

# **SZAKDOLGOZAT**

**Elektromos versenyjármű karosszéria  
formájához kapcsolódóan osztások,  
nyitható elemek, merevítések,  
futóműkörnyezet és belső tér kialakítása**

**Cséplő Norbert**

**Járműmérnök Bsc  
Autómérnöki modul**

**2019/2020/2**

## Feladatkiírás

### Hallgató adatai:

név: Cséplő Norbert

Neptun-kód: M41QI1

szak: Járműmérnök Bsc

specializáció: Autómérnöki modul

**Elektromos versenyjármű karosszéria formához kapcsolódóan osztások, nyitható elemek, merevítések, futóműkörnyezet és belső tér kialakítása.**

### Feladatok leírása:

- 1) Shell Eco-marathon verseny szabályzat releváns részeinek bemutatása
- 2) A tervezett és már adott karosszériaforma és az ehhez kapcsolódó feladat részletes bemutatása
- 3) Versenytárs elemzés készítése
- 4) Osztások, nyitható elemek, merevítések, futóműkönyezet és belső tér megtervezése
- 5) Az elkészült karosszéria részletes bemutatása

### Belső konzulens adatai:

Név: Pup Dániel

Munkahely: Közúti és Vasúti Járművek

Beosztás: egyetemi tanársegéd

### Külső konzulens adatai:

Név:

Munkahely:

Beosztás:

Győr, 2020.01.14

---

Pup Dániel, egyetemi tanársegéd

---

**Dr. habil Lakatos István Ph.D.**  
egyetemi docens  
tanszékvezető

## Nyilatkozat

Alulírott, Cséplő Norbert, járműmérnök, Bsc szakos hallgató kijelentem, hogy a Elektromos versenyjármű karosszéria formájához kapcsolódóan osztások, nyitható elemek, merevítések, futóműkörnyezet és belső tér kialakítása című szakdolgozat feladat kidolgozása a saját munkám, abban csak a megjelölt forrásokat, és a megjelölt mértékben használtam fel, az idézés szabályainak megfelelően, a hivatkozások pontos megjelölésével.

Eredményeim saját munkán, számításokon, kutatáson, valós méréseken alapulnak, és a legjobb tudásom szerint hitelesek.

Győr, 2020.05.14

---

hallgató

A publikáció létrejöttét támogatta:

A projekt címe: Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ a Széchenyi István Egyetemen

Pályázati azonosító: GINOP-2.3.4-15-2016-00003

## Kivonat

### **Elektromos versenyjármű karosszéria formájához kapcsolódóan osztások, nyitható elemek, merevítések, futóműkörnyezet és belső tér kialakítása**

Kulcsszavak: karosszéria kialakítás, versenyszabályzat, szerelőnyílás, osztások, nyitható elemek, belső tér, merevítés

Cél: Egy adott önhordó építésmódú karosszériaforma osztásainak, nyitható elemeinek és belső terének megalkotása

A feladathoz adott volt egy áramvonalas, önhordós építésmódú karosszériaforma. A forma azonban önmagában nem elég, hogy autót lehessen belőle építeni. A karosszériaformán ki kell alakítani nyitható elemeket (pl.: ajtó, csomagtartó fedél), szerelőnyílásokat, ablakokat, szélvédőt. Mindezek mellett fontos a belső tér kialakítása is, mely tervezésénél elsődleges szempont a járművet vezető pilóta biztonsága és elhelyezkedése. Először CAD programban, egy 3D-s összeállítási modellben elhelyeztük a tervezés alatt álló versenyautó részegységeit, illetve egy a pilóta méretének megfelelő bábút, a tervezett pozíciójukban a karosszériaformában, ez szolgált alapul az osztások, nyitható elemek tervezéséhez. A jármű egy elektromos energiahatékony versenyautó, mely a Shell Eco-marathon energiahatékonyági versenysorozatra készül. Figyelembe kellett venni a versenyszabályzat ide vonatkozó részeit, hogy az elkészült versenyautó megfeleljen a gépátvételi ellenőrzésen, amely nélkül nem vehet részt a megmérettetésen. Fontos szempont, hogy az áramvonalasan megtervezett karosszériaforma menetellenállása ne növekedjen jelentősen a hozzá kialakított osztások, szerelőnyílások miatt. Figyelembe kellett venni még a gyárthatósági szempontokat is, mivel az önhordó karosszériaforma már önmagában tartalmaz gyártástechnológiai kihívásokat, azonban jelen esetben hozzátesz az a tény, hogy a karosszériaforma anyaga méhsejtes karbon kompozit.

## **Abstract**

### **Design of divisions, openable elements, stiffeners, suspension and interior related to the shape of the chassis of an electric racing vehicle**

Keywords: body design, competition rules, mounting hole, divisions, opening elements, interior, stiffeners

Objective: To create divisions, openable elements and interiors of a given monocoque body shape

A streamlined, monocoque body shape was given to the task. However, form alone is not enough to build a car out of it. The body shape must be modified to be openable (eg door, boot lid), have mounting holes, windows and windscreen. In addition to this, it is also important to design the interior, the primary aspect of which is the safety and position of the pilot, driving the vehicle. First, in a CAD program, in a 3D assembly model, we placed the components of the racing car, and a doll corresponding to the size of the pilot, in their planned position and body shape, which served as the basis for the design of divisions and openable elements. The vehicle is an electric energy efficient racing car that is being developed for the Shell Eco-marathon energy efficiency racing series. The relevant parts of the competition rules had to be considered for the completed race car to pass the technical inspection, without which it cannot take part in the competition. It is an important aspect that the running resistance of the streamlined body shape does not increase significantly due to the splits and mounting openings created for it. Even manufacturability considerations had to be considered, as the monocoque body mold already contains production technology challenges, but in the present case add the fact that the body mold material is a honeycomb carbon composite.

# Tartalomjegyzék

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Bevezetés .....                                                                  | 1  |
| 2. A SZEnergy csapat bemutatása.....                                                | 2  |
| 3. Shell Eco-maraton.....                                                           | 3  |
| 3.1 Shell Eco-marathon verseny bemutatása .....                                     | 3  |
| 3.2 A Shell Eco-marathon versenyszabályzatának releváns részének a bemutatása ..... | 5  |
| 3.3 Shell Eco-marathon telemetria rendszer bemutatása .....                         | 8  |
| 3.4 Versenytárs elemzés .....                                                       | 11 |
| 4. Tervezés bemutatása.....                                                         | 20 |
| 4.1 A tervezett és már adott karosszériaforma és a feladat bemutatása.....          | 20 |
| 4.2 Első futómű környezetének meghatározása .....                                   | 22 |
| 4.3 Versenyautó 3D összeállítási modell .....                                       | 29 |
| 4.4 Osztások, nyitható elemek megtervezése.....                                     | 30 |
| 4.5 Belső tér kialakítása .....                                                     | 40 |
| 5. Összefoglalás.....                                                               | 45 |
| 5.1 Eredménytermék bemutatása .....                                                 | 46 |

## 1. Bevezetés

A SZEnergy-vel már egyetemi tanulmányaim alatt többször találkoztam, végül 2017 őszén jelentkeztem a csapatba. Célom és motivációm az volt, hogy az addig egyetem alatt elsajátított elméleti tudást a gyakorlatban hasznosítsam. Választásomat nem bántam meg, a csapat örömmel fogadott, a jelentkezés után egy beugró feladatot kellett teljesítenem, ami 3D modellezésből és 2D műszaki rajzok elkészítéséből állt Inventor Professional program használatával. A modellező program számomra új volt, mivel egyetemi tanulmányaim alatt nem ezt választottam, azonban ennek ellenére a beugró feladatot sikeresen abszolváltam. A beugró feladat után a csapat futómű részlegére kerültem, ahol először tanulás várt rám, annak a megértése, hogy pontosan hogyan is kell egy energiahatékony versenyre futóművet tervezni. Emellett feladatom volt a futóműhöz kapcsolódó összeállítási modellek és az akkori versenyautóról készült teljes összeállítási modell frissítése, rendezése.

2018 nyarán a SZEnergy csapat tagjaként részt vettem a Londonban megrendezett Shell Eco-marathon versenyen, teljes értékű csapattaggá váltam. A versenyen szintén érdekes és hasznos tapasztalatokkal gazdagodtam, hiszen láthattam, más nemzetiségek egyetemeinek a csapatait, és hogy ők milyen megoldásokat használnak. A versenyről hazatérve megkaptam első önálló nagyobb projektem az új SZEMission nevű energiahatékony elektromos versenyjármű kész karosszériaformájának a kidolgozását, azaz az osztások, nyitható elemek, szerelőnyílások és a belső tér megtervezését.

A karosszériafejlesztés során több szempontot is figyelembe kellett venni, a Shell Eco-marathon versenyszabályzatát, pilóta biztonságát, szerelhetőséget, és nem utolsósorban a menetellenállást, hogy a megtervezett elemek illesztései, rögzítései ne befolyásolják negatívan azt.

Szakdolgozatom első felében olyan karosszériával és gyártási technológiákkal kapcsolatos információkat ismertetek, amelyek a téma megértéséhez szükségesek, emellett a Shell Eco-marathon energiahatékonyági verseny bemutatása. Második részében történik a konkrét tervek, majd az elkészült eredménytermék bemutatása.

## 2. A SZEnergy csapat bemutatása

A SZEnergy Team a Széchenyi István Egyetem oktatóiból és hallgatóiból álló lelkes csapata, melyet a Közúti és Vasúti Járművek Tanszék alternatív energiaforrásokat kutató törekvései hívtak életre. Melynek én is tagja voltam.

Célunk, hogy az alternatív energiával hajtott elektromos járművek hatékonyságát fejlesszük és a technológia életképességét bizonyítsuk. Csapatunk 2010-óta működik közhasznú egyesületi formában, Alternatív Közlekedést Fejlesztő Hallgatói Egyesület néven.

Tevékenységeink mellett, az általunk fejlesztett járművek a Shell Eco-Marathon Europe elnevezésű európai szintű energiatakarékossági versenyen bizonyítanak 2008 óta. Ez a megmérettetés a világ legnagyobb energiatakarékossági versenye, amelyen az a hallgatói csapat nyer, amely megépíti a legkisebb energiafogyasztású járművet, azaz 1 kWh energiával a legnagyobb távot tudja megtenni. [5]



1. ábra SZEnergy csapatkép (2017)<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> [www.szenergy.hu](http://www.szenergy.hu)

### **3. Shell Eco-maraton**

A szakdolgozatomban szereplő versenyjármű a Shell Eco-marathon energiahatékonysági versenysorozatra készül, ezért fontos tisztában lenni a verseny sajátosságaival, a szabályzattal, és különböző forrásokból tájékozódni a versenytársakról, azok megoldásairól és eredményeiről.

#### **3.1 Shell Eco-marathon verseny bemutatása**

A Shell Eco-Marathont a világ legnagyobb energiatakarékossági versenyeként tartják számon.

A verseny alapját egy 1939-ben, Shell tudósok által kötött fogadás adja. A fogadás tárgya szerint az nyert, akinek az autója a legkevesebb tüzelőanyaggal a legnagyobb távolságot tette meg. A nyertes autó nem kevesebb, mint 21,12 km-t tett meg egy liter benzin felhasználásával.

A versenyt évről évre megrendezték korábban a nagyobb autógyártók részvételével (Fiat, Opel) majd később, kisebb csapatok is összemérhették autóik fogyasztását.

Manapság a verseny minden évben megrendezésre kerül, szinte kizárólag egyetemi csapatok részvételével. A versenyen több mint 200 csapat, több ezer hallgatója vesz részt, akik mind azon dolgoznak, hogy az Ő autójuk érje el a legalacsonyabb fogyasztást a 3 napos verseny során. A versenyen külön kategóriában indulnak a különböző meghajtású versenyjárművek, így külön versenyeznek a benzin, dízel, hidrogén, gáz és elektromos üzemű járművek.

A versenyen két különböző autó kategóriát különböztetünk meg a Prototype és az Urban Concept kategóriát. E két kategória versenye teljes mértékben külön zajlik és teljesen más szabályrendszer vonatkozik rájuk. A Prototype kategória résztvevőinek autója teljes mértékben a fogyasztáscsökkenés jegyében épül. Ezeket az autókat alacsony építési mód, könnyű szerkezet, mindenekelőtt áramvonalas karosszéria és minél alacsonyabb tömegű pilóta jellemzi.

Ezzel szemben az Urban Concept kategóriában induló autók nagymértékben hasonlítanak a hétköznapi személygépjárművekre. A szigorú szabályrendszer előírja, hogy minden olyan kiegészítő eszközzel fel kell szerelni egy autót, mely szükséges a közúton való közlekedéshez, ezért minden autóban kötelező többek között a biztonsági öv, első és hátsó fényszóró, irányjelző, dűda, ablaktörlő, kétkörös hidraulikus fékrendszer megléte és használata.



*2. ábra Shell Eco-Marathon 2017 – SZElectricity versenyautó (jobb oldalon)<sup>2</sup>*

A verseny során egy önmagába visszatérő, városi körpályán kell a versenyzőknek adott idő alatt adott körszámot teljesíteni. A városi közlekedés szimulációjaként szabályos előzési manővereket, megállásokat és indulásokat kell végrehajtani a verseny során, melyek esetleges hiányát szigorúan büntetik.



*3. ábra Shell Eco-Marathon 2017 - London, Queen Elizabeth Olympic Park<sup>2</sup>*

Külön versenyt szerveznek Amerikai, Európai és Ázsiai csapatok részvételével. A SZEnergy Team minden évben a Shell Eco-Marathon Europe versenyén vesz részt.

---

<sup>2</sup>[www.shell.com/make-the-future/shell-ecomarathon.html](http://www.shell.com/make-the-future/shell-ecomarathon.html)

### **3.2 A Shell Eco-maraton versenyszabályzatának releváns részének a bemutatása**

A tervezés megkezdése előtt fontos tisztázni az ide vonatkozó versenyszabályzatokat, hiszen, ha az autó nem felel meg ezeknek a kiadott szabályoknak akkor a versenyhelyszínen nem felel meg a gépátvételen és nem versenyezhet. A versenyautót a gépátvételen technikai és biztonsági oldalról is egyaránt ellenőrzik.

A versenyjármű fizikai méreteire és kialakítására vonatkozó versenyszabályok a 2018-as Chapter 1 szerint a következők: [4]

#### **3.2.1 ARTICLE 25: VEHICLE DESIGN**

- a. A motortérnek könnyen hozzáférhetőnek kell lennie, egy esetleges gyors ellenőrzés esetén.
- b. A járműben lévő tárgyakat/eszközöket biztonságosan kell felszerelni. Gumipók, vagy más rugalmas anyagok alkalmazása nem engedélyezett a nehezebb eszközöknél, mint például akkumulátor.
- c. Minden járműnek szilárd talajjal és kerettel kell rendelkeznie, amely megakadályozza, hogy a pilóta testének bármely része érintkezzen a talajjal.
- d. Minden járművet teljesen le kell fedni. A nyitott tetejű járművek nem engedélyezettek.
- e. A szervezők minden UrbanConcept járművet telemetriaival rendszerrel látnak el (lásd az 5. szakaszt), ahhoz, hogy a verseny alatt figyeljék a járművet, és hogy biztosítsa az eredmény kalkulációt. Ebben az esetben a telemetria berendezés fő házáat a jármű belsejébe kell felszerelni, és a csapatnak a jármű testében maximum 32 [mm]-es furatot kell biztosítania a kábeleknek, egy olyan antennához, amely kívülről csatlakozik a jármű tetején.
- f. A járműnek képesnek kell lennie 6 m-es rádiuszú körívben megfordulni. [4]

#### **3.2.2 ARTICLE 26: CHASSIS/MONOCOQUE SOLIDITY**

- a. A csapatoknak gondoskodniuk kell arról, hogy a jármű alváza vagy monokrómja olyan széles és hosszú legyen, hogy hatékonyan megvédje a pilóta testét ütközés esetén, beleértve az első ütközést, az oldalsó ütközést és / vagy a járművek felborulását. A szervezők nem engedélyeznek olyan járművet, amelynek felépítése balesetveszélyesnek tűnik.
- b. A járművet olyan bukótérrel kell ellátni, amely a pilóta sisakja körül legalább, 50mm kiterjedésű, akkor amikor a pilóta a pilótaülésben ül normál állapotban, a biztonsági öveget bekapcsolt állapotban tartva.

- c. A bukóternek egészen a pilóta vállszélességéig kell tartani, akkor amikor a pilóta a pilótaülésben ül normál állapotban, a biztonsági öveget bekapcsolt állapotban tartva.
- d. A bukóteret úgy kell kialakítani, hogy képes legyen ellenállni egy 700 [N] statikus erőnek, amely függőleges és/vagy vízszintes irányból is érkezhets, deformáció nélkül.
- e. Ha a járművet csak bizonyos pontokon lehet megemelni, akkor azokat egyértelműen és jól láthatóan meg kell jelölni és „LIFT HERE” felirattal ellátni.
- f. A járművön két oldalon kettő, vagy is egy-egy darab ajtóval kell ellátni. [4]

### **3.2.3 ARTICLE 28: VISIBILITY**

- a. A pilótafülkét úgy kell kialakítani, hogy a pilótaképes legyen kilátni a pilótafülkéből mindkét irányban 90°-ra a jármű hosszanti tengelyéhez képest. Tilos optikai vagy elektronikus berendezésekkel biztosítani a pilóta látóterét. A pilóta elforgathatja a fejét, viszont a sisaknak mindig a bukókeret alatt kell maradni 50 [mm]-el.
- b. A járművet a jármű mindkét oldalán egy visszapillantó tükörrel kell felszerelni, mindegyiknek legalább 2500 mm<sup>2</sup> (például 50 mm x 50 mm) felületűnek kell lennie. A visszapillantó tükröket elektronikus egységekkel nem lehet helyettesíteni. [4]

### **3.2.4 ARTICLE 30: VEHICLE ACCES**

- a. Elengedhetetlen, hogy a pilóta teljes felszerelésben, képes legyen elhagyni a járművet egyedül, bármilyen segítség nélkül 10 másodpercen belül.
- c. Az ajtó nyitó mechanizmusa legyen könnyen és intuitív módon működtethető mind a jármű belső térben, mind a járművön kívül. A külső nyílás módját egyértelműen egy piros nyíl jelöli, és könnyen nyitható, számszám vagy más segédeszköz igénybevétele nélkül.
- d. Tilos ragasztószalag használata az ajtó becsukódásának biztosításához kívülről. [4]

### **3.2.5 ARTICLE 45: DIMENSIONS**

- a. A jármű teljes magasságának 1000 [mm] és 1300 [mm] között kell lennie.
- b. A jármű teljes szélességének, beleértve a tükröket is, 1200 [mm] és 1300 [mm] között kell lennie.
- c. A jármű teljes hosszának 2200 [mm] és 3500 [mm] között kell lennie.
- d. Az első tengely nyomtávja legalább 1000 [mm], a hátsó tengely nyomtávja pedig legalább 800 [mm], a nyomtáv mérése, ott történik, ahol a gumik érintkeznek a talajjal.
- e. A tengelytáv legalább 1200 [mm]
- f. A pilóta környezetében a minimum magasság 880 [mm], a minimum szélesség, pedig a pilóta vállainál 700 [mm].
- g. A hasmagasságnak legalább 100 [mm] a pilótával (és ha szükséges a ballasztal) együtt.

- h. A jármű maximális tömege (beleértve a pilótát) 225 [kg].
- i. A jármű méretei nem módosíthatók, olyan elemekkel, mint beakasztott hosszabbítók kkal, vagy kivágásokkal. [4]

### **3.2.6 ARTICLE 46: VEHICLE BODY**

- c. Tilos bármilyen kereskedelmi forgalomban lévő jármű karosszéria elemét használni.
- d. A pilótának a járműhöz való hozzáférése, olyan praktikusnak és egyszerűnek kell lennie, mint egy kereskedelmi forgalomban lévő járműnél. Minden UrbanConcept járműnek oldalra nyíló ajtó kialakítással kell felszerelni. Az ajtónyílásnak legalább 500 x 800 mm méretűnek kell lennie. Ez azt jelenti, hogy ennek a dimenzióknak egy négyszögletes sablonja akadály és elforgatás nélkül át tud haladni az ajtónyíláson.
- e. A karosszérián található összes nyílást, megfelelő fedéllel kell ellátni, amelyek könnyen rögzíthetők a jármű testen, csuklópontokkal, vagy esetleg sínek segítségével. Ragasztószalag vagy tépőzár ilyen esetekben nem használható.
- h. A járműnek rendelkeznie kell egy üres térrel, amely képes befogadni egy 500 x 400 x 200 [mm] méretű (L x H x W) csomagot. Ennek a térnek könnyen hozzáférhetőnek kell lennie és rendelkeznie kell padlóval és oldalfalakkal, amelyeken a csomag könnyen és megfelelően rögzíthető.
- i. A jármű karosszériája nem tartalmazhat olyan külső elemeket, amelyek a többi résztvevő biztonságát veszélyeztetik. pl.: az éles pontoknak legalább 50 [mm]-es rádiusszal kell rendelkezniük, vagy pedig habból, vagy hasonló deformálható anyagból kell készülnie.
- j. Vontatóhorog vagy gyűrű kötelező a jármű elején. Kemény vagy rugalmas is lehet (kábel vagy heveder). Ha merev, biztonsági okokból teljesen az autó karosszériája alá kell helyezni. Alternatívaként lehet visszahúzható vagy eltávolítható, mint egy hagyományos autóban, de mindenképpen könnyen hozzáférhetőnek kell lennie. A járművet a pályán történő meghibásodása esetén a jármű vontatására használják. A jármű tömegének megfelelő húzóerőt képes elviselni, legalább 30 [mm]-es nyitási szélességgel kell rendelkeznie. [4]

### **3.2.7 ARTICLE 50: LIGHTING**

- a. A járműnek két első lámpával kell rendelkeznie.
- b. A járműnek két első indexel kell rendelkeznie.
- c. A járműnek két hátsó indexel kell rendelkeznie.
- d. A járműnek két féklámpával kell rendelkeznie hátul.
- e. A járműnek két hátsó pirosan világító lámpával kell rendelkeznie.

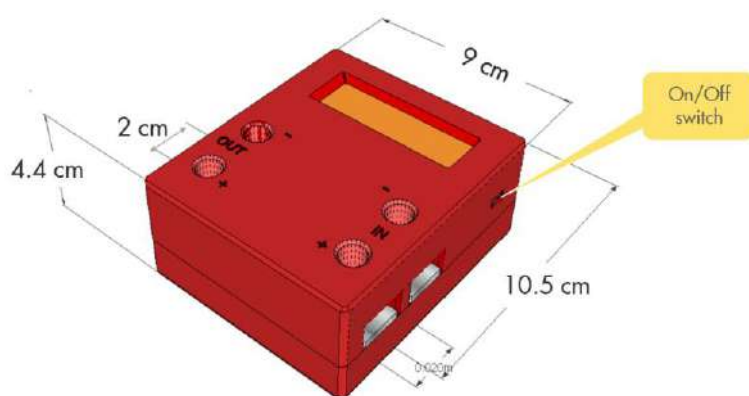
Az elülső lámpák középpontjának legalább 300 [mm]-re kell elhelyezkednie a jármű hosszirányú középvonalától. [4]

### 3.3 Shell Eco-marathon telemetria rendszer bemutatása

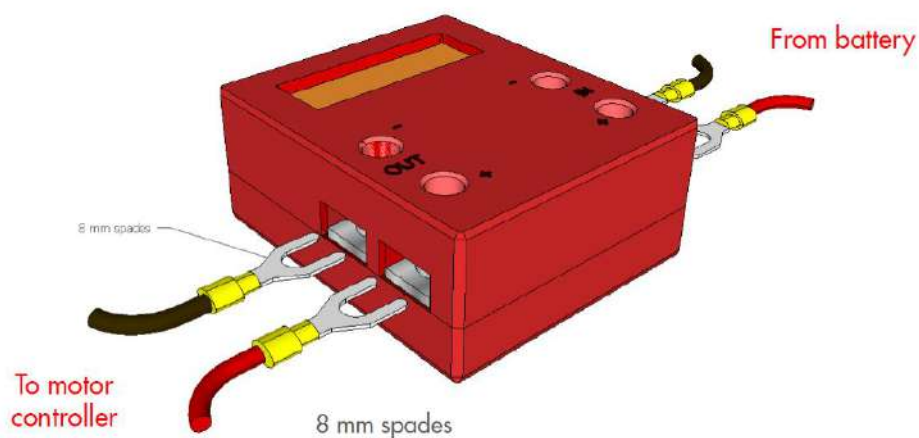
A Shell Eco-marathon verseny helyszínén az autóra felszerelnek egy telemetria rendszert, mely méri az autó fogyasztását. Ezek az eszközök által gyűjtött adatok döntik el a verseny végkimenetelét, hiszen a versenybírók ezekből az adatokból látják, hogy melyik versenyautó pontosan mekkora távot tudott megtenni 1 kWh-ból.

#### 3.3.1 Joule meter

A Joule meter egy téglatest alakú kijelzővel ellátott mérőegység. Az eszköz lényege, hogy méri a rajta átfolyó áramot és ebből számol felhasznált energiát. Az eszköz rendelkezik továbbá egy On/Off switch-el. A kijelzőnek és a kapcsolónak könnyen hozzáférhetőnek kell lennie. [7]



4. ábra Joule meter méretei<sup>3</sup>

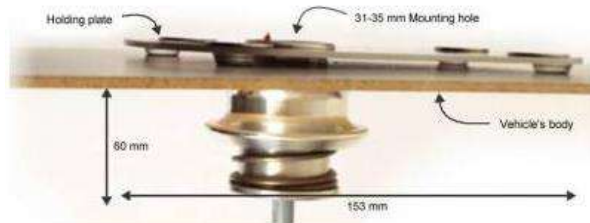


5. ábra Joule meter beszerelés<sup>3</sup>

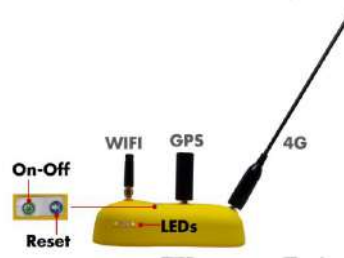
<sup>3</sup> [www.shell.com/make-the-future/shell-ecomarathon.html](http://www.shell.com/make-the-future/shell-ecomarathon.html)

### 3.3.2 POD eszköz

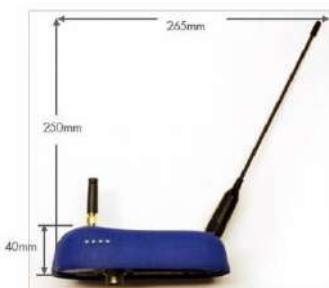
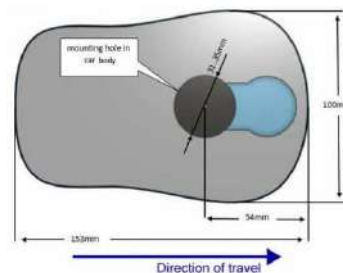
A futamok alatt egy POD nevű eszközt kell az autó külső felületén elhelyezni, adatok gyűjtése céljából. A cél, hogy az eszközt az autón a lehető leghátrébb és ha lehetséges egy bizonyos mértékig besüllyesztve legyen felszerelve karosszériára. A telemetria biztosítani kell egy 31-35 mm-es furatot, amelyen keresztül vezeték csatlakozik. A telemetria alatt szükség van 153 x 100 [mm]-es és 60 [mm] mély tér biztosítására azért, hogy a csatlakozó biztosan elférjen. [7]



6. ábra POD alatti minimum térfogat<sup>4</sup>



7. ábra POD eszköz<sup>4</sup>



8. ábra POD eszköz méretei<sup>4</sup>

<sup>4</sup> [www.shell.com/make-the-future/shell-ecomarathon.html](http://www.shell.com/make-the-future/shell-ecomarathon.html)

### 3.3.3 Backbone eszköz

A POD megnevezésű eszközhöz tartozik még egy Backbone nevű eszköz is, mely szintén a telemetria adatok gyűjtésében vesz részt, és ezen kívül még egy akkumulátor is tartozik a rendszerhez, ennek a három darab eszköznek egymáshoz viszonylag közel kell lennie egymáshoz és megfelelő felfogatást kell kialakítani.[7]



9. ábra Backbone eszköz<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> <https://www.shell.com/make-the-future/shell-ecomarathon.html>

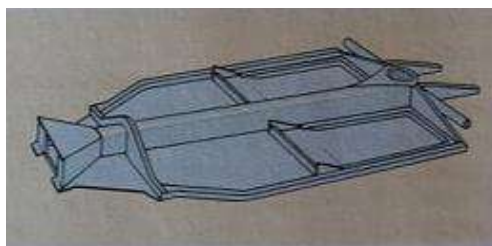
### 3.4 Versenytárs elemzés

A Shell Eco-maraton versenyen történő eredményes részvételhez nem árt tisztában lenni a versenytársak megoldásaival. A konkurens csapatok megoldásait évről-évre érdemes követni, hogy melyik versenyautóval, milyen versenyeredményt tudtak elérni. A versenyautók bemutatása előtt fontos tisztázni az önhordós karosszéria fogalmát, az anyagválaszlást, és az anyagválasztáshoz kapcsolódó gyártástechnológiákat a leírtak pontos megértéséhez.

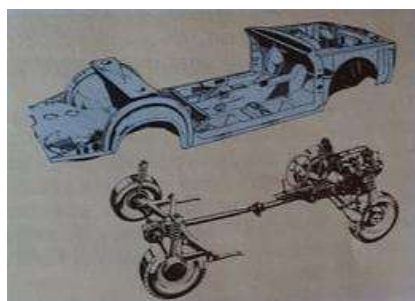
#### 3.4.1 Önhordó karosszéria értelmezése

A versenyjármű karosszériája önhordós kivitelű. Ez az építésmód magával hordoz bizonyos sajátosságokat, amelyeket a tervezés során, főként a belső tér megtervezésénél figyelembe kell venni.

Önhordó építésmód esetén a jármű nem rendelkezik külön alvázkerettel. Az alvázkeretet a padlólemez helyettesíti, magában foglalja a hordozó, rögzítő elemeket (pl. motortartók), illetve a kerékdobokat és a csomagtérfeleket is. További elemekkel ellátva, mint például tetőkerettel, tartó oszlopokkal, sárvédőkkel alakul ki maga az önhordó szerkezet, amelyből egyes részegységeket nem lehet kivágni, eltávolítani a merevség lényeges csökkenése nélkül. A közúti forgalomban lévő, szériagyártott személyautók nagy része ezzel az építésmóddal készül, általában lemez anyagból, az elemeket pedig hegesztéssel rögzítik egymáshoz. Az építésmód egyik előnye a tömegtakarékoság, mivel az alvázkeret tömegét megspóroljuk. [1]



10. ábra Padlókeret<sup>6</sup>



11. ábra Padlólemez a futóművel<sup>6</sup>

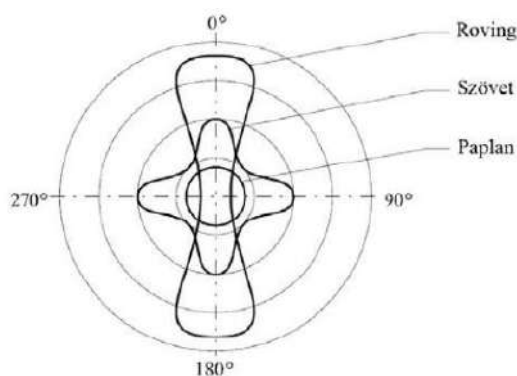
---

<sup>6</sup> Bohner - Gscheidle - Leyer - Pichler - Saier – Schnidt: *Gépjárműszerkezetek*  
Műszaki Könyvkiadó, 215. oldal, 2013

### 3.4.2 Kompozit anyagok

A versenyjármű karosszériája karbon-kompozit műanyagból készül. A tervezés során figyelembe kellett venni az anyag és az ilyen anyagból történő gyártás esetén felmerülő sajátosságokat, határokat.

A kompozit anyagok heterogén rendszerek, melyeket két vagy több anyag összekapcsolásával (társításával) alakítanak ki. Az alkotók kémiai összetétele és legtöbbször alakja is különbözik. Az egyik alkotó folytonos (mátrix) és körülveszi a diszperz fázist. A köztük levő határfelületnek döntő szerepe van a tulajdonságok kialakításában. A kompozitokkal olyan tulajdonságok vagy tulajdonságkombinációk valósíthatók meg, melyek az alkotókkal külön-külön nem hozhatók létre. A legtöbbször – de nem mindig – a mechanikai tulajdonságok javítása a cél. A kompozitok előállításánál alapvetően kétféle utat lehet követni. Gyakran külön állítják elő a mátrixot és a diszperz fázist és utólag keverik azokat össze. A diszperz fázist alkotó részecskék méretének csökkenésével ez az út egyre nehezebben járható. Marad a másik lehetőség: a kompozit in-situ előállítása, pl. eutektikum létrehozása. A kompozitokat legtöbbször végső alakjukban készítik elő (near-net-shape), utólagos alakítást csak ritkán alkalmaznak. [3]



12. ábra Polárdiagram<sup>7</sup>

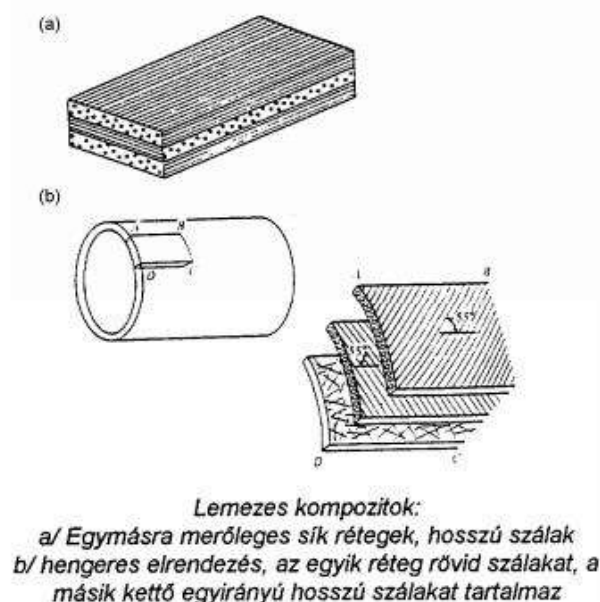
A lemezes kompozitok jellegzetes rétegszerkezetek, ilyenek pl. a bimetálok, szendvics szerkezetek stb. [3]

A lemezes kompozitok kialakítása többféle célt szolgálhat, pl. a szilárdság növelését, a súly csökkentését (szendvics szerkezetek), különleges hőátadási tulajdonságok kialakítását (bimetálok, üvegbe forrasztható ötvözetek), stb. Az egyes rétegek tartalmazhatnak irányítottan elrendezett hosszú szálakat, így kívánt anizotrópia vagy éppen izotróp mechanikai tulajdonságok alakíthatók ki. [3]

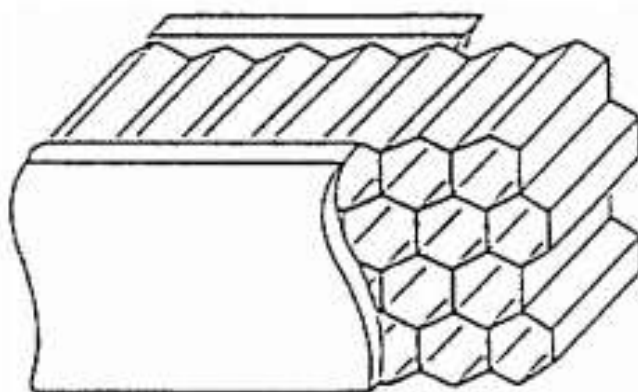
---

<sup>7</sup> Dr. Hargitai Hajnalka Polimer kompozitok technológiái 2011.11.30

Az alábbiakban csupán néhány példa felsorolására szorítkozunk. A furnérlemez és az autók biztonsági üvege tipikus lemezes kompozitok, különálló rétegek összeragasztásával készültek. A bimetál két, különböző hőtágulású fémből áll. A szendvics szerkezetre jó példa az USA pénzerméinek egy része, melyek magja aránylag olcsó Cu-20 % Ni ötvözet, két oldalán bevonva kopásálló és kevésbé oxidálódó Cu – 80 %Ni réteggel. A méhsejt szerkezeteket is kiterjedten használják a mindennapi életben. Ezekben a szerkezetekben egy középső, cellás elrendezést tart össze a két határoló lap. A rögzítés történhet ragasztással (pl. bútorlapok), vagy fémek esetében forrasztással, illetve hegesztéssel (pl. hőcserélők, stb.). Nagyszilárdságú, könnyű szerkezetek hozhatók így módon létre. [3]



13. ábra Lemezes kompozitok<sup>8</sup>

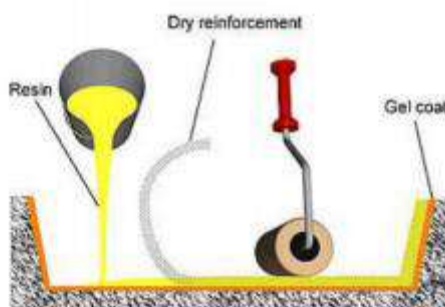


14. ábra Méhsejtszerkezet<sup>8</sup>

<sup>8</sup> [www.szfki.hu/~konczos/tanfolyam/9.pdf](http://www.szfki.hu/~konczos/tanfolyam/9.pdf)

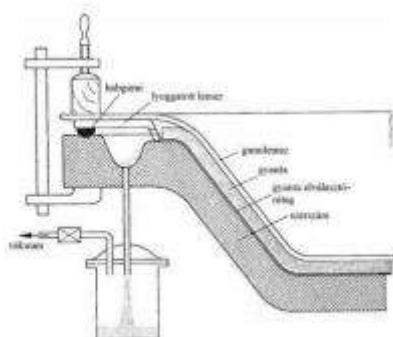
### 3.4.3 Kompozit anyagok gyártási technológiájának bemutatása

Az egyik a konkurensok által is sokat használt gyártási eljárás a kézi laminálás. A kézi laminálást, mint gyártástechnológiát leginkább a prototípus és kis sorozatgyártásban alkalmazzák. A szerszámot formaleválasztóval választják, hogy ne tapadjon oda véglegesen a szövet. A késztermékhez több akár 10 réteg erősítőanyagot adhatnak. A légzárványokat kigörgözik. A módszer alkalmazása beépíthető bordák, fémbetétek, megvastagításoknál szokás. Szendvics szerkezet is előállítható ezzel az eljárással. Utólag magas hőfokú hőkezelés ajánlott. A berendezések és a szerszám alapanyag viszonylag olcsó, viszont drága, szakképzet munkaerőt igényel. Egészségkárosító hatása magas. Előnye, hogy tetszőleges geometriák megvalósíthatók vele, szép felület, közepes pórustartalom. Gyenge, közepes mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik. [2]



**15. ábra** Kézi laminálás<sup>9</sup>

Egy másik gyártási eljárás a vákuum injektálás. Az erősítőrétegeket előre a szerszámba helyezzük. Folyékony gyantával való feltöltés vákuummal, majd a szerszám felőli oldalon a laminátumot megszívjuk vákuummal. [2]



**16. ábra Injektálás<sup>9</sup>**

<sup>9</sup> Dr. Hargitai Hajnalka Polimer kompozitok technológiái 2011.11.30

### 3.4.4 Green Team Twente

A 2017-ben használt versenyautójukon, ugyan az első futómű esetében nem használnak burkolt kerekeket, az általuk használt karosszériaforma hasonlít az általunk tervezett karosszériaformára.

Megvizsgált elemek:

- Ajtó kialakítása
- Szélvédő és A oszlop kialakítása
- Hátsó szerelőnyílás kialakítása
- Doboz elhelyezés kialakítása



17. ábra Green Team Twente 2017-es versenyautója<sup>10</sup>

<sup>10</sup> [www.facebook.com/photo?fbid=1946598758783981&set=a.125334967577045](https://www.facebook.com/photo?fbid=1946598758783981&set=a.125334967577045)

### 3.4.5 Solarcarsolutions

A SolarCarSolutions nevű csapat 2017-es autóját főképpen a belső merevítő elemek miatt lett megvizsgálva, ez az autó nagyon eredményes volt a Shell Eco-marathon versenyen több évben a dobogó tetején végzett.



**18. ábra** SolarCarSolutions versenyautója szerelés közben<sup>11</sup>

A képen jól látható az autó belső monocoque szerkezete, a karosszéria karbon-kompozit anyagból készült. A pilóta körül úgynevezett szendvics szerkezetű egységeket hoztak létre, melyek kiváló merevséget biztosítanak a járműnek, amely nagy előnyt jelent egy energiahatékonysági versenyen, hiszen minél merevebb a karosszéria annál kisebbek a veszteségek. A megoldás másik nagy előnye, hogy ugyan a karosszéria önhordós építésmódú a külső héj cserélhető, így az autó bizonyos paraméterei módosíthatók, jelentős átalakítás, vagy költségek nélkül.



**19. ábra** SolarCarSolutions versenyautója menetközben<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> [www.facebook.com/photo?fbid=1176046239092274&set=a.1064028243627408](https://www.facebook.com/photo?fbid=1176046239092274&set=a.1064028243627408)

<sup>12</sup> [www.facebook.com/photo?fbid=1543777555652472&set=a.1064028243627408](https://www.facebook.com/photo?fbid=1543777555652472&set=a.1064028243627408)

### 3.4.6 Toulouse ICE

A Toulouse csapat szintén azért lett kiválasztva, mert karosszériaformájuk tartalmaz olyan elemeket, amelyek hasonlítanak a megadott karosszériaformára és elöl és hátul is burkolt kerekeket használnak.

Megvizsgált elemek:

- Első futómű szerelőnyílásának kialakítása
- Tető és A oszlop kialakítása
- Ajtó kialakítása
- Hátsó szerelőnyílás kialakítása

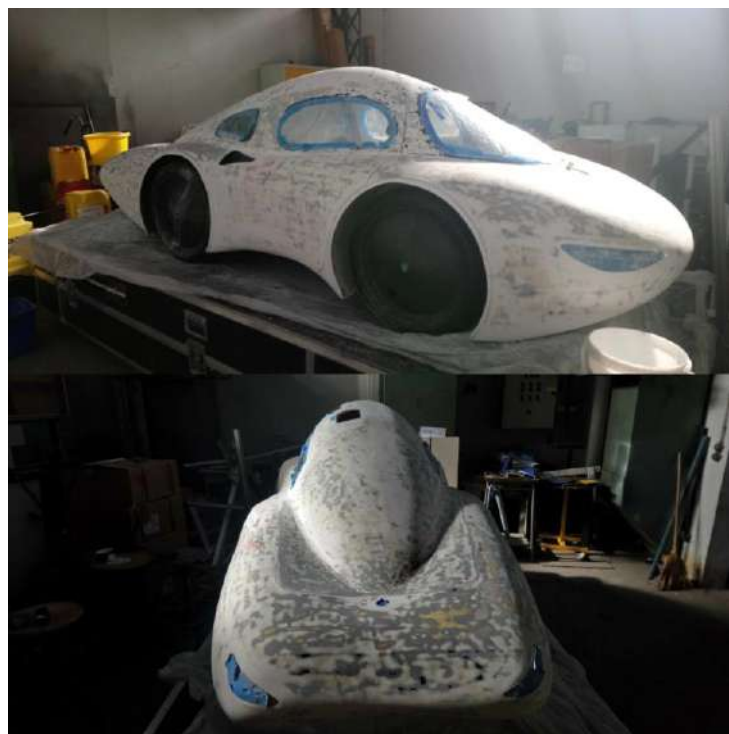


20. ábra ToulouseICE TIM07 megnevezésű versenyautója<sup>13</sup>

A Toulouse ICE csapat TIM07 nevű versenyautója teljesen önhordós kivitelű. Megoldásuk nekik is az úgy nevezett szendvics szerkezet, abban különböznek viszont a fentiekben bemutatott csapattól, hogy a TIM07 karosszériája teljesen önhordós kivitelű. Szendvics szerkezetű modulokból, oszlopokat, és hossz, illetve keresztirányú merevítőket hoztak létre ezzel érve el a szükséges merevséget.

---

<sup>13</sup> [www.facebook.com/photo?fbid=971820679583565&set=a.421119211320384](https://www.facebook.com/photo?fbid=971820679583565&set=a.421119211320384)



21. ábra TIM07 karosszériája<sup>14</sup>



22. ábra TIM07 karosszériája gyártás közben<sup>15</sup>

<sup>14</sup> <https://www.facebook.com/photo?fbid=2016333388465617&set=a.421119211320384>

<sup>15</sup> <https://www.facebook.com/photo?fbid=707076549391314&set=a.421119211320384>

### **3.4.7 Versenytárs elemzés összefoglalása**

A versenytárs elemzésben olyan konkurens csapatok megoldásait tekintettük át, amelyek karosszériaformája viszonylag hasonlít, az általunk használni kívánt formához. Az elemzésben főként a darabolás, nyitható elemek (pl.: ajtók), merevítők és a belső tér kialakítása, illetve a szélvédő és ablakok kialakítása lett megfigyelve.

A versenytárs elemzés készítése után a következő legfontosabb elemeket vettük át a konkurens csapatoktól:

- Áramvonalas forma: Áramvonalas karosszériaforma használata, mely alakja leginkább közelít az ideális cseppformához.
- Burkolt kerekek: A kerekek burkolása jelentősen csökkenti a menetellenállást. A megvizsgáltak közül csak a Tim07 megnevezésű autó használ burkolatot mind a négy kerék esetében, a másik két csapat csak a hátsó kereket burkolta. Végül a mi megoldásunkban is mind a 4 kerék burkolt lett. Elöl csak szimplán a karosszéria padlólemezéig, hátul a padlólemez alatt is, úgynevezett szoknya elem használatával.
- Szerelőnyílások és ajtók: A nyílások és ajtók kialakításánál az a megfigyelhető, hogy csak a legszükségesebb moduloknak biztosítanak gyorsan szerelhető nyílásokat. Az ajtó méretének kialakításakor is mindenki igyekszik a szabályzatnak megfelelő lehető legkisebb ajtókat gyártani, melyen keresztül a pilóta biztonságosan eltudja hagyni a járművet. Az elemek minimalizálásának a lényege, hogy minél kevesebb az illesztendő felület, melyek rontják a menetellenállást és az autó merevségét egyaránt.
- Szélvédő és ablakok: A szélvédő és ablakok kialakítása, hasonlóan a szerelőnyílások és ajtók kialakításánál törekedni kell a minimumra, de elegendő felületet kell biztosítani a pilótának a megfelelő kilátáshoz, körütekintéshez.
- Belső tér és merevítők: A merevítők és a belső tér elemeinek legyártásához a versenycsapatok többsége méhsejtes karbon kompozit anyagot használ, ezekből szendvics paneleket gyártva, a megfelelő helyre beragasztva érik el a szükséges merevséget, miközben, ezek a modulok elválasztják a pilótát a mozgó alkatrészekről és felületet biztosítanak a különböző elektronikai és gépészeti eszközök rögzítéséhez. Az itt látott megoldások felhasználásával, a szakdolgozatban szereplő karosszériaformában a pilóta körül szendvics szerkezetű panelek lettek elhelyezve, ezek a jármű szerkezetén belül egy merev egységet alkotnak az első és a hátsó futómű között, kereszt és hosszirányban egyaránt.

## 4. Tervezés bemutatása

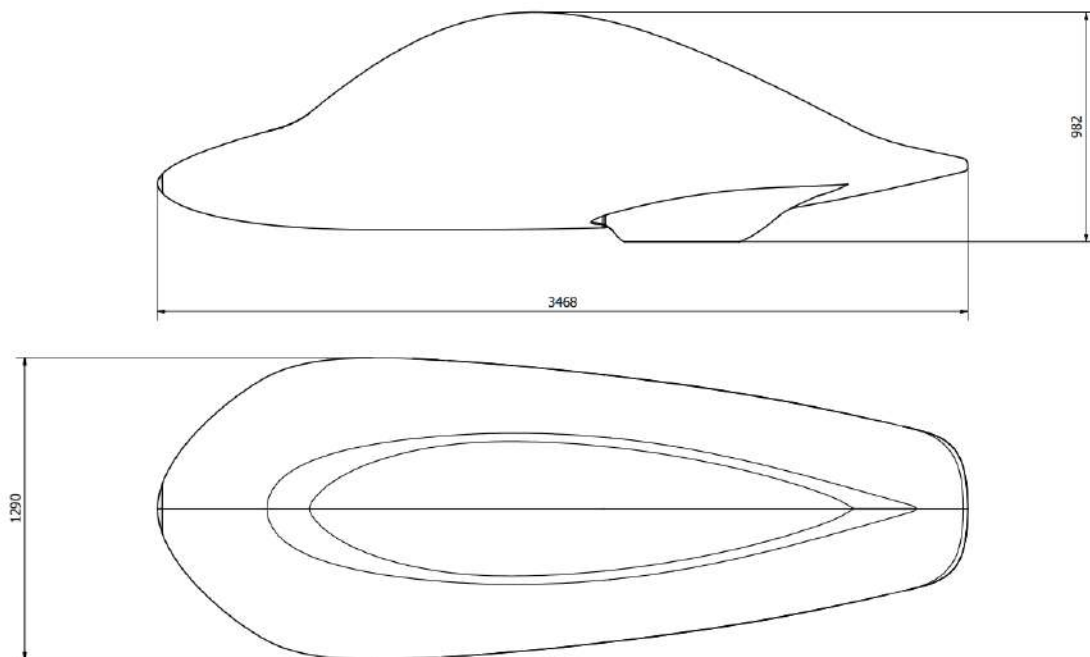
### 4.1 A tervezett és már adott karosszériaforma és a feladat bemutatása



**23. ábra** Nyers karosszériaforma [Saját szerkesztés]

A képen látható a nyers karosszériaforma. Befoglaló méretei a következők:

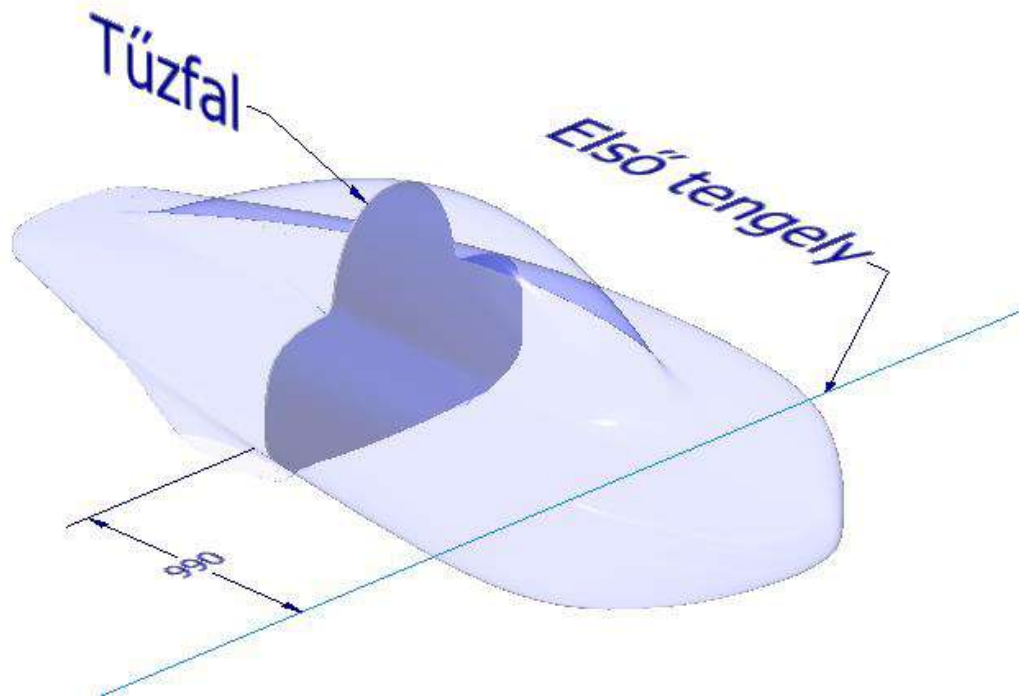
- a. Legnagyobb szélesség: 1290 mm
- b. Legnagyobb magasság: 982 mm
- c. Legnagyobb hosszúság: 3468 mm



**24. ábra** Karosszériaforma befoglaló méretei [Saját szerkesztés]

A karosszériaformán belül, még adott volt az első tengely elhelyezkedése és a tűzfal elhelyezkedése, amely a pilótát választja el, a hajtásláncról, az akkumulátorcsomagtól és az elektronikai doboztól.

A tűzfal az első tengelytől 990mm-re helyezkedik el és 10 mm vastag.



**25. ábra** Első tengely és tűzfal elhelyezkedése [Saját szerkesztés]

A karosszériaforma Cd értéke: 0,122, homlokfelülete 0,85 m<sup>2</sup>.

A feladat a SZEMission energiahatékony elektromos jármű karosszériaformájának feldarabolása. Feldarabolás alatt a szükséges nyílások (ajtók, nyitható elemek, ablakok, szélvédő szerelőnyílások) kialakítását értjük. A feladat során figyelembe kellett venni a Shell Eco-Maraton verseny Urban Concept kategóriájának ide vonatkozó szabályait. Megvizsgálni a versenytársak megoldásait is hasonló témakörben. Első lépés egy 3D összeállítási modell készítése, amelyben a versenyjármű komponensei megtalálhatóak, a valós helyükön, erre azért volt szükség mert ezekhez az elemekhez kellett igazítani a darabolás elemeit, illetve miután ebbe a 3D összeállítási modellbe beillesztettük a darabolási tervekkel ellátott karosszériát, könnyen ellenőrizhető volt, hogy a darabolás helyes-e, könnyű szerelni az elemeket a szerelőnyílásokon keresztül.

A karosszéria önhordós építésmodú. Ezen okból kifolyólag figyelembe kellett venni bizonyos gyártástechnológiai sajátosságokat is. A karosszéria anyaga karbon-kompozit műanyag.

## **4.2 Első futómű környezetének meghatározása**

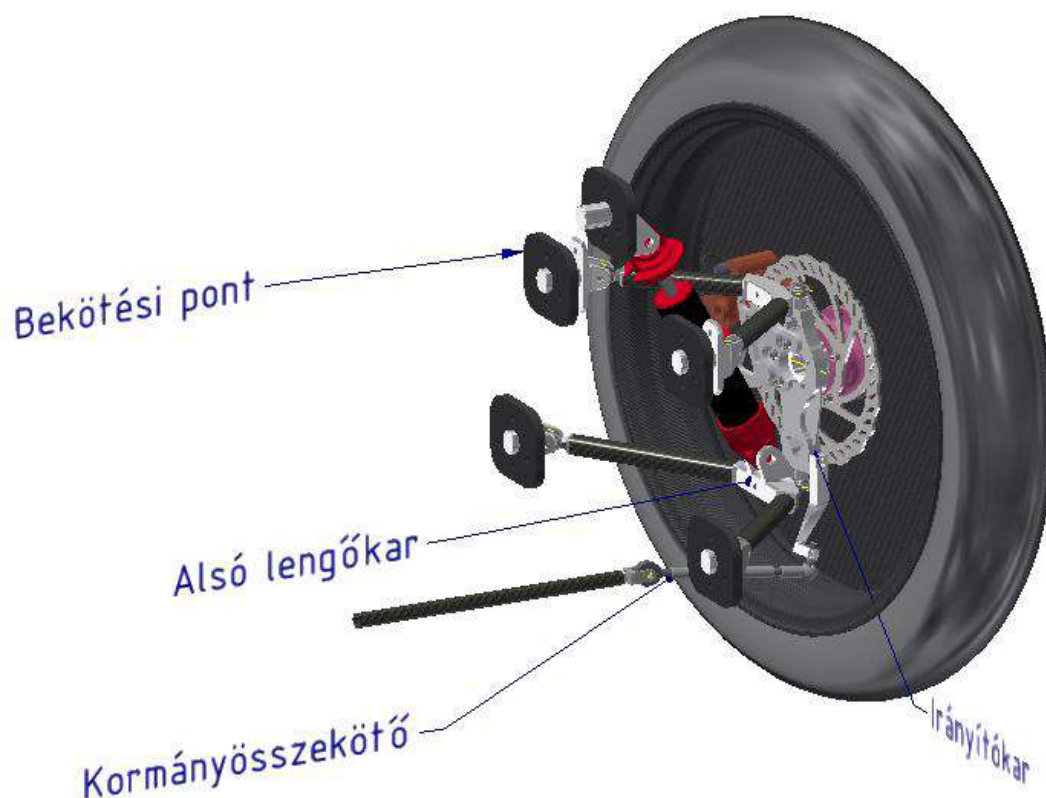
A karosszériában a tűzfal és az első tengely helyzet ismert, a tűzfal teljesen elválasztja a pilótát a hátsó futómű mozgó alkatrészeitől, azonban ugyanezt biztostani kell az első futómű esetében is. A feladathoz először megkellett ismerni a versenyjárműbe bekerülő futómű szerkezeti elemeit, viselkedését, méreteit. Az első futómű kerekei burkoltak, ezért először megkellett határozni azt a szükséges kivágást a karosszéria felületén melyen keresztül a kerék kifer. Ezek után a pilótát falakkal elkell választani a futómű mozgó alkatrészeitől, azaz kialakítani a kerékjáratí ívet. Az elkészült megoldásokat végül ellenőrizni.

### ***4.2.1 Első futómű környezetével szemben támasztott követelmények***

- A mozgó alkatrészeket teljes mértékben el kell választani a pilótától
- Futómű rögzítési pontjai rögzíthetőek legyenek a megfelelő helyen
- A kerék teljes ki- és berugózási tartományban ütközés/fennakadás nélkül elférjen
- A kerék mind balra és jobbra teljesen kikormányozott állapotában elférjen
- A kerék mind a teljesen kikormányzott és teljesen ki vagy berugózott együttes állapotában is elférjen

### ***4.2.2 Első futómű lényeges paraméterei***

- Nyomtáv: 1000 mm
- Gumi sugara: 275 mm
- Ki és berugózás közben a rugóstag hosszváltozása mind a két irányban 25 mm. Előfeszített állapotban a rugóstag két bekötési pontjának távolsága 225 mm, tehát kirugózásnál 250 mm, berugózásnál pedig 200 mm ez a távolság
- A versenyautó 5200 mm-es kanyarodási rádiuszú kanyart képest bevenni maximum, ez esetben a belső kerék elfordulási szöge  $15,4^\circ$ , a külső kerék elfordulási szöge pedig  $12,89^\circ$ . A valóságban még plusz  $\sim 1-2$  fokra képes ez úgymond egy biztonsági tényező.



26. ábra Első futómű szerkezeti felépítése [Saját szerkesztés]

#### 4.2.3 Kerékjárat kivágás megtervezése

Az első futómű kerékjáratának kivágásához ismernünk kell, hogy a kereknek mekkora hely kell kirugózott és egyszerre kikormányozott állapotban is, hiszen ebben az állapotában úgymond veszi ki a legnagyobb térfogatot a karosszériaforma héjából.

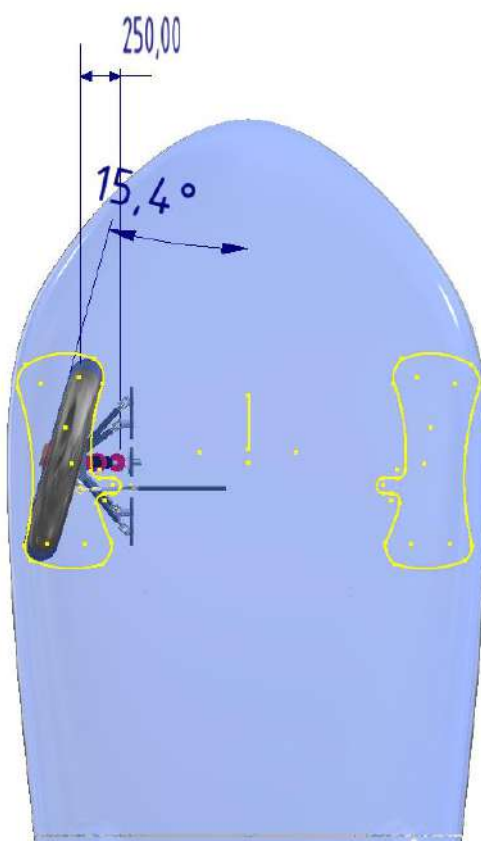
A kerek mellett fontos figyelembe venni az alsó lengőkart, az irányítókart, és a kormányösszekötőt is, mivel kanyarodás/rugózás közben ezeknek az elemeknek is változik a szöge, helyzete.

A paraméterek pontos ismeretével, illetve az első futóműről készült pontos 3D CAD modell segítségével könnyedén meghatározható a kivágás szükséges mérete.

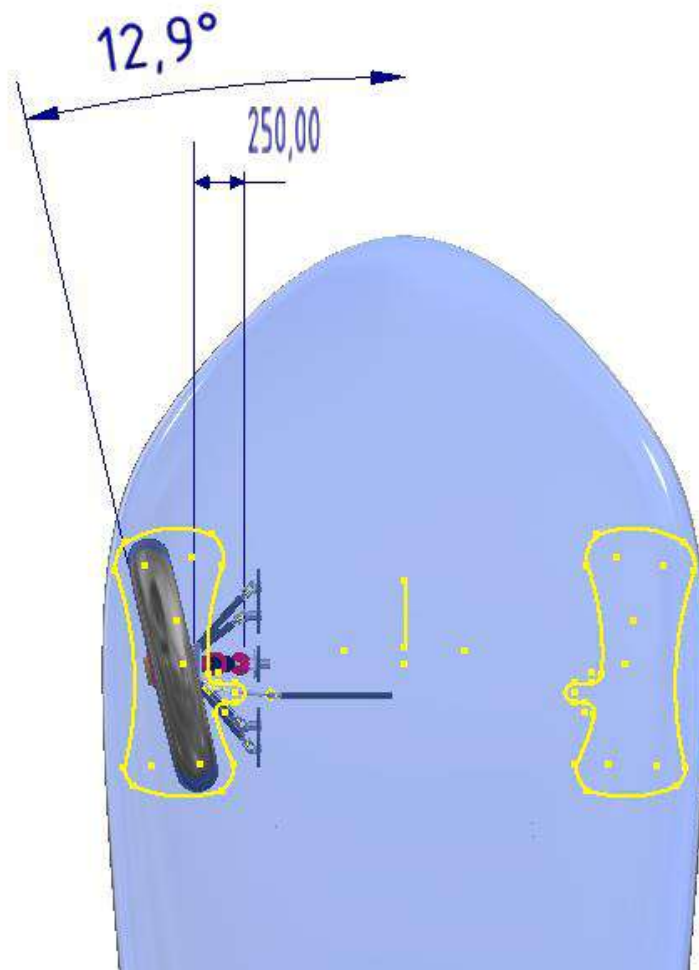
Ennek a feladatnak az elvégzéséhez először elkell helyezni a futóműmodellt a karosszériában a pontos helyére, majd az kirugózott és balra és jobbra egyaránt kikormányozott állapotba kell tenni.



27. ábra Első futómű a karosszériaformában [Saját szerkesztés]



28. ábra Első futómű balra kormányzott állapot [Saját szerkesztés]



**29. ábra** Első futómű jobbra kormányzott állapot [Saját szerkesztés]

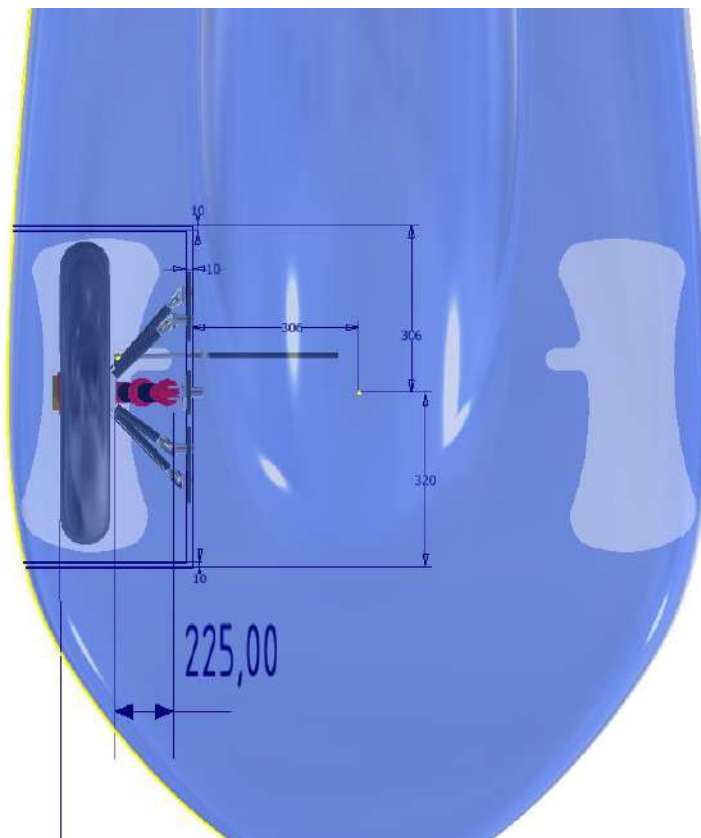
A kivágás formája tükrözhető a karosszériaforma hossztengetyére.

#### **4.2.4 Keréktároló ív**

Az első futómű alumínium rögzítési pontjai csavarkötéssel vannak rögzítve a felfogató pogácsákba, amelyek a keréktároló ív hosszanti falába vannak rögzítve epoxi ragasztóanyag segítségével. Ezeknek a felfogató pogácsáknak a helyzete, tehát meghatározza a keréktároló ív hosszirányú falának a helyzetét és falvastagságát.

A keresztirányú falakat úgy kell elhelyezni, hogy a kerék semmilyen helyzetében ne ütközhessen bele.

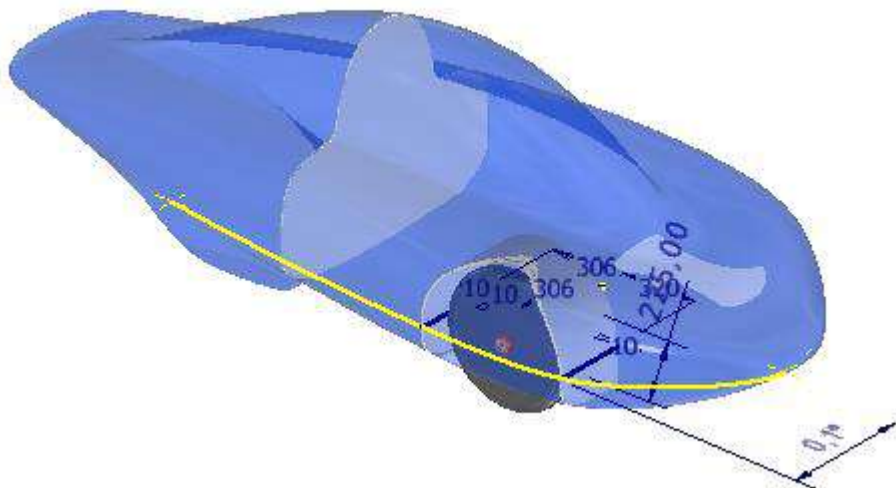
A minimális méretek meghatározásához a kereket egyenes állapotban, a rugótagot pedig előfeszített állapotba kell helyezni a 3D CAD összeszerelési modellben.



**30. ábra** Kerékjáratí ív minimális méretei [Saját szerkesztés]

#### 4.2.5 KerékJáratí ív első koncepcióterv

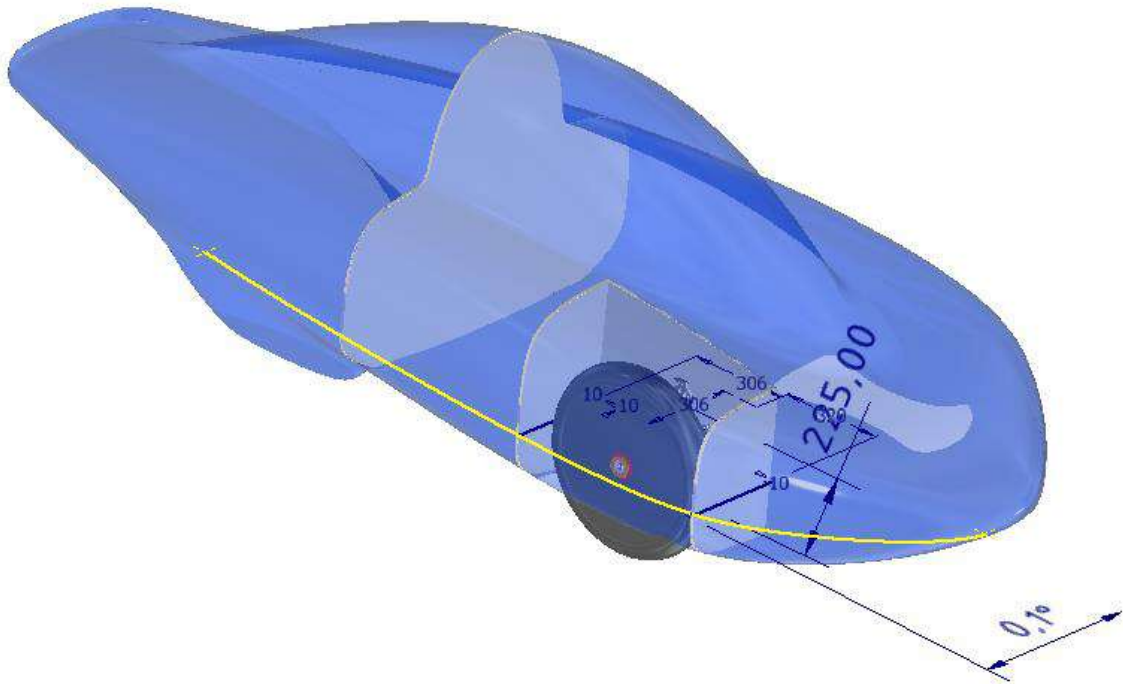
Az első koncepcióban maga a kerékjáratí ív formája leköveti a kerék formáját.



**31. ábra** KerékJáratí ív első koncepció [Saját szerkesztés]

#### 4.2.6 Keréktárcsai ív második koncepcióterv

A második koncepcióban a keréktárcsai ív 3 darab lemezből állna, amelyeket formára marás után egymáshoz, majd a karosszériába ragasztva lenne rögzítve.



32. ábra Keréktárcsai ív második koncepció [Saját szerkesztés]

#### 4.2.7 Összehasonlítás és döntés

Szemponatok:

- Térfogat: A keréktárcsai ív egyfajta légkamra, melynek jelenléte növeli a menetellenállást, ezért lényegi szempont, hogy a keréktárcsai ív térfogata a szükségesnél ne legyen nagyobb.
- Gyártás: A karosszéria anyaga karbon-kompozit, ezért lényeges a keréktárcsai ív formája is, hogy azt mennyire bonyolult, időigényes és egyben költséges legyártani
- Megvalósítás, behelyezés: Magát az elkészült keréktárcsai ívet mennyire nehéz behelyezni, és pontosan pozícionálni, ez kulcsfontosságú szerepet játszik abban, hogy az autó összeszerelése után a futómű a megfelelő helyen legyen és olyan menetdinamikai tulajdonságokat kölcsönözzön az autónak amire tervezve lett.

Térfogat:

Térfogatban jelentős különbség nincs a két megoldás között. Az első koncepció térfogata kisebb. A térfogatok összehasonlítása Inventor Professional CAD programban történt.

Gyártás:

Az első koncepció esetében a bonyolultabb forma, és az anyagválasztás miatt külön szerszámot kell készíteni a gyártásához ami nem kevés költséggel és idővel jár. A második koncepció esetében csupán egy megfelelő méretű karbon méhsejt panelre van szükség melyből valamilyen vágási eljárással legyártjuk a szükséges mennyiségű és alakú lapokat (oldalanként 3 db)

Megvalósítás, behelyezés:

Az első koncepció esetében a pozicionálás a forma miatt nehézkes, nagyon nagy gyártási pontosságot igényel a kerékjáratí ív felső része, ahol a körív találkozik a formaívvel, ami a megfelelő beragasztást, hézagolást is nagy mértékben megnehezíti. A második koncepciónál ez lényegesen egyszerűbb, 3 db egyenes lapunk van egymáshoz ragasztva derékszögben, azokon a részekén ahol találkozik a formával, könnyen bepróbálható a ragasztás előtt és könnyen csiszolható is, ha arra van szükség.

|                          | 1. koncepció | 2. koncepció |
|--------------------------|--------------|--------------|
| Térfogat                 | 1.           | 2.           |
| Gyártás                  | 2.           | 1.           |
| Megvalósítás, behelyezés | 2.           | 1.           |

**1. táblázat: Kerékjáratí ív koncepciók összehasonlítása [Saját szerkesztés]**

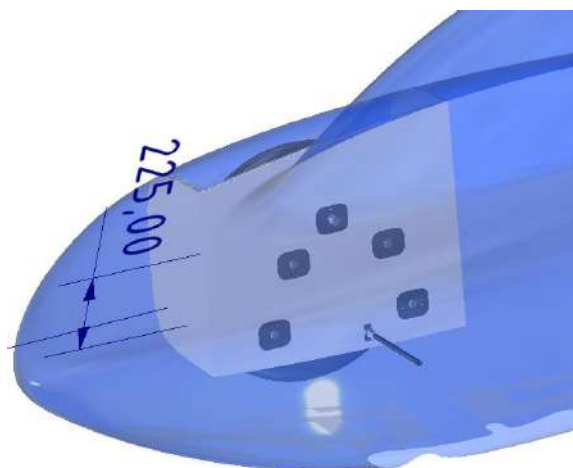
A táblázatban az 1-sel van jelölve, amelyik megoldás kedvezőbb a szempont szerint.

A szempontok alapján a második koncepció lett kiválasztva. Fő indoka a gyártástechnológia egyszerűsége, mivel a második koncepciót, sokkal gyorsabban, külön formaszerszám nélkül, és jelentős költségek igénybevétele nélkül lehet legyártani.

#### **4.2.8 Ütközés vizsgálat**

Az elkészült kerékjáratí ívet és kerékjáratí kivágást végül ellenőrzésre szorult. Az ellenőrzés Inventor Professional 2018 programban történt, az Analyze Interference beépített modul segítségével, mellyel megállapítható, hogy egy összeállítási 3D modellen belül a részmodellek között van-e bármilyen ütközés. [6]

Ehhez a kerékjáratí ív belső falán kivágásokat kellett kialakítani a futóművet rögzítő pogácsák és a kormányösszekötő számára

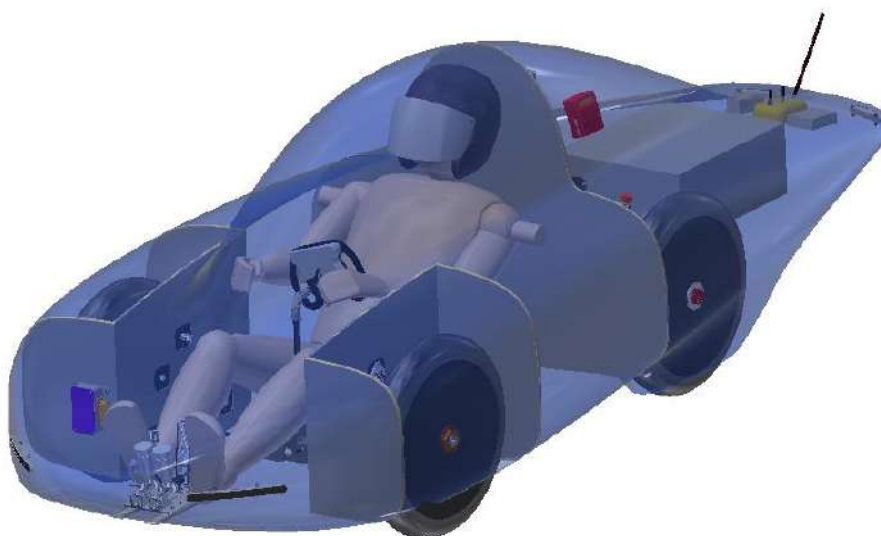


**33. ábra** Kerékjáratí ív belső fala [Saját szerkesztés]

Az ütközés vizsgálatot, mindegyik végállásban el kellett végezni. A vizsgálatok után megállapítható volt, hogy a futómű teljes be vagy kirugózás és teljes kikormányzás, illetve ezek együttes esetében is elfér a kerékjáratí ívben.

#### **4.3 Versenyautó 3D összeállítási modell**

A futóműkörnyezet elkészítése után egy 3D összeállítási modellt készítettünk, amelyben a versenyjármű komponensei megtalálhatóak, a valós helyükön, erre azért volt szükség mert ezekhez az elemekhez kellett igazítani a darabolás elemeit, illetve miután ebbe a 3D összeállítási modellbe beillesztettük a darabolási tervekkel ellátott karosszériát, könnyen ellenőrizhető volt, hogy a darabolás helyes-e, könnyű szerelni az elemeket a szerelőnyílásokon keresztül. A belső tér és a merevítések kialakításához is ez a 3D összeállítási modell szolgál alapul.



**34. ábra** Versenyautó 3D összeállítási modell [Saját szerkesztés]

#### 4.4 Osztások, nyitható elemek megtervezése

Osztások, nyitható elemek értjük az ajtók, szélvédő, ablakok, szerelőnyílásokat. A karosszéria a versenyautó elemeit, beleértve a futóművet és a kerekeket is, a lehető legnagyobb mértékben burkolja a kedvezőbb menetellenállás miatt. A megoldás azzal jár, hogy minden gyakran szerelhető elemeknek biztosítani kell valamilyen könnyen hozzáférhető és biztonságos szerelőnyílást. A versenyjármű karosszériaformájának feldarabolás során, a legfontosabb szempont az volt, hogy a szerelőnyílásokon keresztül az adott komponensek a lehető legjobban szerelhetők legyenek, ugyanakkor túl nagyok sem lehettek, mivel akkor nőne az illesztendő felületek nagysága, ami növelné a légellenállást.

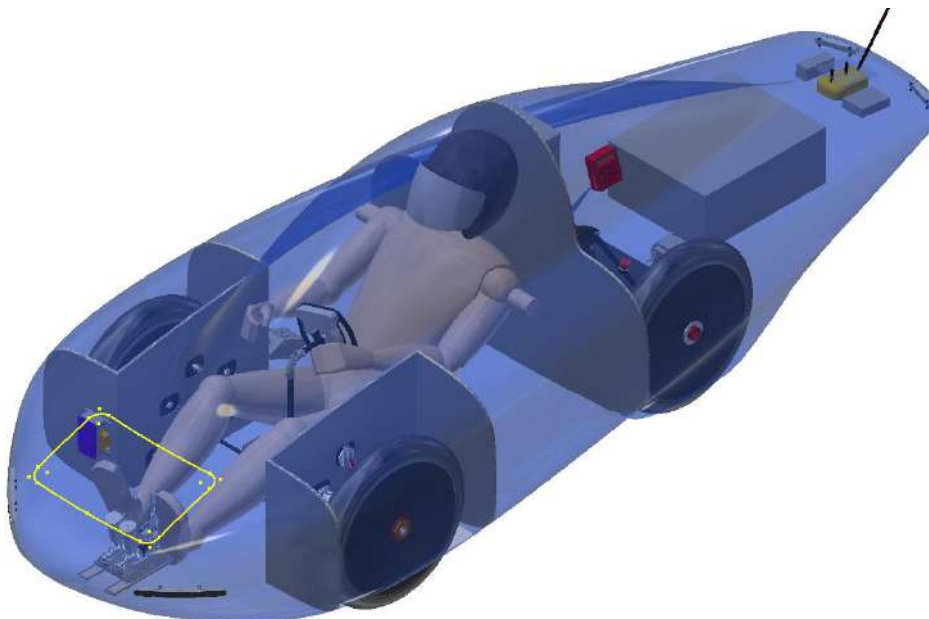
##### 4.4.1 Első szerelőnyílás kialakítása

Az első szerelőnyílás célja, hogy a versenyjármű karosszériaformáján elől legyen, egy könnyen leszerelhető fedél, amelynek eltávolításával, az autó belsőjében található bizonyos elemek (esetünkben a pedálokat, lámpákat, lámpák vezérlőegységeit, fékkiegyenlítőtartályt) könnyen szerelhetővé, kiserelhetővé válnak.

Szempontok:

- A szerelőnyílásnak elég nagyoknak kell lennie, ahhoz, hogy a Pedálbox és a Front Controller könnyen szerelhető, illetve kivehető legyen.
- Nem lehet túlságosan nagy, az illesztett felületek csökkentése érdekében.
- Autonóm feladatokra való felkészülés, alkalmasság miatt duplikálható motorháztető.
- Levehető burkolat.

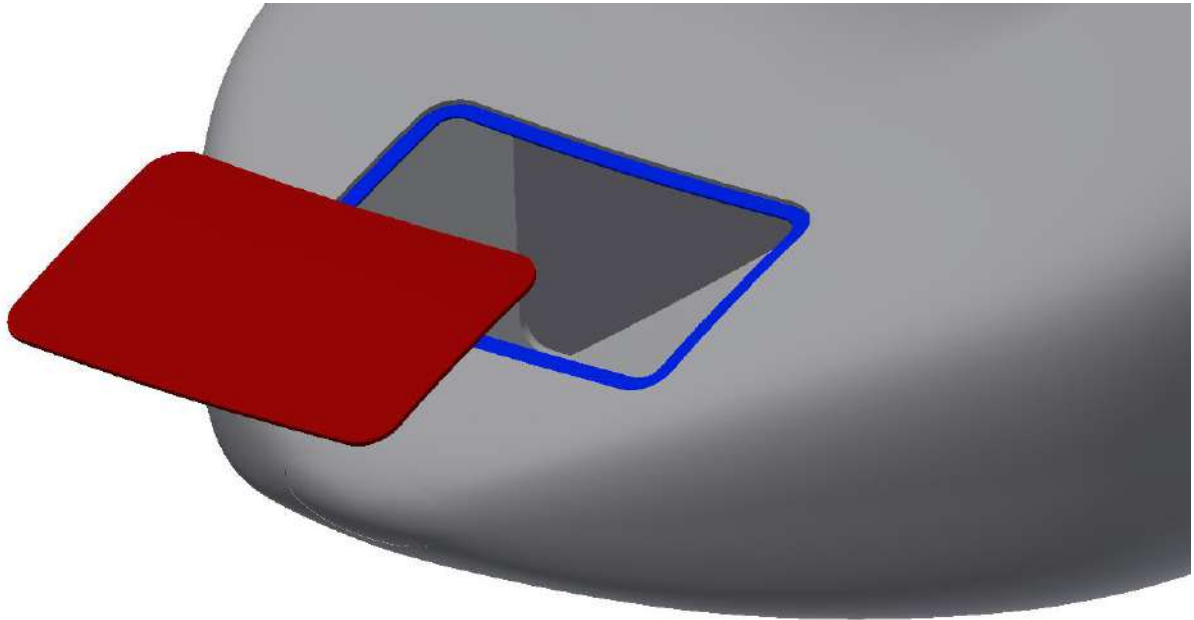
Az alábbi ábrán sárga színnel jelölve a szerelőnyílás kivágásának vágóélei.



35. ábra Első szerelőnyílás [Saját szerkesztés]

#### 4.4.2 Peremezés és rögzítés bemutatása

A levehető és nyitható elemeknek gondoskodni kell a megfelelő rögzítéséről. A rögzítéseket, és a nyitható elemeket úgy kell kialakítani, hogy azok eléggé tartósak legyenek a verseny során, de csupán kézi erő segítségével leszerelhetők legyenek. Minden nyitható és levehető elem alá perem kerül, melyek szintén karbon-kompozit anyagból készülnek. A peremek rögzítése a karosszéria epoxi ragasztóanyag alkalmazásával történik. A perem annyira lóg bele a nyílásba, hogy az megfelelően, kis hibákkal, és hézagokkal a helyén tartsa a nyitható, vagy levehető elemet.



**36. ábra** Példa a peremezésre, az Első szerelőnyílásnál [Saját szerkesztés]

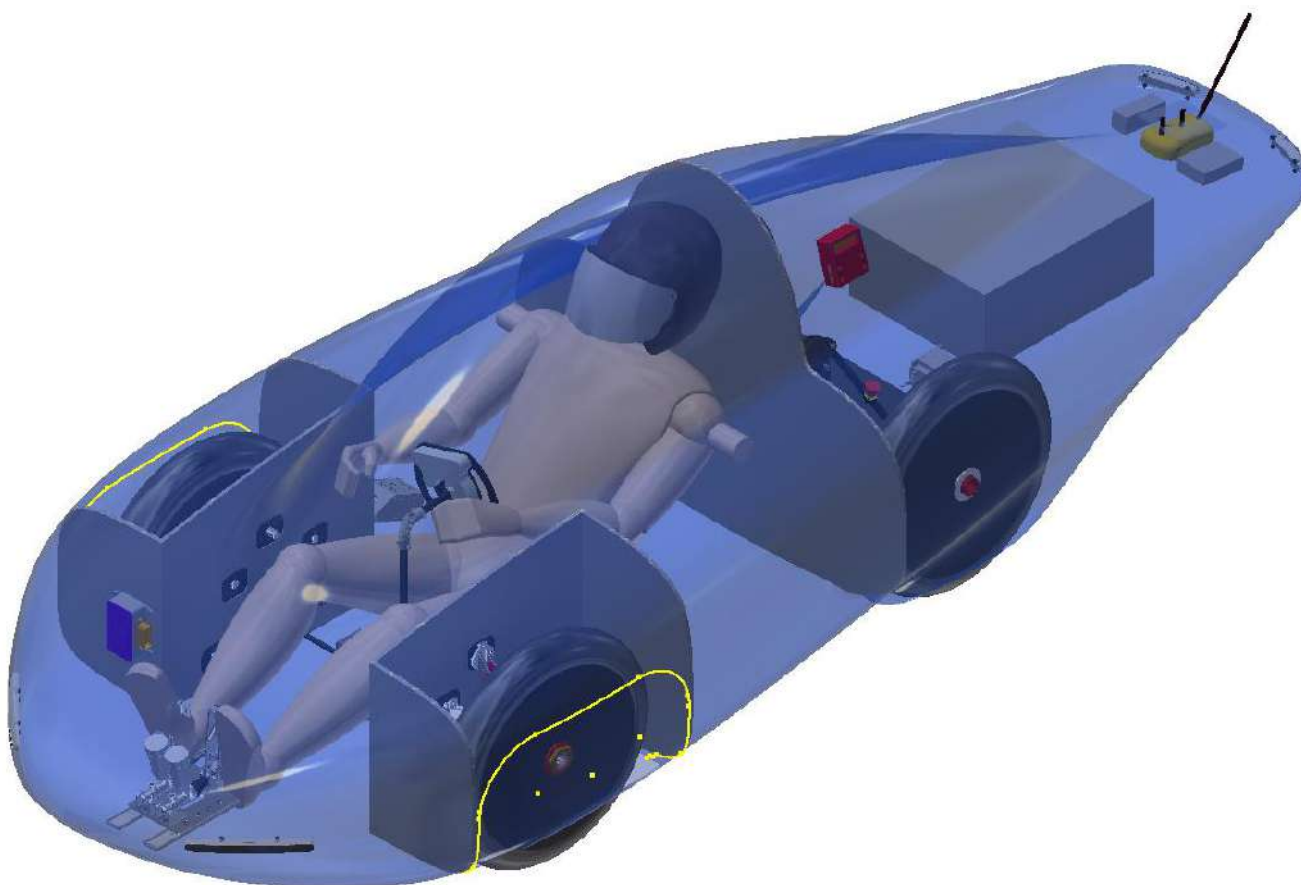
A fenti ábrán pirossal van jelölve a levehető elem, kékkel a perem, szürkével pedig a karosszériaforma. A levehető elemeket csavarkötéssel rögzítjük a peremen, úgynevezett negyedfordulatos rögzítő elemek használatával. A negyedfordulatos kötőelemek előnye, hogy gyorsan és egyszerűen leszerelhetők és emellett megfelelő pontossággal tartják a helyén a rögzítendő elemet. A nyitható elemeknél, mint például ajtók zárszerkezetet alkalmazunk.

#### ***4.4.3 Első futómű szerelőnyílásának kialakítása***

Az első futómű burkolt kerekekkel rendelkezik ezen okból kifolyólag szükséges egy levehető oldalsó elem kialakítása mindkét oldalon.

Szemponatok:

- a. A kerekek és a futómű elemeinek könnyű szerelhetősége, esetleges cseréje, egy könnyen leszerelhető burkolaton keresztül.
- b. A levehető burkolatnak akkorának kell körülbelül lennie, mint a kerékjárat ív legnagyobb mérete, így a kerék könnyen és egyszerűen kiserelhető.
- c. A kerék maximális elfordulása  $18^\circ$



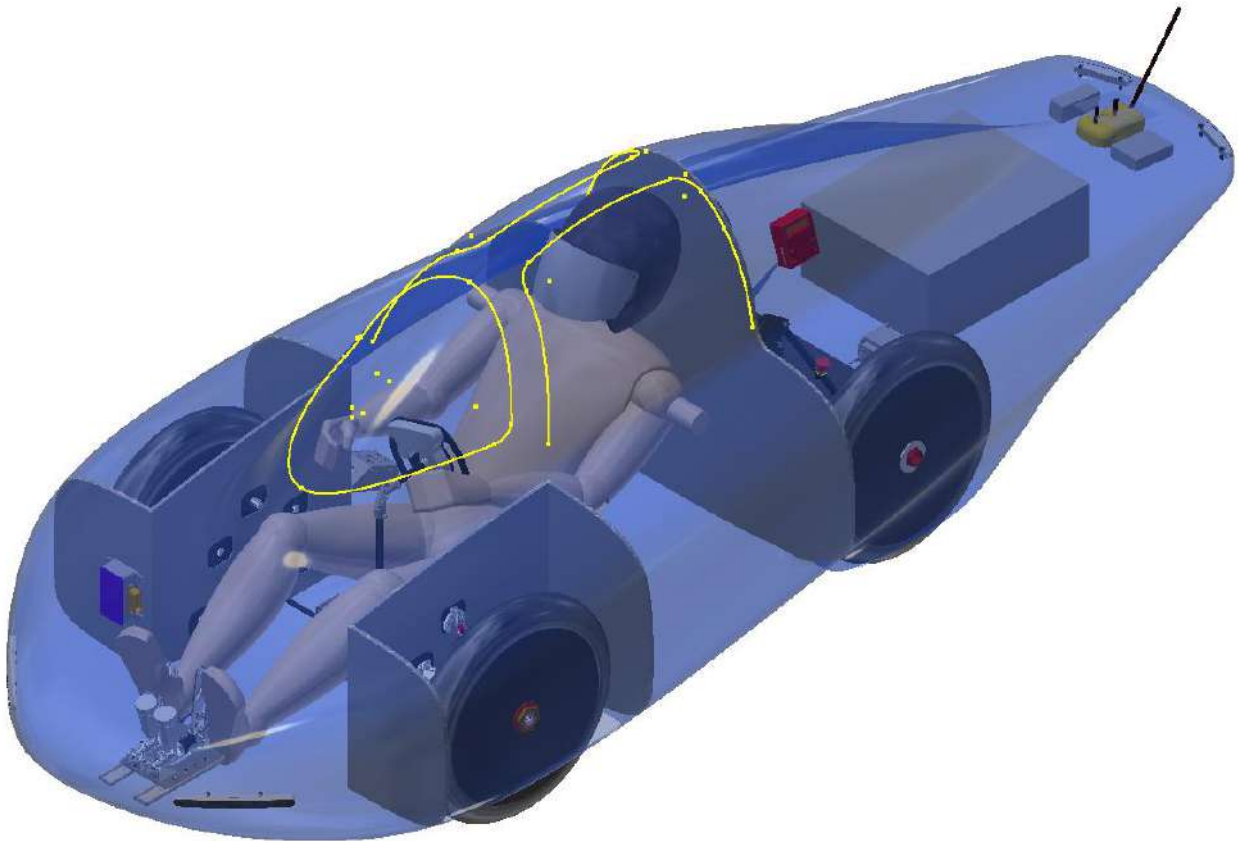
**37. ábra** Első futómű szerelőnyílásának kialakítása [Saját szerkesztés]

#### 4.4.5 Szélvédő, tető és A oszlop kialakítása

Megfelelő A oszlop és szélvédő kialakítás a láthatósági és gyártási és illesztési szempontoknak megfelelően.

Szempontok:

- a. Pilóta kilátása.
- b. Az A oszlop és a tűzfal között helyezkedik el az ajtó, így az A oszlop megfelelő hosszanti elhelyezésére figyelni kell, hogy a megfelelő méretű ajtó kialakítható legyen.
- c. Tető szilárdsága
- d. 880 mm-es belső magasság megfelelő biztosítása
- e. A bukókerettől a pilóta sisakjának minimum 50 mm-es távolságban kell lennie, ha a pilóta a 90°-os oldalra láthatóság miatt elfordítja a fejét, az 50 mm-es távolságnak akkor is meg kell lennie.
- f. Belső visszapillantó tükrök alkalmazása (két darab kell minimum 2500 mm<sup>2</sup> felületű)  
Átvételen ellenőrzik a hátra felé látást.



38. ábra Szélvédő, tető és A oszlop kialakítása [Saját szerkesztés]

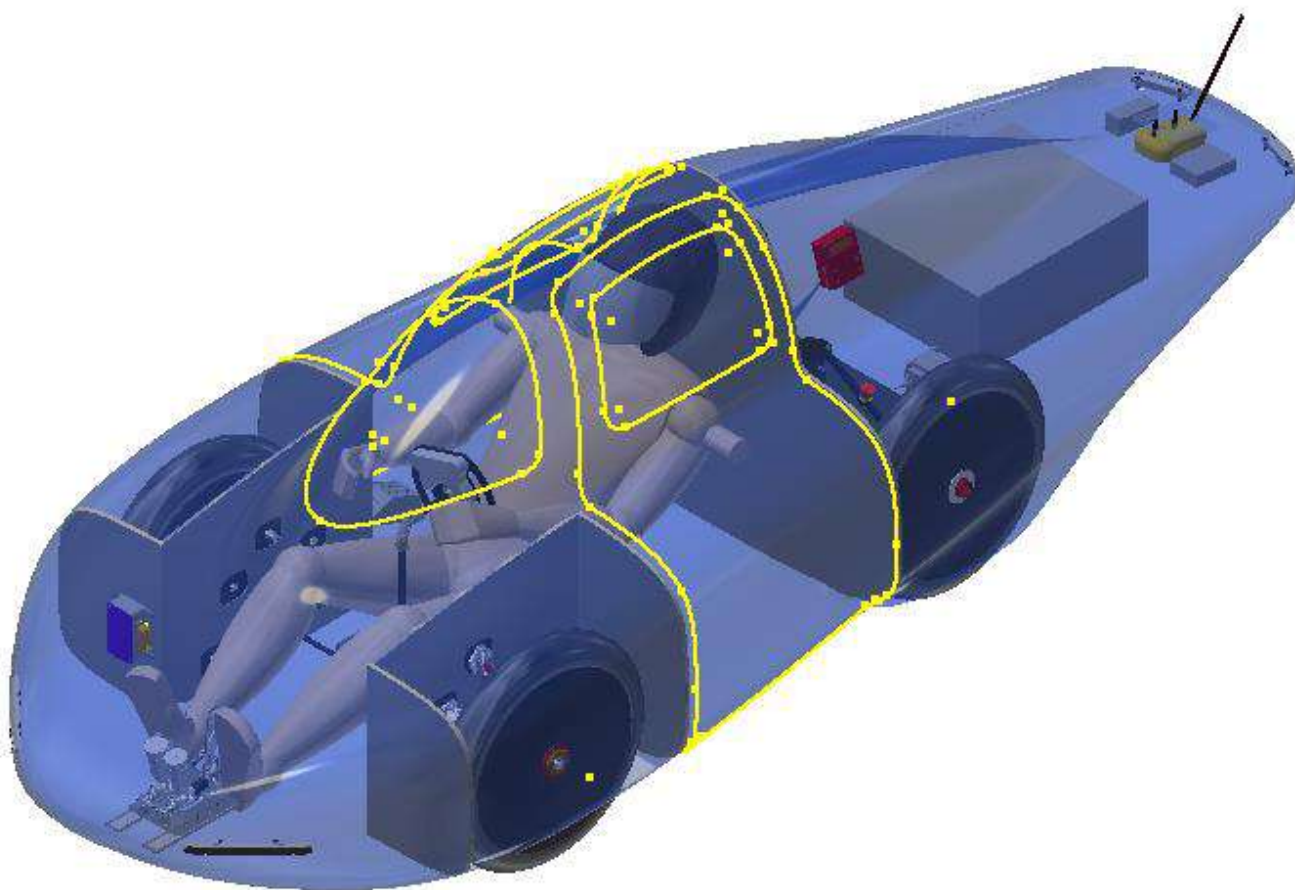
#### 4.4.6 Ajtók kialakítása

Megfelelő ajtó kialakítása, mely megfelel a versenyszabályzatnak.

Szempontok:

- Szabályzatnak megfelelően egy 500 x 800 [mm] síklapnak akadály nélkül belekell férnie.
- Biztosítani tudja azt, hogy a pilóta képes legyen 10 másodperc alatt segítség nélkül elhagyni a járművet.
- Az ajtó ablakainak meg kell felelnie a láthatóság követelményeinek, azaz a pilóta képes legyen kilátni rajtuk oldalra a jármű hosszanti tengelyével 90°-os szöget bezárva.

Konceptciónk: Hátrafele nyíló ajtó a kiszállás megkönnyítése szempontjából.



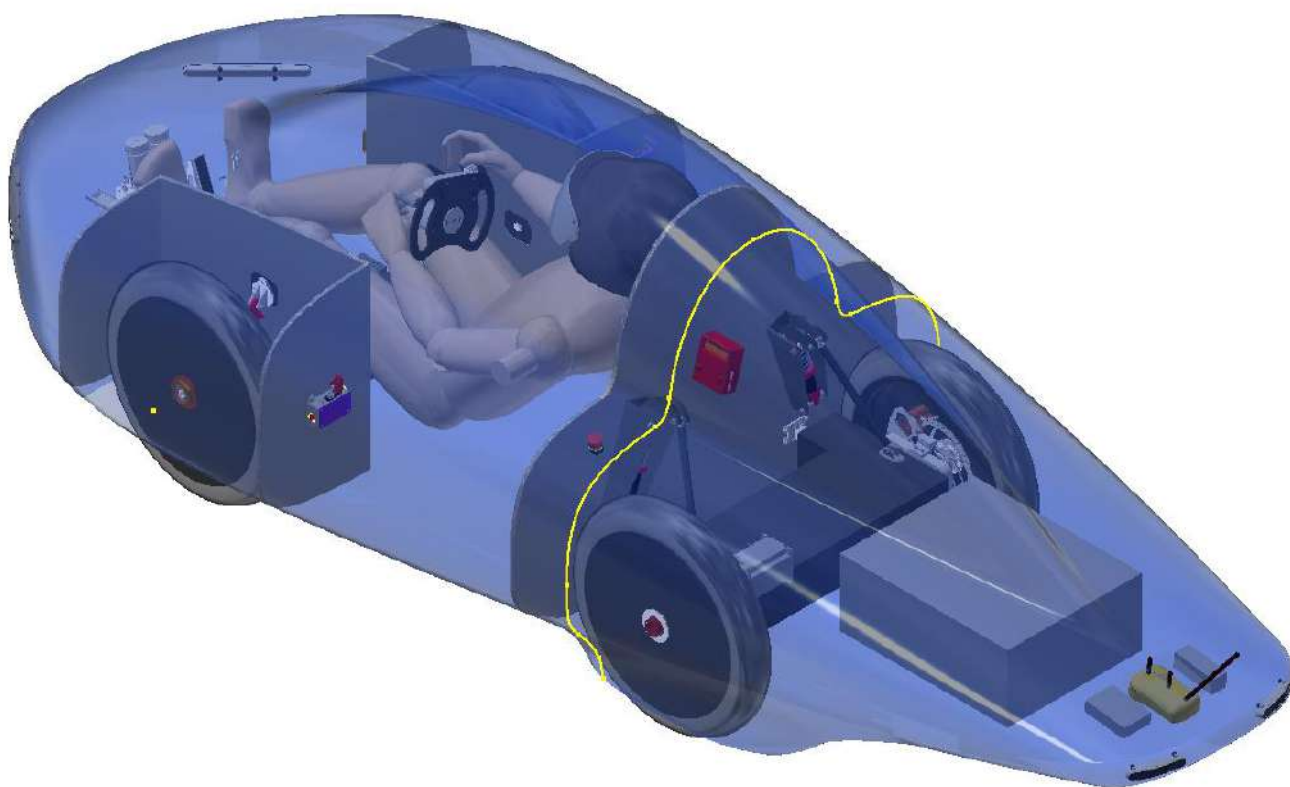
39. ábra Ajtók kialakítása [Saját szerkesztés]

#### ***4.4.7 Hátsó szerelőnyílás kialakítása***

A cél egy olyan hátsó levehető szerelőnyílás kialakítása, amelyen keresztül könnyen hozzáférhetővé válnak a hajtás elemei.

Szempontok:

- a. Hátsó hídhoz könnyű hozzáférhetőség
- b. Könnyű akkumulátor csere
- c. Elektronika dobozhoz könnyű hozzáférhetőség
- d. A jármű hosszának csökkentése, optimalizálva azt a szállíthatósághoz
- e. Kerék könnyen leszerelhető



***40. ábra*** Hátsó szerelőnyílás kialakítása [Saját szerkesztés]

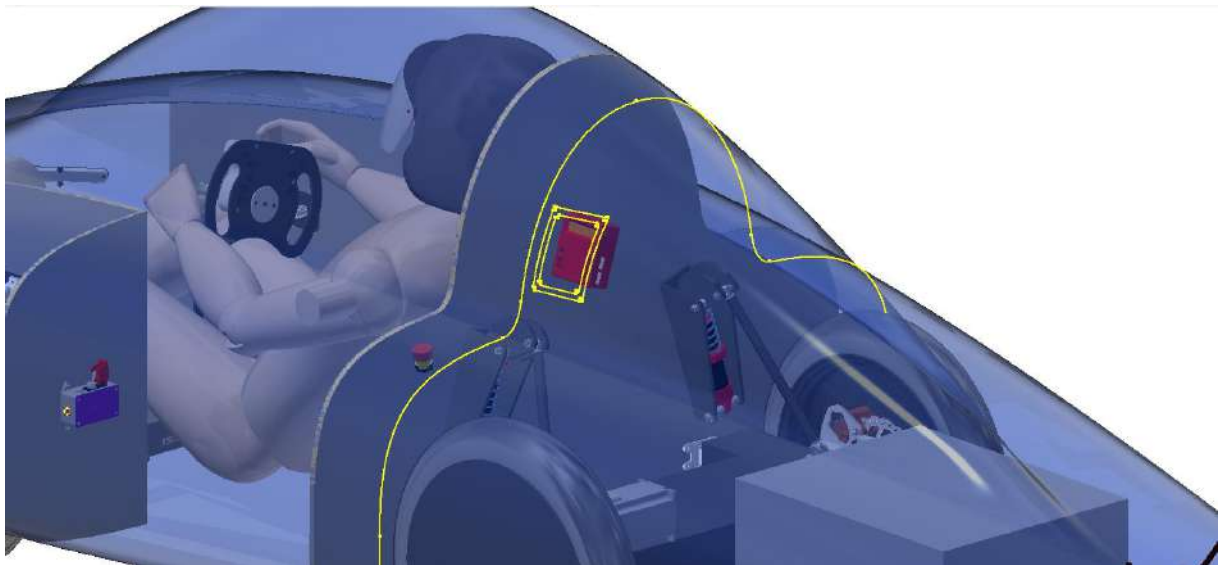
#### **4.4.8 Joule-meter szerelőnyílás kialakítása**

A Joulemeter számára kikell alakítani egy szerelőablakot, amin keresztül könnyen hozzáférhető és látható.

Szempontok:

- a. Hozzáférhetőség
- b. Könnyű fedélnyitás, hiszen könnyen előfordulhat, hogy a Joulemetert újraindítani kell akár többször is a verseny előtt a Joulemeter oldalán található fekete kapcsolóval.

Koncepciónk: a Joulemeter-t a képen látható módon a tűzfalon helyeznénk el, elé polikarbonát anyagot téve így könnyen látható és leolvasható kívülről. Helyzete még nem végleges, optimális elhelyezése az akkumulátordoboz és az elektronika doboz között lenne, a kábelhosszok optimális hossza miatt.

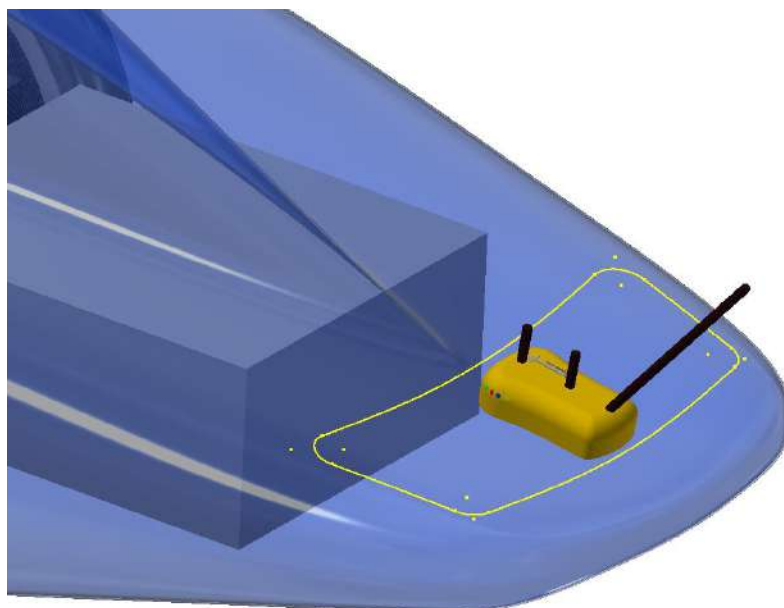


**41. ábra** Joule-meter ablakkialakítása [Saját szerkesztés]

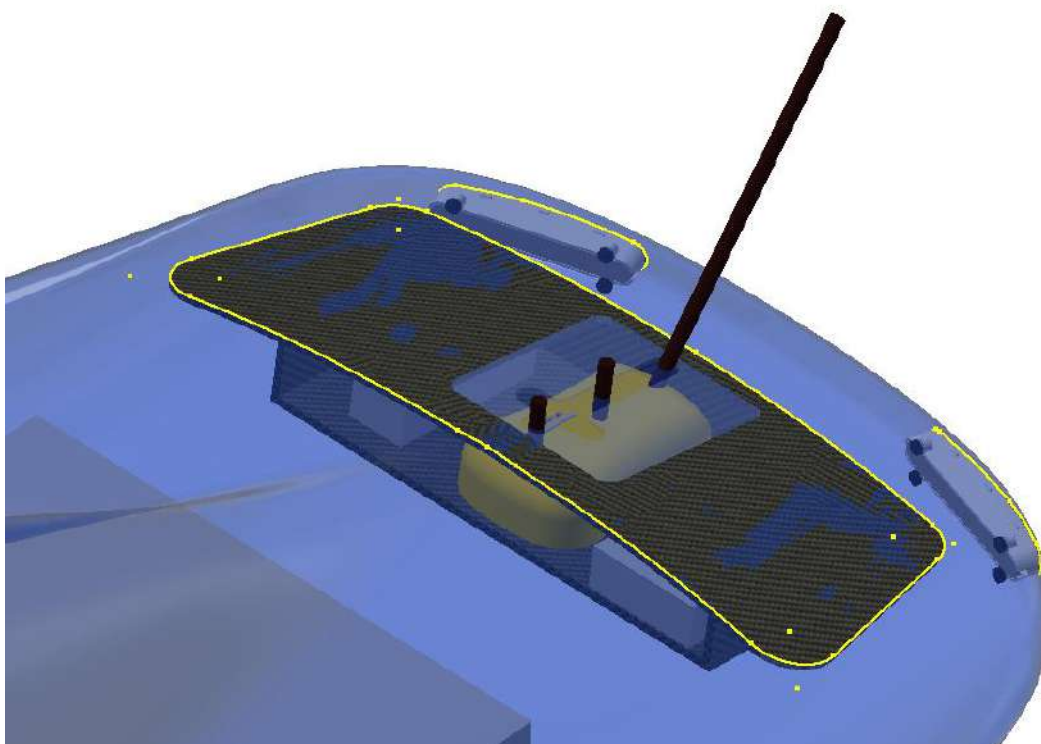
#### **4.4.9 Shell telemetria egység felfogatásának és a hátsó lámpa szerelőnyílásának kialakítása**

Első koncepciónk szerint a POD telemetriaeszközt a hátsó lámpa szerelőnyílásán helyeznénk el, és alatta pedig egy dobozban a Backbone és az akkumulátor lenne elhelyezve. Ezt a megoldást azonban elvetettük, mert így a POD eszköz teljes teste a karosszéria külső felületén helyezkedne el, ami negatívan befolyásolná a légellenállást, ezáltal pedig növeli a fogyasztást. A fentiek miatt szükségesnek ítéltük egy második koncepció kialakítását, amelyben a POD eszköz belenne süllyesztve a karosszériába, ezt úgy lehet a legegyszerűbben kivitelezni, hogy a hátsó szerelőnyílás alá szerelünk egy doboz szerkezetet, amelyben egyszerre elfér a POD, a Backbone és az akkumulátor is. Ennél a megoldásnál a POD eszköznek csak az antennái

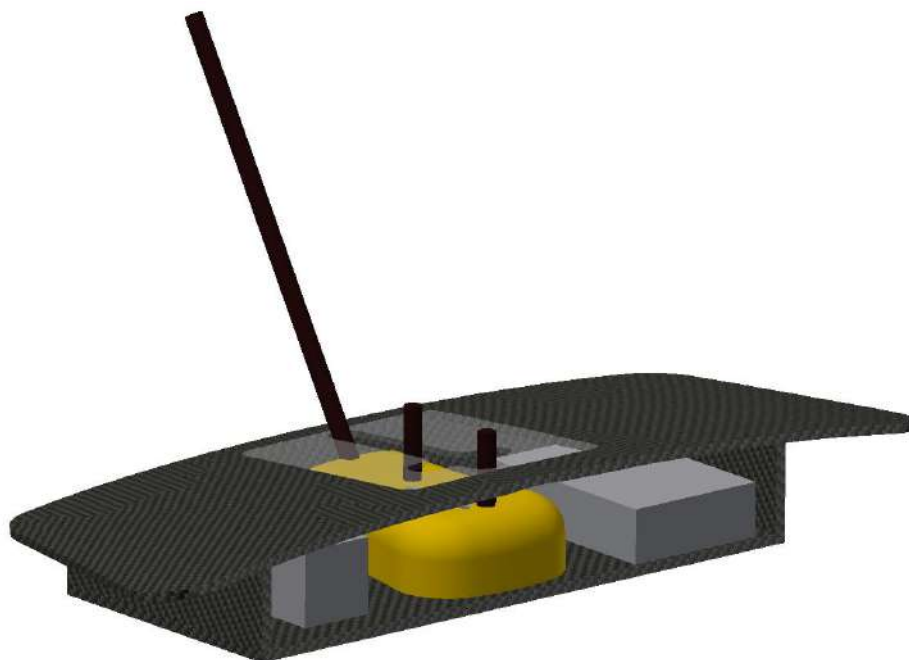
lőgnának ki a karosszéria felületéből, ami lényegesen jobb az előző koncepciónál. A POD eszköz felett plexi lap lenne, hogy a jelző ledlámpák szerelés nélkül is könnyen megfigyelhetőek legyenek, illetve a POD eszköz tetején található két gombnak is biztosítani kell szerelés nélküli hozzáférési lehetőséget, amit a gombok felett egy furattal oldunk meg.



**42. ábra** POD eszköz a karosszéria külső felületén [Saját szerkesztés]



**43. ábra** POD eszköz, Backbone és akkumulátor az autóba besülyesztett tartóban [Saját szerkesztés]



**44. ábra** Shell telemetria tartó egység [Saját szerkesztés]

#### **4.4.10 Külső vész-ki gomb kialakítása**

A versenyszabályzatnak megfelelően az autó külső felületén el kell helyezni egy vész-ki gombot, mely egy biztonsági kapcsoló, a versenyautó külső áramtalanítására szolgál. A vész- ki gombot akár a Shell-telemetria egységeit a karosszériába besüllyesztve érdemes elhelyezni, az akkumulátor csomaghoz, illetve a hajtáslánchoz viszonylag közel, utóbbi villamossági szempontból fontos tényező.

Koncepció: A kapcsolót egy 3D nyomtatott műanyag házba rögzítjük, majd ezt a műanyag házat megfelelő ragasztóval rögzítjük a karosszéria felületén.



**45. ábra** Vész-ki gomb 3D nyomtatott ház [Saját szerkesztés]

A ház kialakításánál figyelembe kellett venni, hogy megfelelő nagyságú átmérővel rendelkezzen. A vész-ki gomb átmérője 33 mm, a tartó belső átmérője pedig 58 mm. Ez a különbség biztosítja azt, hogy a besüllyesztés ellenére a kapcsoló könnyen benyomható, elfordítható legyen, bármilyen szerszám, vagy egyéb eszköz alkalmazása nélkül.



**46. ábra** Vész-ki gomb tartó a karosszériában [Saját szerkesztés]

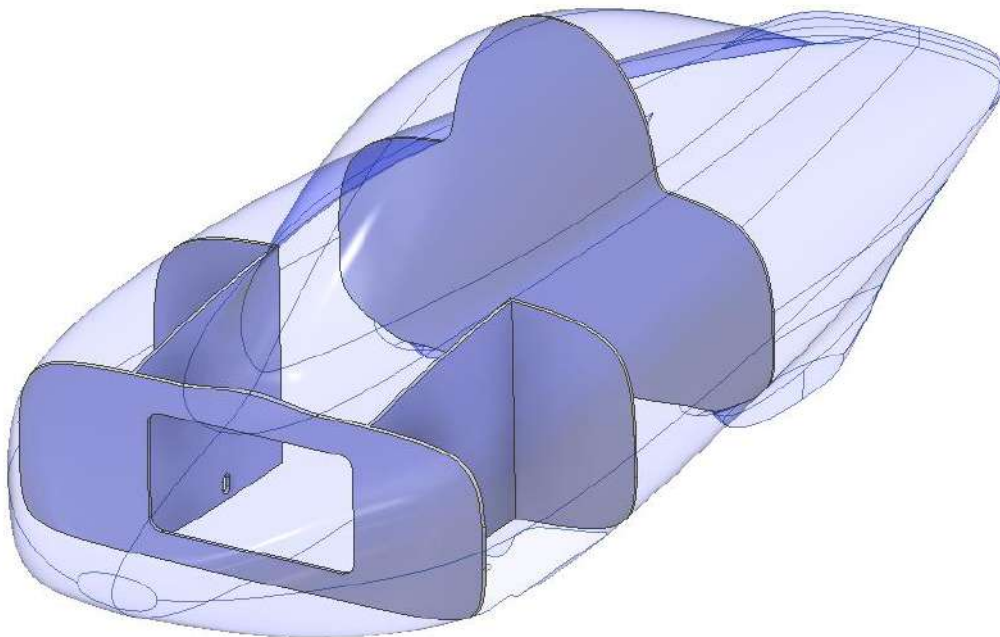
## 4.5 Belső tér kialakítása

### 4.5.1 Összefoglalás, szempontok

A belső tér kialakítása során az egyik legfontosabb szempont a pilóta teljes elválasztása a mozgó alkatrészektől, illetve a karosszéria megfelelő merevségének biztosítása merevítő modulok elhelyezésével. Kompromisszumokra szükség volt, hiszen a pilótát nem építhetjük túlságosan körbe, merevítőkkal és falakkal, mivel a szűk tér egy esetleges baleset esetén akadályoztatja a pilótát, a versenyautó megfelelő időtartamú elhagyásában, ami jelentős kockázati szempont. A cél egyfajta belső merev egység kialakítása, mely megfelelő merevséget biztosít a versenyautó karosszériájának, és megfelelően védi a pilótát, és elegendő helyet szolgál a belső moduloknak, elektronikai dobozoknak.

### 4.5.2 Első keresztirányú merevítő

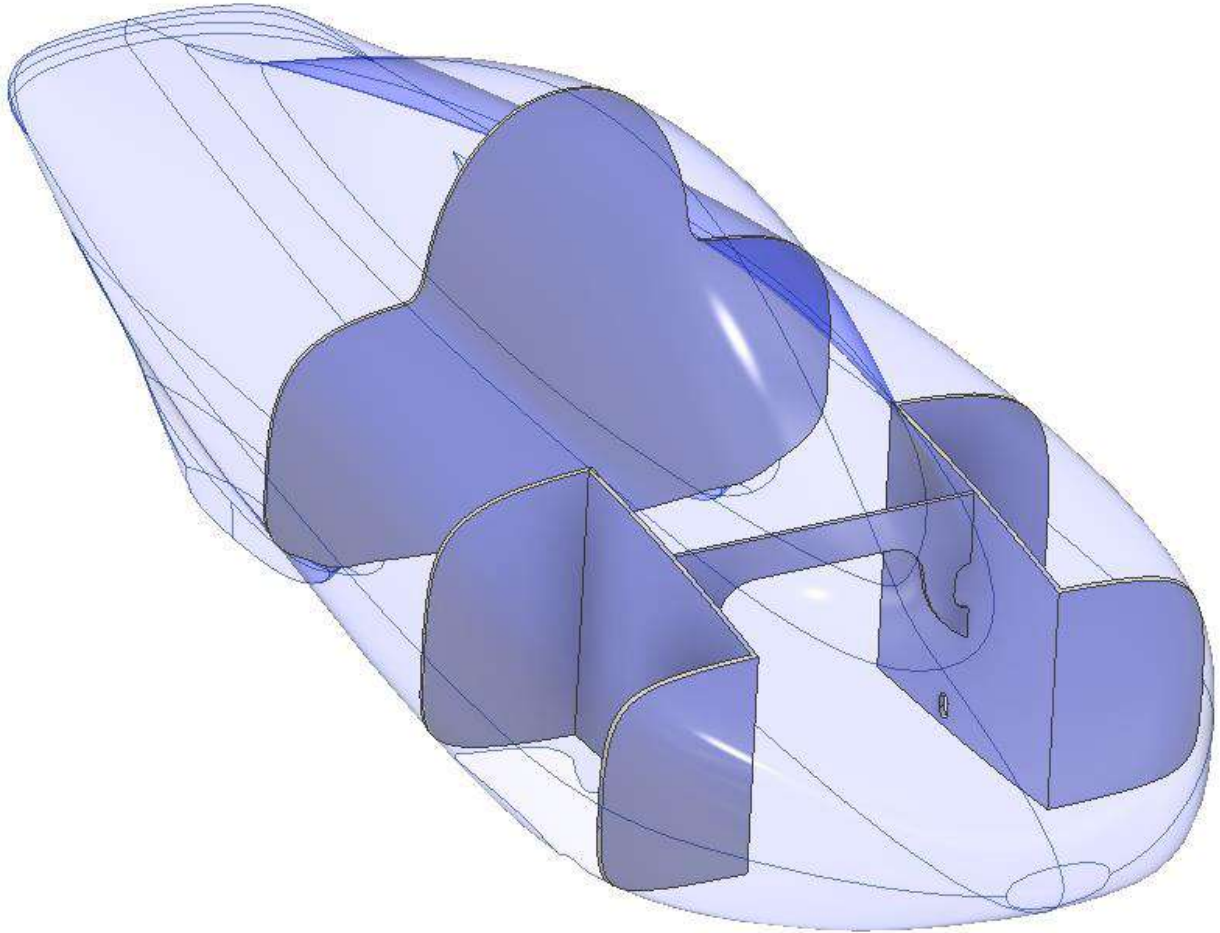
A keréktárcsai ív falaiba vannak beragasztva a futóművet rögzítő pogácsák. A futómű menet közben folyamatosan terheli a keréktárcsai ív falait, és a jármű hosszirányú középsíkja felé tolja azokat. A két oldalon lévő keréktárcsai ív falait ezért célszerű összekötni több helyen. Az első falakat szinte teljes mértékben összelehet kötni, így az első keresztmerekítő miatt lényegében a keresztmerekítő és a keréktárcsai ívek első falai, egyetlen darab méhsejtes lemezből készülne. Ezt a falat azonban középen egy nyílással kell ellátni, mely elég teret biztosít a pilóta lábának, hiszen a pedálbox a fal előtt helyezkedik el.



47. ábra Első keresztmerekítő kialakítása [Saját szerkesztés]

#### **4.5.3 Középső keresztirányú merevítő**

A futómű rugóstag bekötési pontjai a kerékházati első és hátsó fala között félúton helyezkedik el. A rugóstagok jelentős terhelést tudnak átadni emiatt a kerékházati ív falaira, ezért célszerű a rugóstagok bekötéseinél közvetlenül összekötni a bal és jobb oldali kerékházati íveket.

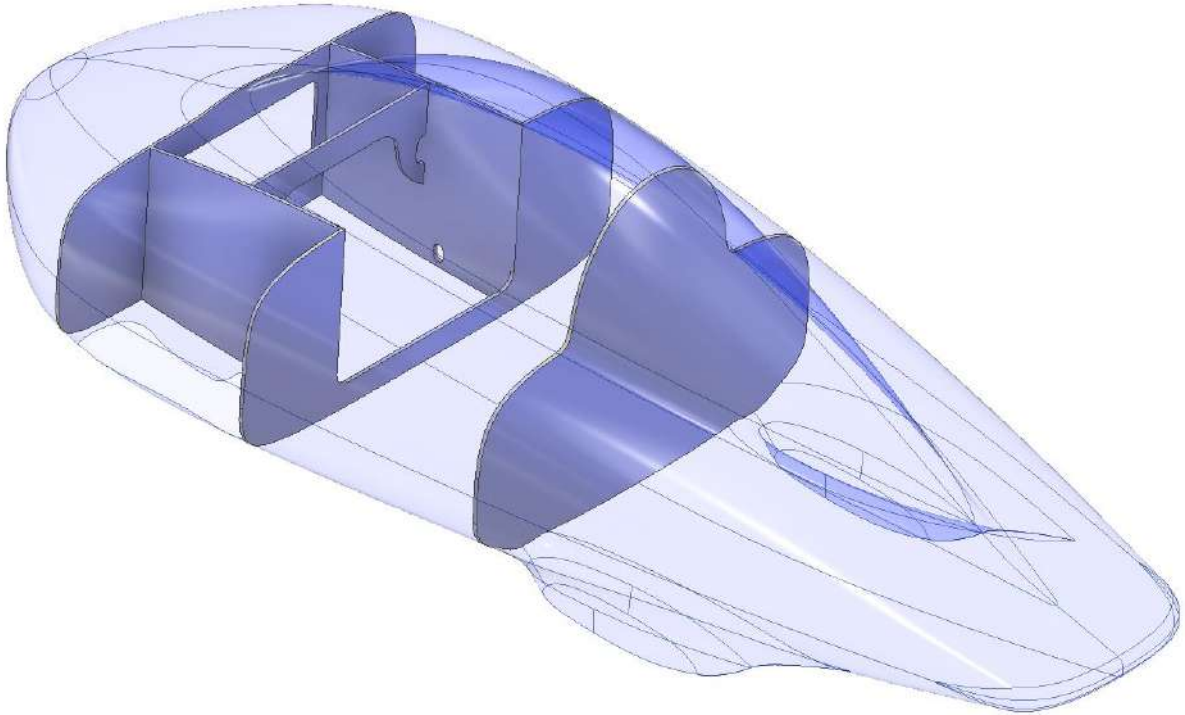


**48. ábra** Középső keresztmerevítő kialakítása [Saját szerkesztés]

A középső keresztirányú merevítőnél is szempont volt, hogy a pilóta lábainak elég teret biztosítson, illetve mindkét oldalába egy „U” alakú kivágást kellett elhelyezni, ezekre azért volt szükség, mert a rugóstag alumínium bekötési pontja átmenő csavarral van rögzítve a pogácsához, és ez a kivágás ad helyet a kötőelemeknek, illetve a szereléshez.

#### **4.5.4 Hátsó keresztirányú merevítő**

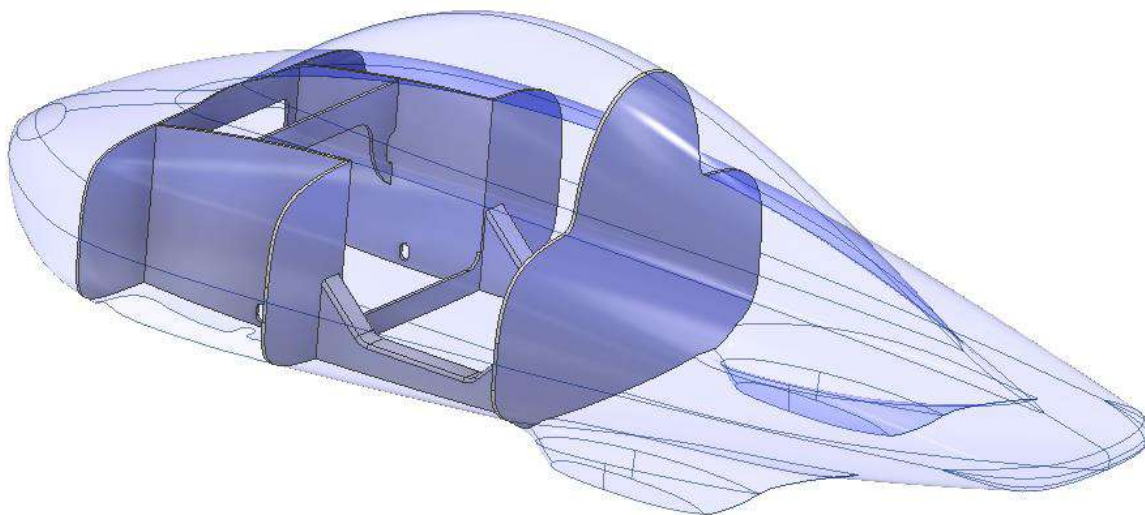
A kerékjáratok ív hátsó keresztirányú falai is összevannak kötve. Itt azonban már csak jóval kisebb elemet lehetett behelyezni, mivel a pilótának pont ezen a területen van a legnagyobb helyigénye. Ez az elem inkább egyfajta biztonsági tényezőként lett elhelyezve.



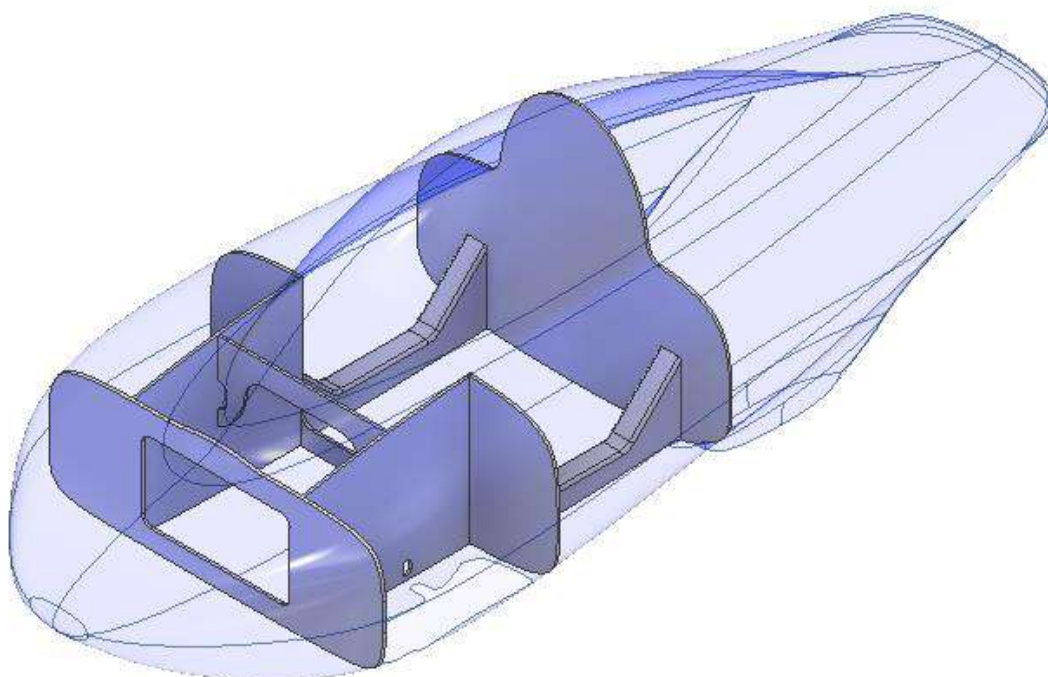
**49. ábra** Hátsó keresztirányú merevítő kialakítása [Saját szerkesztés]

#### **4.5.5 Hossz irányú merevítők**

A hosszirányú merevítőegységek a tűzfalat és a kerékjáratok íveket kötik össze, ezáltal plusz merevséget biztosítva az első és a hátsó futómű között. Ennek a megoldására két szendvics szerkezetű merevítő modult készítettünk el, egy-egy darabot a jármű bal és jobb oldalára. A merevítőegységeknek elég merevnek és nagynak kellett lenniük ahhoz, hogy megfelelő merevséget tudjanak biztosítani az első és a hátsó futómű bekötési pontjai között, azonban figyelni kellett rá, hogy ez a két modul közvetlenül a pilóta mellett helyezkedik el, és könnyen akadályozhatná a biztonságos és megfelelő idejű kiszállásban. Végül ezen szempontok figyelembevételével született meg a hosszirányú merevítő jelenlegi „U” alakú formája, mely elég merevséget biztosít és a pilóta szempontjából is biztonságos, illetve megfelel a Shell Eco-Maraton nevű verseny szabályzatának.



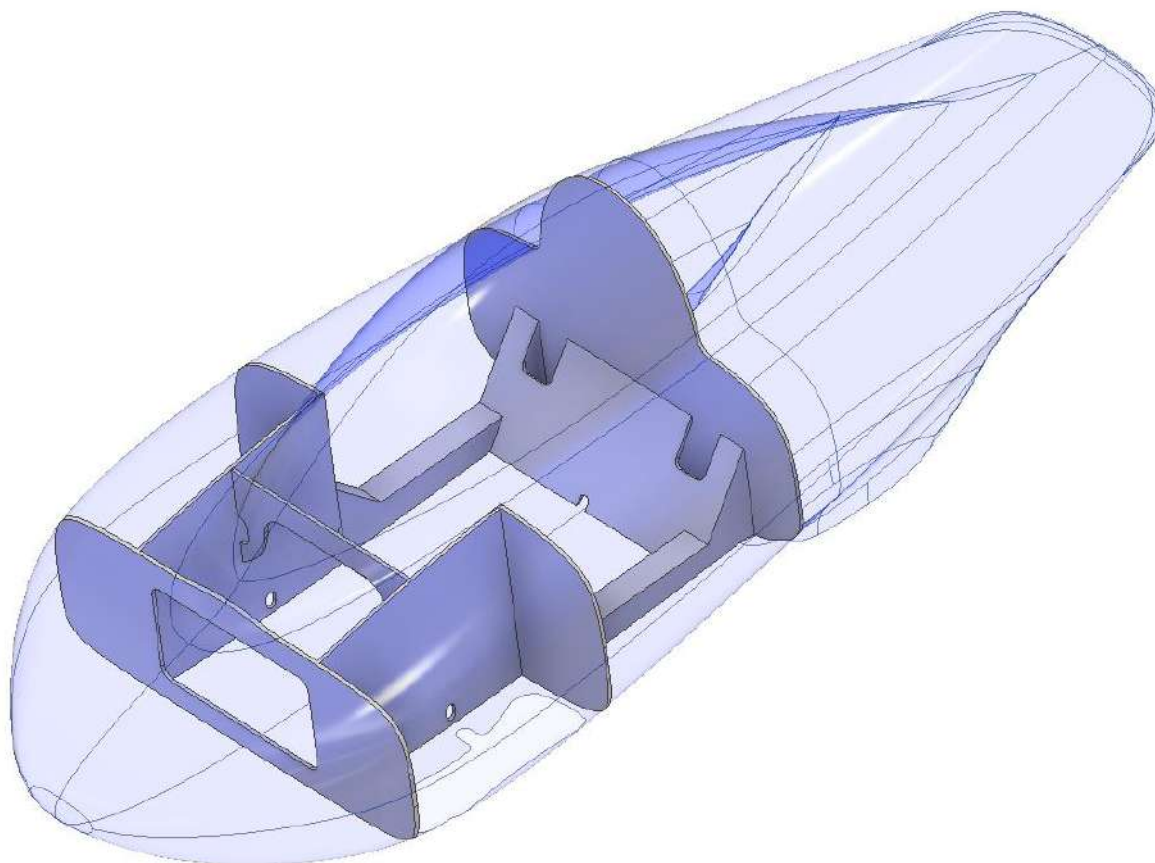
**50. ábra** Hossz irányú merevítőkkialakítása 1. nézet [Saját szerkesztés]



**51. ábra** Hossz irányú merevítőkkialakítása 2. nézet [Saját szerkesztés]

#### **4.5.6 Keresztirányú összekötés**

A versenyautó tetőszerkezete vékony, nem ad sok merevséget az autónak. A két futómű között hosszirányban a hossz merevítők elég merevséget biztosítanak a járműnek. Az első futómű esetében keresztirányú terheléseket, a keresztirányú merevítésekkel küszöböltük ki. Azonban az első és a hátsó futómű között nincs, ami megfelelően tartaná a karosszériát a keresztirányú csavarodással szemben. Ennek a jelenségnek a kiküszöbölésére a hosszanti merevítőegységek összekötése.



**52. ábra** Hosszanti merevítőegységek keresztirányú összekötése [Saját szerkesztés]

Az összekötés méhsejtes lemezzel történik. Az összekötő elemeken nyílások vannak elhelyezve, ezek a szerelhetőséget szolgálják, mivel a hátsó futómű rögzítési pontjai ezeken a helyeken csatlakoznak a tűzfalhoz, átmenő csavarral. A nyílásokon keresztül ellehet érni a kötőelemeket kézzel, illetve szerszámmal egyaránt.

## 5. Összefoglalás

A szakdolgozatomban bemutattam a saját fejlesztésű energiahatékony elektromos jármű karosszériaformájának a darabolását, ami az egyetemen működő, elektromos járművek fejlesztésével foglalkozó versenycsapat, a SZE Energy Team, új versenyautójának karosszériája. A versenycsapat az évente megrendezésre kerülő Shell Eco-marathon megnevezésű energiahatékonsági versenyen indul, ahol különböző nemzetiségű egyetemek versenycsapatái vesznek, a cél a lehető legkevesebb energiából megtenni az adott versenytávot. A munka első lépéseként megvizsgáltam a Shell Eco-marathon verseny felépítését, szabályzatát.

Kutatómunkát végeztem az általam használt karosszéria építési módjáról és a műanyag kompozit anyagok tulajdonságairól és gyártási eljárásairól. Utóbbira azért volt szükség mivel az általam használt karosszériai ebből az anyagból készül.

Részletesen megvizsgáltam a konkurens csapatok megoldásait, legfőképpen azon csapatok versenyjárműveit vizsgáltam, melyek a korábbi versenyeken jól szerepeltek, és a karosszéria formája hasonlított az általam használt karosszériaformához, illetve a forma műanyag kompozit anyagból önhordó építésmódban készültek. A vizsgálat során fő szempont a karosszériák felépítése volt, azaz a karosszériák milyen sajátosságokkal rendelkeznek (pl.: burkolt kerekek), szerelőnyílások elhelyezése, ajtók kialakítása, szélvédő és ablakok kialakítása, illetve a belső tér és merevítő egységek kialakítása.

Munkám második részében a tervezést mutattam be, kezdve az első futómű környezetének kialakításával. A tervezés második részében a darabolás, nyitható elemek, ajtók, ablakok, telemetria egységek elhelyezésének kialakítása látható. A harmadik szakaszban a belső tér kialakításának lépései és szempontjai találhatók, amelyek egyben a versenyjármű megfelelő merevségének biztosításáért felelnek.

Jövőbeni cél a karosszéria további optimalizálása. Energiahatékonsági versenyen a jármű tömege fontos szempont, melynek nagy részét az autó karosszériája teszi ki. Végelem számítások használatával, meg lehetne határozni olyan részeket a karosszérián, főleg merevítő egységeken, ahol viszonylag kisebb feszültségek ébrednek és ott kivágásokat, könnyítéseket alkalmazni a tömeg optimalizálásának érdekében.

## 5.1 Eredménytermék bemutatása

A versenyautó 2019-ben megépítésre került. 2019 júliusában pedig a SZEnergy csapat színeiben SZEMission néven indult a Londonban megrendezett Shell Eco-marathon versenyen, ahol a 6-ik helyezést érte el. A versenyautó 165,3 km-t tud megtenni 1 kWh-nak megfelelő villamos energiából. Emellett ez lesz a csapat első járműve, mely képes önvezető funkciók ellátására is. [5]



*53. ábra SZEMission versenyautó (elöl nézet)<sup>16</sup>*



*54. ábra SZEMission versenyautó (hátról nézet)<sup>16</sup>*

---

<sup>16</sup> [www.szenergy.hu](http://www.szenergy.hu)

## **Köszönetnyilvánítás**

Ezúton szeretnék köszönetet mondani belső konzulensemnek, Pup Dánielnek, aki hasznos konzultációival, szakértelmével végig támogatta a projekt elkészítését és a szakdolgozat elkészülését.

Továbbá köszönöm a SZEnergy hallgatói egyesület tagjainak, akik a projekt elkészítése során támogattak, az itt töltött idő alatt egyetemi tanulmányaimat, hasznos gyakorlati tapasztalattal egészítve ki.

Köszönettel tartozom továbbá testvéremnek és szüleimnek, akik tanulmányaim alatt minden helyzetben támogattak.

A szakdolgozat elkészítését a GINOP-2.3.4-15-2016-00003 Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ a Széchenyi István Egyetemen projekt támogatta.

## Irodalomjegyzék

- [1] Bohner - Gscheidle - Leyer - Pichler - Saier – Schnidt: Gépjárműszerkezetek  
Műszaki Könyvkiadó, 215. oldal, 2013
- [2] Dr. Hargitai Hajnalka Polimer kompozitok technológiái 2011.11.30
- [3] Kompozitok általános jellemzés: 2020.03.01  
<https://www.szfki.hu/~konczos/tanfolyam/9.pdf>
- [4] Shell Eco-marathon 2018-as versenyszabályzat, 2020.03.03  
<http://racing.ucam.edu/sites/racing.ucam.edu/files/shell-eco-marathon.pdf>
- [5] SZEnergy hallgatói egyesület hivatalos honlap, 2020.03.01  
<https://szenergy.hu/>
- [6] Autodesk Inventor Analyze Interference funkció leírása, 2020.01.03  
<https://knowledge.autodesk.com/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/Inventor-Help/files/GUID-80DED0A6-AC65-4C7C-AD85-0144EE6DAB5B-htm.html>
- [7] Shell Eco-marathon hivatalos honlap, 2019.12.01  
<https://www.shell.com/make-the-future/shell-ecomarathon.html#vanity-aHR0cHM6Ly93d3cuc2h1bGwuY29tL2dsb2JhbC9lbnZpcm9ubWVudC1zb2NpZXR5L2Vjb21hcmF0aG9uLmh0bWw>