányban. A légáram másik része tovább jut, a vezető és a kísérő ülés mellett, a vezetőállás fala mellett, az alsó részen történő kifűjásra.

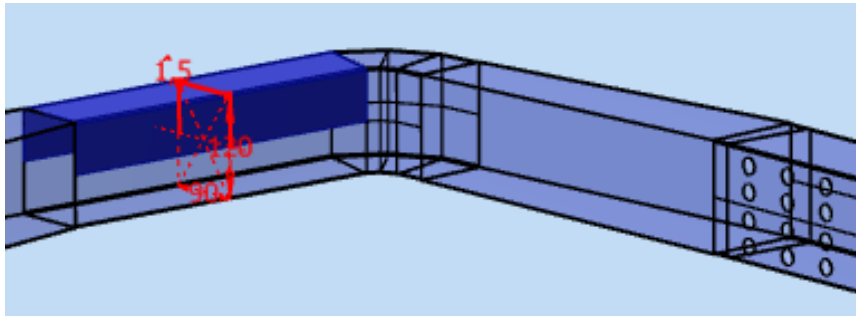


73. ábra: Az A''_4 keresztmetszet

$$A''_4 = 150\text{mm} \cdot 60\text{mm} = 9\,000\text{mm}^2$$

$$v''_4 = \frac{\frac{V''_4}{90}}{4 \cdot \frac{108}{A''_4}} = \frac{700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{\frac{4 \cdot 0,83 \cdot 3\,600}{\frac{9\,000\text{mm}^2}{10^6}}} = 6,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Az A''_4 keresztmetszetben, tehát a kifűjásnál az áramlási átlagsebesség $6,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ -ra változik. Az A''_5 keresztmetszet egy téglalap, mely a **74. ábrán** látható. Az előbb említett módon oszlik el a levegőáram, csak itt 90/108 arányban.

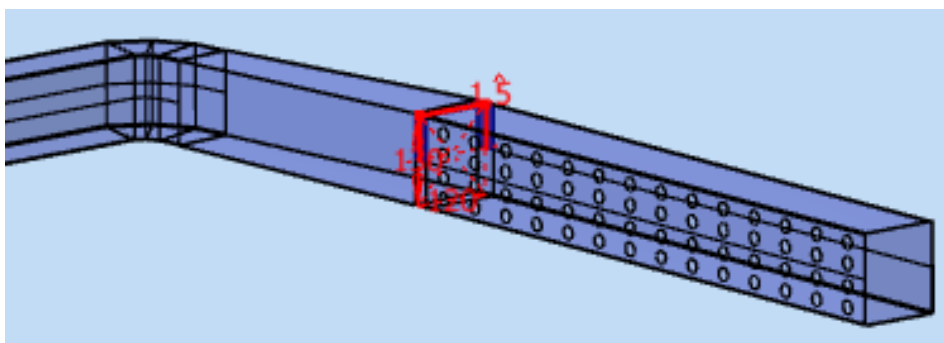


74. ábra: Az A''_5 keresztmetszet

$$A''_5 = 90\text{mm} \cdot 120\text{mm} = 10\,800\text{mm}^2$$

$$v''_5 = \frac{\frac{V''_5}{90}}{4 \cdot \frac{108}{A''_5}} = \frac{700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{\frac{4 \cdot 1,2 \cdot 3\,600}{\frac{10\,800\text{mm}^2}{10^6}}} = 3,75 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Az A''_5 keresztmetszetben az áramlási átlagsebesség $3,75 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ -ra csökken. Az A''_6 keresztmetszet a légcsatorna utolsó keresztmetszete, ami a **75. ábrán** látható.



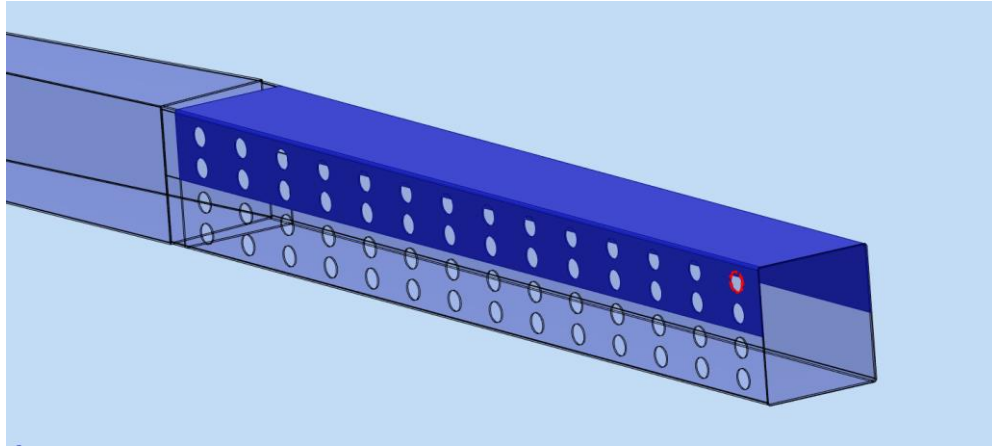
75. ábra: Az A''_6 keresztmetszet
(forrás: saját készítés)

$$A''_6 = 120\text{mm} \cdot 130\text{mm} = 15\,600\text{mm}^2$$

$$v''_6 = \frac{\frac{V''_6}{90}}{4 \cdot \frac{108}{A''_6}} = \frac{700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{\frac{4 \cdot 1,2 \cdot 3\,600}{\frac{15\,600\text{mm}^2}{10^6}}} = 2,59 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Az A''_6 keresztmetszetben az áramlási átlagsebesség $2,59 \frac{m}{s}$ -ra változik.

Az A''_7 keresztmetszet maga a kifújó nyílások összkétszmetsete, ami a **76. ábrán** látható. Az A''_7 keresztmetszet 56 db $\varnothing 20mm$ -es furat, melyeken keresztül az ülések oldalára, alulról jut ki a légáram.



76. ábra: Az A''_7 keresztmetszet

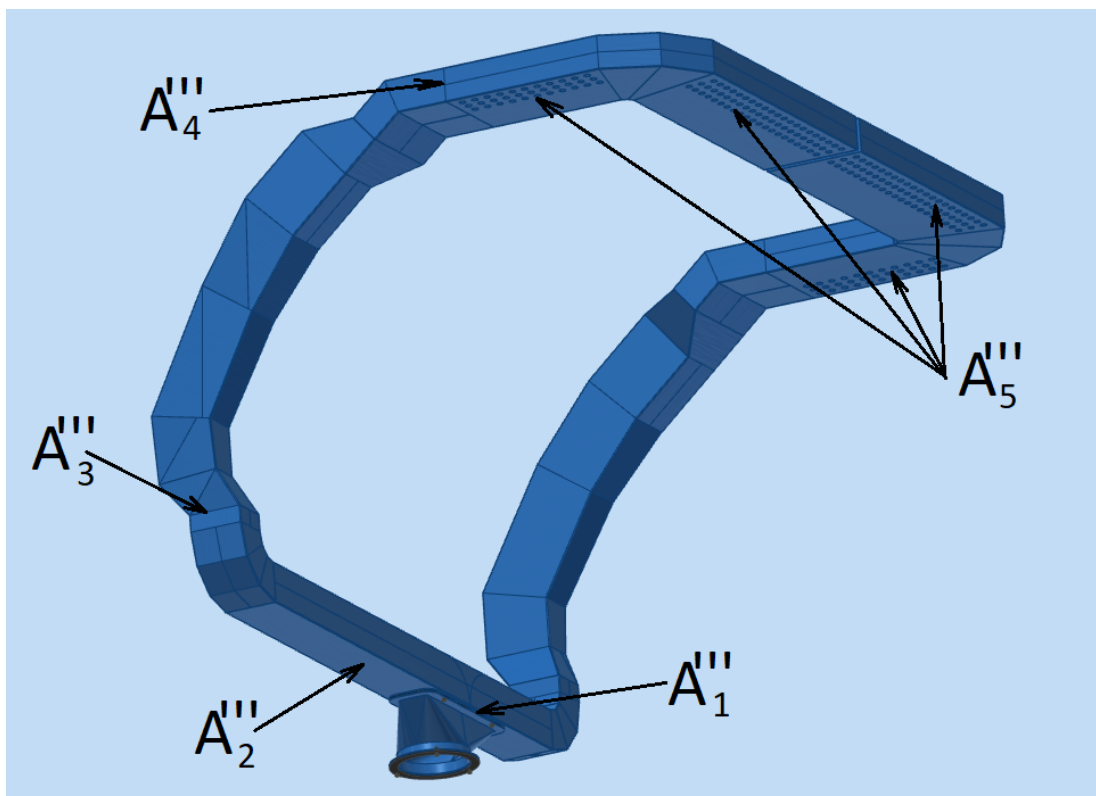
$$A''_7 = 56 \cdot \frac{(20mm)^2 \cdot 3,14}{4} = 17\,584mm^2$$

$$v''_7 = \frac{\frac{V''_7}{4 \cdot \frac{108}{90}}}{\frac{A''_7}{10^6}} = \frac{\frac{700 \frac{m^3}{h}}{4 \cdot 1,2 \cdot 3\,600}}{\frac{17\,584mm^2}{10^6}} = 2,3 \frac{m}{s}$$

Az A''_7 keresztmetszetben, tehát a kifújásnál az áramlási átlagsebesség $2,3 \frac{m}{s}$ -ra csökken.

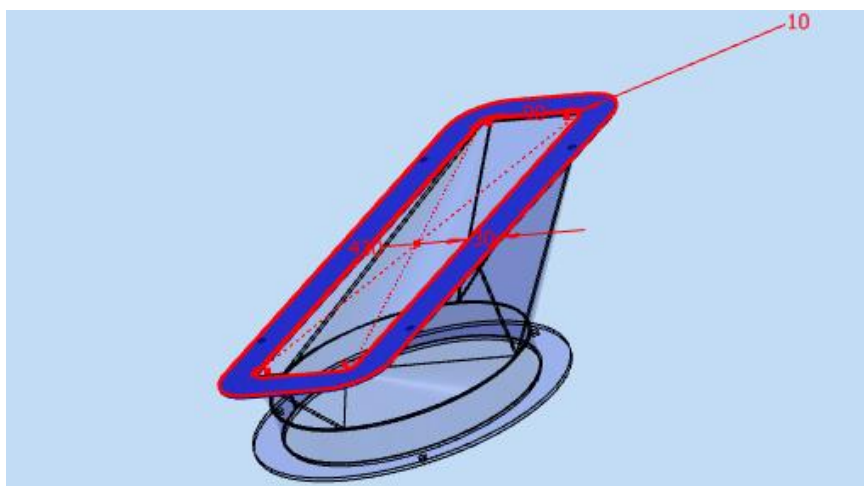
5.5.5. Mennyezeti kivezetés felé vezető légcsatorna tervezése

A mennyezeti kivezetéshez csatlakozó csatorna az elosztó egység után kétfelé ágazik, majd a csatorna az A oszlopra rásimulva folytatódik tovább mindkét oldalon, majd feljut a mennyezet fölé. Furatokon keresztül a vezetőállás mellett és mögött, mindkét oldalon áramlik ki a levegő. Az átmenő keresztmetszetek mindegyikét megvizsgálom, minden keresztmetszetenél kiszámolom a légáramlási sebességeket. A **77. ábrán** a mennyezetre vezető és onnan fűjató csatorna keresztmetszet átmenetei láthatóak.



77. ábra: A mennyezetről fújató csatorna keresztmetszet átmenetei

Az A'''_1 keresztmetszet egy lekerekített sarkú téglalap, mely a 78. ábrán látható.

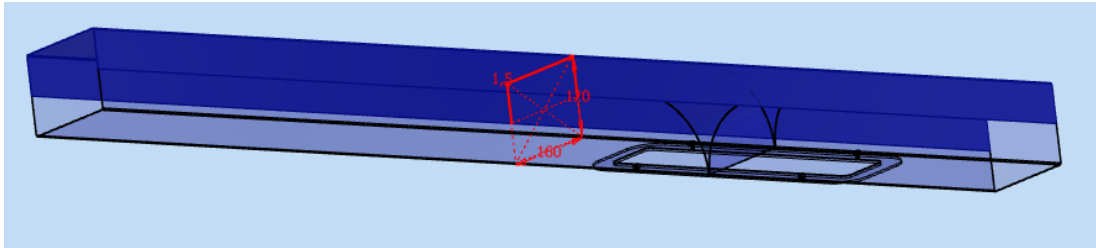


78. ábra: Az A'''_1 keresztmetszet

$$\begin{aligned}
 A'''_1 &= 430\text{mm} \cdot 90\text{mm} - \left(20\text{mm} \cdot 20\text{mm} - \frac{(20\text{mm})^2 \cdot 3,14}{4} \right) \\
 &= 38\,700\text{mm}^2 - 86\text{mm}^2 = 38\,614\text{mm}^2 \\
 v'''_1 &= \frac{V'''_1}{A'''_1} = \frac{\frac{700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{3\,600}}{\frac{38\,614\text{mm}^2}{10^6}} = 5,03 \frac{\text{m}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

Az A'''_1 keresztmetszetben az áramlási átlagsebesség $5,03 \frac{m}{s}$ -ra csökken.

Az A'''_2 keresztmetszet egy téglalap, mely a **79. ábrán** látható. Ebben a keresztmetszetben a térfogatáram kettéoszlik.



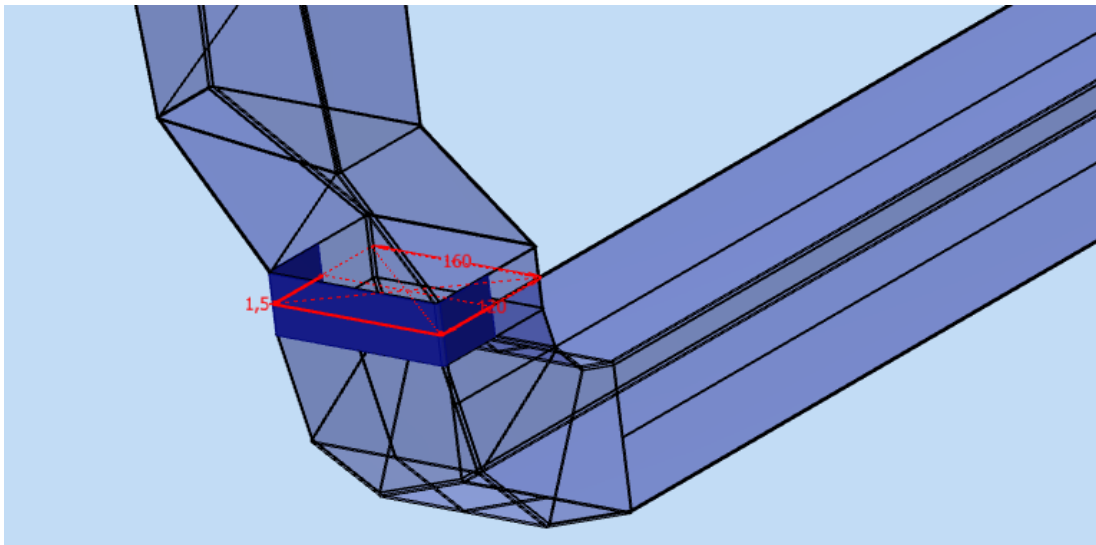
79. ábra: Az A'''_2 keresztmetszet

$$A'''_2 = 160mm \cdot 120mm = 19\,200mm^2$$

$$v'''_2 = \frac{\frac{V'''_2}{2}}{A'''_2} = \frac{\frac{700 \frac{m^3}{h}}{2 \cdot 3\,600}}{\frac{19\,200mm^2}{10^6}} = 5,06 \frac{m}{s}$$

Az A'''_2 keresztmetszetben az áramlási átlagsebesség $5,06 \frac{m}{s}$ -ra változik.

Az A'''_3 keresztmetszet egy téglalap, mely a **80. ábrán** látható.



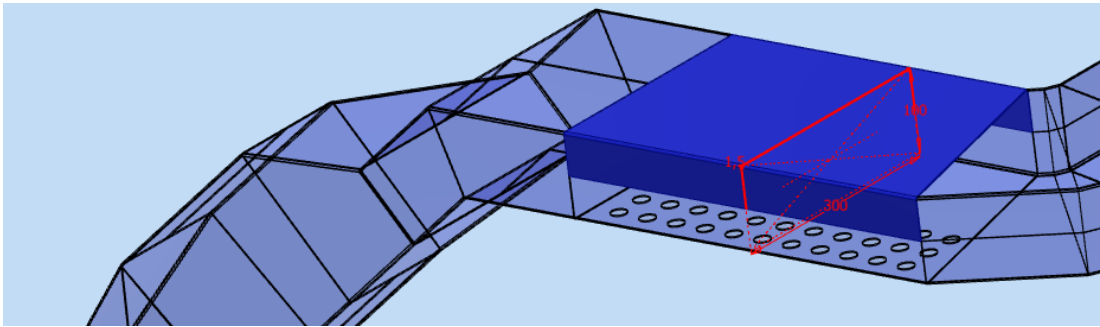
80. ábra: Az A'''_3 keresztmetszet

$$A'''_3 = 120mm \cdot 160mm = 19\,200mm^2$$

$$v'''_3 = \frac{\frac{V'''_3}{2}}{A'''_3} = \frac{\frac{700 \frac{m^3}{h}}{2 \cdot 3\,600}}{\frac{19\,200mm^2}{10^6}} = 5,06 \frac{m}{s}$$

Az A'''_3 keresztmetszetben az áramlási átlagsebesség marad $5,06 \frac{m}{s}$.

Az A'''_4 keresztmetszet egy téglalap, mely a **81. ábrán** látható.



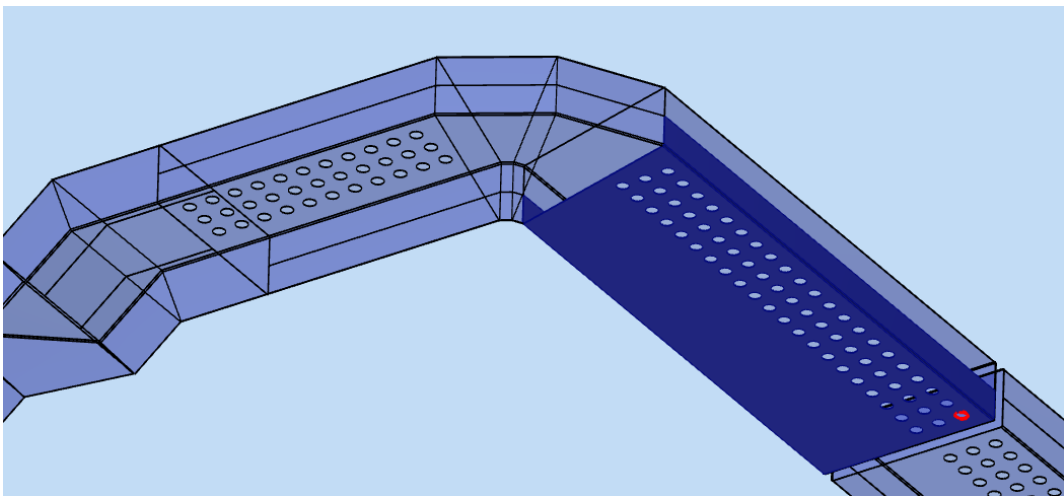
81. ábra: Az A'''_4 keresztmetszet

$$A'''_4 = 300\text{mm} \cdot 100\text{mm} = 30\,000\text{mm}^2$$

$$v'''_4 = \frac{\frac{V'''_4}{2}}{A'''_4} = \frac{\frac{700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{2 \cdot 3\,600}}{\frac{30\,000\text{mm}^2}{10^6}} = 3,24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Az A'''_4 keresztmetszetben az áramlási átlagsebesség $3,24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ -ra csökken.

Az A'''_5 keresztmetszet maga a kifújó nyílások összkétszmetete, ami a **82. ábrán** látható.



82. ábra: Az A'''_5 keresztmetszet

Az A'''_5 keresztmetszet 96 db $\varnothing 20\text{mm}$ -es furat, melyeken keresztül a vezető mellett és mögött, a mennyezet felől felülről jut ki a légáram.

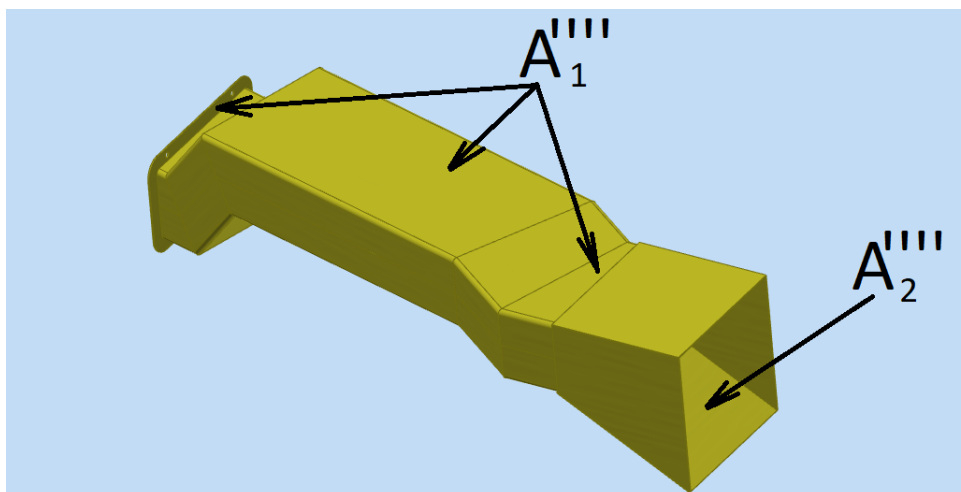
$$A'''_5 = 96 \cdot \frac{(20\text{mm})^2 \cdot 3,14}{4} = 30\,144\text{mm}^2$$

$$v'''_5 = \frac{\frac{V'''_5}{2}}{A'''_5} = \frac{\frac{700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{2 \cdot 3\,600}}{\frac{30\,144\text{mm}^2}{10^6}} = 3,22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Az A'''_5 keresztmetszetben, tehát a kifújásnál az áramlási átlagsebesség $3,22 \frac{m}{s}$ -ra csökken.

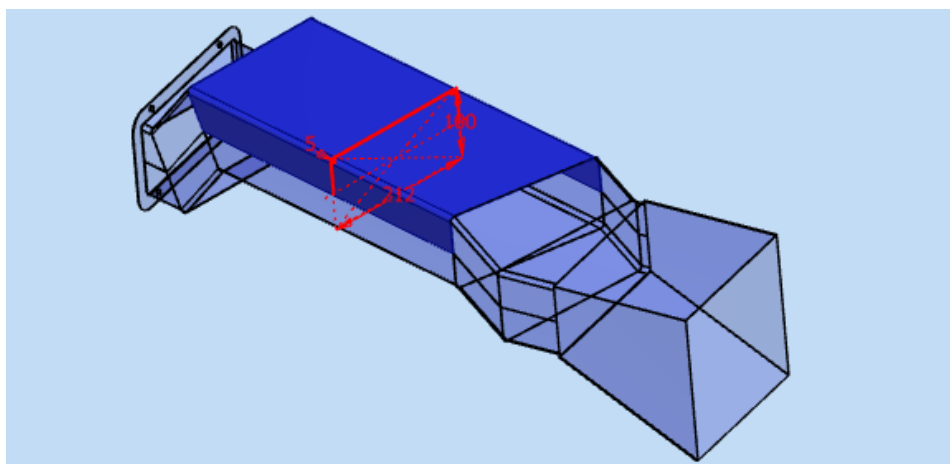
5.5.6. Visszaszívó légcsatorna tervezése

A visszaszívó csatornát a pult alsó részében a két ülés közötti részen helyezem el. Az átmenő keresztmetszetek mindegyikét számítással meghatározom. A visszaszívó keresztmetszet, amint már az **59. ábrán** megmutattam egy $212mm$ széles és $100mm$ magas téglalap, melynek mérete $21\,200mm^2$. A vezetőállás beáramló keresztmetszete $32\,6500mm^2$. Amint látszik a visszaszívó keresztmetszet kisebb, mint a befűvő keresztmetszet, ez azért van, mert a befűjt levegő egy részét a túlnyomásos rendszer a szabadba engedi. A visszaszívott kevesebb légmennyiséghez keveri hozzá a túlnyomásos rendszer a friss levegőt. A visszaszívó levegő csatornát légsebesség szempontjából nem méretezem, arra törekszem, hogy azonos keresztmetszeten vezessem be a levegőt, mint amilyen keresztmetszet a klímaegységen ki van alakítva. A **83. ábrán** a visszaszívó csatorna keresztmetszet átmenetei láthatóak.



83. ábra: A visszaszívó csatorna keresztmetszet átmenetei

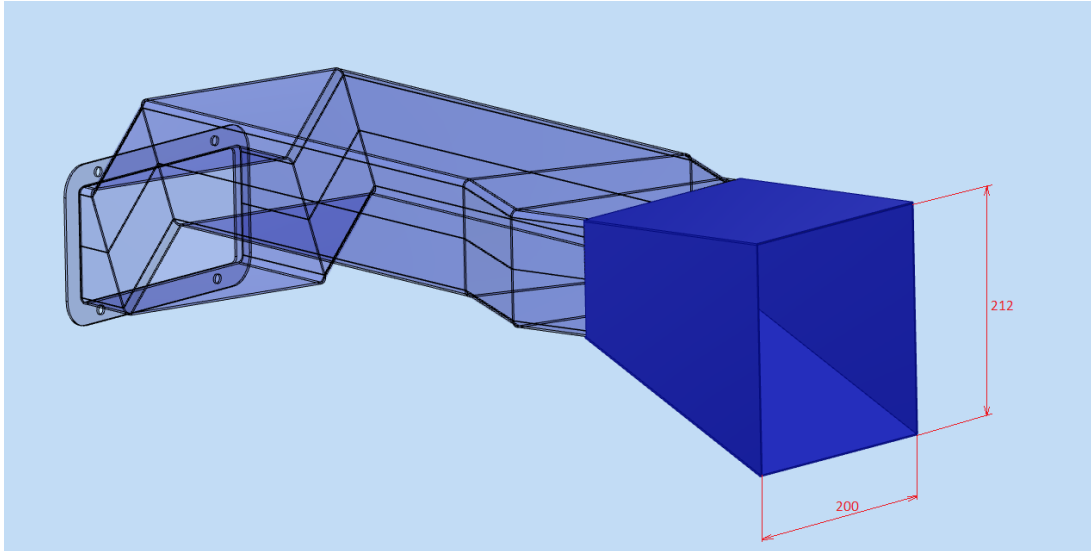
Az A''''_1 keresztmetszet egy lekerkített sarkú téglalap, mely a **84. ábrán** látható.



84. ábra: Az A''''_1 keresztmetszet

$$A''''_1 = 212\text{mm} \cdot 100\text{mm} - \left(10\text{mm} \cdot 10\text{mm} - \frac{(10\text{mm})^2 \cdot 3,14}{4} \right) \\ = 21\,200\text{mm}^2 - 21,5\text{mm}^2 = 21\,179\text{mm}^2$$

Az A''''_2 keresztmetszet egy téglalap, mely a **85. ábrán** látható.



85. ábra: Az A''''_2 keresztmetszet

$$A''''_2 = 200\text{mm} \cdot 212\text{mm} = 42\,400\text{mm}^2$$

A keresztmetszetet a jobb szívási hatékonyság miatt alakítottam ki szűkülő jellegűre. Így biztosítom a beszívó szabad keresztmetszetet a későbbiekben a formatervezők által a burkolaton kialakított perforáció ellensúlyozására.

5.5.7. A csatornarendszer ellenállásának a meghatározása

A csatornák közül a leghosszabb ellenállását fogom megvizsgálni, ha az megfelelő, akkor a rövidebbek is megfelelnek. A Faiveley a csatornák belső ellenállására 200Pa nyomáscsökkenést enged meg legfeljebb. A Faiveley rendszerszámításának egy részlete a peremfeltételekkel a **86. ábrán** látható. Magyarország az EN 13129 [Vasúti alkalmazások. Fővonal vasúti járművek légkondicionálása. Kényelmi jellemzők és típusvizsgálatok] szerint a II. klímazónába tartozik, és itt maximálisan 35°C nyári hőmérsékletet kell figyelembe venni, kérésre azonban 40°C külső hőmérsékletre is elvégezte a cég a rendszerszámításokat. Az ábrán látható a modellezésnél figyelembe vett csőellenállás a klímaegység fűtési és hűtési rendszerszámításainál. Ennél nagyobb nyomáscsökkenésnél már a klímaegység nem tudja teljesíteni a műszaki leírásban megadott értékeket. A harmadik tervváltozat mennyezet felé vezető csatornaágat fogom ellenállás szempontjából megvizsgálni, mivel ez volt a leghosszabb. A **87. ábrán** látható a különböző csatornaelemek kiemelt megjelenítése. A csatorna kétfelé ágazik. A hosszabb és bonyolultabb vonalvezetésű részt vizsgálom. Ennek a szakasznak a csőszűrődési vesztesége nem haladhatja meg a 200Pa értéket.

system calculation cooling drivers cab

project F20C Cab 35,50_400V_50Hz

internal and external conditions

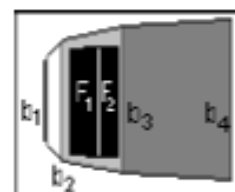
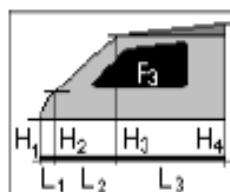
operating place / remarks	MAV Start 390		
external temperature	40 °C	No. of passengers	2
external rel. humidity	40 %	fresh air	80 m³/h
altitude	0 m	solar radiation	700 W/m²
internal load (sens.)	0.65 kW	angle of sun radiation	30 °
internal load (lat.)	0.0 kW	diffus radiation	110 W/m²
pressure losses duct	200 Pa	travel speed	15 km/h
higher fresh air intake	8 K	CO2 conc. outside	450 ppm
higher condenser intake	0 K	emission of CO2 per pass.	17 l/h

drivers cab

length L1	0 m	absorp.faktor bonnet	0,7
length L2	0 m	k-value bonnet	1,6 W/m²/K
length L3	2.1 m	temperature in pass. saloon	35 °C
height H1	0 m	width B1	0 m
height H2	0 m	width B2	0 m
height H3	3.4 m	width B3	2,7 m
height H4	3.4 m	width B4	2,7 m
front window 1 surface	2.4 m²	front window 2 surface	m²
front window 1 k-value	5,5 W/m²/K	front window 2 k-value	W/m²/K
front window 1 transm.	0,8	front window 2 transm.	
side window surface	0.225 m²	k-value floor	1.6 W/m²/K
side window k-value	5,5 W/m²/K	k-value back side	1.6 W/m²/K
side window transm.	0,8	k-values valid at given speed	

cooling unit

cooling capacity gross/net	5.4/ 4.7kW
refrigerant	R134a
operating frequency	50 Hz
condenser air volume	1660 m³/h
fresh air	80 m³/h
supply air volume	700 m³/h
supply air temperature	10.3 °C



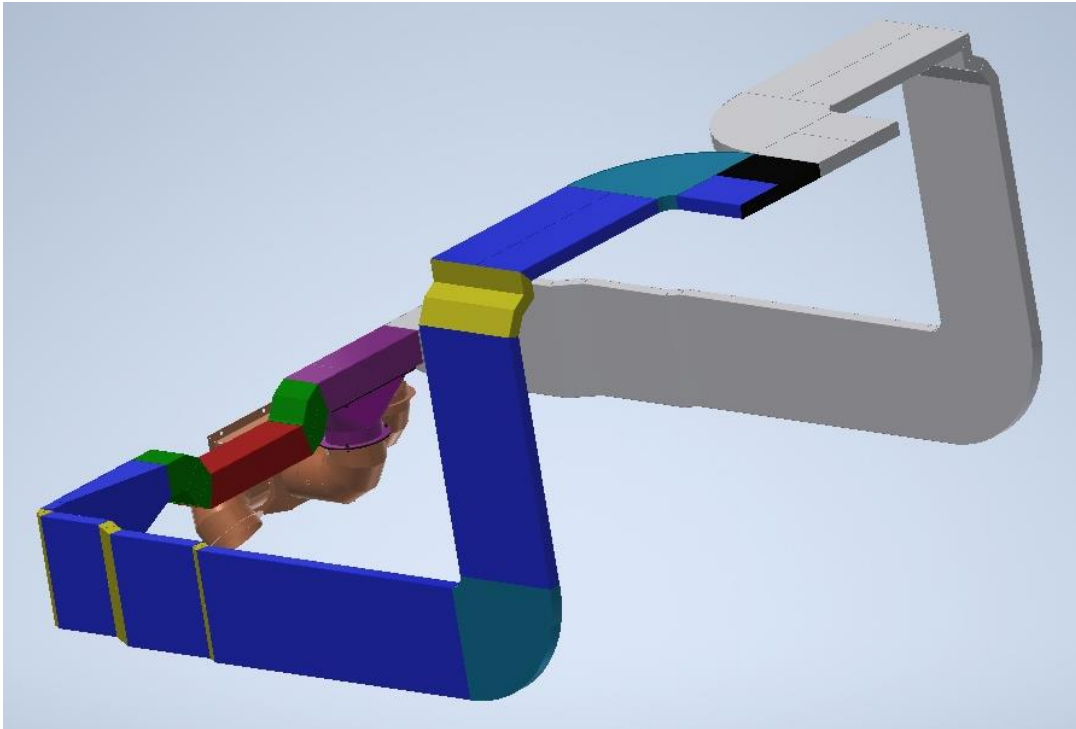
loads

	sensible	latent
fresh air	0.38 kW	0.95 kW
passengers	0.15 kW	0.09 kW
transmission surface	1.37 kW	
transmission windows	0.28 kW	
radiation s+w	0.92 kW	
other	0.65 kW	0.00 kW
ventilation performance	0.16 kW	
HVAC unit	0.53 kW	

internal conditions

CO2 conc. inside	875 ppm
fresh air rate	40.0 m³/h/person
relative humidity	34 %
room temperature	25 °C

86. ábra: A vezetőállás fűtési-hűtési rendszerszámításának részlete
(forrás: Faiveley, saját szerkesztés)



87. ábra: A mennyezet felé vezető csatornaág elemei

- 1. Elemcsoport: A kék színű elemek a keskeny keresztmetszetű egyenes csatornák.
- 2. Elemcsoport: A piros színű elem a szélesebb keresztmetszetű egyenes csatorna.
- 3. Elemcsoport: A türkiz színű elemek a 90°-os keskeny keresztmetszetű ívek.
- 4. Elemcsoport: A sárga elemek a keskeny keresztmetszetű ívek.
- 5. Elemcsoport: A zöld elemek a szélesebb keresztmetszetű ívek.
- 6. Elemcsoport: A lila színű elem a nagy keresztmetszetű elosztó.
- 7. Elemcsoport: A barna színű elem a nagy keresztmetszetű fő elosztó.
- 8. Elemcsoport: A fekete színű elem a kifúvó csatornarész.

1. Elemcsoport:

A keresztmetszet: $A_{1.1} = 420\text{mm} \cdot 50\text{mm} = 21\,000\text{mm}^2$

A terület: $K_{1.1} = 840\text{mm} + 100\text{mm} = 940\text{mm}$

Az egyenértékű átmérő: $D_{e\,1.1} = \frac{4 \cdot A_{1.1}}{K} = \frac{4 \cdot 21\,000\text{mm}^2}{940\text{mm}} = 89,36\text{mm}$

Az egyenes szakaszok összhosszúsága: $L = 4\,340\text{mm}$

Az áramlási sebesség ebben az ágrészben: $v_{1.1} = 4,62 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

A levegő sűrűsége 20°C-on: $\rho = 1,205 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

A lamináris áramlás csőszűrlődési tényezőt: $\lambda_{lam} = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1\,500} = 0,0426$ -nak veszem

Valójában turbulens áramlás alakulhat ki, de ebben az esetben kisebb a csősúrlódási tényező, ezért számolok inkább lamináris áramlással.

Turbulens áramlás csősúrlódási tényező: $\lambda_{turb} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{10^5}} = \frac{0,316}{17,78} = 0,01777$

A nyomásesés:

$$\Delta p'_1 = \lambda \cdot \frac{L}{D_{e\ 1.1}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{1.1}^2 = 0,0426 \cdot \frac{4\ 340\text{mm}}{2 \cdot 89,36\text{mm}} \cdot 1,205 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(4,62 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 26,61\text{Pa}$$

2. Elemcsoport:

A keresztmetszet: $A_{1.2} = 160\text{mm} \cdot 120\text{mm} = 19\ 200\text{mm}^2$

A kerület: $K_{1.2} = 320\text{mm} + 240\text{mm} = 560\text{mm}$

Az egyenértékű átmérő: $D_{e\ 1.2} = \frac{4 \cdot A_{1.2}}{K} = \frac{4 \cdot 19\ 200\text{mm}^2}{560\text{mm}} = 137,14\text{mm}$

Az egyenes szakaszok összhosszúsága: $L = 550\text{mm}$

Az áramlási sebesség ebben az ágrészben: $v_{1.2} = 5,06 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

A levegő sűrűsége 20°C-on: $\rho = 1,205 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

A lamináris áramlás csősúrlódási tényezőt $\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{2000} = 0,032$ -nek veszem

A nyomásesés:

$$\Delta p'_2 = \lambda \cdot \frac{L}{D_{e\ 1.2}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{1.2}^2 = 0,032 \cdot \frac{560\text{mm}}{2 \cdot 137,14\text{mm}} \cdot 1,205 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(5,06 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 2\text{Pa}$$

3. Elemcsoport:

Az áramlási sebesség ebben az ágrészben: $v_{1.3} = 4,62 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

A levegő sűrűsége 20°C-on: $\rho = 1,205 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

A veszteség tényezőt $\xi_{1.3} = 0,2$ -nek tekintem

A nyomásesés:

$$\Delta p'_3 = \xi_{1.3} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{1.3}^2 = 0,2 \cdot 1,205 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(4,62 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 5,14\text{Pa}$$

4. Elemcsoport:

Az áramlási sebesség ebben az ágrészben: $v_{1.4} = 4,62 \frac{m}{s}$

A levegő sűrűsége 20°C-on: $\rho = 1,205 \frac{kg}{m^3}$

A veszteség tényezőt $\xi_{1.4} = 0,4$ -nek tekintem

A nyomásesés:

$$\Delta p'_{1.4} = \xi_{1.4} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{1.4}^2 = 0,4 \cdot 1,205 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(4,62 \frac{m}{s}\right)^2 = 10,29 Pa$$

5. Elemcsoport:

Az áramlási sebesség ebben az ágrészben: $v_{1.5} = 5,06 \frac{m}{s}$

A levegő sűrűsége 20°C-on: $\rho = 1,205 \frac{kg}{m^3}$

A veszteség tényezőt $\xi_{1.5} = 0,3$ -nek tekintem

A nyomásesés:

$$\Delta p'_{1.5} = \xi_{1.5} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{1.5}^2 = 0,3 \cdot 1,205 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(5,06 \frac{m}{s}\right)^2 = 9,26 Pa$$

6. Elemcsoport:

Az áramlási sebesség ebben az ágrészben: $v_{1.6} = 5,03 \frac{m}{s}$

A levegő sűrűsége 20°C-on: $\rho = 1,205 \frac{kg}{m^3}$

A veszteség tényezőt $\xi_{1.6} = 0,6$ -nak tekintem

A nyomásesés:

$$\Delta p'_{1.6} = \xi_{1.6} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{1.6}^2 = 0,6 \cdot 1,205 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(5,03 \frac{m}{s}\right)^2 = 18,29 Pa$$

7. Elemcsoport:

Az áramlási sebesség ebben az ágrészben: $v_{1.7} = 6 \frac{m}{s}$

A levegő sűrűsége 20°C-on: $\rho = 1,205 \frac{kg}{m^3}$

A veszteség tényezőt $\xi_{1.7} = 0,6$ -nak tekintem

A nyomásesés:

$$\Delta p'_{1.7} = \xi_{1.7} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{1.7}^2 = 0,6 \cdot 1,205 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(6 \frac{m}{s}\right)^2 = 26,03 Pa$$

8. Elemcsoport:

Az áramlási sebesség ebben az ágrészben: $v_{1,8} = 4,62 \frac{m}{s}$

A levegő sűrűsége 20°C-on: $\rho = 1,205 \frac{kg}{m^3}$

A veszteség tényezőt $\xi_{1,8} = 0,8$ -nak tekintem

A nyomásesés:

$$\Delta p'_{1,8} = \xi_{1,8} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{1,8}^2 = 0,8 \cdot 1,205 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(4,62 \frac{m}{s}\right)^2 = 20,58 Pa$$

A csatornarendszer bonyolultabb vonalvezetésű felében a csőszűrlődési veszteség:

$$\begin{aligned} \Delta p' &= \Delta p'_{1,2} + \Delta p'_{2,3} + 2 \cdot \Delta p'_{3,4} + 4 \cdot \Delta p'_{4,5} + 2 \cdot \Delta p'_{5,6} + \Delta p'_{6,7} + \Delta p'_{7,8} \\ &= 26,61 Pa + 2 Pa + 2 \cdot 5,14 Pa + 4 \cdot 10,29 Pa + 2 \cdot 9,26 Pa + 18,29 Pa + 26,03 Pa \\ &\quad + 20,58 Pa \\ &= 26,61 Pa + 2 Pa + 10,28 Pa + 41,16 Pa + 18,52 Pa + 18,29 Pa + 26,03 Pa \\ &\quad + 20,58 Pa \end{aligned}$$

$$\Delta p' = 163,47 Pa$$

Az érték a megengedett nyomásesés alatt van, ezért a csatorna megfelel.

A csatornarendszer belsejében a veszteségtényező szokásosan választható értékei az **5. és a 6. táblázatban** megtalálhatók.

5. táblázat: Csőívek veszteségtényezője (forrás: [10])

Csőív fala	Iránytörés δ°	Csőívek veszteségtényezője ζ					
		Relatív görbületi sugár R/d					
		0	1	2	4	6	10
Sima	15	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	45	0,24	0,14	0,09	0,08	0,075	0,07
	90	1,13	0,21	0,14	0,11	0,09	0,11
Érdes	90	1,27	0,51	0,3	0,23	0,18	0,2

6. táblázat: Csőkönyökök veszteségtényezője (forrás: [11])

Könyök fala	Csőkönyökök veszteségtényezője ζ					
	Az iránytörés szöge δ°					
	15	22,5	30	45	60	90
Sima	0,04	0,07	0,11	0,24	0,47	1,13
Érdes	0,06	0,15	0,17	0,32	0,68	1,27
Terelőlapáttal						0,13

Az értékeket a biztonság irányába szándékosan nagyobbra választottam, így is sikerült a csatornarendszerre megengedett $200Pa$ érték alatt maradni.

Elmondható a csőszakaszok egyszerre történő használatát is figyelembe véve, hogy a leghosszabb és leginkább elkeskenyített sok ívvel ellátott csatornarész csősúrlódási vesztesége is megfelelő. A többi szakasz csősúrlódási tényezője ezen érték alatt marad.

Összefoglalás

Ez a leírás dióhéjban bemutatta, főbb vonalakban nyomon követte a zárt rendszerű, nyomástömör vezérlőkocsi vezetőállásának klímatervezését.

Első lépésként utánajártam, hogy az emberi szervezetre milyen hatással van a hirtelen nyomásváltozás. Számításokkal meghatároztam, hogy szélsőséges körülmények között milyen mértékű nyomásváltozást viselnek el az ejtőernyősök, vagy a vadászgép pilóták.

Második lépésként megvizsgáltam a hazánkban üzemelő nagyobb sebességű vasúti járművek klímarendszerének kialakítását. A javítóbázison megnéztem az egyes járművek klímaegységének elhelyezését, csatornarendszerének kialakítását.

A harmadik lépés a nyomáshullám elkerülő rendszerek működésének a megértése, azok gyártójának felkutatása volt. Kiválasztottam a megfelelő klímakészüléket. Az orr részbe, keresztbe beépített klímaegységre esett a választásom. Ezután jött a klímarendszer elhelyezése és annak rögzítésének megtervezése. A csúszósínek modellezése.

A negyedik lépésben a nyomáshullám elkerülő rendszer adatainak hiányában, és a vezetőállás nyomástartó terének megtervezése érdekében méréseket hajtottam végre. Különböző járművek vezetőállásának környezetében, a szélvédőnél és az oldalsó részen megmértem a nyomásváltozásokat, és a vezetőállás nyomásváltozásait is.

Az ötödik lépésben történt meg a csatornarendszer tervezése. Először a megfelelő légáramlás elosztásának megtervezése történt. Egy levegőelosztó egységet terveztem a hideg és meleg levegő, vezetőállás megfelelő pontjainak az eljuttatására. A csatornarendszert modellezése során meghatároztam a csatornarendszer különböző áramlási keresztmetszeteit, az ott kialakuló áramlási átlag légsebességeket. Végül kiszámoltam a megtervezett csatornarendszer leghosszabb és legbonyolultabb vezetési ágának belső ellenállását, a csősúrlódási nyomásvesztiséget.

Fő célom a tervezés folyamán az volt, hogy egy olyan klímarendszert hozzak létre, ahol a mozdonyvezető mindig kellemes munkakörnyezetben találja magát. Tudja, mert jól érzi magát a vezetőállásban, de nem érzékeli, hogy a rendszer működik. Úgy próbáltam meg a vezetőállás optimális lég hőmérsékletét létrehozni, hogy a mozdonyvezető se huzatot, se felesleges zajt ne érzékeljen, mindig a megfelelő hőmérséklet alakuljon ki a külső hőmérséklettől függően.

Megítélésem szerint sikerült elérnem a kitűzött célt. CFD szimulációval egy következő dolgozatban ezt alá is szeretném támasztani.

Felhasznált irodalom

Kutatási jelentések:

1. *Boeing Airliner PRESSURE BUIVIPS* (1968) pp. 1.

Bemutató anyagok:

8. *ISOVER CLIMAVER self-supporting duct system for airconditioning, ventilation and heating systems* (2021) pp. 2.
9. *Prihoda Textil légszűrő és légelosztó rendszerek* (2013) pp. 9.

Szakkönyvek:

10. *Lajos Tamás, Az áramlástan alapjai* (2015) pp 490.
11. *Lajos Tamás, Az áramlástan alapjai* (2015) pp 490.

Elektronikus dokumentumok:

2. *Jády Attila: Miért dugul be a fülünk a repülőn felszálláskor és leszálláskor?* (2010)
URL: <https://miert.webclub.hu/miert-dugul-be-a-fulunk-a-repulon-felszallaskor-es-leszallaskor> 2022. március 08.
4. *Mennyi a levegő súlya a szobában? Mennyit nyom a levegő Mennyit nyom 1 köbméter levegő: A levegő sűrűségének változása a magassággal*
URL: <https://podarilove.ru/hu/skolko-vesit-vozduh-v-komnate-skolko-vesit-vozduh-skolko-vesit-1-kubometr/> 2022. március 12.
5. *Ejtőernyős alapismeretek: Az ejtőernyős mozgása a levegőben szabadeséskor.*
URL: <https://vorosmeteor.hu/ejtoernyos-alapismeretek/> 2022. március 26.

Szabványok, előírások:

3. A BIZOTTSÁG 1302/2014/EU RENDELETE [2014. november 18.] Az Európai Unió vasúti rendszerének „járművek – mozdonyok és személyszállító járművek” alrendszerére vonatkozó átjárhatósági műszaki előírásról
6. UIC-KODEX 660 [2002 augusztus] *Bestimmungen zur Sicherung der technischen Verträglichkeit der Hochgeschwindigkeitszüge* Előírások nagysebességű vonatok technikai kompatibilitásának biztosítására
7. UIC-KODEX 779-11 [2005 február] *Bemessung des Tunnelquerschnitts unter Berücksichtigung der aerodynamischen Effekte* Alagút-keresztmetszet méretezése az aerodinamikai hatások figyelembevételével