

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
MŰSZAKI TUDOMÁNYI KAR
Közúti és Vasúti Járművek Tanszék

ALACSONYPADLÓS AUTÓBUSZOK
TETŐSZERKEZETÉNEK BEÉPÍTHETŐSÉGI
VIZSGÁLATA

Juhász Kristóf

Gépészmérnök BSC szak

Belső konzulens: Szauter Ferenc

Külső konzulens: Szombath Imre

Lezárás dátuma: 2014.06.20

TARTALOMJEGYZÉK

1. A kutatásom célja, irodalomkutatás, vizsgálati módszerek	4
2. Alacsonypadlós autóbuszok elemzése	7
2.1. Részegységek elhelyezkedése az utastérben	8
2.1.1. Kerékfelfüggesztések beépítése	8
2.1.2. Tüzelőanyag-tartály elhelyezkedése	9
2.1.3. A kipufogórendszer elhelyezkedése	10
2.1.4. A hűtőrendszer elhelyezkedése	11
2.1.5. Légféktartályok	13
2.2. Vázszerkezetek jellemzői	13
2.2.1. Autóbuszokkal szemben támasztott biztonsági követelmények	13
2.2.1.1. Tetőszilárdsággal kapcsolatos elvárások	14
2.2.1.2. Frontális ütközések tapasztalatai	16
2.2.2. Szerkezeti kialakítások	20
2.3. Credo Citadell 12 típusú alacsonypadlós városi autóbusz	26
2.3.1. A jármű vázszerkezete	27
2.3.2. Főbb gépészeti berendezések elhelyezkedése	28
3. Az elemzések kiértékelése	29
3.1. A tetőszerkezet hasznosítása	29
3.2. A megvizsgálandó részegységek	31
4. Beépíthetőségi vizsgálat	32
4.1. Kerékfelfüggesztések	32
4.1.1. Mellső kerékfelfüggesztések	32
4.1.2. Hátsó kerékfelfüggesztések	34
4.1.3. Gumiabroncsok	35
4.2. Tüzelőanyag-tartály	35
4.2.1. Műszaki előírások	36
4.2.2. A tüzelőanyag-tartályok beszerelésére vonatkozó előírások	37
4.2.3. Műanyag tüzelőanyag-tartályok	38
4.3. A kipufogórendszer	39
4.3.1. Nitrogén-oxidok katalitikus redukciója	40
4.3.2. Gyártói előírások	43
4.3.2.1. „Supply Module” beépítésére vonatkozó előírások	43
4.3.2.2. A „Dosing Module” beépítésére vonatkozó előírások	46

4.3.2.3. SCR katalizátor	47
4.3.2.4. Minimális csőhosszok meghatározása	48
4.4. Hűtőrendszer.....	49
4.4.1. A hűtőrendszerrel szemben támasztott követelmények	49
4.4.2. A hűtőrendszer áthelyezhetősége.....	50
4.5. Fékrendszer.....	50
4.5.1. Légtartályok	51
5. Kutatási eredményeim kiértékelése	52
5.1. A vizsgálatok eredményei	52
5.2. Változások az utastérben	53
5.3. Változások a jármű felépítésében	55
6. Összefoglalás	58
7. Felhasznált irodalom	59

1. A kutatásom célja, irodalomkutatás, vizsgálati módszerek

Korunk társadalmának egyik legfontosabb eleme a közösségi közlekedés, amely ma meghatározó szerepet tölt be mindennapjainkban. Ez a rendszer felelős azért, hogy otthonunkat összekösse a különböző szolgáltatások, tevékenységek helyszíneivel, ezáltal biztosítva az azokban való részvételt.

A városok növekvő lakosságszáma, nagymértékű terjeszkedése, a lakó- és ipari parkok létrejötte mind-mind egyre nagyobb kihívások elé állítják a tömegközlekedést. Ezek az állandóan változó, bővülő elvárások és igények biztosítják a folyamatos, töretlen fejlődését mind a közlekedésszervezés, mind pedig a járműpark oldalán.

Ennek a hatalmas rendszernek a gerincét továbbra is az autóbuszok alkotják, hiszen Európában évente közel 30 milliárd utas utazik velük, mely a teljes forgalom közel 50 %-át teszi ki ^[1]. Ezt a töretlen népszerűség több tényezőre is visszavezethető:

- Alacsony beruházási költségek a járműpark, és az infrastruktúra oldalán:

Az autóbuszok beszerzési költségei messze elmaradnak az egyéb, közösségi közlekedésben használatos járművekéitől, a rendszer működéséhez pedig a rendelkezésre álló közúthálózat is elégséges.

- Rugalmasság:

Az infrastruktúra működéséhez szükséges létesítmények listája a megállóhelyek, autóbuszöblök és autóbusz fordulók létesítésében kimerül. Ez a kevés alkotóelem biztosítja a rendszer rugalmasságát, ugyanis a járatok nyomvonala, hossza ezáltal szabadon változtatható, ezzel biztosítva a folyamatosan változó igények kielégítését.

A járműgyártók által számos méretben és kialakításban kínált autóbuszok segítségével pedig optimalizálható a férőhely kihasználtság, ezzel garantálva a gazdaságos üzemeltetést.

- Kiépíthetőség:

Az infrastruktúra egyszerűségéből, és a közúthálózat használhatóságából adódóan az autóbuszok közlekedése olyan helyen is biztosított, ahol a környezeti tényezők nem teszik lehetővé bonyolult infrastruktúra kiépítését.

Ezeknek a rendkívül pozitív tulajdonságoknak köszönhetően az autóbuszok a legrégebbi és legnagyobb számban alkalmazott eszközök a városi közösségi közlekedésben, amelyek fejlesztése a kezdetektől fogva kiemelt figyelmet élvez (lásd I. számú melléklet).

^[1] Umberto Guida – EBSF Budapest Tesztüzem Zárórendezvény, p.3

Az alacsonypadlós járművek színrelépése mérföldkönek tekinthető az autóbuzsziparban, megjelenésükkel olyan minőségi ugrás volt tapasztalható a mindennapi utazásban, amely minden korábbi várakozást és kutatást felülmúlt. A fejlesztések azonban nem torpantak meg, az autóbuzsok korszerűsítése azóta is napirendi pont mind a gyártók, mind pedig az üzemeltetők körében. Megjegyzendő viszont, hogy ezeknek a törekvéseknek az irányultsága megváltozott, a strukturális kialakítás helyett egyre inkább az alternatív meghajtások és a gazdaságosabb üzemeltethetőség kerül előtérbe. Ezzel a tendenciával szemben, kutatásom célja mégis inkább az, hogy megvizsgáljam a jelenlegi szerkezeti kialakítás továbbfejleszthetőségét, amit több tényező is indokol.

Egy hagyományos üzemű, alacsonypadlós autóbuzs alkalmasságát a közösségi közlekedés kiszolgálására nem a beépített gépészeti berendezések határozzák meg, hanem a jármű konstrukciós kialakítása (lásd II. számú melléklet). Ez egyrésről a jelentősen beszűkült beszállítói körrel magyarázható, hiszen az egyre jobban szigorodó előírásoknak köszönhetően, szinte teljesen azonos képességű részegységek (kerékfelfüggesztések, nyomatékváltók, erőforrások) előállítás válik csak lehetővé. Másrésről pedig az egyre növekvő fejlesztési költségek okolhatóak, különösen az alternatív hajtásláncok esetében. Ilyen piaci feltételek mellett csak néhány gyártónak van lehetősége a folyamatos fejlesztésre (vagyis az egyre szigorodó előírások betartására), így a szükséges főegységek beszerzésére nincs túl sok lehetősége egy autóbuzs gyártónak.

Az egyre szigorodó emissziós normáknak, valamint az alternatív hajtásoknak köszönhetően a hajtásláncok elemeinek száma és helyszükséglete jelentősen megnőtt, amelyek igen negatívan befolyásolják az utastér funkcionalitását, hiszen dobogók létrehozása válik szükségessé:

- Romlik a jármű akadálymentességi foka, hiszen az alacsonypadlós területen elhelyezett ülések száma csökken, ezen kívül a járműben való közlekedés és az ajtók elérése nehezedik. Mindezeknek a változásoknak köszönhetően pont azok a megváltozott képességű utasok kerülnek hátrányos helyzetbe, akikre a jármű tervezése során különös figyelmet kell fordítanunk (lásd III. számú melléklet).
- Az autóbuzs testreszabhatósága csökken, hiszen állóhelyek kizárólag az alacsonypadlós részekben alakíthatóak ki, így a lehetséges üléselrendezések száma rendkívüli módon beszűkül.
- A jármű ajtókiosztása alig, vagy egyáltalán nem változtatható (4. ajtó beépíthetősége).

Kutatásaim célja tehát az, hogy az utastér lehető legnagyobb részén biztosítsam az alacsonypadlós kialakítást, amit az utastérben elhelyezkedő dobogók megszüntetésével és az alattuk elhelyezkedő részegységek tetőszerkezetbe való beépítésével szeretném elérni. Ezáltal még komfortosabbá, kényelmesebbé tehető az utazás, az autóbusz ülés– és ajtóelrendezési lehetőségei kiszélesíthetők. Az utascsere ezáltal nagymértékben gyorsulhat, mely a menetidő rövidülését vonhatja maga után. Megemlíteném még, hogy a hagyományos meghajtású modellek esetén a tetőszerkezet hasznosításával az alternatív hajtásláncok beépítésének költsége is csökkenthető, hiszen a vázszerkezet átalakítások nélkül is alkalmassá válik arra, hogy nagyobb kiterjedésű, több elemből felépülő hajtásláncokat is fogadni tudjon. Mindezeket a változásokat anélkül szeretném kivitelezni, hogy az üzemeltetés oldalán komoly kompromisszumok megkötésére kényszeríteném az üzemeltetőket.

Ennek megfelelően a megfogalmazott kérdések is az alacsonypadlós járművek körében végzett kutatásaimmal kapcsolatosak, és igyekeznek lefedni az általam megvalósítani kívánt változtatások kapcsán felmerülő problémaköröket:

- Milyen szerkezeti kialakításokkal érhetőek el alacsonypadlós autóbuszok?
- Hogyan épül fel a járművek vázszerkezete, milyen előírást kell teljesíteniük?
- Hasznosítható-e az alacsonypadlós autóbuszok tetőszerkezete?
- Beépíthetőség esetén milyen részegységek elhelyezésére kínálkozik lehetőség?

Az alacsonypadlós autóbuszok szerkezeti kialakításaival, sajátágaival foglalkozó, átfogó szakirodalmat semmilyen nyelven sem találtam, így kutatásaimat egy részletes, az járművek jelenlegi felépítését vizsgáló elemzéssel kellett kezdenem. Ehhez a rendelkezésre álló minimális szakirodalom (USA szabványok, passzív biztonsággal foglalkozó publikációk, dolgozatok), a gyártók által kiadott műszaki leírások, valamint saját megfigyeléseim szolgáltak alapjául.

Az elkészült elemzés már megfelelő alapot nyújtott ahhoz, hogy a konzekvenciák levonását követően képes legyek a kitűzött célok elérésének érdekében átalakításokat eszközölni. Ezeket a változtatásokat egy konkrét típuson (Credo Citadell 12), a hatályos jogszabályok, valamint a gyártói előírások alapján vizsgáltam meg, majd végeztem el.

A kapott eredményeket végül összehasonlítottam a kiinduló típus hasonló paramétereivel, illetve részletesen tárgyaltam azokat az új lehetőségeket, melyek az átalakításaim révén váltak elérhetővé.

2. Alacsonypadlós autóbuszok elemzése

Az alacsonypadlós autóbuszok szerkezeti jellemzőinek, kialakításainak elemzése a kutatásaimat figyelembe véve elengedhetetlen, két okból kifolyólag is:

- Mivel célom a járművek utasterének korszerűsítése, így pontosan ismernem kell azok felépítését, részegységeik, segédberendezéseik elhelyezkedését.
- A részegységek áthelyezésével semmilyen módon sem gyengíthetem meg a jármű vázszerkezetét, annak minden igényt és előírást változatlan eredménnyel kell teljesítenie.

Az autóbuszok szerkezeti felépítése, kialakítása radikális változásokon ment keresztül a különböző típusú alacsonypadlós kialakítások megjelenésével. Az új generációs járművek megjelenésével a padlómagasságok elképesztően alacsony, 320-340 milliméterre korlátozódtak, ami mintegy 60 %-os csökkenést jelent. A további fejlesztéseknek hála, számos változatban lettek elérhetőek, többek között közép- vagy farmotoros kialakításokban. A különböző megoldások azonos gépészeti berendezésekből épülnek fel, a legfőbb eltérések csupán az elrendezésben érhetőek tetten, melyek a gyártók eltérő elgondolásaira, alapelveire vezethetőek vissza. Mindezek a változások azt eredményezték, hogy ma a vásárlóknak lehetősége nyílik olyan autóbuszok beszerzésére és üzemeltetésére, amelyek az elvégzendő feladatokhoz mérten a lehető legkevesebb kompromisszumot követelik meg.

Az évtizedek során gyökeres változások mentek végbe a járművek alvázaiban / felépítményeiben is. Ezeknek a szerkezeteknek számos elvárás, követelményt kell kielégíteniük, melyeknek célja, hogy végeredményül egy könnyű, a biztonsági előírásokat maradéktalanul teljesítő, moduláris felépítésű és nagy élettartamú vázat kapjunk. A kezdetekben szinte egyeduralkodónak számító alváz felépítmények mellé viszonylag korán, az 1940-es években megjelentek az első önhordó felépítménnyel készülő autóbuszok is. Ez a merőben új megoldás később fokozatosan kezdte átvenni az alvázak helyét, azonban azokat máig nem tudta kiszorítani a piacról. Bár megjegyzendő, hogy a később bemutatásra kerülő biztonsági előírás teljesítése minden esetben a felépítmény konstrukcióján múlik, nem pedig a különböző részegységeket magába foglaló alváz- vagy vázszerkezeten. A bemutatásukat mégis azért tartom szükségesnek, mivel a városi autóbuszok jelentős része készül különböző gyártók által konstruált önjáró alvázakra, így fel kell mérnem, alkalmasak-e ezek az előszerelt konstrukciók a kutatási eredményeim függvényében történő változtatásokra.

2.1. Részegységek elhelyezkedése az utastérben

Az alacsonypadlós járművek konstrukciós korlátai már utas szemmel is szembetűnőek, hiszen az utastérben számos momentum utal erre. A szűk járóközök, az elhelyezett dobogók, a hátsó traktus erősen korlátozott kihasználtsága mind–mind jelentősen rontják a jármű használhatóságát.

A megvizsgálásra került különböző altípusok, elrendezések és hajtások alapján megállapítható, hogy gyártó és gyártó között is vannak különbségek. Az egyik része a különböző konstrukciók kidolgozásánál arra törekszik, hogy a lehető legnagyobb alacsonypadlós részt alakíthassa ki, míg a másik fele arra, hogy a konstrukció költséghatékony legyen, ami a jármű utasterében negatív változásokat eredményez.

A legjobban elterjedt megoldás a farmotoros elrendezés, azon belül azok, melyek motorja hosszában kerül beépítésre. Az pedig, hogy az álló- vagy fekvőmotoros megoldás-e a jobb, kizárólag az üzemeltetői igények határozzák meg. Amíg az előbbi jobb szervizelhetőségi, egyszerűbb karbantartási lehetőségeket biztosít, addig az utóbbi megoldás nagyobb számú ülőhely kialakítását teszi lehetővé.

Két azonos elrendezésű autóbusz között is hatalmas különbségek fedezhetőek fel, köszönhetően a különböző részegységek eltérő elhelyezésének. Az altípusok tárgyalásánál jól megfigyelhető volt (lásd II. számú melléklet), hogy egyes segédberendezések (például hűtő- és kipufogórendszer, tüzelőanyag-tartály) igen nagy helyigénnyel rendelkeznek, amelyek ugyancsak kihatással vannak az alacsonypadlós rész méretére, a kialakítható ülőhelyek számára.

2.1.1. Kerékfelfüggesztések beépítése

A beépítésre kerülő kerékfelfüggesztések dobogók létrehozását vonják maguk után, amelyek mérete eltérő a mellső, illetve a hátsó futómű esetén. Ezeknek az elhelyezkedése, mérete nem változtatható, viszont a kerékdobok feletti tér adott esetben hasznosíthatóvá válik.

A beépítettség mértéke és módja függ az alkalmazott kerékfelfüggesztés típusától, valamint a jármű konstrukciós kialakításától. Kizárólagos megoldásról csak a hátsó kerékdobok esetén beszélhetünk, mivel itt a gyártók mindegyike üléseket helyez el, szám szerint négyet.

A mellső kerékdobok esetében azonban már jóval szélesebb az alkalmazott megoldások köre, melyből néhány jellemző példát a 1. ábra (9. oldal) ábrázol, a teljesség igénye nélkül.



1. ábra: Példák kerékdobok beépítésére (Mercedes-Benz Citaro, Volvo 7700 Hybrid).²

A gyártók általában két megoldás közül választanak:

- Beülésezik a rendelkezésre álló helyet.
- Valamilyen részegységet helyeznek el rajta.

Az első esetben a jármű befogadóképessége növelhető, az alacsonypadlós rész téhére, míg a második esetben az alacsonypadlós rész növelhető a befogadóképesség kárára. Tökéletes megoldás nem létezik, az alkalmazott megoldást minden esetben az adott piac elvárásai határozzák meg.

A felfüggesztések helyigénye kihatással van a biztosítható járóköz méretére is, mely a mellső tengelyek esetében mintegy 866 milliméter, a hátsó tengelyek esetében 580 milliméter (a padlón, a differenciálműnek köszönhetően ez az érték mintegy 468 milliméterre csökken!).

2.1.2. Tüzelőanyag-tartály elhelyezkedése

A járművekbe való beépítés során általánosan két megoldást különböztethetünk meg (2. ábra, 10. oldal), melyek más-más tulajdonságokat eredményeznek:

- Elhelyezés a padlón:

Ez a megoldás került alkalmazásra a Credo Citadell 12 esetében is. Előnye, hogy az ülőhelyek száma növelhető, hiszen a kerékdobok szabadon beépíthetőek maradnak. Hátránya, hogy dobogók létrehozásával jár, melyekre kizárólag ülőhelyek telepítése lehetséges.

- Elhelyezés a kerékdobokon:

Számos gyártónál alkalmazott megoldásnak tekinthetjük melynek lényege, hogy a tüzelőanyag-tartály a két mellső kerékdob felé (vagy közvetlenül mögé) kerül beépítésre (a képen a Mercedes-Benz Citaro).

² http://www.delpetibusz.hu/kepek6/tokol/v7700h_03.JPG
http://indafoto.hu/omnibusz/bemutato_citaro_euro_6

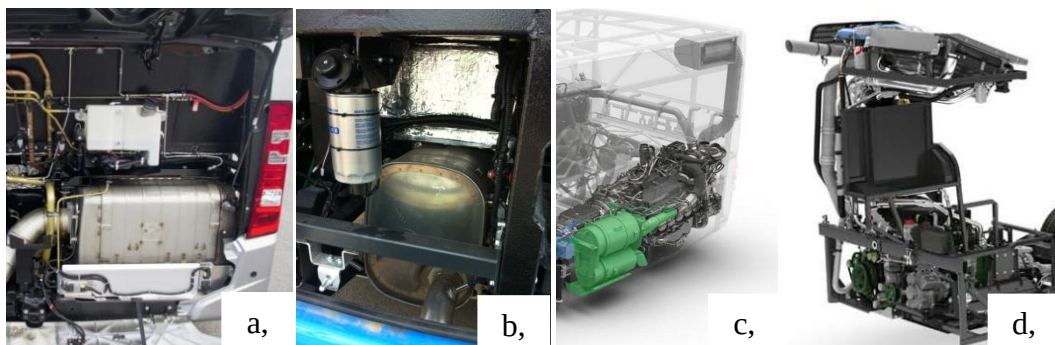
A megoldás előnye, hogy az alacsonypadlós rész mérete növelhető (így szabadon kialakítható álló- vagy ülőhely), viszont a kerékjáratok feletti rész alig, vagy egyáltalán nem építhető be.



2. ábra: Példák a tüzelőanyag-tartály elhelyezésére. Balra a Credo Citadell, jobbra a Mercedes-Benz Citaro.³

2.1.3. A kipufogórendszer elhelyezkedése

A gyártók között általánosan négy megoldást különböztethetünk meg, ezeket a 3. ábra mutatja be:



3. ábra: Jellemző kipufogórendszer beépítések (Mercedes-Benz, Credo, MAN, Volvo).⁴

A képen látható beépítési módok szinte mindegyike különböző kompromisszumok megkötésével jár, így általánosan jó megoldás ebben az esetben sem választható:

- Elhelyezés a motorsátor mellett, a menetirányra merőlegesen (a,):
Talán a legelterjedtebb megoldás a motorsátorral rendelkező típusok esetében. Előnye, hogy a rajta elhelyezett ülések (általában 3 darab) alacsonyabbra kerülhetnek. Hátránya, hogy a harmadik ajtó közvetlen környezetében dobogó létesítését vonja maga után.

³ http://indafoto.hu/omnibusz/bemutato_citaro_euro_6
http://www.bkv.hu/hu/korabbi_jarmutesztek/credo_citadell_12_2

⁴ <http://galeria.vezess.hu/2/show/51671/402416/#kep-402416>

http://indafoto.hu/omnibusz/bemutato_citaro_euro_6

http://www.volvobuses.com/SiteCollectionDocuments/VBC/Global%20%20ILF/Downloads/B9L_brochure_2009_Global_ENG.pdf

- Elhelyezés a motorsátor mellett, a menetiránnyal párhuzamosan (b.):
Az előző megoldáshoz képest több helyet hagy szabadon a jármű hátuljában, így oda plusz egységek válnak beépíthetővé (jelen esetben az akkumulátorok). Hátránya, hogy az autóbusz legvégébe kerülő ülések magasabb dobogóra kerülnek elhelyezésre.
- Elhelyezés a motorsátor előtt a nyomatékvtó mellett (c.):
Fekvő elrendezésű motorok esetén kerül alkalmazásra, mivel a szokásos beépítési helyeket vagy más részegységek (hűtőrendszer), vagy az utastér foglalja el. Rendkívül kompakt megoldás, a térkihasználás is maximális, viszont komoly problémát jelenthet az igen kis részre koncentrált hő terhelés, ami városi forgalomban gyakori retarder használatból, valamint a kipufogórendszer működéséből adódik.
- Elhelyezés a motorsátorban (d.):
Rendkívül érdekes megoldás a Volvo kipufogó elrendezése, mivel annak a csak a kivezetése került a tetőszerkezetbe, a rendszer többi része a motorsátorban kapott helyet. Ennek a lépésnek köszönhetően a motor melletti terület (a jármű menetirány szerinti jobb oldala) szabaddá tehető, amivel a gyártó (számomra érthetetlen módon) azonban nem élt, hanem inkább egyéb részegységeket telepített a felszabaduló helyre. A megoldás hátrányaként itt is a viszonylag nagy hő terhelést jelölném meg, mivel a motorsátor hűtése (a tetőre helyezett hűtőnek köszönhetően) viszonylag nehézkes.

Az emissziós normák folyamatos szigorításának eredményeként a kipufogórendszerek helyszükséglete folyamatosan növekszik, amely negatívan befolyásolja mind az utastér, mind pedig a motorsátor térkihasználtságát.

A rendszer áthelyezésével azonban ezek a negatív hatások szinte teljes mértékben kiküszöbölhetőek, valamint igen nagyméretű hely szabadítható fel. Ennek eredményeként a hátsó traktus zsúfoltsága nagymértékben csökkenthető, valamint a harmadik utas ajtó is jobban hozzáférhetővé válik. Ezek a változtatások az utas csere sebességének nagymértékű növekedését is eredményezik.

2.1.4. A hűtőrendszer elhelyezkedése

Ahogy a kipufogórendszerek esetében, úgy itt is csoportosíthatjuk a hűtőrendszereket beépítési módjuk szerint. Általánosan elmondhatjuk, hogy a gyártók négy lehetőség közül választanak aszerint, hogy milyen kompromisszumokat kívánnak kötni a jármű felépítésében. Ezt a négy megoldást mutatja be a 4. ábra (12. oldal):



4. ábra: Jellemző hűtőrendszer elhelyezések (Mercedes-Benz, MAN, Credo, Volvo).⁵

Mint látható, a különböző elrendezések eltérő lehetőségeket biztosítanak, így a beépítés helyét gondosan meg kell választani:

- Hűtő elhelyezése a motorsátorban, menetiránnyal párhuzamosan:
A leggyakoribb megoldásnak tekinthetjük, mivel viszonylag nagyméretű hűtő kerülhet beépítésre. Ezzel a megoldással a motorsátor hűtése szintén megoldott, így nem jön létre jelentős hő közlés az utastér irányába.
- Hűtő elhelyezése a motorsátorban, menetirányra merőlegesen:
Az előző megoldással közel azonos tulajdonságokkal bíró elrendezés. Előnye, hogy a hűtő előtt létesíthető két ülőhely (ezek azonban elég magasra kerülnek, így plusz lépcsőfok létesítése szükséges), hátránya, hogy a szükséges levegőáramlás nehezebben megoldható.
- Hűtő elhelyezése a menetiránnyal párhuzamosan, a jármű jobb hátsó sarkában:
A fekvő elrendezésű motorok esetében kerül alkalmazásra, mivel ebben az esetben a motorsátor helyét az utastér veszi át. A megoldás hátránya a viszonylag nagy helyigény, a felé szerelt ülések nagy magassága (több lépcsőfok beiktatása szükséges), valamint a motor és az erőátviteli berendezések esetlegesen nagy hő terhelése.
- Hűtő elhelyezése a tetőszerkezetben:
Kizárólag a Volvo által kerül alkalmazásra, mivel a motorsátorban a kipufogórendszer kapott helyet. A megoldás előnye a kisebb méretű motorsátor, melynek révén itt is több ülőhely válik kialakíthatóvá. Hátránya itt is a motorsátor hűtése, valamint az esetlegesen nagyobb teljesítményű vízpumpa beépítésének szükségessége.

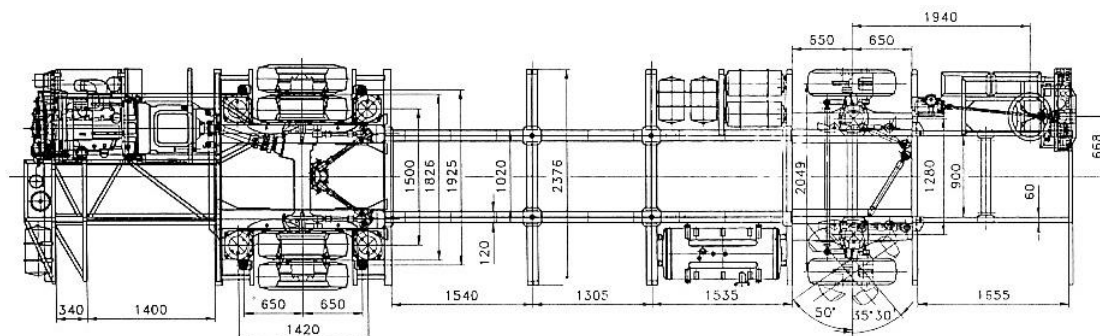
⁵ http://indafoto.hu/omnibusz/bemutato_citaro_euro_6

<http://iho.hu/hir/ketszaz-jarokepes-man-alvaz-szingapurba>

http://www.volvobuses.com/SiteCollectionDocuments/VBC/Global%20%20ILF/Downloads/B9L_brochure_2009_Global_ENG.pdf

2.1.5. Légféktartályok

A megfelelő paraméterekkel rendelkező levegő tárolásáról légtartályok gondoskodnak, amelyek egy hengeres részből és két domború záró fedélből összehegesztett nyomástartó edényből állnak. Anyaguk acél vagy alumínium ötvözet attól függően, hogy a jármű mely részén kerülnek elhelyezésre (5. ábra).



5. ábra: Csepel 844.50 típusú alváz, ahol a légféktartályok a padlón, az „A” tengely mögött vannak.⁶

Európában általánosan elterjedtnek mondható a légtartályok levegőcsatornában való elhelyezése, amikhez alumínium ötvözetű tartályokat használnak. Esetünkben azonban még a költséghatékonyabb megoldásról, a padlón való elhelyezésről beszélhetünk, amelynek jelentős hátránya, hogy a jármű utasterének használhatóságát (vagyis az alacsonypadlós rész méretét) csökkenti. Az acél tartályok további hátránya, hogy komoly korrózióálló kezeléssel kell átesniük (kívül és belül egyaránt), amely alapozást és zománcba égetést jelent.

2.2. Vázszerkezetek jellemzői

2.2.1. Autóbuszokkal szemben támasztott biztonsági követelmények

A járművekkel szemben támasztott kezdeti követelményeket az 1970-es években olyan új irányzatokkal bővítették ki, mint a passzív biztonság, amely az autóbusziparban igen csak elhanyagolt témának számított, köszönhetően a kis gyártási darabszámoknak, illetve a magas költségeknek. A nyugati példával ellentétben a hazai iparnak – köszönhetően a monumentális gyártási számoknak, illetve az ekkor még csak tervezés alatt álló, teljesen új irányzatot képviselő 200-as szériának – lehetősége nyílt komoly hangsúlyt fektetni az autóbuszok passzív biztonságát kutató vizsgálatok alkalmazására (6. ábra, 14. oldal).

⁶ <http://busztipusok.hu/h63/alv.jpg>



6. ábra: Az Ikarus világelsőként kezdett biztonságtechnikai kísérletekbe.⁷

Az első tesztek 1970-ben még csak a 200-as sorozatnál bevezetett nagy üvegfelületekre vonatkoztak, a vizsgálatok célja az volt, hogy kiderítsék biztosítható-e a megfelelő tetőszilárdság ilyen elrendezés mellett is. Ezt követően már a frontális ütközéseket, valamint a menetstabilitást is vizsgálták, a kísérleti módszerek rohamos fejlődésének köszönhetően pedig az 1980-as években már próbabábukat is alkalmaztak, a lehető legreálisabb eredmények elérésének érdekében.

Az első kísérletek kezdetleges mivoltának köszönhetően a tervezők hibás, a valóságnak ellent mondó eredményeket kaptak, így a tényleges következményekre csak a bekövetkező baleseteken keresztül derült fény. A feltárt hiányosságok arra az eredményre jutatták a mérnököket, hogy az autóbuszok tetőszilárdságát növelni kell, ezért úgynevezett „boruló keretet” építettek be, ami biztosítja a szükséges „túlélő teret” egy esetleges borulás esetén is. A vizsgálati módszerek az évek során folyamatosan fejlődtek, egyre reálisabb képet adva a lehetséges végkimenetelekről, eredményekről.

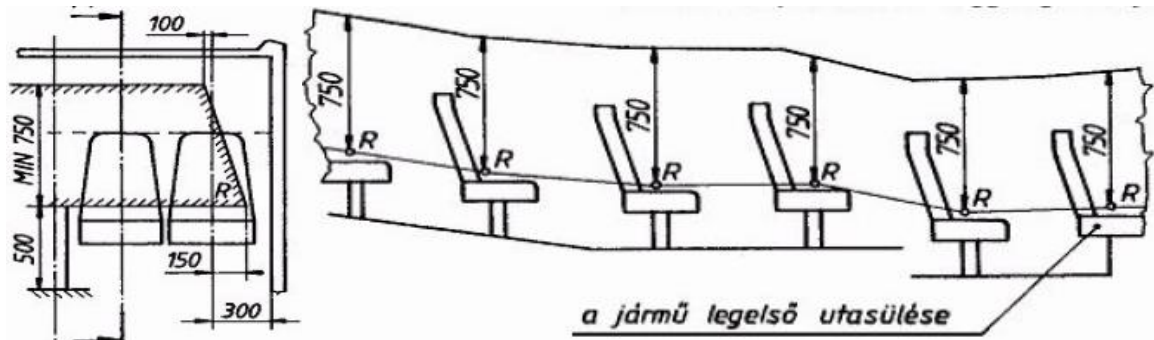
2.2.1.1. Tetőszilárdsággal kapcsolatos elvárások

A kísérleteknek hála, az ENSZ Európai Gazdasági Bizottság autóbusz–biztonsággal foglalkozó munkacsoportjának sikerült a témát napirendre tűzni, majd több nyugat-európai ország bevonásával azt elfogadtatni. A hosszú európai kutatómunka eredményeként 1986-ban életbe lépett az autóbuszok tetőszilárdságával foglalkozó ENSZ EGB 66-os előírás, amely napjainkban is biztonságos járművek fejlesztésének alapja. Az előírás 2005-ben újult meg, melynek során változtatásokat hajtottak végre a vizsgálati módszerekben.

Ez az előírás részletesen ismerteti azt a követelmény rendszert, amelyet egy autóbusznak ki kell elégítenie ahhoz, hogy biztosítsa a megkövetelt „túlélési teret” (7. ábra, 15. oldal), ezáltal az utasok biztonságát. „Túlélési térnek nevezzük azt a térrészt, amelynek a borulás teljes

⁷ <http://iho.hu/hir/borulasos-tesztek-az-ikarusban-111111>

folyamata során sértetlennek kell maradnia az utasok túlélési esélyének biztosítására”^[8]. Ez az előírás kizárólag a távolsági autóbuszok esetében érvényes, azonban a mai szokásoknak megfelelően már az alacsonypadlós járművekből is készülnek helyközi változatok, így ezeknek a típusoknak is indokolt az előírásoknak megfelelő kialakítása.



7. ábra: Az EGB 66-os előírás által meghatározott minimális túlélési tér.⁹

A borító vizsgálat teljes ideje alatt megkövetelt „túlélési térnek” az előírások alapján a következő paraméterekkel kell rendelkeznie:

- A padlótól számított minimálisan 1250 milliméteres (500+750) magasság.
- A menetirány szerinti szélső ülés középvonalától befele a maximális távolság 100 milliméter, kifelé minimum 150 milliméter.

Az előírás a kezdetekben négyfajta vizsgálati módszert engedett meg, amelyek később módosításra kerültek az esetenként félrevezető eredmények miatt (ingás ütvizsgálat). A kísérleti eljárások kidolgozásakor, engedélyezésekor az elgondolás ugyanis az volt, hogy mindegyik helyettesítő eljárás visszavezethető kell, hogy legyen a valóságos borulások vizsgálatra. A három jelenleg engedélyezett vizsgálati módszer:

- Borulósos vizsgálat komplett járművön.
- Karosszéria–szakaszok borításos vizsgálata (helyettesítő).
- Számításos eljárás (helyettesítő).

Tekintve, hogy a felsorolt vizsgálati módszerek közül kizárólag a borulósos vizsgálat során kerül sor ténylegesen az adott jármű felborítására, így csak ezt a minősítő folyamatot mutatnám be, a különböző helyettesítő vizsgálatok elemzésétől eltekintve.

^[8] Vincze–Pap Sándor (2008) – Autóbuszok ütközésállósági vizsgálatai és vizsgálati módszerei, különös tekintettel a borulásbiztonságra, a vázszerkezetek képlékeny csuklóira és zónáira. Budapest, p. 20

⁹ Vincze–Pap Sándor (2008) – Autóbuszok ütközésállósági vizsgálatai és vizsgálati módszerei, különös tekintettel a borulásbiztonságra, a vázszerkezetek képlékeny csuklóira és zónáira. Budapest, p. 21

A legrealisabb és egyben legdrágább vizsgálat a valós borításos módszer (8. ábra), melynek keretében egy üzemkész autóbust 800 milliméteres magasságból maximálisan 5 fok/sec-os kezdő szögsebességgel kemény (beton) felületre borítanak. A cél az, hogy a korábban bemutatott „túlélési tér” mindvégig sértetlen maradjon, ezzel biztosítva az utasok túlélését.



8. ábra: Standard baleseti elrendezésű borításos vizsgálat. Jól megfigyelhető a létrejövő deformáció.¹⁰

A borulás folyamata során a jármű által elnyelt energiát az alábbi képlet segítségével számíthatjuk ki ^[11]:

$$E^* = 0,75 \cdot M \cdot g \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + H_s^2} - \frac{W}{2H} \cdot \sqrt{H^2 - 0,8^2} + 0,8 \cdot \left(\frac{H_s}{H}\right) \right] [\text{Nm}]$$

M – a jármű üres gördülőtömege [kg]

g = 9,8 [m/s²]

W – a jármű teljes szélessége [m]

H_s – az üres jármű súlypontjának magassága [m]

H – a jármű magassága [m]

A képletben szereplő 0,75-ös szorzó feladata, hogy megpróbálja megjeleníteni a ténylegesen deformációra fordítódó energiát, amely veszélyezteti a „túlélési teret” és amelynek felemésztése a képlékeny csuklók feladata. Az ütközési energia maradék 25 %-a pedig egyéb, az előírásban nem részletezett munkavégzésre, energia elnyelésre fordítódik.

2.2.1.2. Frontális ütközések tapasztalatai

A különböző kísérletek azonban nem csak a járművek boruláskor tanúsított viselkedését vizsgálták, hanem az esetleges frontális ütközések következményeit is. A hazai ipar a frontális ütközések tanulmányozásában is élen járt, így már a borulásos vizsgálatokkal párhuzamosan is

¹⁰ Vincze–Pap Sándor (2008) – Autóbuszok ütközésállósági vizsgálatai és vizsgálati módszerei, különös tekintettel a borulásbiztonságra, a vázszerkezetek képlékeny csuklóira és zónáira. Budapest, p. 29

^[11] Vincze–Pap Sándor (2008) – Autóbuszok ütközésállósági vizsgálatai és vizsgálati módszerei, különös tekintettel a borulásbiztonságra, a vázszerkezetek képlékeny csuklóira és zónáira. Budapest, p. 21

folytak kísérletek a 1970-es években. Ez kiemelt fontosságú, mivel egy városi autóbuszon végzetes következményei lehetnek akár egy kisebb sebességű frontális ütközésnek is.

A 1980-as években a későbbi 415 típus prototípusain (411) elvégzett vizsgálat során az autóbuszt egy speciálisan kialakított akadálnak ütköztették (9. ábra). Az akadály alapja egy 300 tonnás betontömb volt, amelyre 4 darab erőmérő cellával támaszkodott egy 50 milliméter vastag, fenyőfaréteggel ellátott merev ütközőlap. Az erőmérőknek köszönhetően lehetőség nyílt a fellépő erők oldalankénti mérésére is.



9. ábra: Az Ikarus 415 prototípusának kísérleti ütközéses vizsgálata és számítógépes szimulációja.¹²

Az ütközés 29,76 km/h sebesség mellett történt meg, a becsapódás következtében a jármű homlokfala a betonfaltól 250 milliméter távolságra levő ütközőlapra rágyűrődött, a tető elérte a betonfalat. A hossztartók erősen deformálódtak, azonban a biztonsági dobogónak köszönhetően a kormánykerék és a vezetőülés háttámlája között 330 milliméter maradt, mely elegendő, hogy biztosítva legyen a vezető túlélése. Az autóbusz jobb és bal oldalának merevsége jelentősen különbözött, az ütközőerő a jobb oldalon feleakkora volt, mint a baloldalon. Ez nem meglepő, hisz a jármű jobb oldala jelentősen gyengébb, könnyebben deformálódik, ezzel az ütközési energia jelentős részét nyelve el.

Az elemzésre került ütközéses vizsgálatok során több következtetést is levonhatunk, többek között azt, hogy a szerkezetek deformációs és energiaeinyelő képessége létfontosságú. Egy modern autóbusz vázszerkezetének tervezésekor ezeket a tapasztalatokat messzemenően figyelembe kell venni, ezáltal nem csak az utasok, hanem a különböző nagy értékű részegységek védelme is biztosítható egy esetleges frontális ütközés, vagy borulás esetén.

Ahhoz, hogy ezeket az elvárásokat a jármű vázszerkezete képes legyen teljesíteni, tervezésénél három fő kritériumot kell figyelembe venni ^[13]:

- Erőkritérium:

¹² <http://www.termesztvilaga.hu/szamok/tv2006/tv0602/passz.html>

^[13] http://autokut.hu/au_index3.htm

A különböző vázelemek tönkremenetele megfelelő sorrendben, a tervezett stabilitásvesztések alapján történjen, illetve a hozzájuk tartozó erőértékek a sorrendnek megfelelően egyre nagyobbak legyenek (ezzel elkerülve a szerkezet megrogyását, illetve biztosítva a fokozatos deformációt).

- Energiakritérium:

Ahhoz, hogy egy vázelem sértetlenségét biztosíthassuk, szükség van a jármű mozgási energiáját deformációs munkával elnyelő, előre meghatározott elemekre (lőkhárító).

- Alakváltozási kritérium:

Energiaelnyelés során a keletkező deformációk nagysága, lehetősége szabályozott, így ennek figyelembevételével lehet a karosszéria egyes elemeinek sérülésmentességét biztosítani vagy éppenséggel megengedni.

Ezekből a kritériumokból kiindulva a jármű különböző részegységeit három fő csoportba sorolhatjuk a szerint, hogy azok az autóbustt érő különböző külső behatásokra milyen módon reagálnak (vagy éppenséggel nem reagálnak). A tervezés során törekednünk kell arra, hogy biztosítani tudjuk azoknak a vázelemeknek a megfelelő viselkedését, amelyek kulcsszerepet játszanak az előírások teljesítésében. Összefoglalva tehát a különböző szerkezeti egységeket merevségük szerint három csoportba oszthatjuk ^[14]:

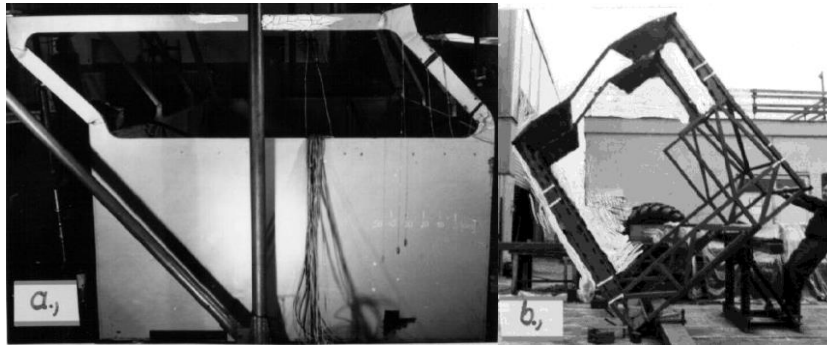
- Abszolút merev egységek:

Ezek az egységek a borulás vagy ütközés során semmilyen deformációt nem szenvednek. Ide tartoznak a különböző gépészeti berendezések, főegységek (motor, nyomatékvtáló, futóművek, stb.), valamint alvázal rendelkező járművek esetében az alvázszerkezet maga.

- Relatív merev egységek:

Az ide tartozó részegységeken deformációk bekövetkehetnek, de ezek csak kismértékűek lehetnek, tekintve a csekély energiaelnyelő képességüket. Közvetlen hatással nincsenek a borulási folyamat geometriájára, a túlélési tér alakulására. Ilyennek tekinthető a padlószint alatti szerkezet („alsó rész”), a homlokfal a szélvédő alatti részen, a hátfal a hátfali ablak alatti részen és bizonyos esetekben a tetőszerkezet. Ez utóbbi viselkedése azonban kétféle is lehet, ideális esetben a tető síkjában merev szerkezetként viselkedik, azonban szélsőséges esetben előfordulhat, hogy a tető „megrogy” (10. ábra, 19. oldal).

^[14] http://autokut.hu/au_index3.htm



10. ábra: Merev (a,) illetve deformálódó (b,) tetőszerkezet.¹⁵

- Deformálódó egységek:

A vázszerkezet azon szerkezeti egységei (szegmensei), amelyek feszültség hatására maradó alakváltozást szenvednek, ezáltal létrejön a felépítmény jelentős mértékű torzulása, a túlélési tér sérelme.

A deformálódó egységek egyben a vázszerkezet képlékeny zónái is, amelyek igen fontos szerepet játszanak az autóbust éró külső behatások „semlegesítésében”, vagyis a mozgási energia deformációs munkává való átalakításában.

- Képlékeny zóna:

A járműnek az a geometriailag behatárolható eleme, amely külső behatások miatt (balesetek, ütközések) nagymértékű képlékeny alakváltozáson megy keresztül, az eredeti geometria (keresztmetszet, hossz) lényegesen torzul. A roncsolódás hatására stabilitásvesztés lép fel, vagyis munkaamésztés, energiaelnyelés történik.

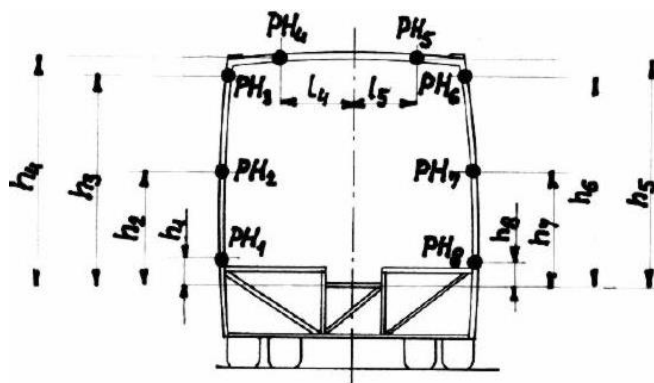
- Képlékeny csukló:

A képlékeny zónák egy speciális eleme, rudakon, csöveken, illetve az ezekből álló szerkezeteken alakul ki. A rudak, csövek merev részei a képlékeny csukló hatására egymáshoz képest elmozdulnak (elfordulnak, elcsúsznak). Ennek köszönhetően definiálhatunk lineáris, rotációs és összetett csuklót.

A legfontosabb feladat a csuklók helyének meghatározása, mivel a képlékeny csukló nem ott alakul ki, ahol a feszültség meghaladja a szerkezeti anyag folyáshatárát. „A képlékeny csuklók kialakulása igen szűk területre korlátozódó feszültségkoncentráció és alakhibák együttes hatására bekövetkező lokális horpadások következménye, amely már a szerkezeti folyáshatár alatt bekövetkezik.”^[16] Ezek a csuklók általában a vázszerkezet keretein helyezkednek el (11. ábra, 20. oldal), így egy vázszerkezet „k” darab szegmensevel jellemezhető.

¹⁵ http://autokut.hu/image/au_50_mat04.htm

¹⁶ http://autokut.hu/image/au_50_mat05.htm

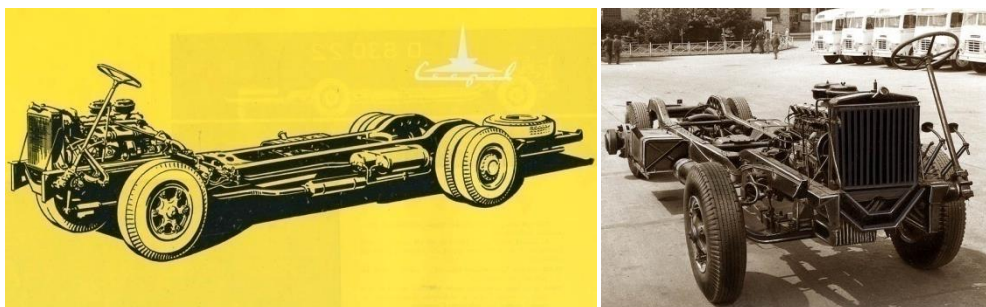


11. ábra: Képlékeny csuklók kialakulásának lehetséges helyei egy vázszegecsen¹⁷

2.2.2. Szerkezeti kialakítások

Az alacsonypadlós autóbuszokat szerkezeti kialakításuk szerint alapvetően kétféle bonthatjuk, az alvázon, illetve az önördő felépítményen alapuló típusokra. A kétféle építési mód között korábban alapvető különbségek voltak felfedezhetőek, amik mára, a technikai színvonal emelkedésével bizonyos esetekben szinte teljesen eltűntek.

A legrégebbi építési módnak egyértelműen az alvázak konstrukciókat jelölhetjük meg, hiszen az autóbuzszipar nagyon sokáig szinte kizárólag teherautó alvázakra építkezhetett, amelyek jelentősen korlátozták az alkalmazható felépítmények szerkezetét. Az autóbuszok iránti nagy kereslet miatt azonban megjelentek az első, autóbuszok számára fejlesztett alvázak is, amelyek még klasszikus „létra” alvázak voltak (12. ábra).



12. ábra: „Önjáró” alváz a régmúltból. Az Ikarus 630-as típusának Csepel gyártmányú alváza megtestesíti a klasszikus alvázakat.¹⁸

Ezek a kezdetleges alvázak különböző profilú „L” vagy „U” alakú tartókból épülnek fel. A hossztartókat keresztartókkal erősítik meg, amelyek rögzítéséért hegesztés, szegecselés, vagy hagyományos csavarkötés felel. A legnagyobb terhelésnek leginkább a hajlításra

¹⁷ http://autokut.hu/au_index3.htm

Vincze–Pap Sándor (2008) – Autóbuszok ütközésállósági vizsgálatai és vizsgálati módszerei, különös tekintettel a borulásbiztonságra, a vázszerkezetek képlékeny csuklóira és zónáira. Budapest, p. 38

¹⁸ <http://iho.hu/hir/ketszaz-jarokepes-man-alvaz-szingapurba>
http://www.old-ikarus.hu/620/alvaz_orig.jpg

igénybevett hossztartók vannak, mivel ezeknek a feladata a gépészeti berendezések (motor, erőátviteli rendszer, kocsiszekrény, illetve rugóbakokon keresztül csatlakozó felfüggesztési rendszer) hordozása, a menet közben fellépő statikus és dinamikus terhelések elviselése. A különösen nagy igénybevételnek kitett részek lemezeléssel kerülnek megerősítésre, ezzel „szekrényes tartót” létrehozva. Összességében tehát elmondhatjuk, hogy az alvázak konstrukciók esetében maga a kocsiszekrény terheletlen (elviékben).

Ettől a klasszikus felépítéstől kismértékben eltérnek a korábban említett „autóbusz specifikus” alvázak, melyek süllyesztett alvázkerettel rendelkeznek, hossztartóik pedig a hátsó tengely felett görbítve vannak, hogy biztosítva legyen a szükséges rugóút. Pozitív tulajdonságaik között a szilárdságot és a merevséget, hátrányaik között pedig a nagy tömeget és az ütközések során tanúsított merev viselkedést említhetjük.

Az alvázak kizárólagos piaci részesedését a korszerű önhordó felépítmények megjelenése törte meg, amelyek jelentősen csökkentették az irántuk való keresletet. A várakozásokkal ellentétben azonban egyáltalán nem tűntek el, amit egyebek mellett egyik legjelentősebb előnyüknek, az „önjáró” felépítésüknek köszönhetnek.

A gyártók ugyanis készre szerelt, úgynevezett „önjáró” alvázakat árultak és árulnak jelenleg is, melyek tartalmazzák az összes gépészeti berendezést sőt, újabban még a műszerfalat is. Ez a megoldás jelentős költségektől kíméli meg az autóbuszgyártót, aminek hála kisebb manufaktúrák is jelentős sikereket értek el (Ikarus EAG) az autóbusziparban. Ezek a költségmegtakarítások leginkább a fejlesztési költségekben mutatkoznak meg, hiszen a különböző főegységek (futóművek, motor, erőátviteli rendszer, kormányzás) beépítve és hitelesítve kerülnek a gyártókhoz, szemben az önhordó felépítménnyel rendelkező típusokkal, ahol nagy szakértelmet kívánó és igen költséges szilárdsági, fárasztó és rezgéstani vizsgálatoknak kell alávetni a különböző főegységek rögzítéséért felelős konzolokat.

Az alacsonypadlós autóbuszok megjelenésével azonban radikális változások mentek végbe az alvázak felépítésében (lásd 5. ábra, 13. oldal) is.

Az alacsonypadlós felépítés miatt a korábban használt „L” és „U” profilok helyét átvették a különböző (általában rozsdamentes) zártszelvények, amelyek elhelyezése a korábbi „létra” elrendezés helyett leginkább a rácsos szerkezetekre hasonlít. Erre szükség is volt, hiszen az új típusú kerékfelfüggesztésekkel már lehetségessé vált a teljes hosszban alacsonypadlós felépítés. Ezekkel a lépésekkel az alvázak igen sok negatív tulajdonságát sikerült kiküszöbölni, többek között a nagy tömeget, illetve a magas felépítést. Ezek a változtatások azonban nem lettek általános érvényűek, a távolsági autóbuszok számára készített alvázak továbbra is szinte változatlan formában készülnek.

Egy másik, igen jelentős pozitívum a „cserélhetőség”, vagyis azonos típusú alvázakra különböző felépítmények konstruálása válik lehetővé. Ez természetesen fordítva is működik, egy adott felépítmény alá többféle alváz is szerelhető (Ikarus EAG 395/E95). Ez a tulajdonság azonban nem csak a gyártók számára kedvező, hanem adott esetben az üzemeltetőknek is, hiszen egyrészt számos típust vásárolhatnak azonos motortípussal, másrészt amennyiben az alváz élettartama jelentősen eltér a felépítménytől, abban az esetben lehetőség nyílik a felépítmény újragyártására az alváz, illetve a főegységek megbontása nélkül.

Az önhordó felépítménnyel rendelkező járművek esetében a részegységek beépítése nem egy különálló vázra, hanem magába a kocsiszekrénybe történik, amely tömegcsökkenést von maga után. Ez a megoldás azonban jóval bonyolultabb felépítésű, drágább felépítmény meglétét követeli meg, amely egy megerősített kocsiszekrényvázsal rendelkezik, ezáltal képes elviselni a menet közben fellépő különböző statikus és dinamikus terheléseket. A különböző erőhatások elviselésében maguk a karosszériaelemek is nagy szerepet játszanak, azonban a legfőbb szerep a különböző oszlopokra, bordákra és merevítőkre hárul, így azok elhelyezkedésére kiemelt figyelmet kell fordítani.

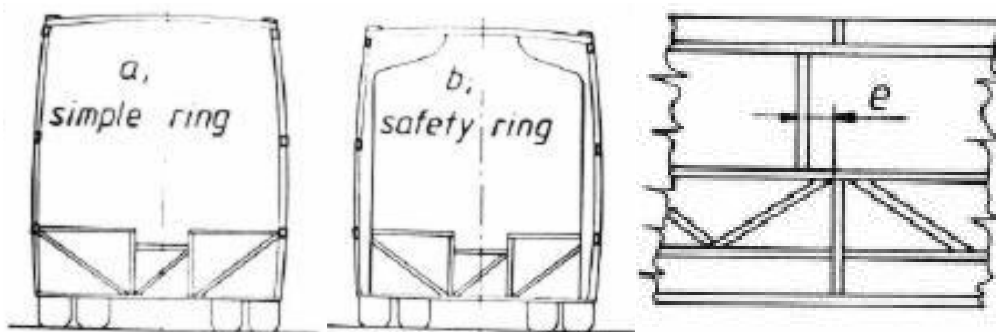
Egy modern, városi autóbusz felépítményének mechanikai tulajdonságait (a felépítésük jellegétől függetlenül) három tényező határozza meg:

- Keretszerkezetek merevsége, kialakítása.
- Egyéb, merevítő szereppel rendelkező szerkezeti egységek elhelyezkedése, kialakítása.
- Kritikus pontok szilárdsága, kialakítása.

A mai alvázak és önhordó felépítmények igen hasonló felépítésűek, amely a mindkét esetben kulcsszerepet játszó és korábban említésre került keretszerkezeteknek köszönhető. Ezek a keretek egy ablak- vagy ajtóoszlopból, valamint azok folytatásából állnak a padló- és tetőszerkezetben. Kialakításuk és nyomatékállóságuk alapjaiban határozzák meg a borulási tesztek eredményeit, a tetőszerkezet terhelhetőségét.

Ezek a keretek alakulnak ki a korábban elemzett képlékeny csuklók is, amelyek „működése” során bekövetkezhet a felépítmény torzulása, a túlélési tér sérelme. Kialakításuk alapjaiban határozza meg a felépítmény szilárdsági jellemzőit. A kereteknek négy fő típusát különböztetjük meg (13. ábra, 23. oldal) ^[19]:

^[19] http://autokut.hu/au_index3.htm



13. ábra: Egyszerű (a.), biztonsági (b.) és kvázi keret (c.).²⁰

- Egyszerű, normál keret:

Részei az ablak– vagy ajtóoszlopok, oldalfal oszlopok és tetőbordák, amelyek rendszerint a fenékváz egy kereszttartójához csatlakoznak. A normál keret a keresztmetszet egy síkjában helyezkedik el.

- Biztonsági (boruló) keret:

Egy normál keret megerősítésével alakul ki. Ennek eredményeképpen nő a keret teherbírása, szilárdsága és energiaelnyelő képessége.

- Kvázi–keret:

A normál kerettől kis mértékben eltér, például az ablakoszlop nem folytatása az oldalfal oszlopnak (vagy a tetőbordának), attól kis mértékben eltolt, azonban ez az excentricitás (e) nem lehet túl nagy, közös szerkezeti csomópontjuk még merevnek tekinthető.

- Részleges keret:

Amikor a keretelemek nem alkotnak zárt hurkot. Ennek speciális esete egy magában álló ajtó– vagy ablakoszlop.

A vázszerkezet felépítésének tervezésekor azonban nem csak a keretszerkezetek játszanak kulcsfontosságú szerepet, hanem egyéb szerkezeti egységek is, amelyek szintén hatással lehetnek a képlékeny csuklók elhelyezkedésére és karakterisztikájára, ezáltal a vázszerkezet mechanikai tulajdonságaira. Ezek az egyéb szerkezeti részek erősíthetik a keretszerkezeteket, melyek ez által stabilabbak, merevebbek lesznek (14. ábra, 24. oldal):

²⁰ http://autokut.hu/image/au_50_mat05.htm



14. ábra: Merevítő szerepkörrel rendelkező szerkezeti elemek.²¹

- Homlok- és hátfal:

Az üvegezés alatti szerkezeti elem jelentősen növelheti a teljes szerkezet merevségét, amennyiben azok – a gondos tervezésnek köszönhetően – merev testként viselkednek.

- Kerékdobok:

Alacsonypadlós járművek esetében jelentősen növelik az oldalfalak és oldaloszlopok merevségét, köszönhetően az általuk biztosított nagymértékű megtámasztásnak.

- Dobogók:

A kerékdobokhoz hasonló támasztó hatást fejtenek ki, méretüknél fogva mérsékeltebben.

- Ülések:

Amennyiben rögzítésük egyidejűleg az oldalfalon és a padlón is megvalósul, szintén merevítési funkciót látnak el.

- Vezetőfülke, WC, konyha, szekrények... stb.:

Növeli a merevséget minden olyan szerkezeti elem (válaszfal), amelyek rögzítése – az ülésekhez hasonlóan – az oldalfalon és a padlón is megvalósul.

- Fűtő és szellőző csatornák:

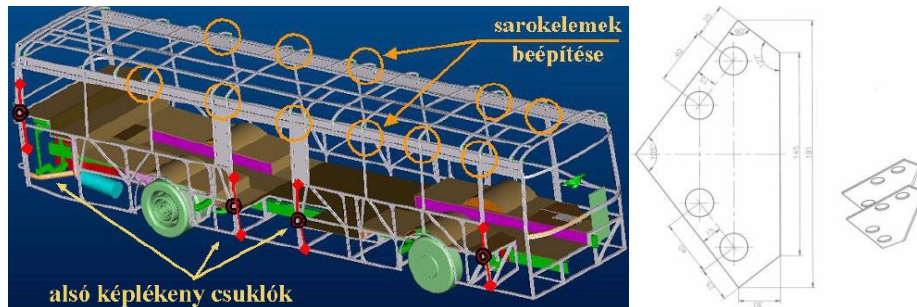
A padló- vagy tetősarokban futó csatornák szintén merevítik a tető- vagy padló szerkezetet, melyek merev testként való viselkedése létfontosságú.

A korábban felsorolt, mechanikai tulajdonságokat befolyásoló tényezők közül a legutolsó a vázszerkezetekben található kritikus pontok megerősítésének mértéke. A kritikus pontok leginkább a képlékeny csuklók helyein jönnek létre, erősítésükre több lehetőség is kínálkozik:

²¹ http://autokut.hu/image/au_50_mat06.htm

- Sarokmerevítések (leginkább tetősarkoknál).
- Betétezés, vagy műgyantával való feltöltés.

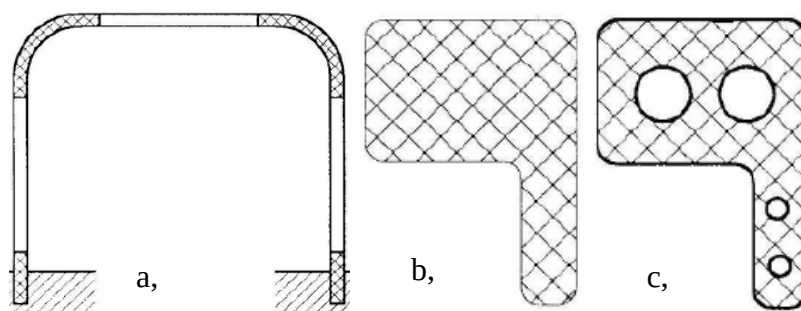
A speciális sarokmerevítések, illetve a szelvények (15. ábra) belső betétezése leginkább a gyártási folyamat során alkalmazható, amennyiben nincs mód a kritikus pont helyeként megállapított szelvény geometriai méretének megváltoztatására.



15. ábra: Sarokmerevítés kialakítása és beépítési helye NABI 700 SE típusú autóbussen.²²

A másik, igen hatékony merevítő eljárás a műgyantával történő vázerősítés^[23]. Ez a megoldás utólagosan is elvégezhető, mivel nem igényel komoly szerkezeti megbontást. Lényege, hogy az üreges szelvényeket kétkomponensű, nem zsugorodó, korrózióálló, 0.8 kg/dm^3 sűrűségű műgyantával töltik fel (ART-RIG eljárás).

A technológia révén a hajlításra és csavarásra igénybevett keresztmetszetek nyomaték igénybevétel-állósága jelentősen javul. Ez azt jelenti, hogy a kritikus keresztmetszetek feltöltésével (16. ábra) a szelvények és az azok által határolt térrészek, gyűrű alakú szelvények (a,) keresztirányú merevsége nagymértékben nő, ami a borulósos balesetek esetén kiemelten fontos.



16. ábra: Záródó (gyűrű alakú) szelvények és különböző keresztmetszetek kitöltésének lehetőségei.²⁴

²² Vincze–Pap Sándor (2008) – Autóbuszok ütközésállósági vizsgálatai és vizsgálati módszerei, különös tekintettel a borulásbiztonságra, a vázszerkezetek képlékeny csuklóira és zónáira. Budapest, p. 52

^[23] Vincze–Pap Sándor (2008) – Autóbuszok ütközésállósági vizsgálatai és vizsgálati módszerei, különös tekintettel a borulásbiztonságra, a vázszerkezetek képlékeny csuklóira és zónáira. Budapest, p. 61

²⁴ Vincze–Pap Sándor (2008) – Autóbuszok ütközésállósági vizsgálatai és vizsgálati módszerei, különös tekintettel a borulásbiztonságra, a vázszerkezetek képlékeny csuklóira és zónáira. Budapest, p. 62

A kísérletek bebizonyították, hogy a szelvények szilárdsági jellemzői hatékonyan javíthatóak betétlemez, illetve az ART–RIG eljárás alkalmazásával. Az eredmények szerint az ajtó– és ablakoszlopok feltöltésével (b,) a vázszegecs elemek energiaeinyelő képessége az adott deformációra limitálva mintegy 20%-kal emelkedett.

A műgyanta viszonylag nagy sűrűsége ($0,8 \text{ kg/dm}^3$) a kitölteni kívánt szelvény tömegét jelentősen megnöveli, amellyel a megengedett össztömeg ismeretében számolni kell. Erre lehet megoldás a szelvényekbe vezetett műanyag csövek alkalmazása (c,), amelyek csökkentik a kitöltendő keresztmetszetet, ezáltal a feltöltött szelvény tömegét.

2.3. Credo Citadell 12 típusú alacsonypadlós városi autóbusz

A nagyon szigorú, de gyártónként eltérő – beépítésre vonatkozó – előírások miatt egy kiválasztott autóbusztípust vizsgálnám meg programom életképességét. A kiválasztott típus a Kravtex–Kühne cégcsoport Credo Citadell típusú 12 méteres, teljes hosszában alacsonypadlós szóló autóbusza.

Ez az autóbusz fog alapjául szolgálni minden nemű megvalósíthatósági vizsgálatomnak, valamint a programom eredményességét is ezen a típuson fogom megvizsgálni. Ez azonban hátrányokkal is jár, hiszen előfordulhat, hogy más gyártó által szállított erőforrás esetén már nem lehetséges bizonyos segédberendezések áthelyezése, vagy éppenséggel ezek a részegységek máshova kerülnek beépítésre.

A Citadell első prototípusai 2009-ben jelentek meg, ekkor még Cummins ISB 6,7 és 8,9 literes motorokkal, melyeket a 2011-ben követték az FPT NEF 6, illetve Cursor 8 erőforrásokkal szerelt változatok (17. ábra).



17. ábra: Credo Citadell 12 FPT²⁵

Az autóbusz legfontosabb méret- és tömegadatait az alábbi táblázatban gyűjtöttem össze:

²⁵ <https://www.facebook.com/media/set/?set=a.631262663556578.1073741829.180999938582855&type=3>

Főbb méretek (mm)		Tömegadatok és befogadóképesség	
Hosszúság:	11'990	Megengedett legnagyobb össztömeg:	18'000 kg
Szélesség:	2'550	Menetkész össztömeg:	10'120 kg
Magasság:	3'100	„A” tengely tengelyterhelése	6'500 kg
Tengelytávolság:	5'820	„B” tengely tengelyterhelése	11'500 kg
Mellső túlnyúlás:	2'700	Ülőhely:	30 db (+ 2 db lehajtható) + 1 fő
Hátsó túlnyúlás:	3'470	Állóhely:	75 fő

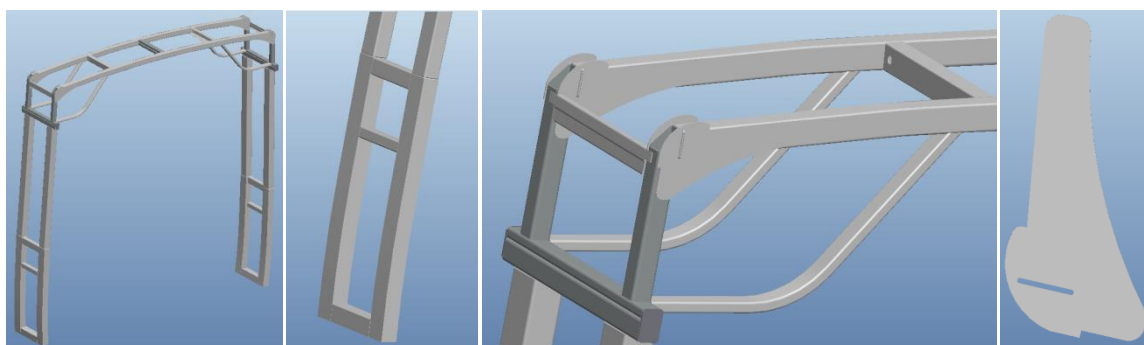
Az általam vizsgált változatot FPT NEF 6 típusú, 194 kW teljesítményű erőforrás hajtja, az erőátvitelről pedig egy Allison T310R típusú nyomatékváltó gondoskodik.

2.3.1. A jármű vázszerkezete

Az autóbusz vázszerkezete összesen kétféle anyag felhasználásával készül, a főgerinc nem korrózióálló, 5 milliméteres falvastagságú zárt keresztmetszetű 1.0570 jelű szerkezeti szénacélból, míg a szerkezet többi része 1.4003 számú korrózióálló acélprofilokból áll, változó falvastagsággal (2-5 milliméter). Adataikat az alábbi táblázatban összegzem:

	Anyagminőség	
	1.0570 (S 355 J2G3)	1.4003 (X2CrNi12)
Szerkezet	Auszténites	Ferrites
Szakítószilárdság (MPa)	630	490
Folyáshatár (MPa)	355	320
Szakadási nyúlás (%)	22	29

A vázszerkezetet felépítő keretszegmensek (18. ábra) oszlopait 80x60x3 milliméteres zártszelvények, míg a tetőszerkezetet alkotó része 50x40x2 milliméteres zártszelvényekből épül fel.



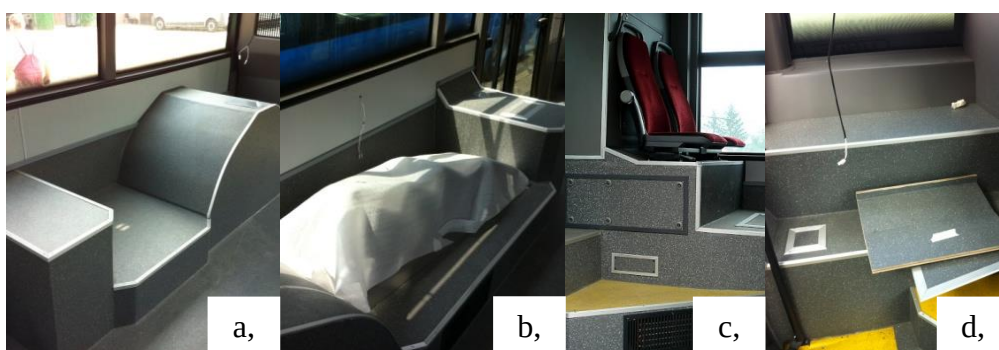
18. ábra: A Credo Citadell megerősítésekkel ellátott keretszegmense.²⁶

²⁶ Kravtex

Ahogy korábban említésre került, a kellő merevség eléréséhez a keretszerkezetek itt is merevítéseket kaptak. Az oldal- illetve tetőoszlopok találkozásánál egy-egy 2 milliméter vastag merevítő lemez került beépítésre, valamint egy 40x20x2 milliméteres hajlított zártszelvény. A külső burkolat kétféle anyagból, ragasztott alumíniumlemezről és üvegszál erősítésű poliészterből készül. Az oldalüvegek edzett biztonsági üvegek.

2.3.2. Főbb gépészeti berendezések elhelyezkedése

A főbb gépészeti berendezések elhelyezkedését az 19. ábra segítségével mutatom be, koncentrálni a jármű azon részeire, melyekre az esetleges változtatások kihatással lennének:



19. ábra: Az utastérben található dobogók és a motorsátor.²⁷

A légféktartályok (a,) és a tüzelőanyag-tartályok (b,) közvetlenül a mellső tengely mögé kerültek beépítésre, előbbiek a menetirány szerinti bal oldalra, utóbbiak pedig a menetirány szerinti jobb oldalra. A motorsátor magába foglalja az erőforrást és a hűtőrendszert, amelynek elhelyezése nem a megszokott módon a menetiránnyal párhuzamosan, hanem azzal merőlegesen került elhelyezésre. Ennek a lépésnek a következtében létrejött egy úgynevezett „kakasülő” (c,), melyen két újabb ülőhely kerülhetett kialakításra. Ennek a megoldásnak a hátránya, hogy ez a két ülés igen magasra került, elérésük csak külön erre a célra létesített lépcsőfokkal lehetséges (a képen a sárga színezéssel ellátott). A motorsátor melletti részen egy másfeles és egy egyes ülés került elhelyezésre (d,) melyek megközelítése szintén a „kakasülőn” elhelyezkedő ülések számára kialakított lépcső segítségével történik.

Ezeknek a dobogóknak az alapterületük:

- | | | |
|-------------------------------------|----------------------|------------------------|
| - Féktartályok (a,): | ~ 0,9 m ² | } ~ 3,7 m ² |
| - Tüzelőanyag-tartály (b,): | ~ 1,5 m ² | |
| - Motorsátor melletti terület (d,): | ~ 1,3 m ² | |

²⁷<https://picasaweb.google.com/102316173851601975963/NincsKettoNegyNelkulCredoCitadell12EsCitadell19Teszt#5623867105174899650>

3. Az elemzések kiértékelése

Az alacsonypadlós járművek konstrukciós korlátai már utas szemmel is szembetűnőek, hiszen az utastérben számos momentum utal erre. A szűk járóközök, az elhelyezett dobogók, a hátsó traktus erősen korlátozott kihasználtsága mind-mind jelentősen rontják a jármű használhatóságát. Ez a gyártók és az üzemeltetők oldaláról is hátrányos, mivel – köszönhetően az alacsonypadlós kialakításnak – a beépített részegységek elhelyezésére igen kevés hely áll rendelkezésre, aminek hozományaként az időszakos karbantartások és az esetleges javítások elvégzése meghosszabbodik, nehezedik. Ebből kiindulva igyekeztem olyan változtatásokat eszközölni, amelyek segítségével nem csak a jármű utasterét tudom tágasabbá és funkcionálisabbá tenni, hanem az üzemeltetési körülményekben is előrelépést tudok felmutatni. A két problémakört egy fő indokra tudnám visszavezetni, ez pedig a – korábban is megemlített – zsúfoltság. Ennek megoldását a tetőszerkezet hasznosításában látom, melynek „beépítésével” jelentős mértékben javítható az autóbusz térkihasználtsága.

Az elvégzett elemzések alapján megállapítható, hogy a tervezett átalakításokat kizárólag az önhordó felépítménnyel rendelkező autóbuszok esetében célszerű alkalmazni. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy más esetben a megvalósítás nem lehetséges, hanem sokkal inkább azt, hogy az önjáró alvázal rendelkező típusok esetében inkább gazdasági nehézségekről beszélhetünk. Ez a gazdasági nehézség az alvázal konstrukciók legnagyobb előnyére, az önjáró „kiszerezésre” vezethető vissza. Az ilyen felépítésű alvázak esetében komoly plusz költséget jelent, hogy egyedi szállítást kell kérni a gyártótól, hiszen bizonyos segédberendezések nem hasznosíthatóak, azokból speciális, az autóbusz strukturális felépítéséhez passzoló alkatrészt kell beépíteni (hűtőrendszer, tüzelőanyag-tartály, féktartályok).

3.1. A tetőszerkezet hasznosítása

Mivel a főegységek és erőátviteli berendezések elhelyezésére már nem kínálkozik több lehetőség, így az alacsonypadlós rész növelése kizárólag a segédberendezések elhelyezésének változtatásával lehetséges. Ez önmagában azonban nem elég, hiszen a rendelkezésre álló terület behatárolt, így bárhogyl is változtatjuk a gépészeti elrendezést, az mindig helyet fog elvenni az utastérből.

Erre a problémára lehet megoldás az alternatív meghajtású járművek elemzésénél bemutatott, a gyártók körében nagy népszerűségnek örvendő építési mód alkalmazása,

amelynek keretében az alternatív hajtáslánc szinte minden eleme a tetőszerkezetbe kerül elhelyezésre. Ezzel sikerült elérni azt, hogy az alternatív hajtásláncú járművek térkihasználtsága közel azonos szinten legyen a hagyományos meghajtású járművével. Ennek okán kijelenthetjük, hogy a tetőszerkezet hasznosítása lehetséges, sőt ajánlott lépés, melynek segítségével jelentősen javítható az autóbusz térkihasználtsága.

- Előnyök az utas szállításban

Ezek a változtatások igen pozitív kihatással vannak az utastér felépítésére, hiszen jelentős méretű hely szabadítható fel, ami növelheti a jármű befogadóképességét és annak akadálymentességi fokát. Elképzeléseim szerint az „A” és „B” tengelyek között egyetlen dobogó elhelyezése sem válik szükségessé (illetve az első tengely feletti rész is beépíthető marad), valamint a motorsátor mellett újabb alacsonypadlós rész létesíthető. Elérhetővé válik még a 4 ajtós kialakítás is, hiszen a dobogók immáron ezt nem fogják akadályozni.

- Előnyök az üzemeltetésben

A rendelkezésre álló nagy hely miatt a segédberendezések (például kipufogó- és hűtőrendszer) csoportosítva kerülhetnének beépítésre, ezzel az időszakos karbantartási és javítási műveletek elvégzése egyszerűsíthető, gyorsítható. Fontosnak tartom megjegyezni viszont, hogy ezeknek az eljárásoknak az elvégzési módja megváltozik, hiszen az adott alkatrészcsoporthoz eléréséhez szükségessé válik egy állványrendszer, melynek segítségével az autóbusz tetőszerkezetében elhelyezett részegységek hozzáférhetővé válnak. Ezt nem gondolnám feltétlenül hátránynak, inkább csak szokatlannak.

- Továbbfejleszthetőség

Egy másik igen pozitív tulajdonságként említeném meg azt is, hogy a tetőszerkezet beépíthetőségének köszönhetően a különböző „speciális” változatok (hibrid, CNG, troli, ...stb.) kialakítása is jelentős mértékben egyszerűsödik, hiszen a jármű minimális költségekkel lesz átalakítható az adott hajtáslánc igényeinek.

A kiválasztott önhordó felépítmények tetőszerkezetét komoly átalakításoknak kell alávetni, mivel az alkalmazni kívánt változtatások jelentősen befolyásolják a jármű strukturális felépítését, melynek következményeként a vázszerkezet terhelései, igénybevételei nagymértékben megváltoznak. A legfontosabb feladat a tetőszerkezet merev szerkezetként való viselkedésének biztosítása, hiszen az üzemanyagtartály, valamint az egyéb veszélyes üzemű segédberendezések miatt deformációja nem megengedhető. Ez komoly átalakításokat indokol,

amelyek végeredményül egy teljesen új felépítményt is kaphatunk. A vázszerkezet ilyen mélységű áttervezése jelentős többletköltséggel jár, azonban kiemelendő, hogy a végeredményül kapott szerkezet szinte bármilyen alternatív hajtáslánc fogadására képes lesz, legalábbis ami a részegységek elhelyezését illeti. Ezzel a lépéssel az alternatív hajtású változatok fejlesztési költsége nagymértékben csökkenthető.

A megerősítések okozta tömegnövekedés mérsékelhető az újféle megoldások alkalmazásával, mint például a speciális profilok, vagy a műgyantával való feltöltés. Ezek a változtatások bizonyítottan pozitív hatással vannak a jármű vázszegezmenseinek szilárdsági mutatóira.

3.2. A megvizsgálendő részegységek

A megvizsgálendő részegységek körét is igyekeztem meghatározni, a kiválasztásnál két fő szempontot vettem figyelembe:

- Az utastér méretének maximalizálása. Törekedtem arra, hogy az áthelyezni kívánt alkatrészekből „csoportokat” hozzak létre és ezeket egyben mozgassam, ezzel is elkerülve a kiválasztott rendszerek túlzott szétbontását, elaprózását, vagyis az autóbusz felépítésének további bonyolítását.
- Az átalakítások miatti tömegnövekedés megvizsgálása. A tetőszerkezet hasznosítása erősebb vázszerkezetet kíván, melynek eredményeként a jármű menetkész tömege megnövekszik. Ez negatívan hat a tengelyterhelésekre, melynek eredményeképp a jármű befogadó képessége csökkenhet.

Ezen szempontok alapján a következő részegységeket választottam ki részletesebb vizsgálatra:

- kipufogórendszer,
- hűtőrendszer,
- fékrendszer (légféktartályok),
- tüzelőanyag-tartály,
- kerékelfüggesztések

A későbbiek során ezeknek a rendszereknek az ismertetését, valamint a hozzájuk kapcsolódó különböző vizsgálatokat is az egész csoportra nézve végezném el, ezzel is törekedve a rendszer szintű gondolkodásmódra.

4. Beépíthetőségi vizsgálat

A változtatásaim életképességét egyértelműen meghatározzák a kiválasztott részegységeken lefolytatott áthelyezhetőségi vizsgálatok eredményei. Ennek okán minden esetben egyetlen kérdésre kerestem a választ:

Tartalmaznak-e a vonatkozó gyártói vagy nemzetközi előírások olyan kitételeket, amelyek bármilyen módon megakadályozzák az adott részegységek tetőszerkezetbe való áthelyezését?

A vizsgálatok során szeretném a korábban megfogalmazott rendszerelvűséget követni, vagyis nem alkatrészeket, hanem alkatrészcsoportokat vizsgálnék meg, ezzel is biztosítva a jármű további bonyolításának elkerülését, illetve az adott rendszerek esetleges aprózódását. Minden esetben a jelenlegi megoldás elemzésével kezdeném meg vizsgálataim, hiszen létfontosságú, hogy az adott részegység esetleges áthelyezése tényleges előrelépést jelentsen a jármű mostani kialakításához képest.

Az egyes részegységekre vonatkozó nemzetközi és gyártói előírások nem kerülnek teljes hosszukban ismertetésre és elemzésre, mivel azoknak csak bizonyos részei fontosak számomra. A kiválogatott részeket igyekszem saját szavaimmal összefoglalni és csoportosítani, ezáltal is törekedve a tömör és lényegre törő elemzésre.

4.1. Kerékfelfüggesztések

4.1.1. Mellső kerékfelfüggesztések

A mellső kerékfelfüggesztések problémáját viszonylag korán, a 1970-es évek közepén sikerült megoldani, a középső rész süllyesztett kialakításával (így megfelelő méretű járóközt sikerült biztosítani). Ezt azonban kezdetben csak merev kerékfelfüggesztések mellett tudták biztosítani, a független rendszerek megjelenése csak sokkal később történt meg (20. ábra).



20. ábra: Balra a ZF RL 75 A merev, jobbra pedig a ZF RL 75 EC független kerékfelfüggesztés.²⁸

²⁸ http://www.zf.com/corporate/en/products/product_range/buses/finder.html#finder=129_7560_163

Ahogy a képen is látható a hajtással nem rendelkező mellső futóművek kialakítása megfelelővé tehető a középső rész szükséges mértékű süllyesztésével (merev rendszerek esetén), vagy a lengőkarok megfelelő elrendezésével és méretezésével (független rendszerek). A két kialakítás között személy szerint a terhelhetőség és a saját tömeg alapján döntenék, hiszen a biztosítható járóköz szélessége között nincs számottevő különbség. Ezeket az adatokat az alábbi táblázatban gyűjtöttem össze.

	ZF RL 75 A	ZF RL 75 EC
Kerékfelfüggesztés típusa	Merev	Független
Saját tömeg (kg)	527*	482*
Tengelyterhelés (kg)	7500-8500	7500-8200
*7500 kg maximális tengelyterhelés esetén!		

A táblázat alapján kijelenthető, hogy a mai kerékfelfüggesztés típusok között nincs számottevő különbség, így a beépítendő kivitel leginkább a várható üzemeltetési körülmények, valamint a gazdasági lehetőségek határozhatják meg. Érdeemes megjegyezni azonban, hogy a „standard” 7500 kg-os tengelyterhelés immáron vevői kérésre túlléphető, akár 10%-ot meghaladó mértékben is.

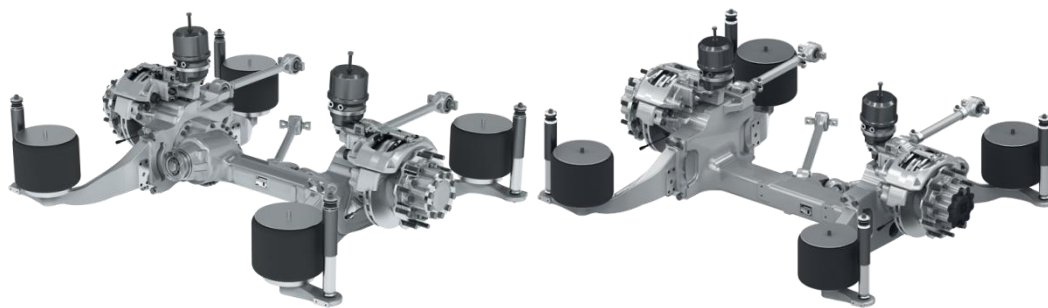
A megengedhető legnagyobb tengelyterhelés természetesen kihatással van a rendszer saját tömegére is, azonban változtatásaim esetében szükségessé válhat alkalmazása. Ez leginkább a megnövekedett tömegű vázszerkezetnek köszönhető, hiszen a dobogók megszüntetése, a motorsátor méretének csökkentése, valamint a tetőszerkezet jelentős mértékű terhelése jelentősen mérsékli annak szilárdságát, mely a rendszer megerősítésének szükségességét vonja maga után. A megnövelt maximális tengelyterhelésnek köszönhetően elérhető, hogy a jármű befogadó képessége az esetlegesen megnövekedett össztömeg ellenére ne csökkenjen.

A teljes hosszukban alacsonypadlós kialakítású autóbuszok megjelenését azonban továbbra is a megfelelő hátsó felfüggesztések hiánya akadályozta, melyre csak a speciális kialakítású mellső futóművek színrelépését követően egy évtizeddel sikerült csak megoldást találni. Külön érdekesség, hogy a megoldást az a haszongépjármű ipar adta, amelytől korábban az autóbuszipar olyannyira függetlenedni próbált.

4.1.2. Hátsó kerékfelfüggesztések

A megoldást az úgynevezett portáltengelyek adták, melyeket a Mercedes–Benz fejlesztett ki az Unimog család számára még az 1950-es évek vége felé. Ennek a lényege, hogy a hajtott kerekek középpontja és a differenciálmű középpontja egymástól eltolva helyezkedik el, melyet fogaskerékpárok alkalmazásával érnek el. Ez több előnnyel is jár, egyrészt a szabad hasmagasság változtatható (haszongépjárművek esetén növelésről, autóbuszok esetében csökkentésről beszélhetünk), másrészt egy plusz áttétel beépítése válik lehetségessé, amely jótékony hatással van a hajtáslánc méretezésére.

A portáltengelyek bemutatását szintén egy ZF termék, az AV 132-es típus segítségével végezném el (21. ábra), egyrészt a kiválasztott Credo Citadell is ezzel a típussal készül, másrészt ez a gyártmány tekinthető a legelterjedtebbnek az iparban.



21. ábra: ZF AV 132 típusú portáltengely hajtott és hajtás nélküli (AVN 132) változata.²⁹

Ahogy a képen is látszik az autóbuszokban alkalmazott portáltengelyek a haszongépjármű iparban használatosak fordítottjai, azzal a plusz különbséggel, hogy jelen esetben a differenciálmű is eltolva, a menetirány szerinti baloldalra kerül beépítésre. A felfüggesztési pontok szintén megváltoztak, hiszen azok eltolva a kerekek előtt és mögött helyezkednek el a légrugókkal és a lengéscsillapítókval egy modult alkotva.

A kerékagy és a differenciálmű jelen esetben 156 milliméterrel van eltolva egymástól, azonban a teljesen sík járóköz így sem biztosítható. Mindez a differenciálműnek köszönhető, hiszen az csak 400-450 milliméteres padlómagasságot tesz lehetővé, melynek áthidalását a gyártók a padló megdöntésével küszöbölnék ki. A legfontosabb adatokat ismételten táblázatban foglaltam össze, hogy képet kaphassunk a portáltengelyek legfontosabb tulajdonságairól:

²⁹ http://www.zf.com/corporate/en/products/product_range/buses/buses_axles_av132_avn132.shtml

	AV 132	AVN 132
Kerékelfüggesztés típusa	Merev, portál	Merev, portál
Saját tömeg (kg)	998*	799*
Tengelyterhelés (kg)	11'500-13'000	11'500
Maximális motorteljesítmény (kW)	260	-
Áttételek	5,13 / 5,74 / 6,20 / 9,82	-
*11'500 kg maximális tengelyterhelés esetén!		

Érdemes itt is megjegyezni, hogy a „standard” 11'500 kg-os tengelyterhelés – immáron a hajtott tengelyek esetében is – vevői kérésre túlléphető, akár 10%-ot meghaladó mértékben is.

4.1.3. Gumiabroncsok

Ahhoz, hogy szükség esetén a gyártó által felkínált megnövelt tengelyterheléseket ki lehessen használni (8'200 kg, illetve 13'000 kg), a hagyományostól eltérő gumiabroncsok alkalmazása válhat szükségessé.

Ezeknek a gumiabroncsoknak két fontos kritériumot kell teljesíteniük:

- Megnövelt maximális terhelési érték.
- Emelt sebességindex (elővárosi változatok esetében).

Ezeknek a gumiabroncsoknak a beszerzése nagyobb költségekkel jár a hagyományos tulajdonságokkal rendelkezőkhöz képest, ami az üzemeltetési költségek növekedését vonja maga után.

4.2. Tüzelőanyag-tartály

Mivel az autóbuszok egyik legnagyobb kiterjedésű és egyben legveszélyesebb alkatrészeként egyértelműen az üzemanyag-tartályt jelölhetjük meg, ezért annak elhelyezésére különösen nagy figyelmet kell fordítanunk. A felhasználási körülményektől függően ürtartalmuk akár 400 litert is elérheti, de általánosságban elmondhatjuk, hogy a gyártók 300 literesnél nagyobb befogadóképességű tartályt nem igazán alkalmaznak.

A korábbi terveimhez híven szeretném megvizsgálni, hogy lehetséges-e a tüzelőanyag tartály beépítése a tetőszerkezetbe, és ha igen, akkor azt milyen módon lehetne megtenni. Ezzel a lépéssel jelentősen javítható lenne az autóbusz utasterének helykihasználtsága. A közúti gépjárművek és pótkocsik tüzelőanyag-tartályaira vonatkozó előírásokat az Európai Gazdasági Közösség 70/221-es számú rendelete foglalja össze.

4.2.1. Műszaki előírások

A tartályokra vonatkozó legfőbb műszaki előírásokat az I. melléklet (M4) foglalja össze, melynek követelményei mind a fém, mind pedig a műanyag tartályokra hatályosak.

A teljesítendő elvárások:

- Korrózióállóság.

Talán a legfontosabb kritérium, amely a leginkább járul hozzá ahhoz, hogy a jármű élettartama alatt megakadályozza az esetleges szivárgásokat.

- Szivárgásmentesség.

A tartályoknak – valamint minden olyan tartozékuknak, amelyeket normál üzemben hozzájuk kapcsolnak – meg kell felelniük a szivárgási vizsgálat által támasztott követelményeknek, az üzemi nyomás kétszeresére növelése esetén is (minimálisan 0,3 bar).

A jármű működése közben a tüzelőanyag nem folyhat ki sem a tanksapkán, sem pedig a túlnyomás-szabályozó készüléken keresztül. Borulás esetén is biztosítani kell a tömítettséget, azonban ebben az esetben csöpögés megengedett (maximálisan 30 g/perc).

Ezeknek a követelménynek a műanyag tartályok akkor felelnek meg, ha kielégítik a mechanikai szilárdságra vonatkozó vizsgálatokat!

- Nyomáskiegyenlítés.

Minden olyan nyomásértéket, amely az üzemi nyomás értékét meghaladja, automatikusan ki kell egyenlíteni. Ehhez nyomáskiegyenlítő eszközök alkalmazása válik szükségessé, amiket úgy kell kialakítani, hogy tűzveszély ne léphessen fel. A töltés során esetlegesen kiszivárgó tüzelőanyagnak a talajra való juttatását biztosítani kell, és egyidejűleg távol kell tartani a kipufogórendszertől.

- Elhelyezkedés.

A beépítés során figyelembe kell venni, hogy a tartályok nem helyezhetőek el sem az utastérben, sem az ahhoz tartozó egyéb térben. Nem képezhetnek semmilyen határoló felületet az utastérrel, sem az ahhoz tartozó egyéb részekkel (padlólemez, oldalfal, mellső, vagy hátsó határoló lemez).

Elválasztó felület alkalmazása tehát kötelező, ennek kialakításánál azonban elnézőbb a szabályozás. A legfontosabb, hogy a tartályból – vagy annak tartozékaiból – esetlegesen kiömlő üzemanyag semmilyen módon ne kerülhessen az utastérbe, vagy az ahhoz

tartozó térbe. Amennyiben ez biztosított, abban az esetben engedélyezett az elválasztó felületen nyílások kiképezése kábelek, vagy vezetékek elvezetésére.

Pozicionálásánál fontos, hogy az védve legyen a jármű elejét, vagy hátulját érő ütközések hatásaitól, valamint a tartály közelében nem lehet semmilyen kiálló rész, vagy éles perem.

- Rögzítés:

Erre semmilyen kikötés nincs, a rendelet csak „biztonságos rögzítést” ír elő.

- Tüzelőanyag betöltő nyílás:

A szabályozás itt sem túl konkrét, csupán annyit ír elő, hogy az nem helyezhető el sem az utastérben, sem pedig a motortérben. A tanksapkát a töltőcsőhöz kell rögzíteni, a tömítésnek biztonságosan a helyén kell maradnia.

- Elektromos töltés kialakulásának megakadályozása:

A tartályt és a hozzá tartozó beöntő nyílás nyaki részét úgy kell kialakítani és beszerelni, hogy az a statikus elektromos töltés kialakulását a teljes felületen kizárja. Amennyiben szükséges, az elektromosságot vezetőkön keresztül a kocsiszekrény fémszerkezeteibe el kell vezetni.

4.2.2. A tüzelőanyag-tartályok beszerelésére vonatkozó előírások

Az előírások nem csak a tartályok felépítését, illetve minősítő vizsgálatait tartalmazzák, hanem a beépítés során teljesítendő feltételeket is:

- Tüzelőanyag-ellátó rendszer

A tüzelőanyag-ellátó rendszer alkatrészeit az alváz vagy a felépítmény elemeinek megfelelő módon kell védeniük a talajon elhelyezkedő esetleges akadályok okozta behatások (ütközések) ellen. Ilyen védelem nem szükséges, ha a jármű alatti alkatrészek messzebb vannak a talajtól, mint az alváz- vagy felépítményrészek (esetünkben ez teljesített).

A rendszer csöveit és egyéb alkatrészeit úgy kell elhelyezni a járművön, hogy a lehető legteljesebb mértékben védve legyenek. Csavaró és hajlító mozgások, valamint a jármű szerkezetének vagy meghajtó egységének rezgései miatt a rendszer alkatrészei nem lehetnek kitéve súrlódásnak, összenyomódásnak vagy egyéb rendellenes igénybevételnek.

A tüzelőanyag-ellátó rendszer alkatrészeinek merev, hajlékony vagy rugalmas részei közötti csatlakoztatásokat úgy kell megtervezni és kialakítani, hogy a jármű által gyakorolt hatások ellenére (csavaró és hajlító mozgások, rezgések) nem szivároghatnak.

Amennyiben a töltőnyílás a jármű oldalán van elhelyezve, a tanksapka zárt állapotban nem emelkedhet ki a felépítmény környező felületeiből.

- Elektromos berendezések

Az üreges alkatrészekben elvezetett vezetékek kivételével az elektromos vezetékeket a mellettük lévő járműszerkezethez, falhoz vagy válaszfalhoz kell felerősíteni. Azokat a pontokat, amelyeken keresztül a vezetékek áthaladnak a falakon vagy válaszfalakon, megfelelően védeni kell a szigetelés átvágása ellen. Az elektromos berendezéseknél kiemelten fontos, hogy azok ellenálljanak az őket érintő korróziós hatásoknak.

4.2.3. Műanyag tüzelőanyag-tartályok

A műanyag tartályok a tüzelőanyag-tartályok új generációját képviselik, köszönhetően igen előnyös tulajdonságaiknak. Megjelenésük valamikor az 1970-es évekre tehető, a 2000-es évek óta pedig szinte kizárólagos alapanyagjául szolgálnak a különböző tartályrendszereknek (22. ábra).



22. ábra: 300 literes műanyag (HDPE) tüzelőanyag-tartály.³⁰

Tulajdonságaik rendkívül kedvezőek, előállításuk egyszerű, illetve formájuk szinte tetszőleges. A műanyag tüzelőanyag-tartályok alapanyagjául szinte kizárólag a HDPE rövidítésű, nagy sűrűségű polietilén szolgál. A hagyományos tartályokhoz képest rendkívül sok pozitív tulajdonsággal rendelkeznek, aminek köszönhetően mára szinte egyeduralkodónak mondhatóak a személygépjármű piacon:

- Alacsony tömeg, amely bizonyos esetekben a hagyományos acél tartály harmada is lehet.
- Jó hang és hőszigetelő képesség.
- HDPE (Polietilén) alapanyag esetén a statikus elektromos töltés kialakulásának esélye jóval kisebb.

³⁰ http://sell.lulusoso.com/upload/20120426/Plastic_truck_fuel_tank.jpg

- 100%-ban újrahasznosíthatóak.
- Teljes kompatibilitás a bio üzemanyagokkal (etanol, biodízel).
- Tetszőleges kialakítás.

Ahhoz azonban, hogy a járműiparban is alkalmazásra kerülhessenek, különböző további vizsgálatok elvégzése válik szükségessé.

4.3. A kipufogórendszer

Kutatásaim során a legnagyobb körültekintést és odafigyelést igénylő alkatrészcsoporthoz tartozónak jelölném meg a kipufogórendszert. Áthelyezésénél nem csak a beépítésénél betartandó igen szigorú gyártói és nemzetközi előírásokra (lásd IV. számú melléklet) kell különös figyelmet fordítani, hanem a rendszer által okozott egyéb hatások kiküszöbölésére, megfelelő kezelésére is. Ide sorolhatjuk a működésből adódó hő- és hangterhelést, valamint a fellépő rezonanciákat. Összefoglalva, az elképzeléseim alapján a kipufogórendszer áthelyezése a következő pozitív tulajdonságokat eredményezi:

- A motorsátor melletti rész dobogómentessé tehető, ezzel a harmadik ajtó környezete sokkal tágasabbá válik.
- Az utastér zajszennyezettsége nagymértékben csökkenthető.
- A kipufogógázok magasan, az autóbusz menetirány szerinti bal oldalán kerülnek kivezetésre, melynek eredményeként a le- és felszálló utasokat érő káros hatások mértéke minimalizálható.
- A rendszer elhelyezése szabadabbá válik, melynek eredményeként a motor sátor környezetének zsúfoltsága csökkenthető. Ez igen pozitív a bevezetés alatt álló EURO VI emissziós előírásokat teljesítő rendszerek esetében, hiszen azok kipufogógáz utókezelő rendszerei jelentős mértékben megnagyobbodtak.

A témához kapcsolódó elemzéseim és megvalósíthatósági vizsgálataim eredményei és kijelentései kizárólag a Credo Citadellbe is beépített FPT (Fiat Powertrain Technologies) motorok esetén érvényesek. Ebbe a kategóriába tartoznak a gyártó NEF / Tector és Cursor motorcsaládjának EURO IV / EURO V / Tier 4A és EEV környezetvédelmi előírásokat teljesítő és Denoxtronic 2 rendszert alkalmazó darabjai.

A különböző kipufogógáz utókezelési módszerek közül is kizárólag a fent említett motorcsaládok által is alkalmazott SCR technológiát elemzem és mutatom be részleteibe menően.

4.3.1. Nitrogén-oxidok katalitikus redukciója

A kipufogó gázok utókezelésére a leggyakoribb megoldás az SCR (szelektív katalitikus redukciós eljárás) technológia használata, amely az általam vizsgált FPT erőforrások esetében is alkalmazásra kerül. Ez a rendszer képes teljesíteni az EURO IV, EURO V és EEV előírásokat is (sőt, ennek a rendszernek a továbbfejlesztett változata az EURO VI-ot is). A kipufogógázt visszavezető megoldással szemben ez a rendszer a magas égési hőmérsékletnek köszönhetően kevés kormot, viszont nagy mennyiségű nitrogén-oxidot termel, melynek hatástalanítását adalék anyag befecskendezésével és SCR katalizátorral végzik el.

Az eljárás alapja az, hogy bizonyos redukciós anyagok képesek oxigén jelenlétében – szelektív módon, csak a nitrogén-oxid oxigénjét felhasználva – redukálni a NO_x -ot. Ez a redukciós anyag az ammónia (NH_3), amelynek biztosítása azonban komoly akadályokba ütközik, mivel annak hordozása a járművön – tárolási és biztonsági okok miatt – nem lehetséges. Mindez azt eredményezte, hogy találni kellett egy olyan helyettesítő anyagot, amelyből az ammónia egyszerűen előállítható, valamint az a környezetre semmilyen módon sem káros. Ez az anyag a karbamid ($(\text{NH})_2\text{CO}_2$) lett, amely szintelen, szagtalan, szerves vegyület, legfontosabb tulajdonsága pedig oldhatósága, amely biztosítja a kiváló adagolhatóságot a kipufogógázhoz.

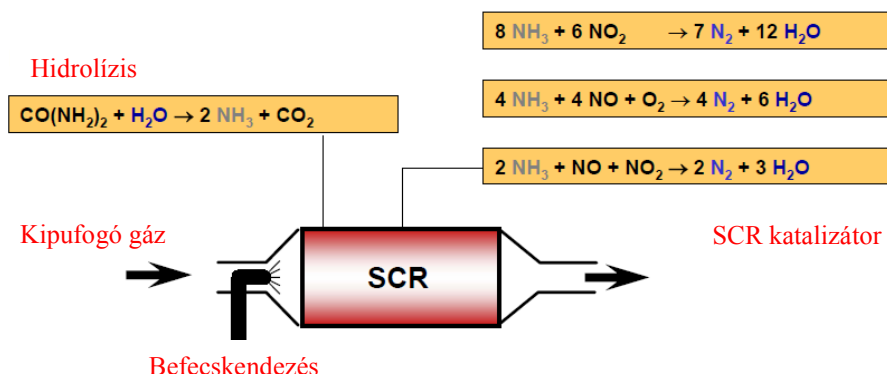
A létrejövő víz alapú oldatban a karbamid 32,5%-ban van jelen, melynek köszönhetően annak fagyáspontja $-11\text{ }^\circ\text{C}$ -ra módosul. Ez a speciális adalékanyag végül az AdBlue nevet kapta, melynek pontos szakmai megnevezése AUS32, a rá vonatkozó specifikációkat pedig az ISO 22241 számú előírás tartalmazza. Az AdBlue legfontosabb tulajdonságait az alábbi táblázatban összegeztem ^[31]:

Viszkozitás (25 °C hőmérsékleten)	kb. 1,4 mPas
Kristályosodás kezdete (ASTM D 1177)	-11,5 °C
Hővezető képesség (25 °C-on)	kb. 0,57 W/mK
Fajhő (25 °C-on)	kb. 3,4 kJ/kgK
Sűrűség (20 °C-on)	1,087 - 1,093 g /cm ³
Felületi feszültség	min. 65 mN/m
Mol tömeg	60,06 kg/kmol
Törésmutató (20 °C-on)	1,3814 - 1,3843
pH (10%-os vizes oldatban)	9,0 - 9,5
Forráspont	103 °C

Ez az AdBlue adalékanyag az SCR katalizátor előtt kerül befecskendezésre, hogy ezt követően hidrolízis keretében ammóniává alakuljon. A hidrolízis folyamata korábban egy külön erre a célra szolgáló hidrolízis katalizátorban történt meg, azonban a mai modern SCR

^[31] <http://autotechnika.hu/cikkek/8475,az-adblue.html>

rendszerek esetében ez már integrálásra került magába az SCR reaktorba. Az így létrejött ammónia végül az SCR katalizátorban lép reakcióba a NO_x-al. A teljes folyamat lefolyását a 23. ábra mutatja be:



23. ábra: Az FPT SCR rendszerében lezajló folyamatok.³²

Látható, hogy az AdBlue anyag kulcsfontosságú szerepet tölt be a káros anyagok semlegesítésében, azonban fontos szem előtt tartanunk, hogy ez egy igen speciális és „kényes” anyag, amely nem megfelelő tárolási körülmények esetén komoly problémákat okozhat:

- Kristályosodási képesség:

Bekövetkezése -11 °C-on történik, melynek hatására az anyag térfogata nagyjából 7%-al megnő, ami a tartály esetleges megrepedéséhez is vezethet (rugalmatlan tartály esetén). Erre a problémára a megoldás a tárolótartály valamint vezetékek fűthetősége, amely a kikristályosodott folyadékot felolvasztja, ezzel annak eredeti minőségét újra biztosítva.

- Korrozív tulajdonság:

Ötvözetlen szénacélra, galvanizált acélra, rézre és rézötvözetekre, alumíniumra és alumínium tartalmú ötvözetekre vonatkozóan. Az AdBlue a vezetékekre kerülve vezetékkorróziót okoz, mely sem vizes öblítéssel, sem levegővel való kifúvatással nem távolítható el. A rézvezetéseken a korrózió előrehaladási sebessége 60 cm óránként.

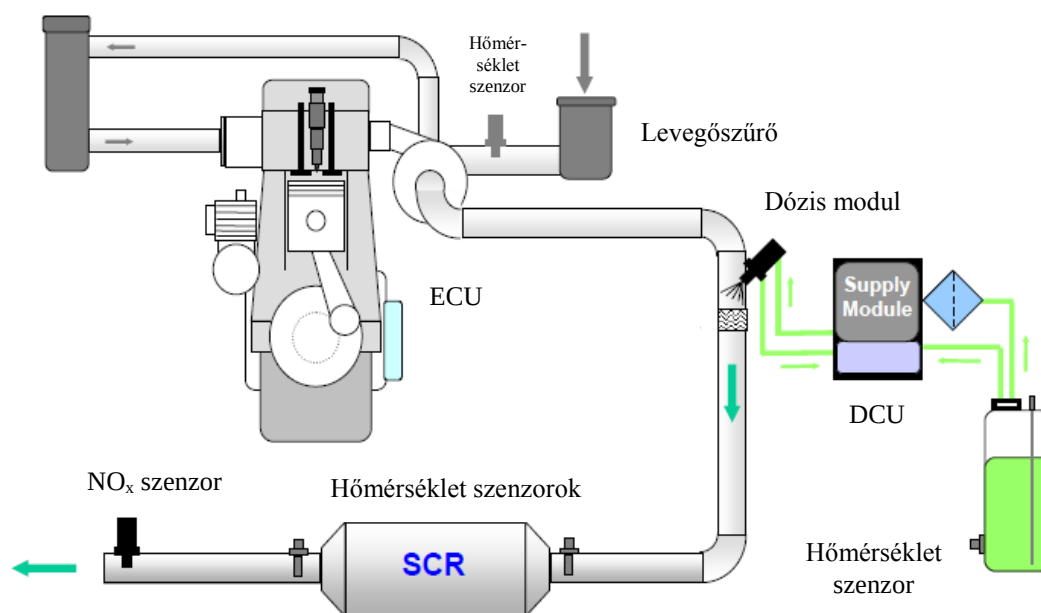
- Szénhidrogén szennyezés:

Az adagolórendszerben lévő gumialkatrészek (membránok, tömítések) gázolajjal, motorbenzinnel, motorolajjal szemben nem ellenállóak. Már néhány cseppnyi szennyeződés is komoly kárt okoz, nem megfelelő minőségű AdBlue tankolása esetén pedig a rendszer pumpamodulját, a tankot és a csöveket is ki kell cserélni.

³² FPT (2009) – SCR System Installation Guideline to meet Emission Standards Euro IV/V & Tier 4A with Bosch Denoxtronic 2, Arbon, p. 4

Fontos még megjegyezni, hogy az AdBlue romlandó anyag, amelynek tárolása kizárólag a megadott hőmérsékleten (-11 és +30 °C között) lehetséges, maximálisan 24 hónapig (20 °C hőmérséklet esetén).

A redukciós anyag megfelelő adagolásáért a BOSCH által kifejlesztett második generációs Denoxtronic rendszer felel (24. ábra), amelynek lényeges elemei fűthetőek, ezzel elkerülve a nem megfelelő hőmérsékletértékekből adódó rendellenes működést.



24. ábra: Az FPT NEF 6 motorcsaládjának kipufogórendszere és annak működési elve.³³

A Denoxtronic rendszer moduláris felépítésének köszönhetően a teljes rendszert négy részre különíthetünk el:

- Tároló tartály:
A tartály feladata az adalékanyag tárolása, valamint hőmérsékletének szabályozása. Mindezt egy WEMA elnevezésű multifunkcionális egységgel végzi el, mely képes az adalékanyag megfelelő hőmérsékleten tartására (a motor hűtőrendszerébe való bekapcsolással), illetve rendelkezik beépített hőmérséklet és szintjelző szenzorokkal. Ezeken kívül magába foglalja a szívó és visszavezető csövet is.
- „Supply Module” (ellátó modul):
Feladata az adalékanyag szállítása a tartály és az adagoló modul között. Tartalmaz egy szűrőt, egy membránszivattyút, egy 4/2-es szelep, valamint nyomás- és hőmérséklet

³³ FPT (2009) –SCR System Installation Guideline to meet Emission Standards Euro IV/V & Tier 4A with Bosch Denoxtronic 2, Arbon, p. 10

érzékelő szenzort. Szintén képes a hőmérséklet szabályozásra (a motor hűtőkörére kapcsolva), valamint szintén összeköttetésben áll a tartály visszafolyó vezetékeivel.

- „Dosing Module” (adagoló modul):

A karbamid-víz oldat pontos mennyiségi adagolását végzi, valamint a korábban említett módon képes a hőmérséklet szabályozására. Szintén rendelkezik hőmérséklet szenzorral, valamint visszavezető ággal.

- „Dosing Control Unit” (DCU):

Feladata a rendszer vezérlése. Állandó összeköttetésben áll a motorvezérlő elektronikával, valamint a diagnosztikai rendszerrel.

4.3.2. Gyártói előírások

A beépítés elvégzéséhez szükséges instrukciókat és a vonatkozó előírásokat minden esetben a motorgyártó határozza meg. A jármű gyártójának a motorgyártó által végzett minősítő vizsgálatokon kell átesnie ahhoz, hogy beépítését elfogadják, illetve a garanciális feltételeket biztosítsák.

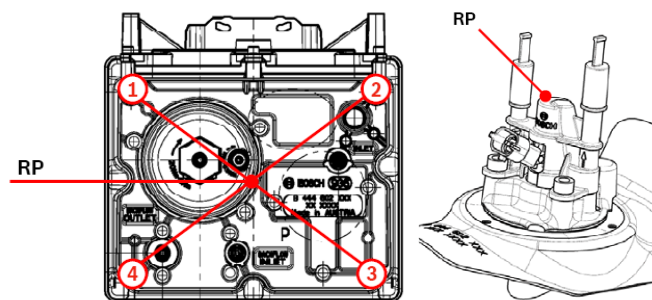
A következőkben elemezném a FPT előírásait, a rendszerek működésére (vezetékezésére) vonatkozó szabályok nélkül. Egyrészt azért, mert ezek nem befolyásolják a részegységek elhelyezését, másrészt azért, mert ezektől nem lehetséges az eltérés.

A legtöbb előírás a Denoxtronic rendszerrel kapcsolatos, hiszen az adalékanyag megfelelő tárolása és befecskendezése létfontosságú a rendszer hatékonyságának szempontjából.

4.3.2.1. „Supply Module” beépítésére vonatkozó előírások

Az ellátó modulra vonatkozóan első körben a három legfontosabb szempont kerül meghatározásra (25. ábra, 44. oldal):

1. A referenciapont (RP) helyzete, amely viszonyítási alapul szolgál a rendszer egyéb elemeinek elhelyezéséhez.
2. A modul pozíciója: A szűrőnek minden esetben lefelé kell állnia, a rendszer dőlése semmilyen irányba sem haladhatja meg a 45°-ot.
3. Meghatározásra kerül még a Dosing Module referenciapontja is, hiszen pozíciója ennek is létfontosságú.



25. ábra: Az ellátó és dózis modul referenciapontja.³⁴

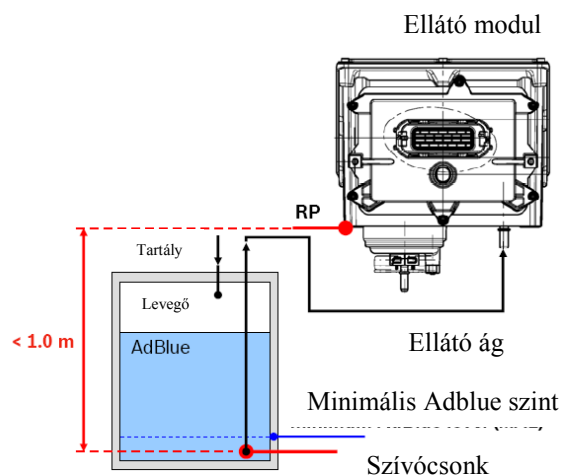
Ezt követően többféle elrendezés válik választhatóvá aszerint, hogy a tartály-ellátó modul-adagoló modul négyes milyen módon helyezkedik el egymáshoz képest. Itt a gyártó többféle lehetőséget is bemutat, valamint részletezi az egyes variációk alkalmazása esetén betartandó szabályokat is.

Az előírásokat elemezve elmondhatjuk, hogy központi szerepe az ellátó modulnak van, hiszen annak szállítási képessége korlátozott, ami nagyban függ az áthidalandó magasságoktól. A gyártó külön ismerteti mind a dózis modul, mind pedig a tartály elhelyezési lehetőségeit az ellátó modulhoz képest, ezzel is több variációt biztosítva a beépíthetőségre.

Esetünkben a legfontosabb az, hogy megvizsgáljuk az SCR katalizátort is magába foglaló kipufogódob áthelyezhetőségét, az AdBlue tartály helyének minimális változtatása mellett, mivel annak kényelmes és akadálymentes utántölthetőségét biztosítanunk kell.

A tartály elhelyezésénél alapvetően két lehetőséget kínálnak fel, az első esetben a tartály az ellátó modul alatt, míg a második esetben felette helyezkedik el:

1. Az AdBlue tartály az ellátó modul alatt helyezkedik el (26. ábra):



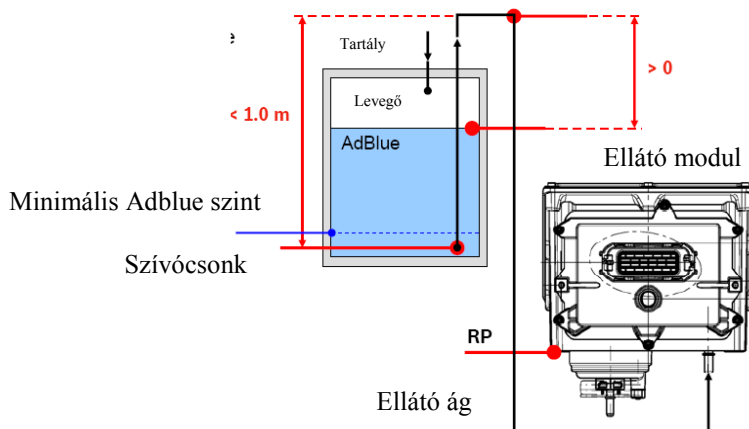
26. ábra: A maximális szívómagasság.³⁵

³⁴ FPT (2009) – SCR System Installation Guideline to meet Emission Standards Euro IV/V & Tier 4A with Bosch Denoxtronic 2, Arbon, p. 17

³⁵ FPT (2009) – SCR System Installation Guideline to meet Emission Standards Euro IV/V & Tier 4A with Bosch Denoxtronic 2, Arbon, p. 19

A szállítómagasságot egy méterben maximalizálva adja meg a gyártó, amit a tartályban elhelyezkedő szívócső alsó pontja és az ellátó modul alsó sarka között értendő.

2. Az AdBlue tartály az ellátó modul felett helyezkedik el (27. ábra):

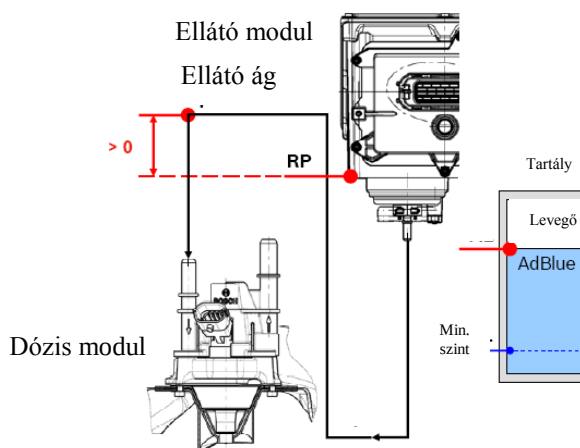


27. ábra: A maximális szívómagasság.³⁶

Ebben az esetben a maximális szívómagasság értelmezése eltérő az előző variációhoz képest, hiszen az egy méteres korlátozás a tartályban lévő szívócső alja és annak felső pontja (az irányváltó helye) között értendő. Ezen kívül előírásra kerül a tartályban lévő folyadék szintje és a szívócső legmagasabb pontja közti távolság is.

A dózis modul elhelyezésénél szintén két lehetőséget ad meg a gyártó, mivel azt elhelyezhetjük az ellátó modul felett, illetve alatt is:

1. A dózis modul az ellátó modul alatt helyezkedik el (28. ábra):



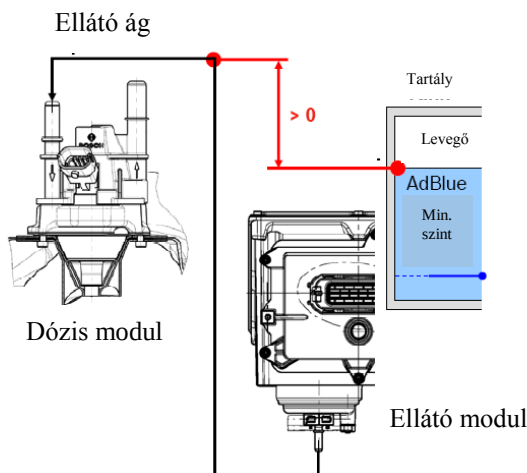
28. ábra: A nyomócső helyzetének meghatározása.³⁷

³⁶ FPT (2009) – SCR System Installation Guideline to meet Emission Standards Euro IV/V & Tier 4A with Bosch Denoxtronic 2, Arbon, p. 20

³⁷ FPT (2009) – SCR System Installation Guideline to meet Emission Standards Euro IV/V & Tier 4A with Bosch Denoxtronic 2, Arbon, p. 21

Az ellátó modulból induló és a dózis modulba érkező nyomócső elhelyezkedésével kapcsolatban elvárt, hogy annak legmagasabb pontja nem lehet egy vonalban a szállító modul alsó vonalával, annak minden esetben magasabban kell elhelyezkednie.

2. A dózis modul az ellátó modul felett helyezkedik el (29. ábra):



29. ábra: A nyomócső helyzetének meghatározása.³⁸

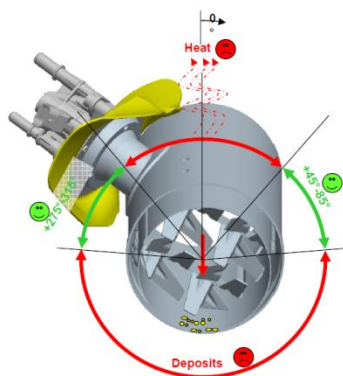
A korábbi esettel ellentétben, itt kizárólag a nyomócső és az AdBlue tartály folyadékszintjének egy vonalba esése tiltott, a nyomócsőnek minden esetben magasabban kell lennie, mint a tartály folyadékszintje.

A megvalósítani kívánt változtatásokat figyelembe véve számunkra a tartály alsó elhelyezése a célszerű, mivel így biztosítva van a kényelmes és könnyű utántölthetőség, valamint a gyárilag szállított tartály használata. A dózis modul elhelyezése esetünkben a tartály és az ellátó modul fölé kerül, tekintve hogy az SCR katalizátor a tetőszerkezetben kerül elhelyezésre.

4.3.2.2. A „Dosing Module” beépítésére vonatkozó előírások

A dózis modul pozicionálása (30. ábra, 47. oldal) létfontosságú a tökéletes porlasztás érdekében, így a porlasztási szögnek – a függőlegeshez képest – 45° és 90° vagy 270° és 315° közé kell esnie (ettől 5°-os eltérést ajánl a gyártó a vízszintestől felfelé).

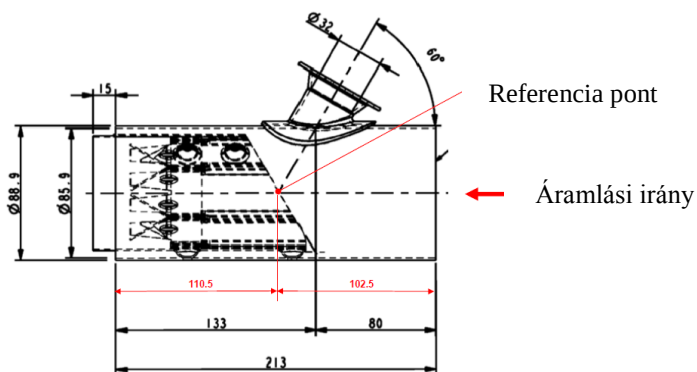
³⁸ FPT (2009) – SCR System Installation Guideline to meet Emission Standards Euro IV/V & Tier 4A with Bosch Denoxtronic 2, Arbon, p. 22



30. ábra: A nyomócső helyzetének meghatározása.³⁹

A legideálisabb szöghelyzet azonban a 60° és 70° közötti állás. A nem megfelelő pozicionálás lerakódáshoz vagy túlzott hő terheléshez vezethet.

Az adagoló és keverő egység pontos méreteit, valamint annak referenciapontját a 31. ábra mutatja:



31. ábra: A keverő egység felépítése és referenciapontjának elhelyezkedése.⁴⁰

A referenciapont elhelyezkedése fontos, hiszen a későbbiekben ismertetésre kerülő minimális csőhosszok mindig a referenciapontok alapján kerülnek meghatározásra.

4.3.2.3. SCR katalizátor

A gyártó az SCR katalizátort is magába foglaló kipufogódobból is három féle variánst tesz elérhetővé, a kettő közötti különbség azonban a kipufogócső kivezetésének helyében maximalizálódik (32. ábra, 48. oldal):

³⁹ FPT (2009) – SCR System Installation Guideline to meet Emission Standards Euro IV/V & Tier 4A with Bosch Denoxtronic 2, Arbon, p. 24

⁴⁰ FPT (2009) – SCR System Installation Guideline to meet Emission Standards Euro IV/V & Tier 4A with Bosch Denoxtronic 2, Arbon, p. 35

A dózismodul és a kipufogódob közötti csőszakasz minimális hosszát az alkalmazott kipufogódob típusa nagymértékben befolyásolja:

Kipufogódob típusa (gyártói száma)	L-min
504135/181/189/186/192	Min. 320 mm
5041 84309	Min. 1000 mm

4.4. Hűtőrendszer

A korszerű belsőégésű motorok esetében a hűtőrendszerek szerepe jelentősen felértékelődött, feladatkörük pedig kibővült. Egy korszerű hűtőrendszer feladatai közé nem csak a motor hőfokának maximalizálása tartozik, hanem az ideális üzemi hőmérséklet mihamarabbi elérésének biztosítása is. A városi autóbuszoknál a hűtőrendszerek fokozott terhelésnek vannak kitéve, ami nem csak a nagy teljesítményű motoroknak köszönhető, hanem a járművek üzemeltetési körülményeinek is.

4.4.1. A hűtőrendszerrel szemben támasztott követelmények

Ahogy korábban is említésre került, a városi autóbuszok esetében a hűtőrendszerek fokozott igénybevételnek vannak kitéve, melynek számos alkotója van:

- Nagy teljesítményű motorok miatt:

A városi autóbuszokban használt nagy teljesítményű 6 vagy 8 hengeres, 250 és 350 lóerő közötti teljesítménnyel rendelkező motorok miatt.

- Az autóbusz farában történő elhelyezés miatt:

A hűtő körüli megfelelő légáramlatok biztosítása nehézségekbe ütközik, kivétel ez alól a Volvo megoldása.

- A motorsátor hűtése miatt:

A motorsátorban elhelyezkedő egyéb részegységek is komoly hő terhelést jelentenek környezetükre. Legjobb példa erre a retarderrel ellátott nyomatékvaltó, mely a városi használatból kifolyólag igen nagy mennyiségű hőt termel.

Annak érdekében, elkerüljük az utastér nem tervezett fűtését, biztosítanunk kell:

1. A motorsátor megfelelő szellőzését, melyben a hűtőrendszer kulcsszerepet játszik.
2. A motorsátor megfelelő szigetelését, amivel elkerülhetjük a felület felforrósodását.

4.4.2. A hűtőrendszer áthelyezhetősége

Általánosságban elmondhatjuk, hogy a rendszer tetőszerkezetbe valló integrálása lehetséges, hiszen ezt már a Volvo is alkalmazza 7700-as és 7900-as sorozatában. Figyelembe véve viszont a korábban felsorolt elvárásokat, valamint az elérhető eredményeket, arra a következtetésre jutottam, hogy a hűtőrendszer áthelyezése nem ajánlott, mivel:

1. A hűtőrendszer feladatai közé tartozik a motor, valamint az erőátviteli berendezések közvetlen környezetének (motorsátor) hűtése is, ezzel elkerülve a motort és az utasteret elválasztó elemek túlzott felmelegedését.

Amennyiben a hűtőrendszert áthelyezzük, gondoskodni kell ezeknek az elemeknek a hűtéséről.

2. A motorsátor megszüntetése a nagymértékben gyengíti a vázszerkezetet.
3. A beépített hűtő nagy méretéből adódóan (0,8-1 m² homlokfelület) komoly nehézségek léphetnek fel a tetőbe való elhelyezés során. A rendelkezésre álló hely ugyan elegendő, azonban a speciális, fektetett kialakítású hűtő beépítése válik szükségessé, hogy elkerüljük az indokolatlanul magas építést.

A Volvo megoldását alapjában véve használhatónak tartom, azonban figyelembe véve, hogy a kipufogórendszer is a tetőn kerül beépítésre (és egyik sem kerülhet túl messze a motortól), így a hűtőrendszer elhelyezése nagymértékben bonyolódik.

4. A hűtő áthelyezésével nem jutunk plusz helyhez, mivel a motor feletti terület nem válik hasznosíthatóvá.

4.5. Fékrendszer

A mai, korszerű autóbuszok adottságainak ismertetésekor kiemelt szerepet kapnak a légfékrendszerek, melyek az idők során gyökeres fejlődésen mentek keresztül. Ezek a rendszerek alapjaiban határozzák meg egy autóbusz biztonságát és a velük szemben támasztott követelmények szinte mindennél fontosabbak. Működésükből adódóan nagyon sok alkotóelemből állnak, melyek megfelelő elhelyezése különleges odafigyelést igényel. Alapvetően két nagy csoportba sorolhatjuk alkatrészeit aszerint, hogy azok a sűrített levegő előállításáról és tárolásáról, vagy magáról a fékezésről gondoskodnak-e.

Céлом kizárólag a sűrített levegő előállításáról és tárolásáról gondoskodó felével foglalkoznék behatóbban, mivel a fékezésért felelős alkatrészeknek sem a mérete, sem pedig jelenlegi elhelyezése nem indokolja az esetleges változtatásokat.

A sűrített levegő -ellátó és -tároló rendszer feladata, hogy a jármű különböző működtető rendszereihez (például ajtónyitás) szükséges levegőt biztosítsa. A rendszer legfontosabb eleme természetesen a sűrített levegőt biztosító kompresszor, ami a motor szívócsövéből, a levegőszűrő által megtisztított levegőt szív be. A kompresszor meghajtásáról a jármű hajtómotorja gondoskodik szíj-, vagy fogaskerék-hajtás segítségével.

A levegő tartályba jutása előtt azonban két kritériumnak kell még megfelelnie:

1. Menteknek kell lennie az olajszennyeződésektől, amelyek a kompresszorok működéséből származtathatóak. Megoldást jelenthetne elektromos kompresszorok alkalmazása, azonban ez csak komoly pluszkiadások esetén lenne kivitelezhető, mivel az erőforrások már kompresszorral ellátva érkeznek az autóbuszgyártókhoz.
2. Meghatározott nyomásértéket kell elérnie. Ez a nyomásérték korábban 0,5-0,7 MPa volt, a mai korszerű rendszerek azonban ennél jóval magasabb, 1-1,2 MPa értékek mellett üzemelnek. Fontos megjegyezni, hogy ezek maximum értékek, amik a levegőfogyasztás miatt 10-15 %-kal csökkenhetnek.

A fenti kritériumoknak megfelelő paraméterekkel rendelkező levegő hőmérséklete magasabb, mint a környezeti hőmérséklet, így lehűléskor annak relatív páratartalma megnő, így gondoskodni kell annak elvezetéséről. Erre a célra a levegő tárolására szolgáló légtartályok alján megfelelő kiképzésű csavart, vagy szelepet biztosítanak.

4.5.1. Légtartályok

Térfogatukra és vizsgálataikra a nemzetközi előírások szigorú irányelveket határoznak meg (EN 286-2 jelű Európai Szabvány), melyek középpontjában a kompresszor szállítóképességének esetleges megszűnése áll. Ez azt jelenti, hogy az üzemi fékrendszernek nyolc teljes működtetés után is biztosítani kell a biztonsági fékre előírt fékhatást. Ennek az előírásnak a teljesítéséhez esetünkben 105 liternyi sűrített levegőre van szüksége a rendszernek, melyet 6 darab 20 literes tartály segítségével biztosítunk.

A jelenlegi hátrányos megoldást szeretném tehát megváltoztatni és a légtartályokat a tetőszerkezetben elhelyezni. Ebben az esetben a tartályoknak alumíniumból kell készülniük, a megfelelő csőátmérőkről és nyomásértékekről pedig a fékrendszer pontos méretezésekor kaphatunk választ.

5. Kutatási eredményeim kiértékelése

5.1. A vizsgálatok eredményei

A lefolytatott vizsgálatok során egyetlen akadály sem merült fel, amely megakadályozná a kiválasztott részegységek áthelyezését. Megjegyzendő viszont, hogy – ahogy korábban is említettem – vannak olyan részegységek, amelyek tetőszerkezetbe való integrálása nem célszerű, valamint feleslegesen növelné a tetőszerkezet terhelését.

A tüzelőanyag-tartály áthelyezését semmilyen előírás nem akadályozza. Ennek a részegységnek talán a leginkább ajánlott a mozgatása, hiszen a legnagyobb területet foglalja el a vizsgált segédberendezések közül, csak nem $1,5 \text{ m}^2$ -t. Bár tömege jelentősnek mondható, a polietilén tartálynak köszönhetően jelentős tömegcsökkentés érhető el.

A kipufogórendszer vizsgálata is igen kedvező eredménnyel zárult, így a hátsó traktus helykihasználása javítható, a felszabadított hely alapterülete $1,3 \text{ m}^2$. Ez lehetővé teszi, hogy a két leghátsó ülés helyére állóhely kerüljön kialakításra, ami a 3. ajtó közvetlen környezetét nagymértékben növeli. A hátsó dobogó eltüntetésével azonban új helyre kell költöztetni az akkumulátorokat is, így ezeket a sofőrfülke alatt helyezném el.

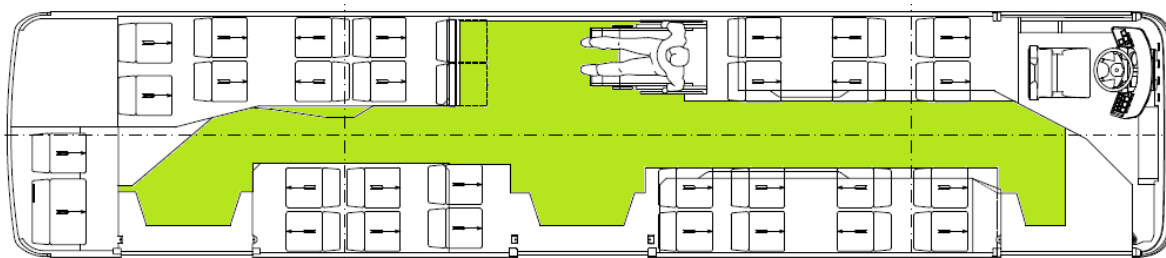
A hűtőrendszer elhelyezkedése és felépítése miatt nem kerül mozgatásra, bár ennek lehetősége biztosított. Az elérhető pozitív változások azonban igen csekélyek sőt, az áthelyezés számos egyéb problémát vet fel, mint például a motorsátor és az utastér túlzott és nem kívánatos melegedése.

A jármű légtartályainak mozgatása sem ütközik semmilyen akadályba, hiszen annak elhelyezése más típusok esetében régóta nem a padlószinten történik. Az acél tartályokhoz képest itt újabb előrelépés érhető el (a felszabadított $0,9 \text{ m}^2$ -en túl), hiszen a tartályok anyaga alumínium ötvözetre változik, mely többek között csekélyebb tömeggel rendelkezik. A megváltozott nyomásértékekre és csőhosszokra a fékméretezés során kaphatunk választ.

Összességében elmondható, hogy vizsgálataim sikerrel jártak, az általam kiválasztott részegységek mozgatását sem a vonatkozó előírások, sem pedig műszaki indokok nem akadályozzák. Ezeknek az egységeknek a mozgatása a jármű utasterének igen látványos fejlődését eredményezi, ami bizonyos tekintetben az európai konkurenciát is meghaladhatja (akadálymentesített ülések száma).

5.2. Változások az utastérben

Ahhoz, hogy igazán érzékeltetni tudjam programom sikerességét, mind a jelenlegi elrendezést, mind pedig a megváltozott elrendezést szeretném bemutatni és elemezni. A jármű jelenlegi kialakítása (35. ábra) összesen 32 ülőhely (ebből 2 lehajtható és 4 akadálymentesített), és 9,32 m² alapterületű állóhely kialakítását teszi lehetővé:

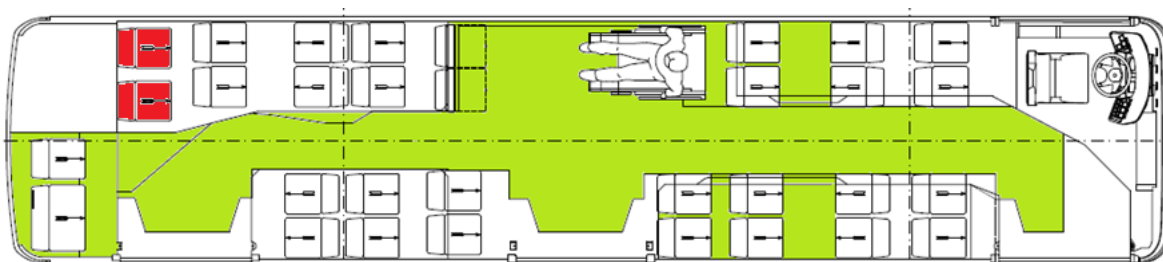


35. ábra: A jármű jelenleg állóhelyként (zöld színnel jelölt) hasznosítható része.⁴³

Látható, hogy a jármű alacsonypadlós része szinte teljes mértékben állóhelyként került hasznosításra. Ez leginkább a kerékdobok beépítésének módjára vezethető vissza, hiszen esetünkben ez hasznosításra került (ülések kerültek rajta elhelyezésre). Ezt a többi gyártó nem minden esetben teszi meg, inkább részegységeket helyeznek el rajta, amivel az alacsonypadlós rész méretét növelik.

Ahogy az ábrán is látható, az ajtók működési terei holtterként jelennek meg a számítások során. Ezt a holtteret hatékonyan lehetne csökkenteni a 2. és 3. ajtónál lengőajtók alkalmazásával.

Amennyiben viszont elvégezzük a szükséges változtatásokat (36. ábra), úgy igen pozitív irányba mozdíthatjuk el a jármű utasterének térkihasználtságát.



36. ábra: Eredmények: ~3,7 m²-el nagyobb alacsonypadlós terület.⁴⁴

Az alacsonypadlós rész mérete mintegy 38 %-al, pontosabban ~3,7 m²-el növekszik, ami figyelemre méltó eredmény. Ez a terület ideális esetben akár állóhelyként is hasznosítható, azonban ha ragaszkodunk a jelenlegi üléselrendezéshez, akkor is igen jelentős előrelépés érhető

⁴³ Kravtex

⁴⁴ Kravtex

nyomon, mivel az akadálymentesített ülések száma a korábbi 4 helyett 12 darabra növekedik (37. ábra). Az egyetlen negatív hatás a „kakasülő” megszűnésében mutatkozik meg (piros ülések), így az elhelyezett ülések száma 30 darabra csökken. Ezt nem látom azonban nagy problémának, hiszen a megváltozott ülésszám még mindig nem kevesebb, mint más autóbuszok esetében.



37. ábra: Az akadálymentesített ülések.⁴⁵

A két tengely között létrejött alacsonypadlós rész egyedülálló, a többi gyártó ezt csak a kerékdobok beépítésével tudja teljesíteni, ami esetünkben továbbra is hasznosítható marad.

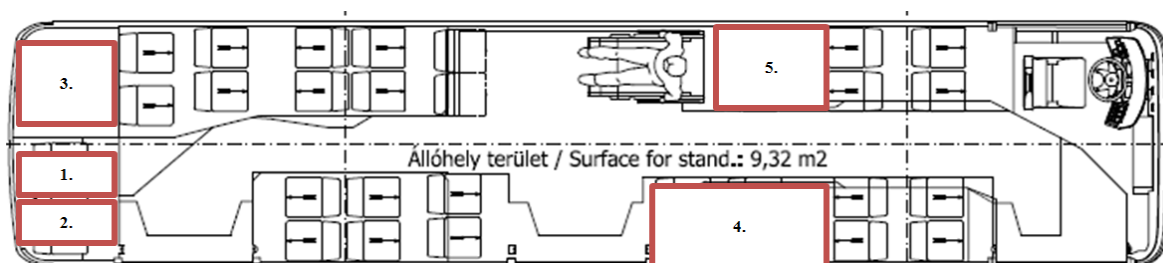
A padló ilyen szintű alacsonypadlósítása azonban felveti az üléselrendezés ellenőrzésének szükségességét is, mivel a mellső tengelyen – a menetiránynak háttal – elhelyezett ülések esetében „szélfogó” alkalmazása válik szükségessé, amit a lábtér biztosítása érdekében egy minimális méretű dobogó egészít ki. A probléma a menetirány szerinti jobb oldalon beépített üléseknél adódik, mivel itt az előírás szerinti 650 milliméteres üléstávolságot kell garantálni (ülőlapp magasságában mérve). Ennek az értéknek a biztosítását a 2. ajtó elhelyezkedése akadályozhatja. A menetirány szerinti baloldalon van lehetőség az esetleges korrekcióra.

Amivel még inkább fejleszteni lehetne ennek a résznek a variálhatóságát, az a sínre szerelt ülések és kapaszkodók alkalmazása lenne. Ezeknek a segítségével az üzemeltető bármikor, bármilyen módon megváltoztathatná a jármű középső részének elrendezését (természetesen bizonyos határok között), aminek köszönhetően a járművek könnyebben válnának átcsoportosíthatóvá a különböző elrendezéseket kívánó viszonylatok között. Az oldalfalakon rögzített ülések a tisztántartást is megkönnyítik, hiszen egy vízzáró réteg kialakításával, valamint az utas ajtóknál a padló megdöntésével biztosítható lenne az utastér bő vízzel való mosása, amelynek hála a jármű takarítására szánt idő jelentős mértékben csökkenthető.

⁴⁵ http://www.kisalfold.hu/gazdasag/credo-busz_premierje_gyorben/2113508/

5.3. Változások a jármű felépítésében

Ahhoz, hogy ilyen látványos eredményeket tudjak felmutatni, radikális változtatásokra volt szükség a jármű szerkezeti kialakításában. A megvalósíthatósági vizsgálatnak alávetett részegységek (kivéve akkumulátor) jelenlegi elhelyezkedését a 38. ábra mutatja be:



38. ábra: A kiválasztott részegységek eredeti elhelyezkedése.⁴⁶

Az ábrán látható számozások magyarázata, valamint az érintett részegységek tömege:

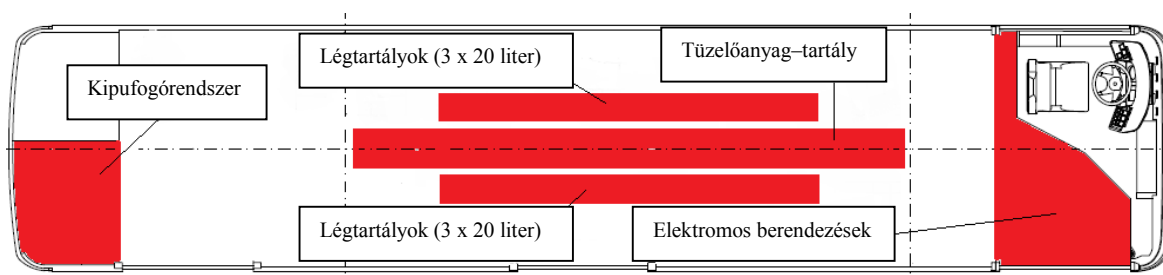
1. Kipufogórendszer; 2. Akkumulátorok; 3. Hűtőrendszer; 4. Tüzelőanyag-tartály; 5. Légartályok

A részegységek elhelyezésére a tetőszerkezetben igen sokféle lehetőség kínálkozik, mivel az jelenleg semmilyen mértékben sem kerül hasznosításra (kivéve a klímaberendezést).

A beépítés végleges elrendezését megelőzően tisztáznunk kell a beépítésre váró egységek tömegét, hiszen azok elhelyezése nagymértékben befolyásolja a súlypont és a tengelyterhelés pontos helyét illetve értékét:

Részegység	Tömeg (kg)
Kipufogórendszer	64
Légartályok	66
Tüzelőanyag-tartály (90%-os feltöltés mellett és HDPE alapanyagból)	230
Összesen: 360 kg	

A jármű tetőszerkezetének egyik lehetséges beépítési elrendezését mutatja be a 39. ábra:



39. ábra: A kiválasztott részegységek lehetséges elhelyezkedése a tetőszerkezetben.⁴⁷

⁴⁶ Kravtex

⁴⁷ Kravtex

A hűtőrendszer a korábban taglaltak miatt nem került áthelyezésre. Ez előnyökkel is jár, hiszen a kakasülő megszűnésével a hűtőrendszer számára fenntartott hely bővül, ami javítja a motorsátor szellőzését. Az akkumulátorok esetében sor került ugyan áthelyezésére, azonban az nem a tetőszerkezet kárára történt. Az akkumulátorok elhelyezése ugyanis a sofőrfülke alá került (a jelenlegi biztosítékdoboz helyére), ezzel gondozásuk és esetleges cseréjük nem nehezedett.

A jármű üzemeltetésében nem tapasztalhatóak nagyobb változások, hiszen a rendszeres karbantartások által érintett részegységek nem kerültek a tetőszerkezetbe. Az AdBlue és a tüzelőanyag-tartály töltése közvetlenül a motorsátor előtt, a menetirány szerinti baloldalon történik, a kakasülő magasságában.

Az utastér holttereit kihasználva nem csak beépítésre alkalmas helyet sikerült létrehoznom, hanem sikerült lehetőséget teremtenem a jármű vázszerkezetének megerősítésére is. Ezeket a területeket mutatja be az 40. ábra:



40. ábra: A jármű utasterének holtterei.⁴⁸

A tetőszerkezet legelső része (a képen látható kijelző mögötti rész) teljesen kihasználatlan így két ok miatt beépítése mellett döntöttem:

1. A jármű tetőburkolatának kialakítása itt felesleges, mivel a kijelző és az ajtó között semmilyen dobogó nincs, ami indokolná a hagyományos belmagasságot.
2. A tető belső burkolatának és a kijelzőt tartalmazó keresztidom egy szintbe hozásával kialakítható egy rekesz, ahová különböző elektromos berendezések elhelyezése válik lehetségessé.
3. A kijelzőt is magában foglaló műanyag elem kiváló lehetőséget ad egy speciálisan megerősített keretszegmens kialakítására. Ez a speciális keretszegmens magában foglalhatná a sofőrfülkét is, mely ez által teherviselő elemmé lépne elő.

⁴⁸ <http://veke.hu/2010/05/dupla-buszteszt-2/>

A jármű hátsó részében ugyanígy létrehozható egy rekesz a 3. ajtó és a motorsátor vonalában, hiszen itt már nincs szükség ilyen nagy belmagasságra, tekintve az ott elhelyezett ülések dobogómentességére. Így a 3. ajtó felső éléig csökkenthető a belmagasság, ami így elegendő helyet szolgál a kipufogórendszer elhelyezésére, valamint még egy kijelző elhelyezésére, amivel a jármű utas tájékoztató rendszere tovább fejleszthető. A különbség csupán annyi lenne, hogy itt a motorsátor lenne teherviselő elemként felhasználva.

További erősítésére ad lehetőséget a 2. ajtó környezete is, hiszen a szélfogó üvegek kárára az itteni keretszegmensek is megerősíthetők, illetve a jármű elejében található keresztidomhoz hasonló is alkalmazásra kerülhet.

A jármű megváltozott tömege miatt ellenőrző számítást kell végeznünk a befogadóképesség ellenőrzésére (a számítás változatlan üléselrendezés mellett érvényes!):

Tömegadatok (kg)	
Megengedett legnagyobb össztömeg	18'000
Menetkész tömeg (az áthelyezett részegységek tömegét kivonva)	9610 - 10'360
Tetőszerkezetbe helyezett részegységek tömege (összesen)	360
Megerősített vázszerkezet becsült plusz tömege	250
A megváltozott menetkész tömeg:	10'220 - 10'970
Ülő utasok össztömege (30 x 68)	2040
Álló utasok (75 x 68)	5100
A jármű tömege teljes terhelés mellett	17'360 - 18'110

A végeredményül kapott értékekből kiderül, hogy bizonyos kivitelek esetében korlátozni kell a szállítható személyek számát, mivel a jármű tömege 110 kg-al meghaladhatja a megengedett legnagyobb tömeg értékét. Ezt azonban elfogadható kompromisszumnak ítélem meg, mivel az álló utasok számának két fővel való csökkentése megoldja a problémát. A jármű befogadóképessége így az eredeti 106 főről 102 főre csökken, ami a jármű utasterében végbement változásokat figyelembe véve teljesen elfogadható értéknek tartok.

6. Összefoglalás

Az alacsonypadlós autóbuszok körében végzett kutatásaimnak a megvalósíthatósági vizsgálatát sikeresnek ítélem, mivel az általam elérni kívánt változtatások végrehajthatónak bizonyultak.

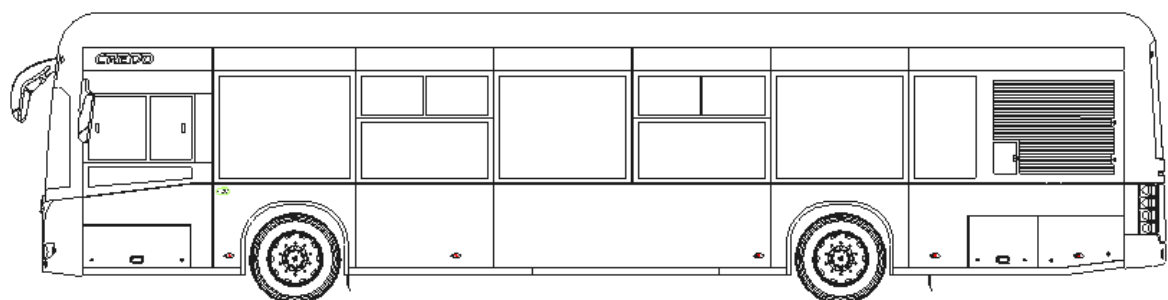
Az áthelyezni kívánt részegységeket megvalósíthatósági vizsgálatnak vetettem alá, melynek alapjául a Kravtex-Kühne cégcsoport Credo Citadell típusú 12 méteres, teljes hosszában alacsonypadlós szóló autóbusha szolgált. Ezeknek az elemzéseknek a célja az volt, hogy felfedjem azokat a tényezőket, amelyek a kijelölt egységek esetleges mozgását akadályozzák, legyen az akár nemzetközi, vagy gyártói előírás. Ezeknek a vizsgálatoknak az eredményeként áthelyezésre került a tüzelőanyag-tartály, a légtartályok, az akkumulátorok, valamint a teljes kipufogó rendszer.

Az eredmények ismeretében kijelenthetem, hogy a változtatásaim jelentős előrelépést mutathat fel, hiszen a felszabadított rész mérete körülbelül $3,7 \text{ m}^2$. Ez a terület ideális esetben akár állóhelyként is hasznosíthatóvá válik, ami 38 %-al növeli a korábban erre a célra rendelkezésre álló területet. Amennyiben változatlan üléselrendezést alkalmazunk, abban az esetben is igen nagymértékű javulást tudok felmutatni, hiszen az akadálymentesen megközelíthető ülések száma megháromszorozódott.

Véleményem szerint, ezekkel a lépésekkel sikerült a korábban kitűzött célokat teljesíteni, vagyis a jármű akadálymentességének és az utastér testreszabhatóságának drámai javulását elérni. Ezek a változások nem csak az utascsere sebességére vannak jótékony kihatással, hanem a jármű piaci helyzetére is.

Az autóbusz ár/érték arányában is változások léphetnek fel, hiszen programom végrehajtása az autóbusz árát megnövelheti, ami az elért eredmények figyelembevételével elfogadhatóvá válhat a megrendelők körében.

Az átdolgozott jármű tervezett nézeti rajza:



7. Felhasznált irodalom

1. Dr. Nagy Vince / Dr. Lakatos István (2012) – *Járművek akadálymentesítése*
Győr: Fogyatékos Személyek Esélyegyenlőségéért Közalapítvány
2. Istvánfi Péter – *Egységben az erő: VÖV szabványú autóbuszok*
<http://iho.hu/hir/egysegeben-az-er-voev-szabvanyu-autobuszok>
3. Istvánfi Péter – *VÖV szabványú Ikarus autóbuszok*
<http://iho.hu/hir/voev-szabvanyu-ikarus-autobuszok>
4. Gerlei Tamás / Kukla László / dr. Lovász György (2008) – *Az Ikarus évszázados története* Budapest: Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft.
5. Kokesch Sándor / Légrádi László – *Alacsonypadlós városi autóbuszok belső utasáramlását javító fejlesztési lehetőségek*
http://www.autokut.hu/au_index3.htm
6. United States patent – *Bus cabin structure* (US8109551)
<http://www.google.com/patents/US8109551>
7. United States patent – *Articulated Bus* (US5452912)
www.google.com/patents/US5452912
8. Dr. Emőd István / Tölgyesi Zoltán / Zöldy Máté (2006) – *Alternatív járműhajtások*
Budapest: Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft.
9. Molnár József (2011) – *CNG hajtással a közösségi közlekedésben*
<http://www.mgk.hu/download/CNG%20flotta%20a%20gyakorlatban%20Tisza%20Volan%2002.pdf>
10. Robert Staimer (2012) – *MAN CNG Busses*
http://www.ngvaeurope.eu/members/presentations/ROBERT_STAIMER-MAN.pdf
11. Daimler (2010) – *Mercedes-Benz Citaro BlueTec-Hybrid bemutató* Szeged
http://www.dakk.hu/FCKeditorUserfiles/file/prezentacio/4_EvoBus_hibrid_DAKK100716.pdf
12. Vincze–Pap Sándor (2008) – *Autóbuszok ütközésállósági vizsgálatai és vizsgálati módszerei, különös tekintettel a borulásbiztonságra, a vázszerkezetek képlékeny csuklóira és zónáira*
<http://www.auto.bme.hu/content/autobuszok-utkozesallosagi-vizsgalatai-vincze-pap-sandor>
13. Dr. Matolcsy Mátyás – *Autóbusz borítóvizsgálat szimulációjának feltételei*

- http://autokut.hu/au_50ev_matolcsy.htm
14. Vincze–Pap Sándor (2006) – *Autóbuszok passzív biztonsága*
Természet világa, 137. évfolyam, 2. szám
15. Vincze–Pap Sándor (2003) – *Autóbuszok méretezése frontális ütközésre*
Anyagvizsgálók lapja, 13. évfolyam, 4. szám
16. Vincze–Pap Sándor (2002) – *Észrevételek az autóbuszok tetőszilárdságának vizsgálati módszeréhez. A Magyarországon használt kombinált számítási eljárás* Keszthely: 33.
Nemzetközi Autóbusz Szakértői Tanácskozás
<http://autokut.hu/317.pdf>
17. Istvánfi Péter (2011) – *Megszűnt buszgyárak nyomában: Csepel autógyár*
<http://iho.hu/hir/megszunt-buszgyarak-nyomaban-csepel-autogyar-111024>
18. Bodor László (1979): *Autóbusz járműismeret*
Budapest: Közdok
19. Zinner György (2005) – *Gépjárművek erőátviteli berendezései*
Budapest: Tankönyvmester Kiadó
20. Volvo – *Rear Axle AV 132 Design and function (Trainer booklet)*
<http://dc303.4shared.com/doc/N3AwrN3J/preview.html>
21. 70/221/EGK (2000.03.20.): *A gépkocsik és pótkocsik tüzelőanyag-tartályaira, valamint hátsó aláfutás gátlóira vonatkozó tagállami jogszabályok közelítéséről*
22. *Heavy-Duty Truck and Bus Engines Emission Standards*
<http://www.dieseln.net.com/standards/eu/hd.php>
23. Dr. Nagyszokolyai Iván – *Az SCR üzemanyaga, az AdBlue*
<http://autotechnika.hu/cikkek/8475,az-adblue.html>
24. FPT (2009) – *SCR System Installation Guideline to meet Emission Standards Euro IV/V & Tier 4A with Bosch Denoxtronic 2*
25. BOSCH (2004) – *Dízelmotorok kipufogógáz technikája.*
Budapest: Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft.
26. dr. Dezsényi György / dr. Emőd István / dr. Finichiu Liviu (1999) – *Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata*
Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó
27. Kőfalusi Pál / Dr. Szöcs Károly / Dr. Varga Ferenc (2004) – *Fékrendszer*
Budapest: Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft.
28. Prof. Dr.–Ing. Zomotor Ádám (2003) – *Gépjármű menetdinamika.*
Budapest: Dr. Kőfalvi Gyula