

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Gépanyagszerkezzettani és Rendszertani Intézet



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

TALICSKAKORMÁNYZÁS EGY PNEUMOBILON

Szerző: **Piukovics Zsolt**
gépészmérnöki szak, II. évfolyam

Konzulens: **Dr. Szakács Tamás**
adjunktus

Budapest, 2011

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Megoldandó feladatok	4
3. A kormányművek történeti áttekintése	5
4. Az eddigi Pneumobil versenyeken használt kormányművek	7
5. Az innovatív ötlet keresése	8
6. A tervezés és az első változat megvalósítása	9
7. A módosított kormánymű terve	11
8. A végleges változat építése	12
9. A tesztelés, versenyek, tapasztalatok	13
10. Következtetések levonása	15
11. Irodalomjegyzék, ábrajegyzék	16

1. Bevezetés

A dolgozat témája egy alternatív kialakítású kormánymű tervezése, megvalósítása, és az alkalmazhatóságának vizsgálata. A kormánymű több, a megszokottól eltérő elemet tartalmaz, ilyen például a kormánykerék hiánya, illetve a karosszéria dőlése. Az ötlet a Science's Kitchen Pneumobil Team által épített járműben valósult meg, 2 versenyen ezzel a kormányzással futott az autó, ezáltal vannak adatok, és tapasztalatok, amik segítenek eldönteni a kormányzási elv előnyeit és hátrányait. A következő oldalakon a megvalósítás minden lépését bemutatom, egy történelmi áttekintéssel kezdve. Ezután a kész jármű viselkedését vizsgálom meg, összevetve a kapott eredményeket az elvárttal.



2. Megoldandó feladatok

Ahhoz, hogy a kormányművünk a lehető legjobban működjön, pontosan meg kellett határoznunk a működése célját, illetve a szabályozott, és nem szabályozott paramétereit. Szabályozott paraméterek alatt a Pneumobil 2011 verseny versenykiírásában szereplő korlátokat, míg a nem szabályozott paraméterek alatt azokat a jellemzőket értjük, amelyeket mi határozzunk meg, de hatással lesznek a végeredményre.



A versenykiírás a kormányműre vonatkozóan a következőket mondja ki:

- a)** A jármű bármely elv alapján működő kormányművel kivitelezhető.
- b)** A jármű legyen könnyen irányítható, a vezető legyen képes normál erő kifejtés mellett az egyenes haladást és a kanyarodást biztosítani.
- c)** A járműnek meg kell tudni fordulni 8 méter széles versenypályán.

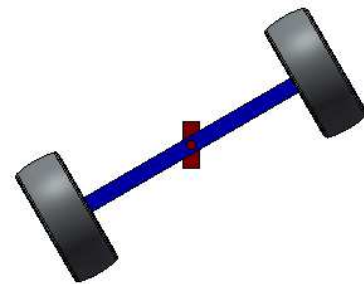
A tervezésnél még figyelembe kellett vennünk a szabályzat következő pontjait is:

- 1/b)** A minimális kerékszám 3, amelyeknek minimum két nyomsávbán kell elhelyezkedniük
- 2/a)** A jármű megengedett hosszúsága max. 2,5 méter, szélessége max. 1,7 méter.
- 8/b)** Az alkalmazott kerekek átmérője minimum 400 mm.

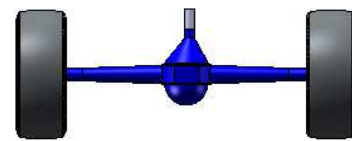
Ezen előírások tükrében kezdtük el megfogalmazni a kormányművünkkel szemben elvárt követelményeket. A legfontosabb dolog, hogy a járművünk megfelelően stabil legyen, könnyen irányítható, ám súlytakarékos. A végül kiválasztott járműtípus egy 3 kerekű jármű, elől kettő, hátul egy keréssel, melyek közül az első a kormányzottak. Ez a kialakítás sok súlytól szabadítja meg a járművet, ám bizonyos esetekben borulékonyra teheti, ezért rendkívül fontos a súlypont jó elosztása. A tervezésnél törekedni kellett arra, hogy a kormánymű elemei legyárthatóak legyenek, illetve minél több alkatrészt készen meg lehessen vásárolni. További fontos szempont volt a kormánygeometria utólagos finomhangolásának lehetősége, így többek között kerékdőlés és a kerékösszetartás. A 8 méteres fordulókör elérése is a tervezési fázisban kell hogy megoldódjon. Hogy ki tudjuk választani a megfelelő kormányművet, át kellett tekinteni a jelenleg – mind a közutakon, mind a versenyeken – használt kormánymű típusokat. Emellett nem feledkeztünk meg arról, hogy amennyiben lehetséges a kormányművünk tartalmazzon innovatív elemeket, ugyanis a megvalósítás ezen része is beleszámít a verseny pontozásába.

3. A kormányművek történeti áttekintése

A kormánymű minden jármű szerves részét képezi, megtalálható az összes olyan kereken gördülő járműben, melynek egynél több tengelye van, a lovas kocsitól kezdve a marsjáróig. A kormánymű feladat az jármű irányban tartása, ám elvárás vele szemben a stabilitás, és a pontosság. Az évszázadok során többféle kormányművet alkalmaztak, ám ezek jól elkülöníthető csoportokba oszthatóak. A háromkerekű járművek zöme – ilyen Karl Benz Patent Motorwagen típusú, a világon elsőként önjárónak épített autója - egy tengelycsonkos elsőkerék-kormányzást használnak, ez rendkívül egyszerű, és megbízható, ám a háromkerekű járművek, melyeknek elől egy kerekük van, rendkívül instabilak, ezért a járműtörténelemben csak kevés ilyen próbálkozás élt meg nagyobb darabszámot.

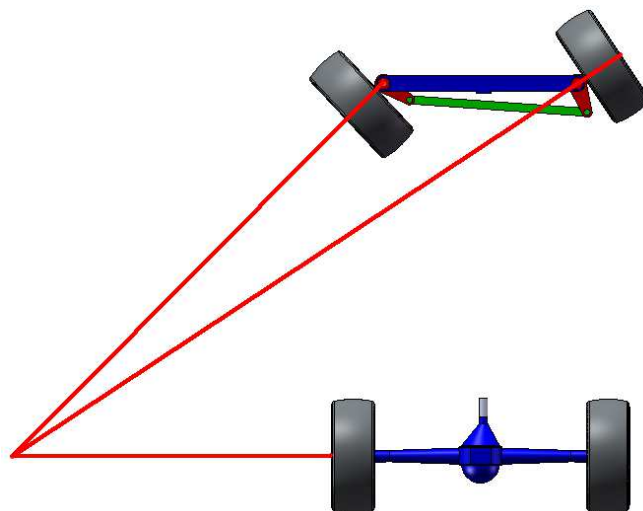


A legegyszerűbb kormánymű típus a vaskortól létező négykerekű szekereken terjedt el, és egészen napjainkig megtalálható, ez a forgózsámoly kormányzás (1. ábra). Ezek rendkívül egyszerű kivitelezésűek, így olcsók, ám stabilitásuk rendkívül gyenge, borulékonyra képes tenni egy járművet. A járműiparban ma már csak a kis sebességgel pótkocsikon található meg.



1. ábra Forgózsámols

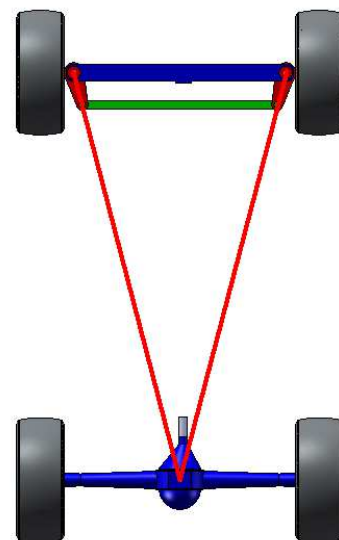
A másik probléma, ami a forgózsámoly kormányzást tökéletlen kormányzássá teszi, hogy az ideális geometriában a ívkülső keréknek más sugáron kell fordulnia, mint az ívbelsőnek, hiszen a fordulókör középpontjához képest nem azonos sugáron helyezkednek el. Erre a problémára már a XVIII. században próbáltak megoldást találni, Erasmus Darwin angol orvos és feltaláló 1958-as feljegyzései alapján Rudolph



2. ábra Ackerman-elv

Ackermann és Georg Lankensperger 1818-ban megépítette az első lovas kocsit, melyen az ún. Ackermann-el szerinti kormányzást alkalmaztak. Az elv lényege, hogy nem forgósámoly, hanem tengelycsonk kormányzást alkalmaz, így a két kerék egymástól különböző szögekbe fordítható. A tulajdonképpeni fordulókör középpontjának mindenképp a hátsó tengely vonalában kell elhelyezkednie, a sugár nagyságát pedig az mutatja meg, hogy a kormányzott kerék tengelyének vonala hol metszi a hátsó kerék tengelyvonalát (2. ábra). Ha mindkét kormányzott első kerék tengelyének vonala egyazon pontban metszi a hátsó tengely vonalát, akkor a kormányzás közben a kerekek semelyike sem fog súrlódni. A megfelelő geometria előállításához Ackermann szerint a kormánytrapézok szögét úgy kell kialakítani, hogy azok a hátsó tengely közepében metsszék egymást (3. ábra). A pneumobilunk kormánygeometriájánál is ezt az elvet követtük.

Maga a kormányrúd működtetése a mai közúti járművekben mindenképp kormánykerékkel történik, ugyanis az előírások miatt közvetlen, mechanikai kapcsolat szükséges a vezérlő (ember) és végrehajtó (kormányrúd) között. Egyes helyeken a kormányzás tisztán elektromos, vagy hidraulikus, ám ezek a rendszerek nem elterjedtek. Tulajdonképpen a személyautók mindegyike az Ackermann-elv alapján tervezett kormányművel épül, ám nem torzítatlan az elv megjelenése, ugyanis a jobb útfekvés miatt a kereknek dőlése és összetartása is van, ezért a kormánytrapézok szögét is módosítani kell.



3. ábra Ackermann-elv

4. Az eddigi Pneumobil versenyeken használt kormányművek

A versenyeken készült fotók vizsgálata alapján elmondható, hogy a csapatok közel azonos struktúra szerint építkeztek. A gépek mind 3 vagy négykerekűek, a 3 kerekűek döntő többsége a stabilitás miatt hátulra helyezte a szóló kereket. Ahol egy kerék volt elöl, ott a kerékpárokról ismert kormányzást alkalmazták. Ahol két kerék volt elöl, mint a tengelycsonk-kormányzás különböző típusait, fogasléccel, vagy egy egyszerű lengőcsappal működtetve.



5. Az innovatív ötlet keresése

A kormányművekről való kutatásaink alatt találoztunk egy-két megdöbentő megoldással, ilyen pl. a Piaggio MP3 robogója, mely 3 kerekű, elől két kereke van, ám a robogó mégis képes bedőlni kanyarodás közben (5. ábra). Ekkor gondolkozott el csapatunk a bedőlő vázon, hisz ezzel a megoldással csökkentetni lehetni



5. ábra Piaggio MP3

a borulás veszélyét, növelni a tapadást a kanyarokban, ezzel növelni a kanyarsebességet. Több megoldás (4., 6. ábra) után találtuk a Tilt 'N Turn trike-ra (7. ábra) , melyet az amerikai



4. ábra Tixio

Dalhousie University diákjai készítettek. Ez a megoldás annyiban különbözött az eddig látottaktól, hogy a két kerék egy közös első hídra van rögzítve, és a kerekek dőlését és fordítását egy kettős rudazat látja el, melyek mozgását a váz dőlése szabályozza.

Mi ezt az ötletet láttuk megfelelőnek és megvalósíthatónak, így ezt gondoltuk tovább.



7. ábra TMW3



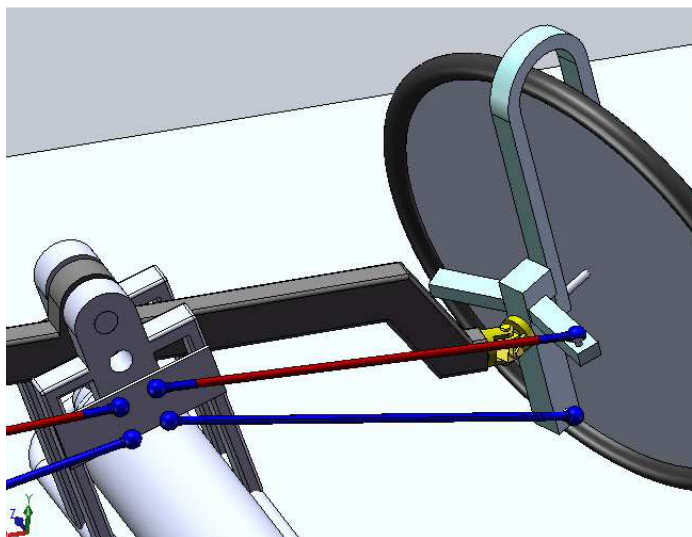
6. ábra Tilt 'N Turn

6. A tervezés és az első változat megvalósítása

Ami biztos volt a kormánymű tervezésénél, hogy a vázat dönteni fogjuk, és a váz dőlésével fogjuk kormányozni a kerekeket, illetve dönteni azokat. A következő problémákra kellett megoldást találni:

- Hogy rögzítsük az első hidat a vázhoz?
- Milyen módon rögzítsük a kerekeket az első hídhoz, hogy minden mozgást meg tudjon valósítani?
- Hogy rögzítsük az irányítókarokat a vázhoz illetve a kerékhez, hogy megfelelő erővel és pontossággal működjön?
- Milyen módon irányítsuk a váz dőlését, hogy az kényelmes és biztonságos legyen?

A tervezés során minden kérdést sikerrel megoldottunk. A tervek szerint a hídra egy tengelyt rögzítünk, melyre két csapágyat fűzünk fel. Ezeket a csapágyakat rögzítjük a vázon kialakított két állványra. Az első híd két végén egy-egy darab kardáncsukló van, ezek biztosítják a kerekek számára a dőlés és kanyarodás megvalósítását. A kerekeket biciklivillába szereljük, ám



8. ábra I. terv

a villát átalakítjuk oly módon, hogy alkalmasak legyenek a kardáncsukló rögzítésére. Mind a dőlés, mind a kanyarodás irányítására gömbfejekkel szerelt rudazatokat terveztünk. Ezek egyik vége a kerékvillához, másik végük a vázhoz kapcsolódik. Ezek (piros és kék), illetve a kardáncsuklók (sárga) elhelyezkedés látható a 8. ábrán.

A tervek elkészülte után az anyagbeszerzés következett. A gép váza ½"-os csőből illetve 20x40 mm-es zártszelvényből készült, az első gerenda 60x40-es zártszelvény, a gömbfejek Lada kormánygömbfejek.



9. ábra Kerékagy szerelve

Elkészítettük a módosított villát az irányító és döntőkarokkal (9. ábra), és elhelyeztük a csapágyakat a gerendán. Felhegesztettük a gömbfejek tartóit a vázra, illetve ideiglenesen beállítottuk a hátsókereket a helyére, hogy tesztelni tudjunk. Az építés képei a 10-13. ábrán láthatóak.

A tesztelés alatt a fordulókört megfelelőnek találtuk, ám megjelent egy probléma. A kiszámított Ackermann szöget eltorzítja a kerék dőlése, ezért a kerekek kúsznak, csúsznak. Ennek kiküszöbölésére módosítottuk a dölést, csökkentve azt. Ám több próbálkozás után sem sikerült kiküszöbölnünk teljesen a kúszást. A kúszásra legjobb megoldásnak a problémája az volt, hogy a megfelelő kormányelforduláshoz kicsi kerékdőlést kellett megalkotni, ám így a váz dőlése 10 fok alá került, ami nagyon megnehezítette a pontos irányítást. Miután észleltük, hogy a kardáncsuklót ennyi használat után már annyira kikoptak, hogy a kerék érezhető millimétereket lógott, a csapat leült, és úgy döntött, a kormánymű alapötletét meg kell hagyni, de újra kell gondolni annak megvalósítását.



10. ábra Gerenda csapágyakkal



11. ábra Alváz



12. ábra Villa szerelve

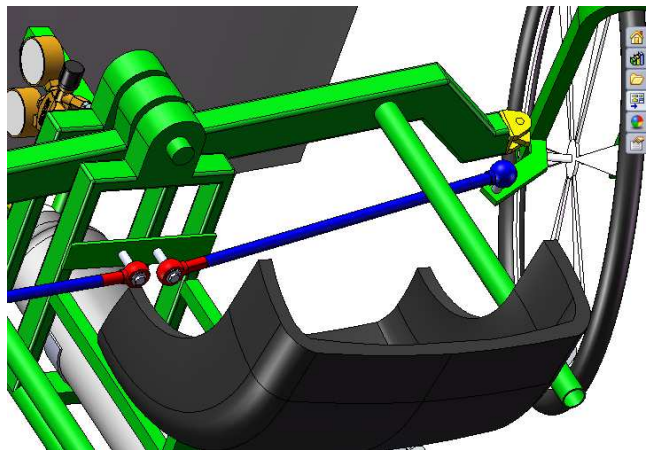


13. ábra Összeállítás

7. A módosított kormánymű terve

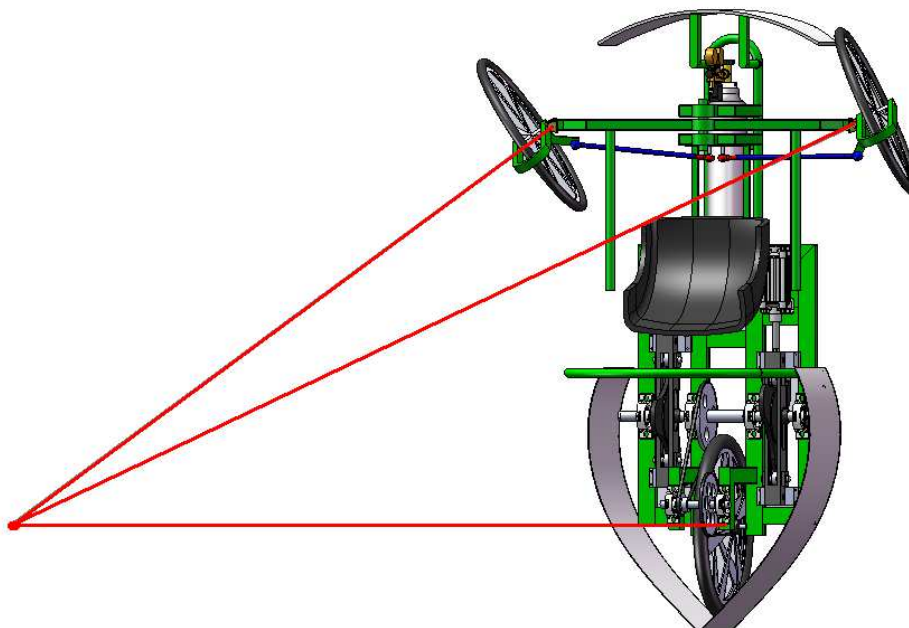
Amit mindenképp meg akartunk hagyni az előző koncepcióból, hogy a kormányzás a váz dőlésével történjen. Ám a kardáncsukló helyett más megoldás után kellett néznünk, és az Ackermann-elvet is érvényesíteni kellett az egész kormányzási tartományra.

Az új ötlet alapja egy egyszerűbb, gyorsabban és egyszerűbben megtervezhető kormánymű, mely kiküszöböli az előző terv hibáit. A kardáncsukló helyett egy egyszerű csapot terveztünk, meghatározott csapdőléssel. Ez egyszerre két problémánkat megoldotta, egyrészt golyócsapágyak beszerelésével a lógás megszüntethető és megelőzhető, másrészt az egyedüli forgáspontra már lehet méretezni kúszásmentes kormányzást. Külön előnye a rendszernek, hogy 4 darab helyett csak két darab vezérlőrúd van, ami a kormánymű beállítását könnyíti meg nagymértékben. A kormánymű elrendezés a 14. ábrán látható.



15. ábra II. terv

Összehasonlítva a 8. ábrával, látható a két koncepció közötti különbség. A csapdőlés miatt az első kerekek itt is a kanyarnak megfelelően dőlnek, ám kisebb mértékben. A 15. ábrán a kormánymű Ackermann elv szerinti megfelelése látszik. A számítás alapján a várható fordulókör átmérője $\sim 7,5$ m.



14. ábra Ellenőrzés Ackermann-ra

8. A végleges változat építése

A véglegesített tervek alapján az építés fennakadások nélkül zajlott. A kormánymű beállításához egy padot építettünk, melynek segítségével lehet állítani a 0 fokos kerékösszetartást. Az időközben megnövekedett súly (motor + szerelvények) miatt a villákat és az első gerendát meg kellett erősíteni, mert terhelés alatt deformálódtak. Ezek az erősítések, illetve a kész kormánymű a 16. ábrán láthatóak.



16. ábra Kész kormánymű

A döntést a sofőr a gerendára erősített rudakkal végzi, hasonló mozdulatokkal, mint egy talicska kormányzása. A 17. ábrán látható pillanatszorítók feladat ezen rudak pontos helyének kijelölésében játszottak szerepet.



17. ábra Kész alváz

9. A tesztelés, versenyek, tapasztalatok

A megépített kész gép futam közben a 18. ábrán látható. A jármű két versenyen és több bemutatón vett részt, így megfelelő mennyiségű tapasztalat áll rendelkezésre a vizsgálathoz.

Ami rögtön feltűnik a beszállás után, hogy a jármű álló helyzetében és kis sebességnél a kormányzás nehézkes, illetve a gépet egyenesben tartani viszonylag nagy erőbefektetés árán lehet csak. Ezt több dolog magyarázza, egyrészt ilyenkor a gumik súrlódása (kenődése) jobban érezteti hatását, másrészt az álló kerekeknek nincs perdülete, ami segítene a kormány egyenesben tartásában. Menet közben a sebesség növelésével a kormányzás egyre könnyebbé válik, de egy idő után egy érdekes jelenség figyelhető meg, ~25 km/h feletti sebességnél a gépet nagyon nehéz kidönteni a középhelyzetéből, ezt a nagy kerekek (26”) viszonylag magas fordulatszámaival lehet magyarázni. Ez a jelenség a bűgőcsigánál figyelhető meg, a forgó nagy tömeg nem akar kibilleni az eddigi forgásának tengelyéből, a perdülete a testnek igyekszik ellene dolgozni a kimozdító hatásoknak. További megfigyelés, hogy nagy sebességű kanyarodás után a csapdőlés segítségével a gép egyből visszaáll a függőleges pozícióba, ám ügyelni kell arra, hogy a vezető ilyenkor ne hagyja átbilleni a gépet, mert a gép ingamozgáshoz hasonló mozgásba kezdhet, ami miatt lassítani kell. Ennek a hatását erősíti a tény, hogy a jármű tömege a motor alá készített erősítések miatt meghaladta a tervezett tömeget, és 180 kg körül alakul. Amikor ez a nagy tömeg lendülete téríti ki a gépet – pl. egy egyenesbe hozás utáni túllendítéssel – akkor ezt nagyon nagy erő kifejtésbe telik megfogni.

Jó úton ezzel nem volt problémánk, figyelni kellett a kanyarkijáratokra, de egyenesben tökéletesen tartható volt a végsebesség. Azonban a kecskeméti Pneumobil Gálafutamon beleütköztünk egy olyan hátrányába a gépnek, ami eddig nem jött elő. A burkolata a versenypályának díszkő volt, nem tökéletesen síkba lerakva. Mikor ezen haladt a gép, a kerekek minden időpillanatban más magasságban voltak egymáshoz képest. Ez a



18. ábra Verseny közben



19. ábra Egri verseny

különbség nem volt számottevő, mindössze 4-5 mm, ám mivel a jármű folyamatosan dülöngélt jobbra-balra, be tudott lengeni egyenes futásban. Ez a lengés 20 km/h-ig kontrollálható volt, ám afelett olyan frekvenciát ért el a kerekek rázkódása, és vele együtt a váz ingamozgása, ami már megfeszített erő kifejtés mellett sem volt vezethető.

A megoldást erre a problémára egy csillapítás beszerelése jelentené. A versenyen a gerendát mindkét irányból gumipókkal a vázhoz rögzítettük, így próbálván gyengíteni a lengéseket. A művelet sikeres volt, a gyorsulási versenyszámban képes volt a pilóta a pályán tartani a gépet, ami itt különösen nehéz volt, mert csak a pálya fél szélessége állt rendelkezésre, ami alig volt szélesebb a kocsinknál 20 cm-rel (21. ábra).



20. ábra Kecskemét, Gálafutam



21. ábra Kecskemét, gyorsulás

10. Következtetések levonása

A kormányzás működése közben nagyon vegyes tapasztalatokat gyűjtöttünk. Pozitívumként tekinthető a nagy kanyarsebesség, a jó tapadás, és a kúszásmentes kormányzás, azonban több negatívuma is van a koncepciónak ebben az állapotban. Ezek közül talán a legfontosabb a belengésre hajlamos rendszer. Ezen kétféleképpen lehet javítani, egyrészt az összsúly csökkentésének segítségével jobban kézben tartható a rendszer, másrészt be kell építeni egy csillapító elemet a gerenda és a váz közé, ez lehet egy olajos lengéscsillapító, mely mindkét irányba csillapít. További hátrány, hogy nagy sebességnél jó úton kibillenteni a középpontból nehézkes. Ennek megoldására kisebb kerekeket kell a rendszerbe tervezni. Én személy szerint úgy gondolom, ez a típusú kormányzás csak egy könnyű gépen életképes, ilyen súlyok mellett erős csillapítások kellenek bele, és a pneumatikus motor, szerelések, biztonsági felszerelések miatt a súly jelentős mértékben nem csökkenthető, csak a váz anyagában. További hátrány, hogy a gerendát és a hozzá kapcsolódó kerékvillát jelentős mértékben ki kellett merevítanünk, így rengeteg plusz súlyt vittünk a rendszerbe, kb. 25 kg a teljes kormányzás plusztömege egy egyszerű kormányműhöz képest. A csapatunk ezen kérdések megfontolása után úgy döntött, fontolóra veszi, következő gépünk kormányműve egy hagyományos tengelycsonkos kormánymű lesz, egy kikönnyített fogaslécés hajtással. Ám folyik a Talicskakormányzás fejlesztése is, próbáljuk kiküszöbölni az ismert problémákat, és igyekszünk leterjesztelni a fentebb felsorolt ötleteket.

Rengeteg dolgot tanultunk a tervezés és építés alatt, és mindent összevetve sikeresnek érezzük a projektet, hisz működött, és bár kijöttek a koncepció hibái, de így lehetőségünk van a terveken finomítani, bármi is legyen később ennek a rendszernek a felhasználási célja. A meghatározó előnye ennek a kormányműnek az volt, hogy mindenki megfordult után, és kíváncsi volt rá, hisz ilyen jellegű, ún. „talicskakormányzást” a versenyen még nem láttak.



22. ábra Kecskemét, a csapat

11. Irodalomjegyzék, ábrajegyzék

Felhasznált irodalom:

Zinner György: Gépjárművek felépítése, BMF

Ábrák forrása

1-3.; 8-20. : saját készítés

4.: <http://kb7mxu2.home.mindspring.com/trikes6.htm>

5.: <http://motorcycleforsale2011.blogspot.com>

6.: <http://www.reversetrike.com>

7.: <http://poisson.me.dal.ca>

