



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
π. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών και Βιομηχανικού
Σχεδιασμού
Εισ.Κατ.: Βιομηχανικού Σχεδιασμού Τ.Ε.

Πτυχιακή Εργασία με τίτλο:

“ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ GO KART ΟΧΗΜΑΤΟΣ”

Του: Μπουλούμπαση Παναγιώτη



Επιβλέπων Καθηγητής: *Δινοπούλου Βάγια*

Κοζάνη 2023

ΠΕΡΙΟΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	i
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1 Η πρώτη εμφάνιση καρτ οχημάτων.....	1-2
1.2 Ιστορική αναδρομή μηχανών οχημάτων καρτ.....	3
1.3 Εκπαιδευτική αγωγή οδήγησης σε πίστα.....	4
1.4 Karting σε κλειστές πίστες.....	5
2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ KART	
2.1 Πλαίσιο.....	7-8
2.2 Κεντρικός άξονας πίσω και καβαλέτα.....	9
2.3 Κινητήρας.....	10
2.4 Χρόνοι λειτουργίας κινητήρων.....	11
2.5 Κατηγορίες κινητήρων με βάση τον κυβισμό.....	12
2.6 Σασμάν.....	13
2.7 Τροχοί και ελαστικά.....	13-14
2.8 Σύστημα απόκτησης δεδομένων.....	14-15
2.9 Software Data Logger (Alfano Data logger).....	15-16
2.10 Σύστημα διεύθυνσης.....	17-18
2.11 Γωνία Camber.....	19-21
2.12 Γωνία Caster.....	22-23
2.13 Πολυεστερικά panels kart.....	24
2.14 Εργονομία.....	24
3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ (SOLIDWORKS)	
3.1 Πλαίσιο.....	26-27
3.2 Σύστημα διεύθυνσης.....	28-32
3.3 Ελαστικά & ζάντες.....	33-34
3.4 Πίσω άξονας και ρουλεμάν.....	35
3.5 Κινητήρας Kart.....	36
3.6 Σταδιακή εγκατάσταση εξαρτημάτων.....	37-44
4. ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ KART	
4.1 Περίπτωση χτυπήματος εμπρόσθιου μέρους (Front Impact).....	46-48
4.2 Περίπτωση χτυπήματος πίσω μέρους (Rear Impact).....	49
4.3 Περίπτωση χτυπήματος πλάγιας μεριάς (Side Impact).....	50
4.3.1 Περίπτωση 2 ^η Alloy Carbon Steel σωλήνες.....	51-53
4.4 Οικονομοτεχνικός έλεγχος κατασκευής.....	54
4.4.1 Αντοχή των υλικών.....	55
4.4.2 Ανάλυση οικονομικών πόρων.....	58

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία βασίζεται στην μελέτη και την περιγραφή οχημάτων Go kart οχημάτων. Σε πρώτο πλάνο θα γίνει επεξήγηση ιστορικής αναδρομής και εξαρτημάτων κατασκευής. Εν συνεχεία θα ακολουθήσει ο σχεδιασμός και η επιλογή δύο υλικών για την βάση και βάση αυτών θα γίνει και η σύγκριση τόσο στο οικονομικό όσο και στο ποιοτικό κομμάτι.

Στο πρώτο κεφάλαιο, θα επικεντρωθούμε στην σημασία των kart οχημάτων καθώς και τα αγωνίσματα όπου μπορούν να πάρουν μέρος. Σε αυτό το κεφάλαιο θα ακολουθήσει και μια σύντομη ιστορική αναδρομή αυτών των οχημάτων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, θα ταξινομήσουμε όλα τα κατασκευαστικά εξαρτήματα του οχήματος και θα τα περιγράψουμε. Ωστόσο, θα προσθέσουμε και κάποια τεχνικά χαρακτηριστικά σε μερικά από αυτά ώστε να είμαστε πιο σαφείς στις πληροφορίες μας.

Στο τρίτο κεφάλαιο, θα μπούμε στο κομμάτι του σχεδιασμού στο σχεδιαστικό πρόγραμμα του SolidWorks και θα παρουσιάσουμε με σύντομους ρυθμούς την σχεδίαση που ακολουθήσαμε ώστε να φτάσουμε στο τελικό μοντέλο μας.

Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο, θα ακολουθήσει η ανάλυση ως προς την αντοχή των υλικών με την μορφή σύγκρισης και η ανάλυση ως προς το οικονομικό σκέλος για κάθε μια επιλογή υλικών κατασκευής του kart. Η σύγκριση θα γίνει ως προς το οικονομοτεχνικό κομμάτι και θα απευθύνεται σε 2 κριτήρια. Για επιλογή υλικών από πολυεστερικά υλικά και από σιδηρούχα υλικά.

Κεφάλαιο 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η πρώτη εμφάνιση Kart οχημάτων

Οι αγώνες **καρτ** ή το καρτ είναι μια παραλλαγή αγώνων δρόμου του μηχανοκίνητου αθλητισμού με οχήματα με ανοιχτούς τροχούς, τετράτροχα γνωστά ως καρτ ή καρτ αλλαγής ταχυτήτων. Συνήθως διεξάγονται σε πίστες με μικρότερη γεωγραφική επάρκεια από τις πίστες επαγγελματικές όπου διαγωνίζονται αυτοκίνητα. Αν και ορισμένοι επαγγελματικοί αγώνες καρτ διεξάγονται επίσης σε πίστες μηχανοκίνητου αθλητισμού πλήρους μεγέθους. Το Karting θεωρείται συνήθως ως το σκαλοπάτι για τις υψηλότερες βαθμίδες του μηχανοκίνητου αθλητισμού, με τους περισσότερους οδηγούς της Formula 1 συμπεριλαμβανομένων των Sebastian Vettel και Lewis Hamilton, οι οποίοι ξεκίνησαν την καριέρα τους στο καρτ.

Τα καρτ ποικίλλουν ευρέως ως προς την ταχύτητα και μερικά (γνωστά ως superkarts) μπορούν να φτάσουν ταχύτητες που υπερβαίνουν τα 160 χιλιόμετρα την ώρα, ενώ τα καρτ αναψυχής που προορίζονται για το ευρύ κοινό μπορεί να περιορίζονται σε χαμηλότερες ταχύτητες.



Εικόνα 1.1: Τα πρώτα κατασκευασμένα καρτ για ψυχαγωγία
(<https://www.enginebuildermag.com>)

Το κάρτ ξεκίνησε στην Ελλάδα την δεκαετία 1970-1980 και οι πρώτοι αγώνες έγιναν σε αυτοσχέδιες πίστες μέσα στις κατασκηνώσεις του Αγ. Ανδρέα. Μια μικρή πίστα δημιουργήθηκε στη Βαρυμπόμπη και φιλοξένησε αντίστοιχους αγώνες, ενώ από τα

μέσα της δεκαετίας εκείνης, ξεκίνησε και η αγωνιστική λειτουργία της μητρόπολης του Ελληνικού καρτ της περίφημης παλαιάς πίστας του Αγ. Κοσμά. Στα τέλη της δεκαετίας του 70 (1978-79) λειτούργησαν οι νέες και εξαιρετικές για την εποχή τους πίστες του Νέου Ρυσίου της Θεσσαλονίκης. Γύρω στο 1994 ένας επιχειρηματίας που επαναπατρίστηκε από την Γερμανία, αποφάσισε να φτιάξει μια νέα επιχείρηση στην Καλαμάτα με αποτέλεσμα την ιστορική πίστα San Nikolas. Η μικρή αυτή ιστορία ολοκληρώνεται την περίοδο που ο Γιώργος Δρακόπουλος σχεδιάζει και ξεκινά την πρώτη πίστα των Αφιδνών αλλά ένα μπουρίνι ξαφνικό, την έστειλε στο παρακείμενο ρέμα, για να τη δούμε να λειτουργεί με νέο σχέδιο και ιδιοκτήτες στα τέλη της δεκαετίας του 90 με τη σημερινή της μορφή.



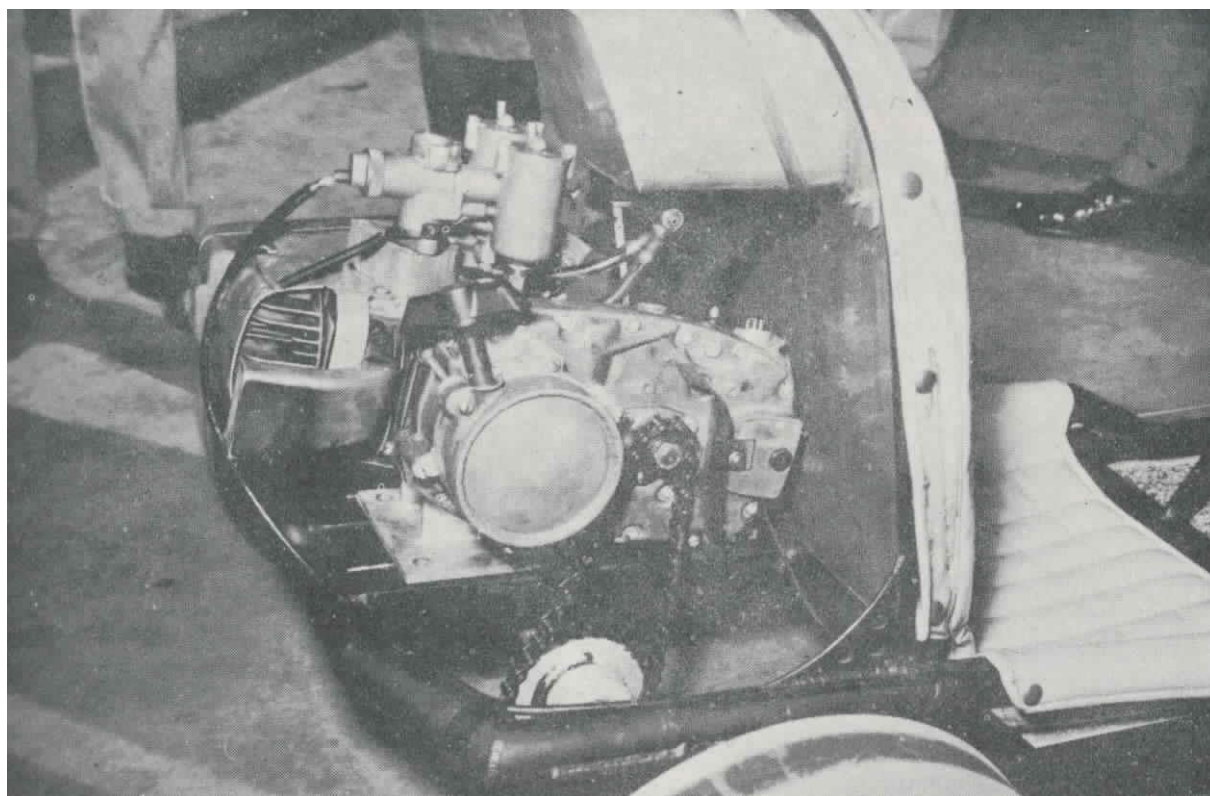
Εκατοντάδες οδηγοί στη συνέχεια, με περίσσεια ταλέντου και αγωνιστική διάθεση συνθέτουν το πάζλ της ιστορίας του Ελληνικού καρτ και της πορείας του, μιας πορείας που έχει να θυμίσει και πολλά Ευρωπαϊκά μεγάλα αποτελέσματα.

Εικόνα 1.2 : Pick Patras

1.2 Ιστορική αναδρομή μηχανών οχημάτων kart

Ο Αμερικανός Art Ingels είναι ευρέως αποδεκτός ότι είναι ο πατέρας του karting. Βετεράνος hot rodder και κατασκευαστής αγωνιστικών αυτοκινήτων στο Kurtis Kraft, Κατασκεύασε το πρώτο kart στη Νότια Καλιφόρνια το 1956. Οι πρώτες εμφανίσεις τέτοιων οχημάτων τύπου kart πραγματοποιήθηκαν στο χώρο στάθμευσης αυτοκινήτων Rose Bowl Stadium. Το Karting εξαπλώθηκε γρήγορα σε άλλες χώρες και αυτή τη στιγμή έχει μεγάλους θαυμαστές σε όλη Ευρώπη και όχι μόνο.

Ο πρώτος κατασκευαστής kart ήταν μια αμερικανική εταιρεία, η Go Kart Manufacturing Co. (1957). Το 1959, η McCulloch ήταν η πρώτη εταιρεία που παρήγαγε κινητήρες για kart. Ο πρώτος κινητήρας του, ο McCulloch MC-10, ήταν ένας προσαρμοσμένος δίχρονος κινητήρας με μετάδοση κίνησης μέσω γραναζιού και αλυσίδας. Αργότερα, στη δεκαετία του 1960, οι κινητήρες μοτοσικλετών προσαρμόστηκαν επίσης για χρήση kart, πριν οι ειδικοί κατασκευαστές, ειδικά στην Ιταλία (IAME), αρχίσουν να κατασκευάζουν κινητήρες για το άθλημα.



Εικόνα 1.3 : Ο πρώτος κινητήρας για Kart (<https://www.vintagekarts.com>)

Στην αρχή, προσάρμοσε την πλήρη εφαρμογή μεταξύ της αλυσίδας και του γραναζιού. Στην πορεία της κατασκευής φάνηκε πως ήταν μια ακριβή εγκατάσταση, αλλά είχε καλά αποτελέσματα και ήταν ευχαριστημένος. Στην συνέχεια όμως διαπίστωσε πως οι κινητήρες του McCulloch κάλυπταν επ ακριβώς τις απαιτήσεις που είχαν ως προς την κάλυψη ισχύος που ζητούσε.

1.3 Εκπαιδευτική αγωγή οδήγησης σε πίστα

Το Kart Racing μπήκε στην ζωή μας μέσω μιας ιδέας αγωνιστικής οδήγησης όπου θα παρείχε ασφάλεια καθώς οι ταχύτητες που αναπτύσσονται είναι αρκετά μικρότερες από αυτές σε σχέση με τον υπόλοιπο μηχανοκίνητο αθλητισμό. Αρκετοί το συνδέουν άμεσα με άτομα νεαρής ηλικίας οδηγούς ωστόσο, υπάρχουν αρκετοί ενήλικες όπου δηλώνουν σοβαρό ενδιαφέρον στο karting. Για αυτό είναι και ο κύριος λόγος όπου το Karting θεωρείται το πρώτο βήμα στην καριέρα ενός οδηγού όπου θέλει να ασχοληθεί σοβαρά με τον μηχανοκίνητο αθλητισμό.

Η αγωνιστική απήγηση του αθλήματος κρίνεται από την αδρεναλίνη που προσδίδει στην οδηγό είτε ψυχαγωγίας είτε σοβαρό οδηγό, βοηθώντας να αναπτύξουν γρήγορα αντανακλαστικά, ακρίβεια στον έλεγχο του αυτοκινήτου, καθώς και τη λήψη αποφάσεων. Ωστόσο, τα θετικά αυτού του αθλήματος είναι ότι μαθαίνει τον οδηγό να αποκτά γρήγορα αντανακλαστικά και να τον κάνει ολοένα και καλύτερο όχι μόνο μέσα στην πίστα αλλά και στην πραγματική ζωή στον δρόμο. Τέλος, δίνει και μια απορρόφηση γνώσης του μηχανολογικού μέρους με του οδηγικού καθώς ο οδηγός καταλαβαίνει απόλυτα τι πάει να πει (σωστή πίεση ελαστικών, πρόσφυση δρόμου, απόσβεση, δύναμη κινητήρα) και όλα όσα συσχετίζονται με τις παραμέτρους οδηγού-οχήματος.



Εικόνα 1.4 : Εκμάθηση Kart (<https://www.dreamstime.com>)

1.4 Karting σε κλειστές πίστες

Πέραν των επαγγελματικών αγώνων καρτ , υπάρχουν κάποιες εταιρίες που προσφέρουν καρτ για ενοικίαση για σκοπούς ψυχαγωγίας. Οι πίστες που διεξάγονται αυτού του τύπου μπορεί να είναι σε εξωτερικούς χώρους η εσωτερικούς. Τα καρτ συνήθως ενοικιάζονται για 10 έως 15 λεπτά. Το πλαίσιο είναι ενισχυμένο για καλύτερη ασφάλεια των οδηγών. Μαζί με το καρτ παρέχονται και στον οδηγό όλα τα άλλα απαραίτητα αξεσουάρ για την ασφάλεια του όπως το κράνος και το σκουφάκι για τυχόν τρίχες που μπορούν να πέσουν μέσα στο κράνος για υγιεινή. Έτσι, η διαφοροποίηση των πιστών χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:

➤ Πίστες που είναι κατασκευασμένες σε εξωτερικούς χώρους

Χρησιμοποιούν οχήματα καρτ τα οποία έχουν την εμβέλεια ανάπτυξης χαμηλής ταχύτητας της τάξης των (50km/h) και είναι εφοδιασμένα με τετράχρονους κινητήρες συνήθως. Τέτοιες εξωτερικές πίστες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για διοργάνωση αγώνων.

➤ Πίστες που είναι κατασκευασμένες σε εσωτερικούς χώρους

Τέτοιων ειδών πίστες βρίσκουμε συνήθως σε μεγάλες πόλεις μέσα σε ανακαινισμένα εργοστάσια και αποθήκες. Είναι μικρότερες σε μέγεθος από τις υπαίθριες πίστες όμως υπάρχουν κάποιες κατηγορίες αγώνων που γίνονται σε εσωτερικές πίστες. Στην Αμερική υπάρχουν πάνω από 80 τέτοιες πίστες.



Εικόνα 1.5 : Κλειστή πίστα Kart (<https://www.pgkart.com>)

Κεφάλαιο 2 - Κατασκευαστικές πληροφορίες οχημάτων kart

Ένα αγωνιστικό όχημα Kart αποτελείται από αρκετά μηχανικά εξαρτήματα στην δομή του. Έχουμε, τα μηχανικά μέρη, τα μέρη του πλαισίου καθώς και τα συστήματα πέδησης και διεύθυνσης. Τα μηχανικά μέρη ενός kart περιλαμβάνουν κατασκευές απλές στην σχεδίαση και στην εφαρμογή καθώς δεν προσδοκούμε το απόλυτο αποτέλεσμα διότι η χρήση που προορίζονται είναι είτε για ψυχαγωγία είτε για αγώνες μικρών προδιαγραφών.



Εικόνα 2.1 : Απεικόνιση μηχανικών μερών Kart οχήματος (<https://www.reddit.com>)

2.1 Πλαίσιο

Το πλαίσιο συνηθίζεται να κατασκευάζεται από σωλήνες χρωμίου “MOLY. Να σημειώσουμε πως δεν υπάρχει ανάρτηση στην κατασκευή, επομένως το πλαίσιο πρέπει να είναι αρκετά ευέλικτο ώστε να λειτουργεί ως ανάρτηση και αρκετά άκαμπτο ώστε να μην σπάει ή υποχωρεί σε μια στροφή.



Εικόνα 2.2 : Πλαίσιο (<https://tkart.it>)

Η κατηγοριοποίηση που γίνεται στα πλαίσια καθορίζεται από το είδος του αγώνα ή σκοπό που προορίζονται ώστε να επιτευχθούν όλοι οι κανονισμοί ασφαλείας. Με γνώμονα τον σκοπό που θέλουμε να χρησιμοποιηθούν θα σχεδιαστούν και οι σωληνώσεις και όλη η γεωμετρία του πλαισίου.

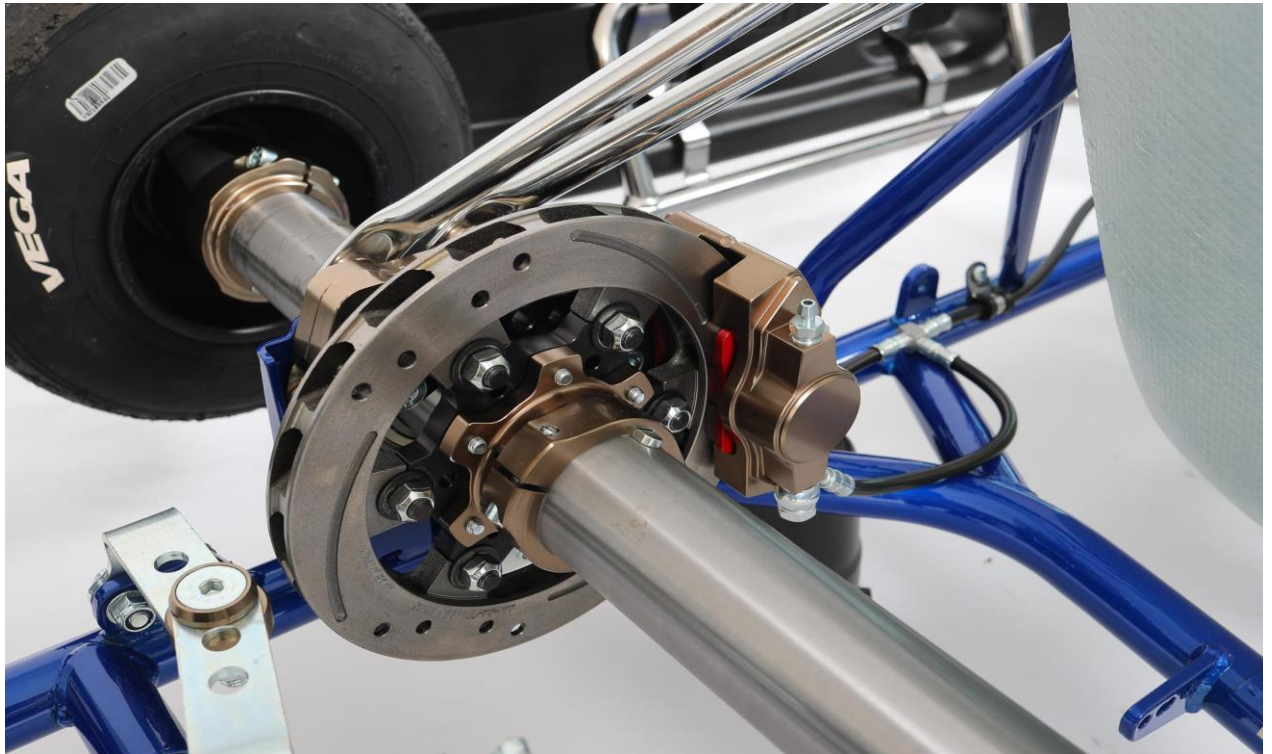
Σε πολλές περιπτώσεις χρειάζεται η προσθήκη αντηρίδων σε διάφορα σημεία όπως πχ στο επάνω μέρος του οδηγού για την κάλυψη του κεφαλιού του σε περίπτωση αναποδογυρίσματος. Έτσι, οι κατηγορίες πλαισίων ταξινομούνται ως εξής:

- ❖ Τα καρτ ψυχαγωγίας τα οποία δεν έχουν κλουβί (Roll cage) στο επάνω σημείο.
- ❖ Τα καρτ τα οποία διαθέτουν ειδική εφαρμογή σωληνώσεων περιμετρικά από τον οδηγό και στο επάνω μέρος ώστε να περιβάλλει όλο το φάσμα του οδηγού και χρησιμοποιούνται κυρίως σε χωμάτινες διαδρομές.
- ❖ Το ίσιο σασί, στο οποίο ο οδηγός κάθεται στο κέντρο. Τα ίσια σασί χρησιμοποιούνται για αγώνες Sprint.

Η ακαμψία που προσφέρει το πλαίσιο επιτρέπει διαφορετικά χαρακτηριστικά χειρισμού για διαφορετικές περιστάσεις. Τυπικά, για ξηρές συνθήκες, προτιμάται ένα πιο άκαμπτο πλαίσιο, ενώ σε βρεγμένες ή άλλες κακές συνθήκες πρόσφυσης, ένα πιο εύκαμπτο πλαίσιο μπορεί να λειτουργήσει καλύτερα. Η θερμοκρασία της διαδρομής μπορεί επίσης να επηρεάσει τον χειρισμό και μπορεί να προκαλέσει πρόσθετες ρυθμίσεις πλαισίου.

Το καλύτερο πλαίσιο επιτρέπει την προσθήκη ή αφαίρεση ράβδων ακαμψίας στο πίσω μέρος, στο μπροστινό και στο πλάι, ανάλογα με τις συνθήκες του αγώνα.

Το φρενάρισμα επιτυγχάνεται με δισκόφρενο τοποθετημένο στον πίσω άξονα. Τα μπροστινά δισκόφρενα χρησιμοποιούνται στις περισσότερες κατηγορίες καρτ αλλαγής ταχυτήτων και είναι όλο και πιο δημοφιλή σε άλλες κατηγορίες, ωστόσο ορισμένες οργανώσεις αγώνων δεν τους το επιτρέπουν. Τα καρτ αλλαγής ταχυτήτων έχουν διπλούς κύριους κυλίνδρους, έναν για εμπρός και έναν για πίσω, και είναι ρυθμιζόμενοι για να επιτρέπουν την αλλαγή ισοκατανομής φρεναρίσματος εμπρός/πίσω.



Εικόνα 2.2 : Δισκόπλακες + φρένα καρτ οχήματος (<https://pragaglobal.com>)

Τα επαγγελματικά καρτ ζυγίζουν συνήθως 165 έως 175 λίβρες (75 έως 79 κιλά), πλήρη χωρίς οδηγό. Οι Avanti, Tony Kart, Trulli, Birel, CRG, Gillard, Intrepid, Remo Racing, Kosmic, Zanardi ή FA Kart και EKS είναι μερικά γνωστά παραδείγματα των πολλών Ευρωπαίων κατασκευαστών σασί αγωνιστικής ποιότητας. Οι Emmick, Coyote, Bandit, Shadow, MGM, Titan, PRC και Margay είναι αμερικανικές εταιρείες που παράγουν σασί καρτ.

2.2 Κεντρικός άξονας πίσω και καβαλέτα

Από τα πρώτα εξαρτήματα που τοποθετούνται στο πλαίσιο είναι τα «καβαλέτα των ρουλεμάν» με τα πίσω ρουλεμάν, ένα απαραίτητο βήμα για να προχωρήσουμε στη συναρμολόγηση των φρένων και του άξονα.

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι μία από τις κύριες διαφορές στη διαδικασία κατασκευής ενός αγωνιστικού καρτ είναι η ανάλυση του τύπου του οχήματος: στην πραγματικότητα, οι μη μετατροπείς απαιτούν λιγότερη προσπάθεια, καθώς είναι εξοπλισμένοι μόνο με το πίσω φρένο. Ένα αγωνιστικό, από την άλλη, εξοπλισμένο με σύστημα διπλού φρεναρίσματος, πίσω και μπροστά, θα απαιτήσει περισσότερη προσπάθεια και λίγο περισσότερο χρόνο.



Εικόνα 2.4 : Καβαλέτα ρουλεμάν (<https://tkart.it>)

Η δαγκάνα των φρένων, εναποθέτονται στην φιλοσοφία σύμφωνα με την οποία τα εξαρτήματα που τοποθετούνται στο πλαίσιο πρέπει να είναι διαμορφωμένα από συμπαγές υλικό, και να είναι επίσης ένα ακτινωτό εξάρτημα.

Ο σκοπός χρήσης θα είναι η πίεση στα τακάκια των φρένων πάνω στο δίσκο, όπου χρησιμοποιούνται δύο έμβολα όπου η διάμετρος τους είναι 28 mm. Στην πλευρά που ακουμπάνε τα τακάκια, τα δύο έμβολα έχουν υποβληθεί σε μια διαδικασία που στοχεύει στη βελτίωση της ψύξης τους, βελτιστοποιώντας παράλληλα τον καθαρισμό της μαύρης γλίτσας που παράγεται από τα τακάκια.

Με το πέρασμα των χρόνων οι μηχανικοί προσπαθούν οι νέες δαγκάνες να είναι πιο βελτιστοποιημένες στο σχήμα τους. Ο κύριος στόχος πάνω σε αυτό το ζήτημα είναι όχι μόνο η βελτίωση της ψύξης, αλλά και να επιτευχθεί σημαντική μείωση του συνολικού βάρους.

2.3 Κινητήρας

Τα αγωνιστικά καρτ χρησιμοποιούν κυρίως μικρούς δίχρονους ή τετράχρονους κινητήρες. Ωστόσο, από το 2022, υπήρξε μικρής κλίμακας υιοθέτηση ηλεκτροκινητήρων στα αγωνιστικά καρτ.



Εικόνα 2.5: Κινητήρας kart (<https://velocitykartshop.com.au>)

- Οι τετράχρονοι κινητήρες μπορούν να είναι τυπικοί αερόψυκτοι βιομηχανικοί κινητήρες, μερικές φορές με μικρές τροποποιήσεις, που αναπτύσσονται από περίπου 5 έως 20 ίππους. Οι Briggs & Stratton, Tecumseh, Kohler, Robin και Honda είναι κατασκευαστές τέτοιων κινητήρων. Είναι επαρκείς για αγωνιστικές και διασκεδαστικές εφαρμογές καρτ. Υπάρχουν επίσης πιο ισχυροί τετράχρονοι κινητήρες που διατίθενται από κατασκευαστές όπως η Yamaha, η TKM, η Swissauto ή η Aixro (κινητήρας Wankel) που προσφέρουν από 15 ίππους έως και 48 ίππους. Τρέχουν μέχρι και γύρω στις 11.000 rpm και κατασκευάζονται ειδικά για καρτ. Αυτά χρησιμοποιούνται σε ορισμένες κατηγορίες Εθνικού Πρωταθλήματος όπως τα δίχρονα.
- Οι δίχρονοι κινητήρες καρτ αναπτύσσονται και κατασκευάζονται από ειδικούς κατασκευαστές. Οι WTP, Comer, IAME (Parilla, Komet, Woltjer), TM, Vortex, Titan, REFO, Modena Engines, TKM, Yamaha είναι κατασκευαστές τέτοιων κινητήρων. Αυτοί μπορούν να αναπτυχθούν από περίπου 8 ίππους για μια μονοκύλινδρο μονάδα 60 CC (MiniROK από την Vortex) σε πάνω από 90 ίππους για ένα δίδυμο 250 CC. Σήμερα, οι πιο δημοφιλείς κατηγορίες παγκοσμίως είναι αυτές που χρησιμοποιούν τις μονάδες 125 CC. Οι πρόσφατοι κινητήρες KF1 125 CC περιορίζονται ηλεκτρονικά στις 16.000 rpm. Τα περισσότερα είναι υδρόψυκτα σήμερα. Ωστόσο, προηγουμένως οι αερόψυκτοι κινητήρες κυριαρχούσαν στο άθλημα
- Ενώ οι ηλεκτρικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται σε καρτ χαμηλών επιδόσεων όπως σε λούνα παρκ εδώ και αρκετό καιρό και ιδιαίτερα σε εφαρμογές εσωτερικού χώρου όπου οι αναθυμιάσεις προκαλούν ανησυχία, τα ανταγωνιστικά αγωνιστικά καρτ

υψηλότερης απόδοσης γίνονται πλέον εμπορικά διαθέσιμα. Για παράδειγμα, ο κατασκευαστής Blue Shock Racing προσφέρει μια σειρά από ηλεκτρικά καρτ τόσο για νεότερους όσο και για ηλικιωμένους αγωνιζόμενους με απόδοση συγκρίσιμη με τα καρτ που κινούνται με καύση και έχει διοργανώσει σειρές αγώνων για αυτούς. Ο κατασκευαστής κινητήρων καρτ καύσης Rotax προσφέρει επίσης έναν ηλεκτρικό κινητήρα καρτ και έχει διοργανώσει αγώνες αγώνων για καρτ που είναι εξοπλισμένα με αυτόν.

2.4 Χρόνοι λειτουργίας κινητήρων

→ Δίχρονοι κινητήρες

Οι δίχρονοι κινητήρες χρησιμοποιούνται γενικά σε αγωνιστικά καρτ. Όπως υποδηλώνουν τα ονόματά τους, ένας κύκλος ισχύος ολοκληρώνεται κάθε δύο διαδρομές. Το μείγμα καυσίμου αντλείται στον κινητήρα και καίγεται σε δύο κινήσεις. Αυτό έρχεται με πολλά οφέλη. Το κυριότερο είναι ότι οι δίχρονοι κινητήρες είναι ελαφρύτεροι από τους τετράχρονους επειδή είναι μικρότεροι. Επίσης, η ισχύς εξόδου τους είναι υψηλότερη, επομένως είναι πολύ πιο γρήγορα από τα αντίστοιχα τετράχρονα.

Όμως, οι δίχρονοι κινητήρες δεν είναι φιλικό προς το περιβάλλον, καθώς το καμένο λάδι από το μείγμα καυσίμου μπορεί να βγει από την εξάτμιση. Επίσης, παρά το γεγονός ότι είναι πιο εύκολο να συντηρηθούν και να διορθωθούν, καταστρέφονται εύκολα λόγω της πίεσης.

→ Τετράχρονοι κινητήρες

Οι τετράχρονοι κινητήρες είναι πιο συνηθισμένοι στα καρτ ενοικίασης και είναι η καλύτερη επιλογή για αρχάριους. Σε αντίθεση με τους δίχρονους κινητήρες, οι τετράχρονοι κυκλοφορούν σε πολλά μεγέθη και είναι συνήθως φθηνότεροι. Αυτοί οι κινητήρες απαιτούν διπλάσιο χρόνο για να παράξουν ισχύ, καθώς ένας κύκλος ισχύος απαιτεί τέσσερις διαδρομές.

Αλλά, αυτό έρχεται με μερικά οφέλη. Για αρχάριους, οι τετράχρονοι κινητήρες είναι πιο ανθεκτικοί επειδή η πίεση στο εσωτερικό τους δεν είναι τόσο υψηλή όσο οι 2χρονοι αντίστοιχοι. Επιπλέον, οι τετράχρονοι κινητήρες είναι πολύ πιο αποδοτικοί και φιλικό προς το περιβάλλον.

2.5 Κατηγορίες κινητήρων με βάση τον κυβισμό

Κινητήρες 50cc

Οι δίχρονοι κινητήρες 50cc είναι οι μικρότεροι που χρησιμοποιούνται στα καρτ. Συνήθως είναι φτιαγμένα για παιδιά δρομείς που είναι νέοι στο καρτ. Μερικοί ενήλικες τα χρησιμοποιούν επίσης καθώς μπορούν να φτάσουν σε υψηλές ταχύτητες.

Κινητήρες 60cc

Οι κινητήρες 60cc είναι συνήθως δίχρονοι και μπορεί να είναι αρκετά γρήγοροι. Αυτές είναι η πρώτη πραγματική πρόκληση για τους παιδικούς δρομείς και συχνά έχουν μεγάλη αναλογία ισχύος προς μέγεθος. Ο πιο συνηθισμένος κινητήρας 60 κυβικών που χρησιμοποιείται είναι ο IAME Parilla Gazelle.

Κινητήρες 100cc

Οι κινητήρες 100 κυβικών μπορεί να είναι δίχρονοι και τετράχρονοι, αλλά οι 2χρονοι είναι πολύ συνηθισμένοι. Χρησιμοποιούνται σε πολλά πρωταθλήματα στην Αυστραλία που χρησιμοποιούν το IAME KA100, το οποίο είναι ένας από τους καλύτερους κινητήρες για νέους ενήλικες δρομείς και εφήβους.

Κινητήρες 125cc

Οι δίχρονοι κινητήρες 125cc είναι οι καλύτεροι όσον αφορά την απόδοση ισχύος τους σε σύγκριση με το μέγεθός τους. Υπάρχουν δύο εκδόσεις κινητήρων 125cc: κινητήρες άμεσης μετάδοσης κίνησης/TaG και κινητήρες αλλαγής ταχυτήτων. Οι κινητήρες Shifter 125cc είναι μεγαλύτεροι αφού πρέπει να περιλαμβάνουν κιβώτιο ταχυτήτων.

Κινητήρες 206cc

Κοινώς ευρέως χρήσης αποτελεί στις ΗΠΑ στην κατηγορία Lo206. Αυτή η κατηγορία χρησιμοποιεί τετράχρονους κινητήρες 206cc, οι οποίοι μπορούν να κινηθούν τόσο γρήγορα όσο οι δίχρονοι 125cc, αλλά έχουν σχεδόν διπλάσιο μέγεθος.

Κινητήρες 212cc

Οι τετράχρονοι κινητήρες 212cc χρησιμοποιούνται ευρέως από αρχάριους. Είναι αρκετά μικροί, παρά το γεγονός ότι είναι τετράχρονοι κινητήρες, και είναι πολύ προσιτές και ανθεκτικοί. Μερικοί από τους πιο χρησιμοποιούμενους κινητήρες 212cc είναι αυτοί της Tillotson και του Predator.

Κινητήρες 250cc

Ενώ οι περισσότεροι διαθέσιμοι κινητήρες 250cc είναι τετράχρονοι, θα εστιάσω στους 2χρονους. Οι δίχρονοι κινητήρες 250cc βρίσκονται στα superkart (τα ταχύτερα go-kart) και είναι οι μεγαλύτεροι δίχρονοι κινητήρες που χρησιμοποιούνται στα go-kart. Όμως, η ταχύτητα που παράγουν είναι απίστευτη για το μέγεθός τους.

Κινητήρες 270cc

Οι τετράχρονοι κινητήρες 270cc είναι από τους πιο συνηθισμένους που χρησιμοποιούνται στα kart ενοικίασης. Ένα εξαιρετικό παράδειγμα ενός τέτοιου κινητήρα είναι το Honda GX270, με το οποίο έχω αγωνιστεί πολλές φορές.

2.6 Σασμάν

Ο κύριος σκοπός μετάδοσης της κίνησης απευθύνεται σε τρεις λόγους για να υπάρχει κιβώτιο ταχυτήτων. Η μετάδοση μπορεί:

- Παρέχετε τη ροπή που απαιτείται για την κίνηση του οχήματος κάτω από διάφορες συνθήκες δρόμου και φορτίου. Αυτό γίνεται αλλάζοντας την σχέση μετάδοσης μεταξύ του στροφαλοφόρου άξονα του κινητήρα και του κινητήριου τροχού του οχήματος.
- Μετατοπίζεστε στην όπισθεν, ώστε το όχημα να μπορεί να κινηθεί προς τα πίσω.
- Μετατοπίζεστε στο νεκρό για την εκκίνηση του κινητήρα και τη λειτουργία του χωρίς να περιστρέφετε τους κινητήριους τροχούς.

Τα καρτ δεν έχουν διαφορικό. Η έλλειψη διαφορικού σημαίνει ότι το ένα πίσω ελαστικό πρέπει να γλιστράει στις στροφές. Αυτό επιτυγχάνεται σχεδιάζοντας το πλαίσιο έτσι ώστε το εσωτερικό πίσω ελαστικό να σηκώνεται ελαφρά όταν το καρτ στρίβει στη γωνία. Αυτό επιτρέπει στο ελαστικό να χάσει μέρος της πρόσφυσής του και να γλιστρήσει ή να σηκωθεί εντελώς από το έδαφος.

Η ισχύς μεταδίδεται από τον κινητήρα στον πίσω άξονα με μια αλυσίδα. Και οι δύο τροχοί κινητήρα και άξονα είναι αφαιρούμενοι. Η αναλογία τους πρέπει να προσαρμόζεται στη διαμόρφωση της τροχιάς για να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη απόδοση από τον κινητήρα.

Τις πρώτες μέρες, τα καρτ ήταν άμεσης κίνησης, απαιτώντας εκκινήσεις με ώθηση. Η ταλαιπωρία αυτής της διαμόρφωσης οδήγησε στον φυγόκεντρο συμπλέκτη για τις κατηγορίες κλαμπ. Οι ξηροί φυγόκεντροι συμπλέκτες χρησιμοποιούνται πλέον σε πολλές κατηγορίες. Το Rotax Max είναι ένα παράδειγμα. Έχουν γίνει ο κανόνας καθώς οι κορυφαίες διεθνείς κατηγορίες έχουν αλλάξει σε κινητήρες 125 cc με συμπλέκτη από τον Ιανουάριο του 2007.

2.7 Τροχοί + ελαστικά

Οι τροχοί και τα ελαστικά είναι πολύ μικρότερα από αυτά που χρησιμοποιούνται σε ένα κανονικό αυτοκίνητο. Οι τροχοί είναι κατασκευασμένοι από κράμα μαγνησίου, αλουμίνιο ή σύνθετα υλικά. Τα ελαστικά μπορούν να υποστηρίξουν δυνάμεις στις στροφές που υπερβαίνουν τα 2 g (20 m/s^2), ανάλογα με το πλαίσιο, τον κινητήρα και τη διάταξη του κινητήρα. Ορισμένοι κατασκευαστές ελαστικών αυτοκινήτων, όπως η Bridgestone, η Dunlop και η Maxxis κατασκευάζουν ελαστικά για καρτ.

Όπως και σε άλλα μηχανοκίνητα αθλήματα, τα ελαστικά καρτ έχουν διαφορετικούς τύπους για χρήση κατάλληλα για τις συνθήκες παρακολούθησης:

- ❖ Slicks, για στεγνή πίστα. Τα ελαστικά Slick για Kart οχήματα παρουσιάζονται σε πολλές διαφορετικές συνθέσεις, από πολύ μαλακά (μέγιστη πρόσφυση) έως πολύ σκληρά (καρτ διασκέδασης και ενοικίασης, μικρότερη πρόσφυση αλλά μεγάλη διάρκεια ζωής). Σε αγώνες διεθνούς επιπέδου, επειδή οι οδηγοί είναι ελεύθεροι να επιλέξουν τα ελαστικά τους και λόγω της μικρής διάρκειας κάθε γύρου (10 έως 20 λεπτά το πολύ), αυτά είναι μερικά από τα πιο μαλακά ελαστικά που υπάρχουν στον μηχανοκίνητο αθλητισμό.

- ❖ Ελαστικά βροχής, για βρεγμένο καιρό. Είναι αυλακωτά, κατασκευασμένα από μαλακή ένωση και είναι πιο στενά από τα slicks. Δεν επιτρέπουν όλες οι αγωνιστικές κατηγορίες τα ελαστικά βροχής.
- ❖ Ειδικά, όπως αιχμηρά ελαστικά για συνθήκες παγωμένου πάγου ή "κοψίματα/αυλακώσεις" για χωμάτινες διαδρομές με υψηλή πρόσφυση. Τα κοψίματα είναι κηλίδες που τροποποιούνται με τόννο για βελτιστοποίηση του χειρισμού. Οι κατασκευαστές ελαστικών όπως οι Hoosier κατασκευάζουν επίσης ένα ελαφρώς μεγαλύτερο ελαστικό με αυλακώσεις που χρησιμοποιείται μόνο σε αγώνες χωματόδρομου.



Εικόνα 2.6 : Ελαστικά βροχής και δρόμου kart οχήματος (<https://www.mitas-moto.com>)

2.8 Σύστημα απόκτησης δεδομένων

Όπως και σε άλλα μηχανοκίνητα αθλήματα, έχουν αναπτυχθεί αρκετά συστήματα απόκτησης δεδομένων για αγώνες καρτ. Αυτά τα συστήματα επιτρέπουν στον οδηγό να παρακολουθεί από μια οθόνη στερεωμένη στο τιμόνι ορισμένες παραμέτρους όπως τις στροφές του κινητήρα σε RPM, χρονισμός των γύρων (συμπεριλαμβανομένων των τομέων), αριθμός γύρων, καλύτερος γύρος, θερμοκρασία συστήματος ψύξης, θερμοκρασία καυσαερίων και μερικές φορές ταχύτητα ή ακόμα και ταχύτητα για καρτ



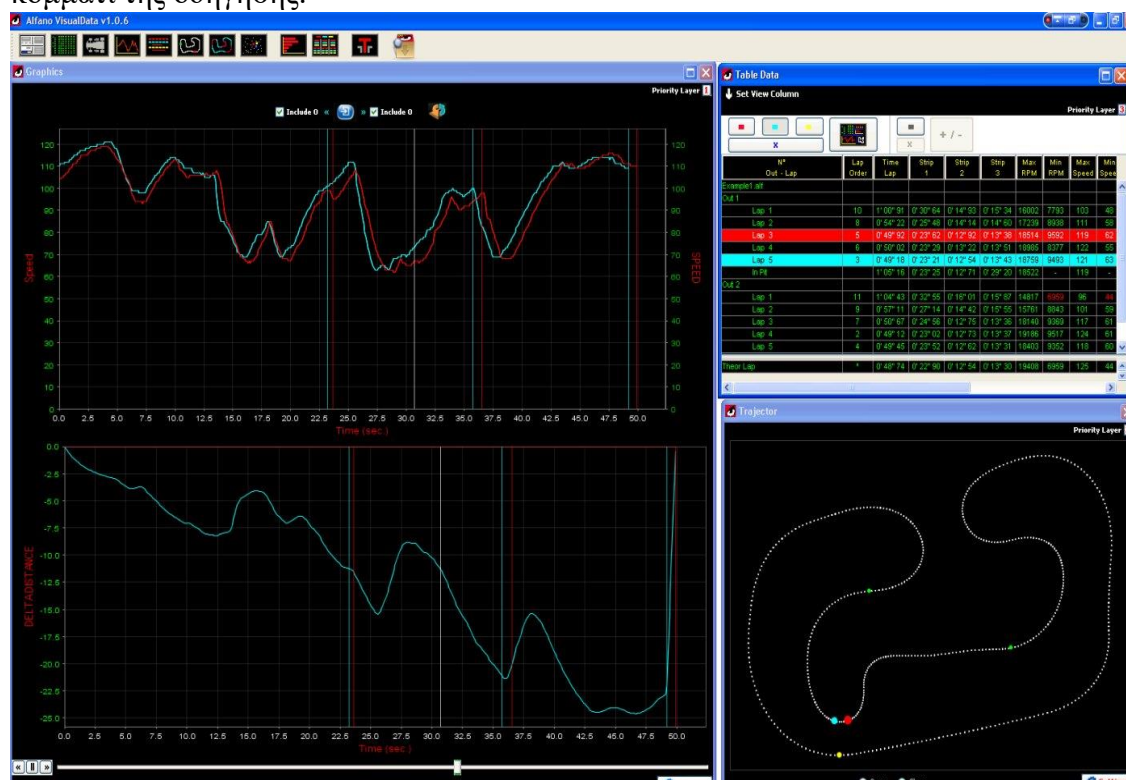
Εικόνα 2.7 : Data logger (σύστημα απόκτησης δεδομένων) (<https://www.aimtechnologies.com/kart>)

Ορισμένα από αυτά τα συστήματα είναι σε θέση να εφαρμόζουν καταγραφή δεδομένα γύρων από τους αισθητήρες, επιτρέποντας την επανάληψη μιας ολόκληρης περιόδου λειτουργίας ή/και απευθείας λήψη σε έναν προσωπικό υπολογιστή εξοπλισμένο με λογισμικό ανάλυσης δεδομένων. Τα πιο εξελιγμένα συστήματα επιτρέπουν περισσότερες πληροφορίες όπως η πλευρική και διαμήκης επιτάχυνση (g-Force), η θέση του γκαζιού, η θέση του τιμονιού και η πίεση του φρένου.

2.9 Software Data Logger (Alfano VisualData)

Σε αυτό το σημείο θα μεταβούμε σε επόμενο υπό κεφάλαιο όπου θα παρουσιάσουμε τα εξαρτήματα και θα αναφέρουμε το λογισμικό πρόγραμμα όπου λειτουργεί το κοντέρ του Data logger και να συνθέσουμε την λειτουργία την ώρα του αγώνα.

Η λειτουργία του προγράμματος έχει ως κύρια βάση την βοήθεια του οδηγού με τον επιβλέπων της ομάδας (Spotter) να ανταλλάζουν πληροφορίες μεταξύ τους κατά την ώρα του αγώνα και να μπορούν να κάνουν αλλαγές είτε στο μηχανικό κομμάτι είτε στο κομμάτι της οδήγησης.



Εικόνα 2.8 : Software Data logger (σύστημα απόκτησης δεδομένων)

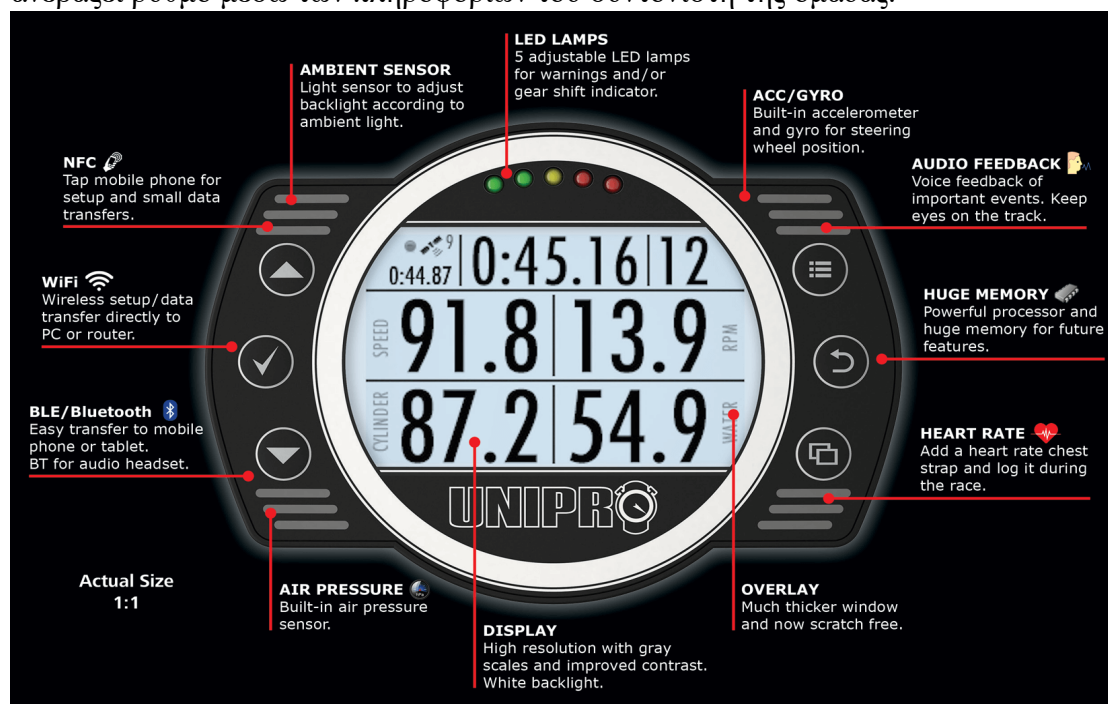
<http://www.kartingasia.com/pic/tech/visualdata.jpg>

Αρχικά, το πρόγραμμα ζητάει την μορφολογία της πίστας γνωστή ως (layout) όπου φτιάχνεται μέσω του συστήματος αφού κάνει τον πρώτο γύρο προπόνησης ο οδηγός μέσα στην πίστα. Η λειτουργία αυτή εφαρμόζεται μέσω της πλοήγησης GPS του google όπου καταγράφει τις συντεταγμένες και οριοθετεί την πίστα. Ο επιβλέπων της ομάδας προσθέτει τις στροφές με τις ονομασίες τους ως στροφή (K1, K2...) και έτσι ξεκινάει η καταγραφή των παραμέτρων.

Στην προπόνηση γίνεται η καταγραφή της ταχύτητας του οχήματος στην περίπτωση μας που είναι το Kart, σε συσχέτιση με τους χρόνους ανά γύρο που κάνει ο οδηγός. Στον άξονα Y' τον κατακόρυφο βάζουμε την τελική ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει

το όχημα και έτσι έχουμε το φάσμα ταχύτητας από (0-120 km/h). Στον άξονα X' τοποθετούμε τους χρόνους των γύρων σε δευτερόλεπτα (Sec).

Έτσι, η καταγραφή μας παίρνει τα δεδομένα ζωντανά εν ώρα προπόνησης η αγώνα και τα τοποθετεί στο διάγραμμα μέσω σημείων. Έχουμε, δύο γραμμές της επιτάχυνσης εικονιζόμενη ως μπλε στο διάγραμμά και της επιβράδυνσης ως η κόκκινη. Με τον τρόπο αυτό ο οδηγός μπορεί και βλέπει στο κοντέρ του τους χρόνους του αλλά και την ταχύτητα με σκοπό να μπορεί να αντισταθμίσει την επίδοση του εν ώρα αγώνα και να ανεβάσει ρυθμό μέσω των πληροφοριών του συντονιστή της ομάδας.



Εικόνα 2.9 : Software Data logger (σύστημα απόκτησης δεδομένων)
(<https://uniprolaptimer.com>)

Τα πιο εξελιγμένα Data loggers έχουν ανεπτυγμένη τεχνολογία καθώς φέρουν ακόμη και προηγμένο σύστημα ελέγχου υγείας για τον οδηγό. Παρακάτω, θα αναφέρουμε επιγραμματικά μια από τις λειτουργίες όπου μπορεί να φέρει μια τέτοιου είδους τεχνολογία.

- NFC (για ανταλλαγή δεδομένων μέσω κινητού)
- WIFI (μέσω ασύρματου δικτύου για ανταλλαγή δεδομένων σε PC ή Laptop)
- Air Pressure (πίεση ελαστικών για έλεγχο πρόσφυσης)
- Hearth Rate (ηλεκτρονικός αναλογικός παλμογράφος για καταγραφή των παλμών της καρδιάς καθώς πολλοί οδηγοί πάσχουν από ένα τέτοιου είδους πρόβλημα εν ώρα αγώνα λόγω της αδρεναλίνης και χρειάζεται ιδιαίτερη φροντίδα και ορθή πρόβλεψη).
- Audio Feedback (ακουστική πληροφόρηση μεταξύ οδηγού και ομάδας)

2.10 Σύστημα διεύθυνσης

Το σύστημα διεύθυνσης αποτελεί ίσως και το σημαντικότερο κατασκευαστικό μέρος του οχήματος καθώς φέρει αρκετά παρελκόμενα εξαρτήματα στα οποία εφαρμόζουν μεταξύ του πλαισίου και των τροχών και η κατασκευή τους θα πρέπει να είναι λεπτομερής τόσο ως προς την γεωμετρία όσο και στην σωστή επιλογή υλικών.

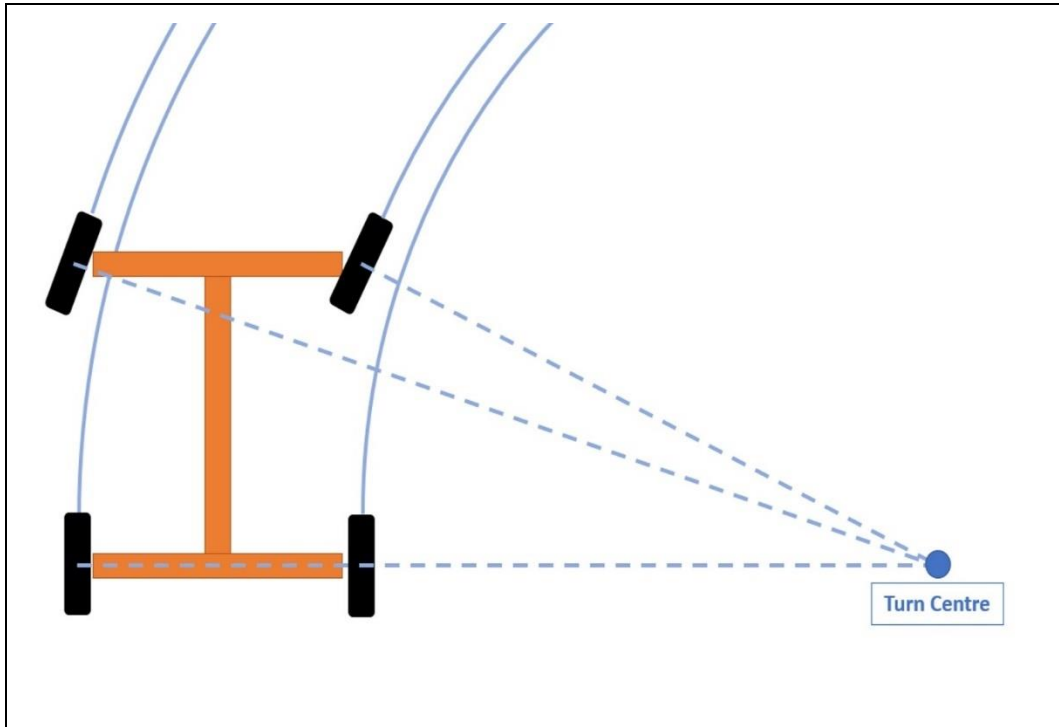


Εικόνα 2.10 : Σύστημα διεύθυνσης (<https://tkart.it>)

Η βασική δομή του συστήματος διεύθυνσης αποτελείται από τους δύο βραχίονες σχήματος «Γ» όπου πιάνουν μεταξύ πλαισίου και τροχών και τις δύο ράβδους όπου συνδέουν τις δύο ράβδους με την κεντρική κολώνα του τιμονιού.

Το σύστημα διεύθυνσης ενός Kart ωστόσο είναι πολύ πιο περίπλοκο από ένα απλό σύστημα περιστροφής των μπροστινών τροχών σε μια στροφή. Η λειτουργία του χρησιμοποιεί του συστήματος βασίζεται στο γεωμετρικό χαρακτηριστικό γνωστό ως **Ackermann**. Μια επαναστατική λύση που εφευρέθηκε και κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1817 για τη βελτιστοποίηση της κατεύθυνσης των μπροστινών ελαστικών και, κατά συνέπεια, την οδήγηση σε μια στροφή του οδοστρώματος.

Το σημείο εκκίνησης για την περιγραφή της γεωμετρίας του τιμονιού Ackermann είναι περίπλοκο. Σε μια στροφή, ο εξωτερικός μπροστινός τροχός έχει ευρύτερη τροχιά (δηλαδή ευρύτερη καμπύλη) από τον εσωτερικό τροχό (που έχει στενότερη καμπύλη). Θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη ότι ένα καρτ περιστροφής πρέπει να έχει ένα κέντρο περιστροφής γύρω από το οποίο να το κάνει και γύρω από το οποίο μπορούν να περιστρέφονται οι μπροστινοί τροχοί. Ως εκ τούτου, είναι προφανές ότι εάν οι μπροστινοί τροχοί είναι τελείως παράλληλοι κατά τη διάρκεια της κάμψης, δεν θα δημιουργηθεί κέντρο περιστροφής επειδή οι άξονες των τροχών θα παρέμεναν παράλληλοι και χωρίς κοινό σημείο περιστροφής (το οποίο θα πρόκυπτε από τη διασταύρωση των δύο αξόνων των τροχών). Με αυτόν τον τρόπο, οι μπροστινοί τροχοί θα γλιστρούσαν, δημιουργώντας τριβή μεταξύ του πέλματος και της ασφάλτου, φθορά ελαστικών και θα είχαμε απώλεια απόδοσης.



Εικόνα 2.11 : Ackermann (<https://tkart.it>)

Η γεωμετρία του τιμονιού του Ackermann χρησιμεύει για να αντισταθμίσει τη διαφορετική κατεύθυνση που καλύπτουν οι μπροστινοί τροχοί κατά μήκος της καμπύλης τροχιάς για να αποφευχθεί αυτό βέβαια θα πρέπει.

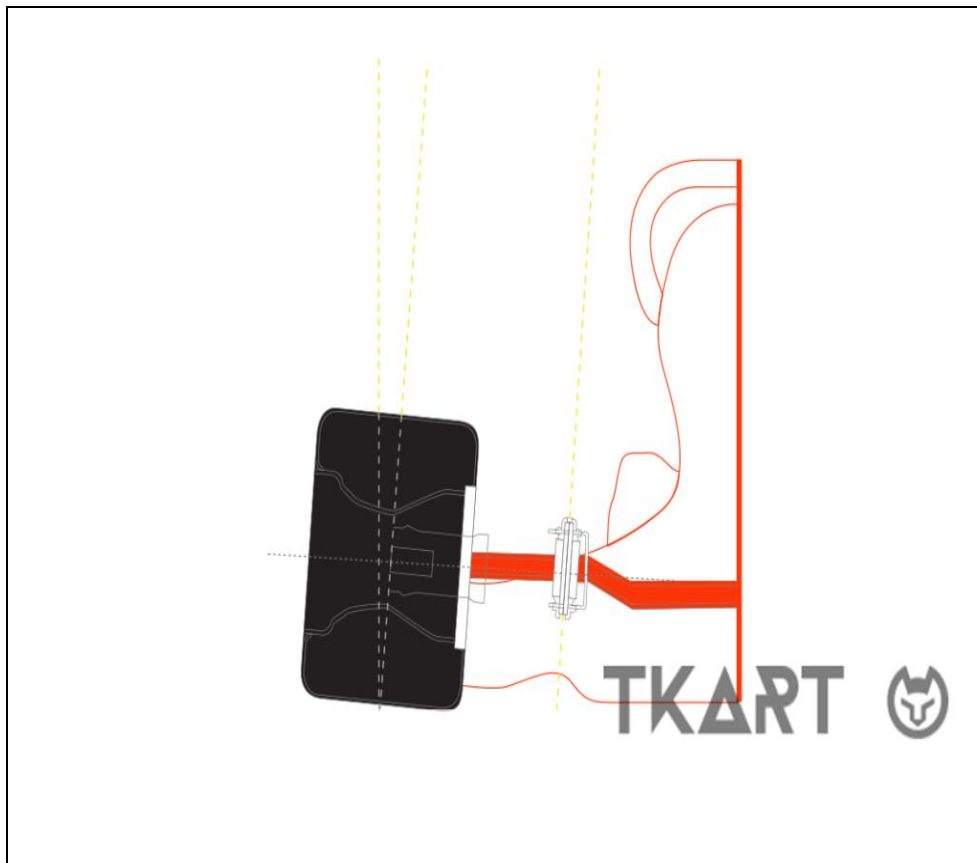
Αναγκάζοντας τους μπροστινούς τροχούς να περιστρέφονται σε μη γραμμική κατεύθυνση όταν περιστρέφετε το τιμόνι. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα θεωρητικό σημείο («θεωρητικό» γιατί, με την ολίσθηση ενός τετράτροχου καρτ, το σημείο ουσιαστικά ποικίλλει) στο οποίο τέμνονται οι 2 άξονες των μπροστινών τροχών και ο άξονας του πίσω άξονα.

Επειδή, μεταξύ άλλων, λόγω της γωνίας κάστερ, η γεωμετρία κάμψης του τιμονιού ενός καρτ θα χαμηλώσει τον εσωτερικό μπροστινό τροχό και θα σηκώσει τον εξωτερικό μπροστινό τροχό, με τη μεταφορά μεγάλου μέρους του φορτίου προς τα εμπρός. Το κράτημα στο μπροστινό μέρος είναι τονισμένο και η κατεύθυνση κίνησης του τροχού είναι ακόμη πιο καθοριστική.

Για να διασφαλιστεί ότι η γεωμετρία του συστήματος διεύθυνσης Ackermann είναι μεγαλύτερη από το μηδέν και συνεπώς οι μπροστινοί τροχοί περιστρέφονται με μη γραμμικό τρόπο, οι μπροστινοί ράβδοι είναι κατασκευασμένοι με ράβδους σύνδεσης που κατευθύνονται προς το εσωτερικό του πλαισίου, τα άκρα των οποίων έχουν τις οπές όπου οι ράβδοι του τιμονιού είναι γαντζωμένες. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα σύστημα στο οποίο η απόσταση μεταξύ του άξονα περιστροφής των αξόνων στελέχους είναι μεγαλύτερη από αυτή μεταξύ των σημείων στερέωσης των κολώνων του τιμονιού με τις ράβδους διεύθυνσης. Η γεωμετρία διεύθυνσης που δημιουργείται είναι, στην πραγματικότητα, η γεωμετρία διεύθυνσης του Ackermann.

2.11 Γωνία Camber

Το Camber είναι μια από τις βασικές παραμέτρους για την εφαρμογή της ρύθμισης ενός καρτ. Όπως είναι γνωστό, αυτή είναι η γωνία που ορίζει την πλευρική κλίση (σε σύγκριση με τον διαμήκη άξονα του καρτ) της ατράκτου. Η αλλαγή της προκαλεί αύξηση ή μείωση της πρόσφυσης των μπροστινών ελαστικών, επηρεάζοντας έτσι την απόδοση του γύρου και την ανθεκτικότητα των ελαστικών (και επομένως μακροπρόθεσμες επιδόσεις, για παράδειγμα, σε αγώνες).



Εικόνα 2.12 : Γωνία Camber (<https://tkart.it>)

Αρχικά, θα ξεκινήσουμε με το κύριο ζήτημα της πρόσφυσης των ελαστικών που αναζητούμε. Η πρόσφυση επηρεάζεται αρκετά από την γωνία camber και για αυτό επιλέγεται συγκεκριμένη τιμή η οποία έχει μελετηθεί καταλλήλως και δοκιμαστεί.

Πρώτον, είναι πάντα απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψη ότι οι μεταβλητές τροχού, ελαστικού, οδηγού κ.λπ. ενδέχεται να αλλάξουν τα αποτελέσματα οποιωνδήποτε προσαρμογών. Γενικά, ωστόσο, μπορεί να ειπωθεί ότι μια μεγαλύτερη θετική γωνία Camber (με τον τροχό σε θέση που η γωνία μεταξύ του διαμήκους άξονα του ελαστικού και της ασφάλτου είναι μεγαλύτερη από 90°) αλλάζει την επιφάνεια των ελαστικών στο το έδαφος στο μπροστινό μέρος και επομένως μειώστε το κράτημα. Ως αποτέλεσμα, τείνει να αυξάνει το κράτημα στο πίσω μέρος με σχετικό τρόπο, επίσης επειδή η ανύψωση του εσωτερικού πίσω τροχού τείνει να μειώνεται από μια θετική camber.



Εικόνα 2.13 : Ρυθμιστής γωνίας Camber μέσω Allen (<https://tkart.it>)

Ωστόσο, μια μεγαλύτερη γωνία Camber κάνει το καρτ πιο εύκολο στην οδήγηση και με λιγότερο τρέμουλο. Η μείωση της γωνίας Camber και η προσαρμογή της, για παράδειγμα, στο μηδέν (ουδέτερο), αυξάνει την επιφάνεια των ελαστικών σε επαφή με την άσφαλτο, καθιστώντας το τιμόνι πιο άκαμπτο. Εάν η πίστα είναι πολύ ελαστική, υπάρχει κίνδυνος να κάνει αναπήδηση το καρτ με μια μικρή ή ουδέτερη Camber, κάνοντας την οδήγηση πολύ πιο περίπλοκη και εξαιρετικά ασταθή. Στην πραγματικότητα, ο πίσω άξονας τείνει να γλιστρήσει πιο απότομα.

Η επίδραση της γωνίας Camber γίνεται αισθητή κατά μήκος μιας ολόκληρης στροφής. Συγκρίνοντάς με τον τροχό (η γωνία που ρυθμίζει την κλίση και τα ύψη των μπροστινών τροχών σε μια στροφή), αυτό έχει μεγάλη επίδραση όταν μπαίνεις και αγωνίζεσαι στο πρώτο μισό μιας στροφής, μπορεί να γίνει αισθητό το camber και περισσότερο στο δεύτερο μισό της στροφής, όταν αφεθεί.

Μειώνοντας ή αυξάνοντας την περιοχή που καλύπτουν τα μπροστινά ελαστικά, η κλίση προφανώς αυξάνει τη φθορά. Μια γωνία camber με υψηλότερη αρνητική γωνία θα έχει, για παράδειγμα, μια μειωμένη περιοχή που καλύπτεται από τα ελαστικά στο εσωτερικό του πέλματος. Αυτή η περιοχή προφανώς θα φθείρεται γρηγορότερα από ό,τι με μεγαλύτερη κάλυψη επιφάνειας (που δίνεται, για παράδειγμα, από μια ουδέτερη camber).

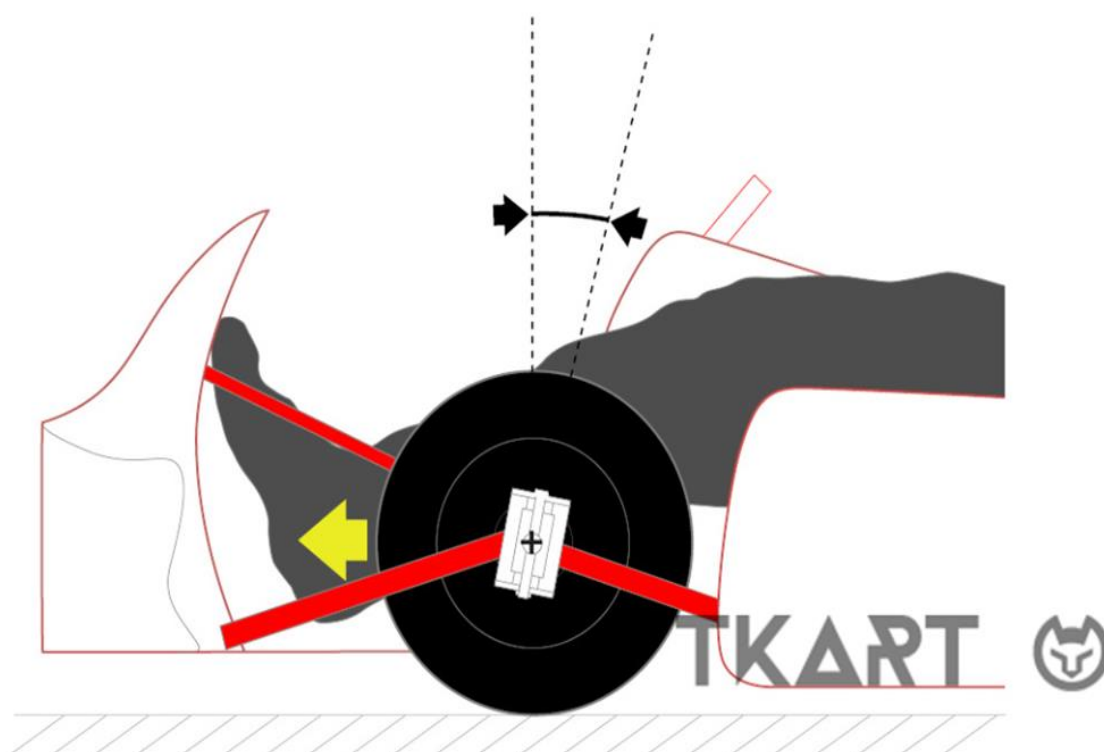
Στα πίσω ελαστικά, ένα υψηλότερο κύρτωμα προκαλεί λιγότερη ολίσθηση και επομένως λιγότερη φθορά.



Εικόνα 2.14 : Παράδειγμα ελαστικού υπό συνθήκες ρύθμισης υπερβολικού camber
(<https://tkart.it>)

2.12 Γωνία Caster

Η γωνία Caster είναι μία από τις βασικές παραμέτρους του μπροστινού άξονα. Αυτή η γωνία που σχηματίζεται από τον άξονα που συνδέει τους άξονες στελέχους με το C του πλαισίου σε σχέση με έναν υποθετικό άξονα κάθετο στο έδαφος. Για ένα καρτ, το οποίο δεν έχει διαφορικό στον πίσω άξονα, η caster είναι ένας βασικός παράγοντας που καθορίζει διαφορετικές πτυχές της διάταξης. Χάρη στον τροχό, για παράδειγμα, στις στροφές, οι μπροστινοί τροχοί παίρνουν διαφορετικά ύψη όταν γυρίζει το τιμόνι, επιτρέποντας τη σωστή ανύψωση του εσωτερικού πίσω τροχού.



Εικόνα 2.15 : Γωνία Caster kart οχήματος (<https://tkart.it>)

Το σημαντικό αποτέλεσμα είναι στο πρώτο μέρος μιας στροφής, ειδικά αμέσως μετά την έναρξη της στροφής, όπου ο «φορτωμένος», δηλαδή ο αυξημένος τροχός, επιτρέπει την αμεσότητα και την ακρίβεια εισαγωγής μόλις γυρίσει το τιμόνι.

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, με έναν "φορτωμένο" τροχό, υπάρχει μεγαλύτερη διαφορά ύψους μεταξύ των μπροστινών τροχών επομένως, υπάρχει μεγαλύτερη πίεση στο έδαφος και ταυτόχρονα μεγαλύτερη και πιο άμεση άνοδος του εσωτερικού πίσω τροχού. Αυτό ελευθερώνει τον πίσω άξονα και βοηθά τις στροφές που πρέπει να ληφθούν.

Όπως αναφέρθηκε, η γωνία caster έχει το μέγιστο αποτέλεσμα όταν απευθύνεται σε στροφές, μέχρι τη μέση. τότε η επίδραση αυτής της γωνίας γίνεται λιγότερο αισθητή. Σε αυτή την περίπτωση, λειτουργεί διαφορετικά σε σχέση με την γωνία camber, η οποία, από την άλλη, έχει μεγάλη επίδραση στη συμπεριφορά του καρτ επίσης από τη μέση της στροφής και που βγαίνει από αυτήν.

Η φόρτωση του μπροστινού άξονα, η αύξηση της γωνίας κάστερ συνεπάγεται σκληρότερο τιμόνι, επίσης επειδή οι μπροστινοί τροχοί έχουν υψηλότερο ύψος και, επομένως, είναι πιο δύσκολο να στρίψει ο οδηγός το τιμόνι. Ταυτόχρονα, τα μπροστινά ελαστικά έχουν μεγαλύτερη πρόσφυση στο έδαφος. Το καρτ γενικά θα είναι λιγότερο σταθερό, γιατί ο εσωτερικός πίσω τροχός θα ανεβαίνει πρώτος και ψηλότερα, και σε αυτή την κατάσταση ο πίσω τροχός τείνει να γλιστράει πιο εύκολα και πιο απότομα.



Εικόνα 2.16 : Γωνία Caster kart οχήματος (<https://tkart.it>)

Μια πολύ μεγάλη γωνία caster μειώνει σημαντικά την ολίσθηση των μπροστινών τροχών καθώς θερμαίνονται. Αντίθετα, ο πίσω άξονας είναι λιγότερο φορτισμένος και τείνει να γλιστράει πιο εύκολα, θερμαίνοντας πρώτα τα πίσω ελαστικά, τα οποία θερμαίνονται περισσότερο από τα άλλα ελαστικά. Φυσικά, μια μικρή γωνία caster θα δώσει το αντίθετο αποτέλεσμα, με μεγαλύτερη πρόσφυση πίσω και μεγαλύτερη ολίσθηση (και θέρμανση) των μπροστινών ελαστικών.

2.13 Πολυεστερικά panels Kart

Το εξωτερικό περίβλημα των καρτ οχημάτων συνηθίζεται να κατασκευάζεται από πολυεστερικά υλικά Carbon / Kevlar. Ο λόγος είναι για το ελαττωμένο βάρος που παρουσιάζουν αλλά και τις ελαστικές ιδιότητες κατά την σύγκρουση με κάποιο άλλο καρτ εν ώρα αγώνα χωρίς να έχει άμεση αστοχία.



Εικόνα 2.17 : Πολυεστερικά πλαστικά panels καρτ

2.14 Εργονομία

Το τελευταίο κομμάτι περιγραφής των εξαρτημάτων είναι της εργονομίας όπου καλύπτονται όλα τα κατασκευαστικά εξαρτήματα του οδηγού όπως το κάθισμα, το τιμόνι, ο λεβιές (ως shifter) και τα πετάλια. Το κάθισμα είναι και αυτό από πολυεστερικά υλικά και η επιλογή του γίνεται βάση αναλογίας κιλών και ύψους του οδηγού που καθορίζονται από κανονισμούς της εκάστοτε διοργάνωσης. Το τιμόνι συνήθως πουλιέται ως στάνταρ προϊόν για οχήματα καρτ καθώς και το shifter.



Εικόνα 2.17 : Πολυεστερικά κάθισμα (<http://www.bengiohst.it>)

Κεφάλαιο 3 – Σχεδιασμός

Στο επόμενο κεφάλαιο θα ακολουθήσει ο σχεδιασμός του οχήματος μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος Solidworks. Αρχικά, θα πραγματοποιηθεί ο σχεδιασμός κάθε εξαρτήματος ξεχωριστά και έπειτα θα γίνει κατά σειρά η συναρμολόγηση των εξαρτημάτων επάνω στο πλαίσιο του οχήματος. Το SolidWorks είναι ένα πρόγραμμα μοντελοποίησης όπου σε συσχέτιση με μια παραμετρική προσέγγιση βασισμένη σε χαρακτηριστικά, η οποία αναπτύχθηκε αρχικά από την PTC (Creo/Pro-Engineer) για τη δημιουργία μοντέλων και συγκροτημάτων. Το λογισμικό χρησιμοποιεί τον πυρήνα μοντελοποίησης Parasolid.



Εικόνα 3.1 : Σχεδιαστικό πρόγραμμα της Solidworks

Οι παράμετροι αναφέρονται σε περιορισμούς των οποίων οι τιμές καθορίζουν το σχήμα ή τη γεωμετρία του μοντέλου ή του συγκροτήματος. Οι παράμετροι μπορεί να είναι είτε αριθμητικές παράμετροι, όπως μήκη γραμμών ή διάμετροι κύκλων, είτε γεωμετρικές παράμετροι, όπως εφαπτομένη, παράλληλη, ομόκεντρη, οριζόντια ή κατακόρυφη, κ.λπ. Οι αριθμητικές παράμετροι μπορούν να συσχετιστούν μεταξύ τους μέσω της χρήσης σχέσεων, που τους επιτρέπει για να συλλάβει την πρόθεση σχεδιασμού. Σχεδιαστική πρόθεση είναι ο τρόπος με τον οποίο ο δημιουργός του τμήματος θέλει να ανταποκρίνεται σε αλλαγές και ενημερώσεις.

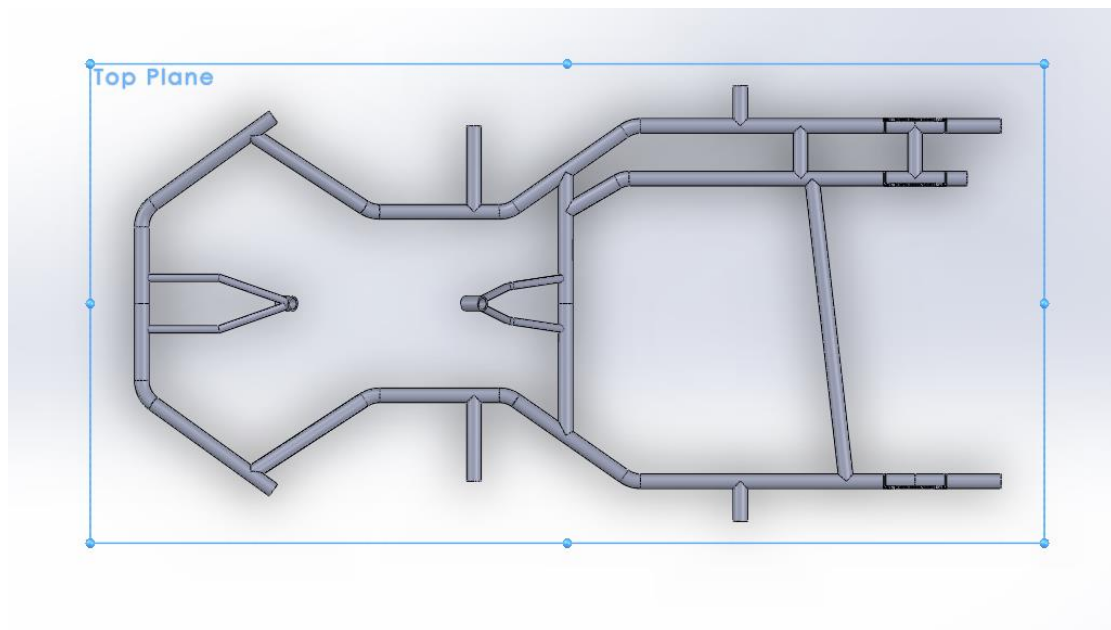
Τα χαρακτηριστικά αναφέρονται στα δομικά στοιχεία του εξαρτήματος. Είναι τα σχήματα και οι πράξεις που κατασκευάζουν το μέρος. Τα χαρακτηριστικά που βασίζονται στο σχήμα ξεκινούν συνήθως με ένα σκίτσο 2D ή 3D σχημάτων όπως κεφαλές, τρύπες, υποδοχές κ.λπ. Αυτό το σχήμα στη συνέχεια εξωθείται για να προστεθεί ή να κοπεί για να αφαιρεθεί υλικό από το εξάρτημα. Τα χαρακτηριστικά που βασίζονται στη λειτουργία δεν βασίζονται σε σκίτσο και περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά όπως γωνίες, καμπύλες κ.λπ.

3.1 Πλαίσιο

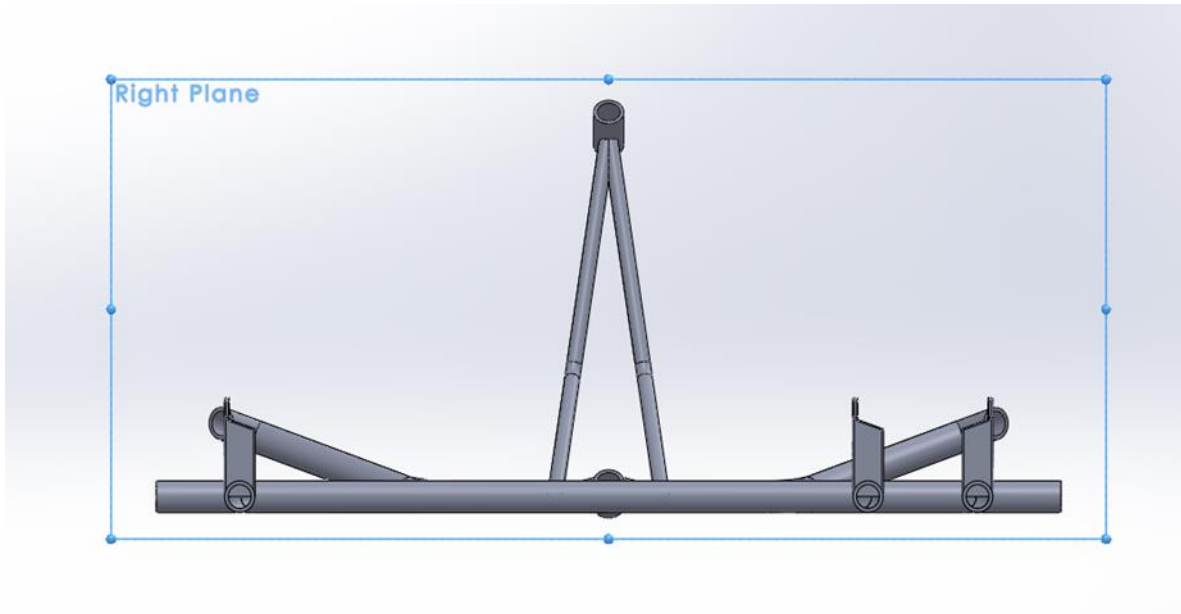
Ο σχεδιασμός μας θα ξεκινήσει με το κύριο μέρος όπου αποτελεί και την βάση της πτυχιακής το πλαίσιο του kart. Η σχεδίαση θα γίνει μέσω του **3D Sketch** όπου μέσω συγκεκριμένων διαστασιολογμένων γραμμών θα διαμορφώσουμε την βάση του οχήματος. Στην διαστασιολόγηση του πλαισίου θα πρέπει να λάβουμε κάποιες επιμέρους παραμέτρους υπόψιν:

- Επιλογή κινητήρα και διαστάσεις ως προς το μήκος και το πλάτος
- Επιλογή καθίσματος βάση το ύψος του οδηγού (έχουμε χρησιμοποιήσει με ρύθμιση)
- Υποδοχές βάσεων για το σύστημα διεύθυνσης
- Υποδοχές βάσεων για τα πολυεστερικά προστατευτικά περιμετρικά του οχήματος
- Διαμόρφωση κολώνας τιμονιού στο ύψος του οδηγού

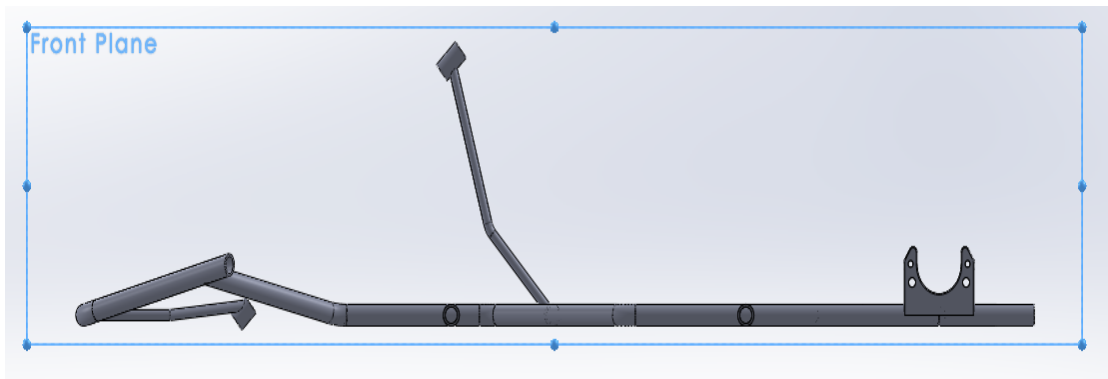
Με την καταγραφή των όλων απαραίτητων διαστάσεων, συνεχίζουμε στην σχεδίαση του πλαισίου και στην μοντελοποίηση ως τρισδιάστατο μέσω της εντολής του **Weldments**.



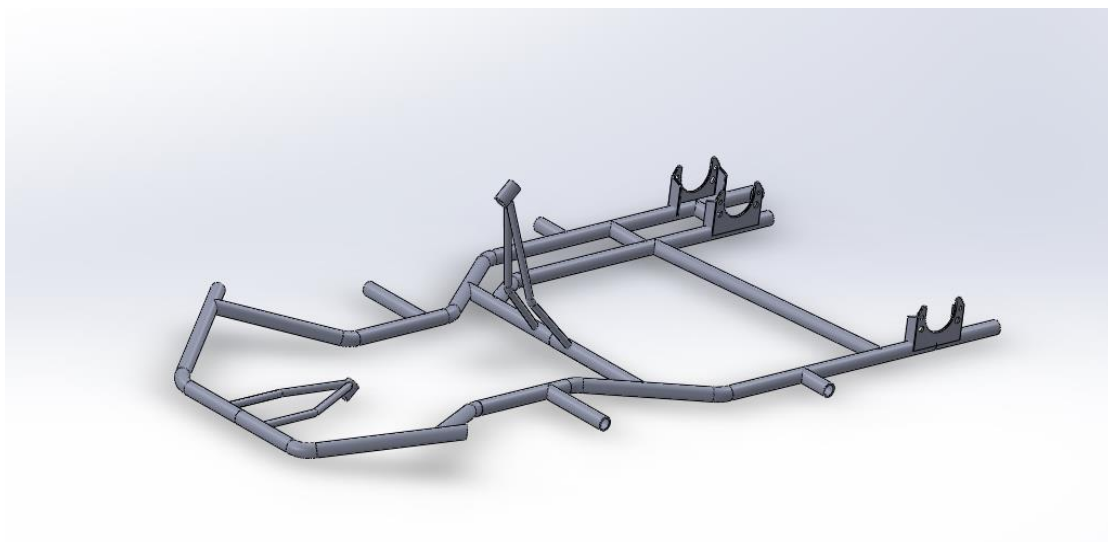
Εικόνα 3.2: Σχεδιασμός πλαισίου kart όψης Top Plane



Εικόνα 3.3 : Σχεδιασμός πλαισίου kart όψης Right Plane



Εικόνα 3.4 : Σχεδιασμός πλαισίου kart όψης Front Plane

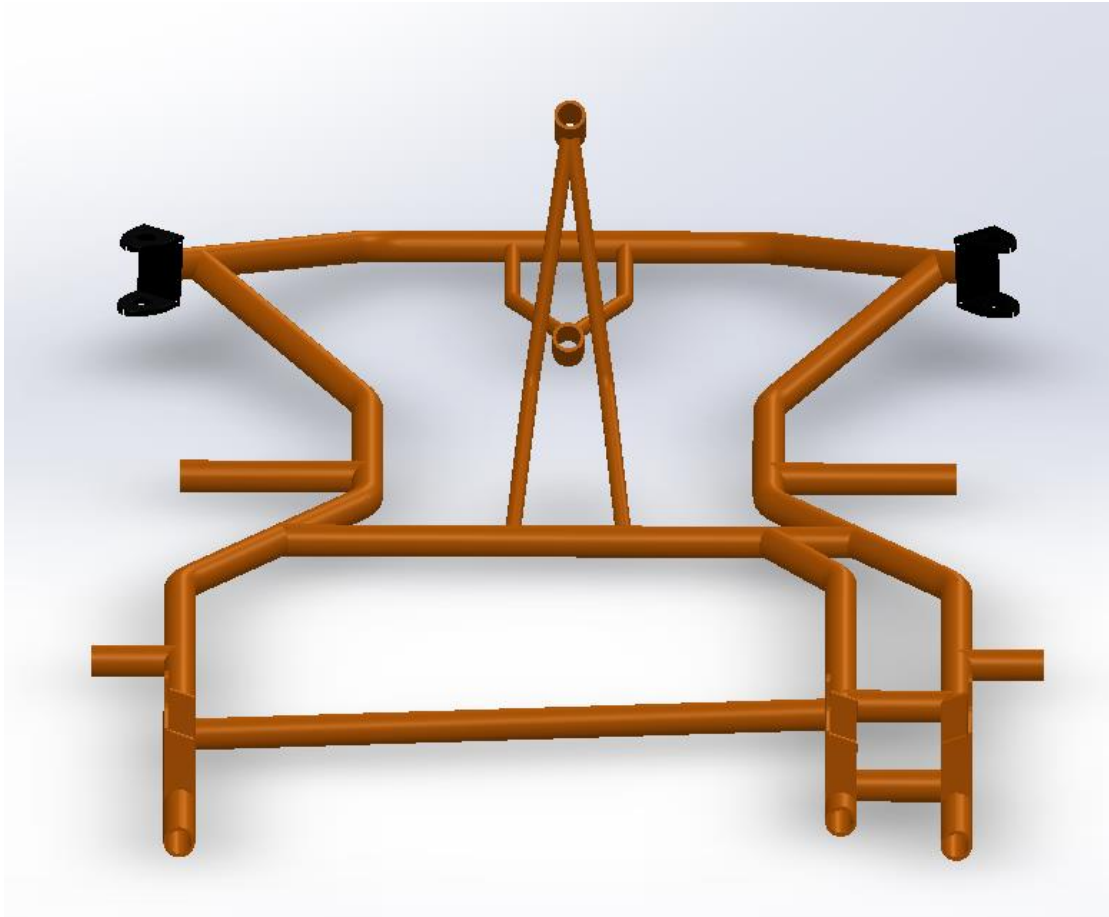


Εικόνα 3.5 : Σχεδιασμός πλαισίου kart όψης 3D

3.2 Σύστημα διεύθυνσης

- Βάσεις ψαλιδιών

Οι βάσεις των ψαλιδιών σχηματικώς μοιάζουν σαν ένα ‘Π’ όπου ανάμεσα φέρει μια οπή όπου περνάει περαστή βίδα και συγκρατεί το ψαλίδι. Οι βάσεις αυτές συγκολλούνται επάνω στο πλαίσιο του οχήματος.

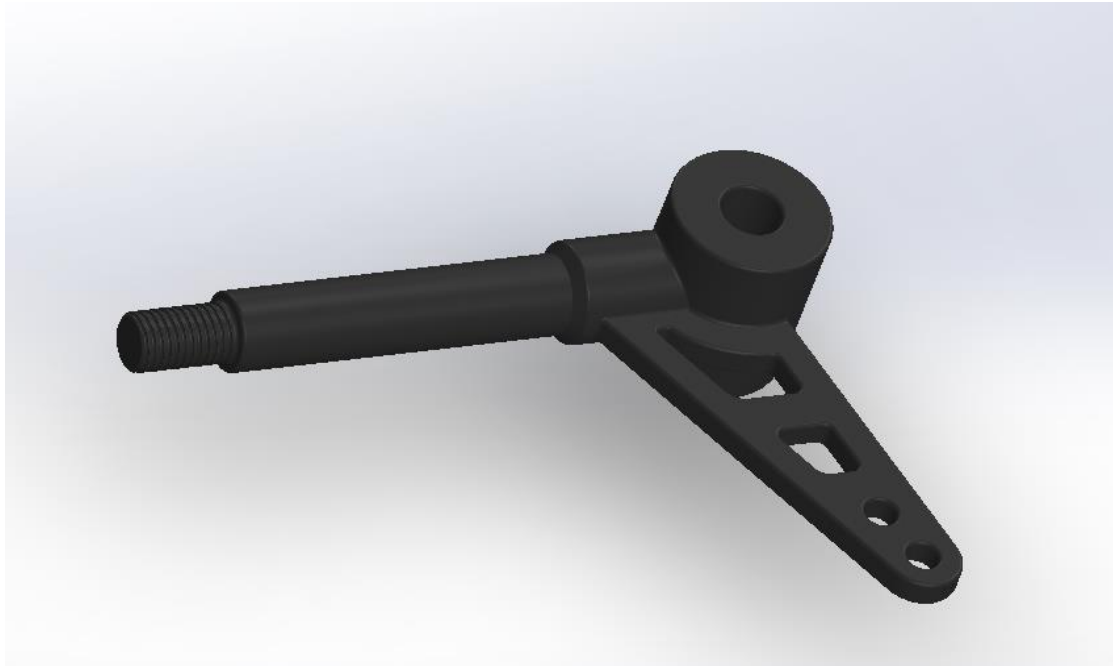


Εικόνα 3.6 : Σχεδιασμός πλαισίου kart όψης 3D

Μια τέτοιου είδους συναρμογή απαιτεί μελέτη και έμπειρο συγκολλητή καθώς έστω και λίγα χιλιοστά να φύγει από το προβλεπόμενο ο τροχός θα έχει αυξημένη γωνία Camber πριν καν εφαρμοστεί επάνω. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ειδικά τύπου Laser όπου έχουν την δυνατότητα μέτρησης και συγκόλλησης κατά την ίδια χρονική στιγμή ώστε να αποφευχθούν τυχόν λάθη.

- Βάσεις ψαλιδιών τύπου ‘Γ’

Η εφαρμογή μεταξύ της βάσης του kart και του τροχού γίνεται μέσω ενός σχεδιασμένου ψαλιδιού σχήματος Γ. Αυτό συνδέεται από την μια του πλευρά με την βάση όπου αναφέραμε παραπάνω και από την άλλη μεριά έχει βόλτες όπου εφαρμόζει ο τροχός επάνω μέσω ενός μπουλονιού τροχού.

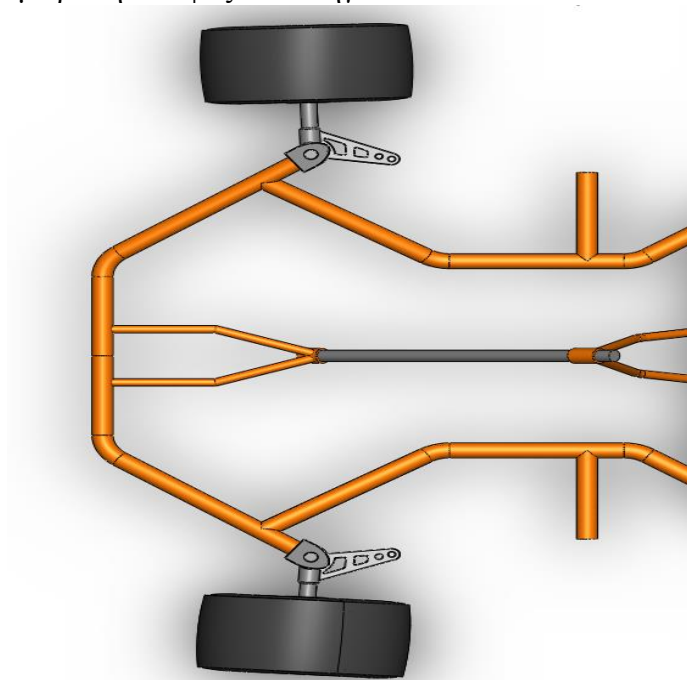


Εικόνα 3.7 : Σχεδιασμός ψαλιδιού τύπου Γ

Η σύνδεση του γίνεται συνήθως με έναν περαστό κοχλία από την οπή του ψαλιδιού με την οπή της παραπάνω βάσης. Φαντάζει απλή η κατασκευή του και για αυτό η κλίση του τιμονιού που μπορεί να παρέχει είναι ελάχιστες μοίρες.

- **Ατέρμονας τιμονιού**

Συνεχίζοντας, έχουμε τον ατέρμονα του τιμονιού ο οποίος εφαρμόζει σε δύο μεριές επάνω και κάτω στην βάση του σκελετού. Στον προσχεδιασμένο σκελετό του kart έχουμε διαμορφώσει επαρκές μήκος για την κολώνα του τιμονιού ώστε εργονομικά να είναι καλυμμένο με βάση το ύψος του οδηγού.

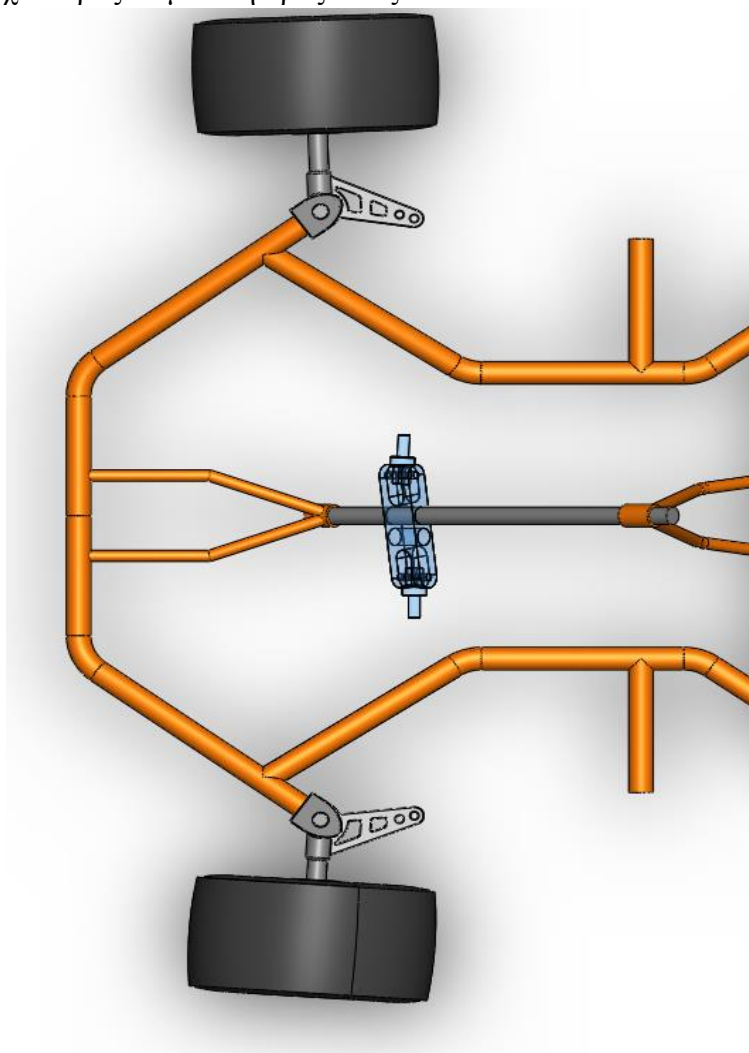


Εικόνα 3.8 : Ατέρμονας τιμονιο

Ο ατέρμονας περιστρέφεται μέσω δύο ρουλεμάν στις οπές επάνω και κάτω και επάνω του εφαρμόζονται τα εξαρτήματα του συστήματος διεύθυνσης όπως το τιμόνι και τα παρελκόμενα που θα εξηγήσουμε ευθείς αμέσως.

- Βάση ράβδων

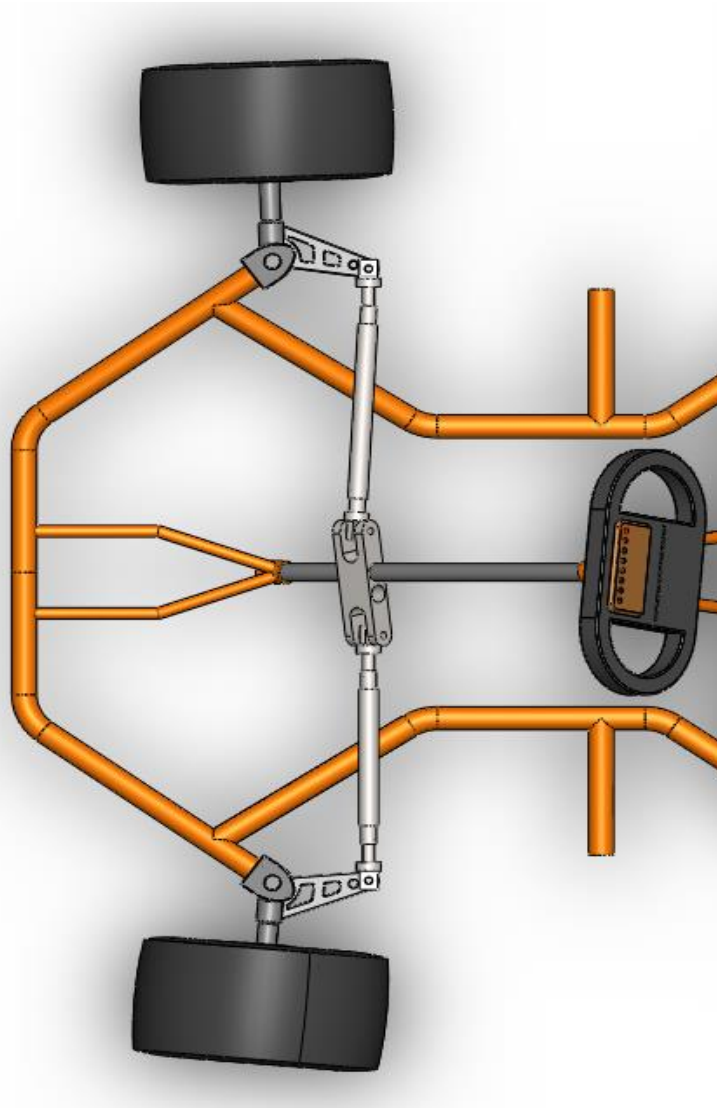
Η βάση αυτή ενώνει ουσιαστικά τον ατέρμονα του τιμονιού μαζί με τις δύο ράβδους δεξιά και αριστερά αντίστοιχα. Η ένωση αυτή γίνεται μέσω ειδικών σύνδεσμών που ονομάζονται (ball joints). Τα ball joints έχουν την ευχέρεια με το σφίξιμο και το ξέσφιγμα να μπορούν να μαζεύουν την ρύθμιση του τιμονιού ως προς την σύγκλιση. Η σύγκλιση με την αγγλική ορολογία ονομάζεται ως Toe in – Toe out όπου εννοούμε σύγκλιση τροχών προς τα μέσα ή προς τα έξω.



Εικόνα 3.9 : Βάση ατέρμονα τιμονιού

Η σύγκλιση που είναι προς τα μέσα έχει την δυνατότητα παροχής πρόσφυσης εν ώρα αγώνα καθώς ο τροχός γαντζώνει από την γωνία προς τα κάτω του εσωτερικού του δρόμου και έτσι αποφεύγεται η ολίσθηση των μπροστινών τροχών.

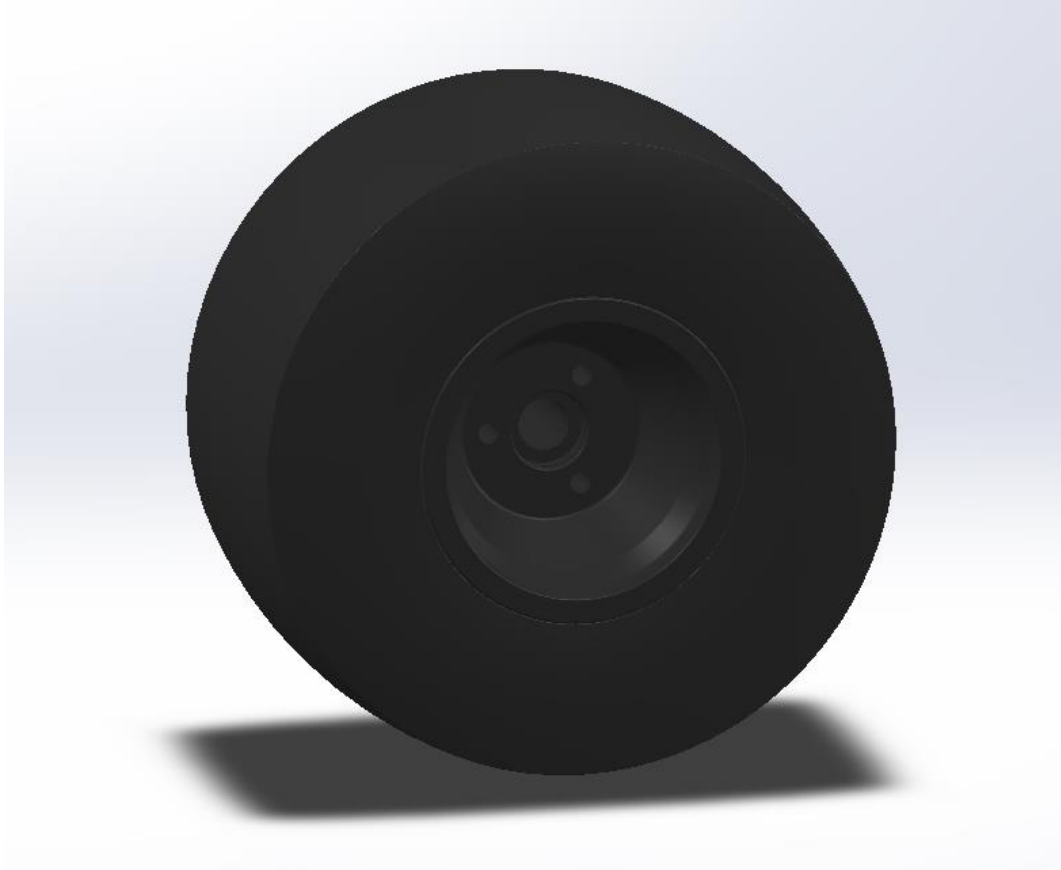
- Βάση ράβδων + ball joints



Εικόνα 3.9 : Ολοκληρωμένο σύστημα διεύθυνσης

3.3 Ελαστικά και ζάντες

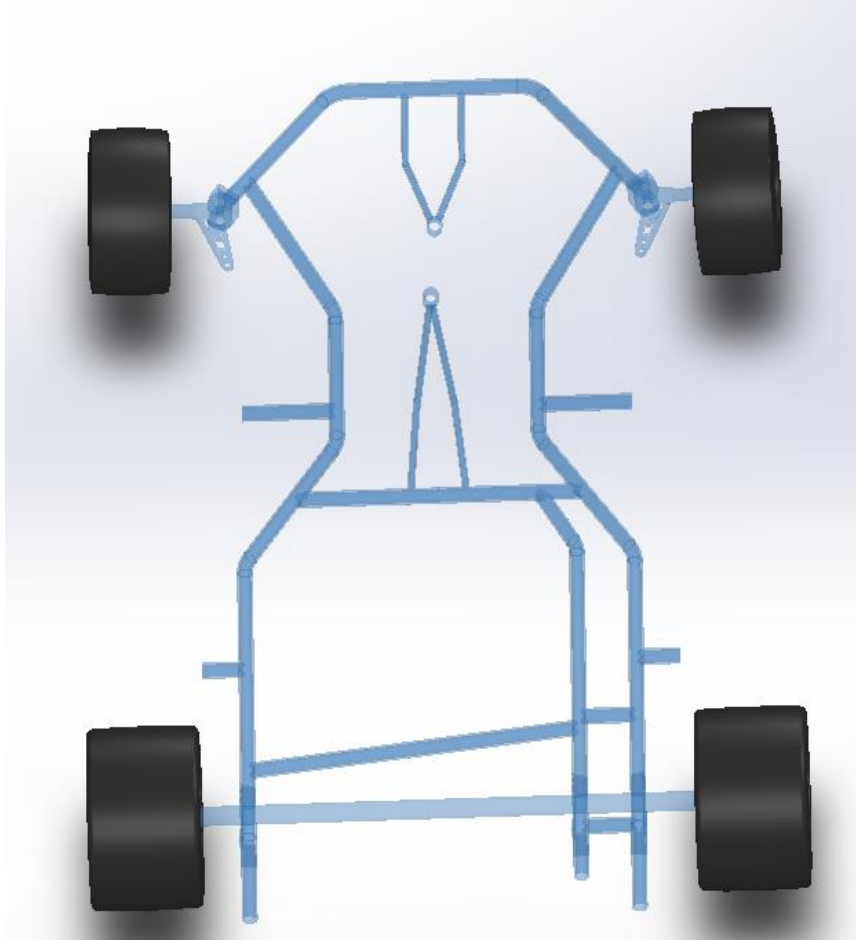
Στον κόσμο των αγώνων καρτ, υπάρχει μια συνεχής εξέλιξη στην τεχνολογία των τροχών. Ενώ οι τροχοί αλουμινίου ήταν η de facto κατασκευή στα πρώτα χρόνια του αθλήματος, το μαγνήσιο έχει γίνει ο κανόνας στους αγώνες καρτ σε όλο τον κόσμο. Η χρήση του αλουμινίου τώρα περιορίζεται συνήθως σε αγώνες βροχής ή/και κρύου ημερών.



Εικόνα 3.10 : Τροχός οχήματος kart

Οι ζάντες συνηθίζεται να έχουν τρεις σπές οι μπορεί και περισσότερες όπου εφαρμόζουν με το μουαγιέ ουσιαστικά που βιδώνει επάνω στο ψαλίδι. Αντιθέτως η φιλοσοφία στους πίσω τροχούς αλλάζει λίγο καθώς το μουαγιέ εφαρμόζει επάνω στον άξονα κίνησης μέσω ενός μπουλονιού.

Καθώς, θα διαπιστώσουμε και από την φωτογραφία 3.8 οι πίσω τροχοί έχουν μεγαλύτερο πλάτος από τους μπροστά τροχούς. Ο λόγος οφείλεται στην πρόσφυση των ελαστικών κατά την ώρα του αγώνα καθώς πίσω χρειαζόμαστε αρκετή πρόσφυση ώστε την ώρα της επιτάχυνσης να έχει όσο πιο πολύ πέλμα ελαστικού στο οδό στρώμα ώστε να αποφευχθεί το φαινόμενο της ολίσθησης.

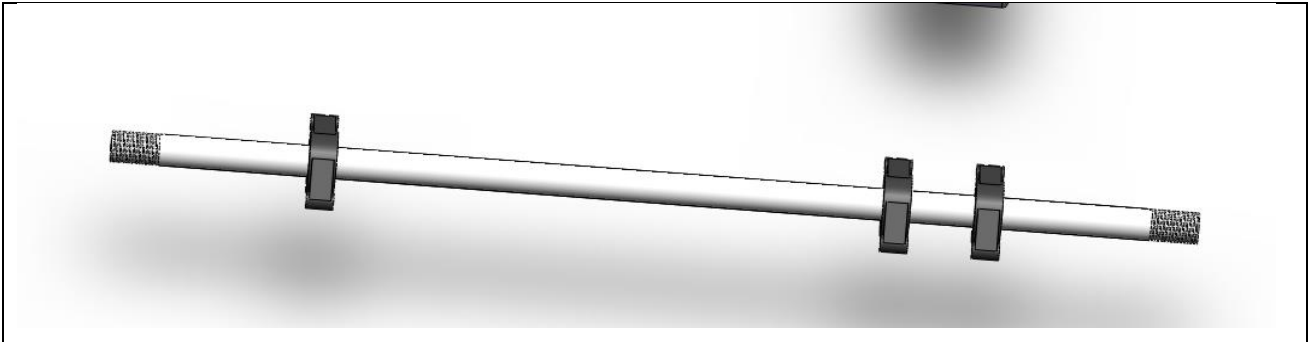


Εικόνα 3.11 : Τροχοί οχήματος kart

Σε αυτών των τύπων οχημάτων επειδή το βάρος τους είναι αρκετά μικρό η ολίσθηση είναι ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα που παρουσιάζονται. Για αυτό, και υπάρχουν κατασκευαστές ελαστικών οι οποίοι αφιερώνουν μελέτες επάνω στο κομμάτι της πρόσφυσης ενός ελαστικού. Ιδιαίτερα σε κακές καιρικές συνθήκες όπου εκεί κάνει την εμφάνιση της και η βροχή.

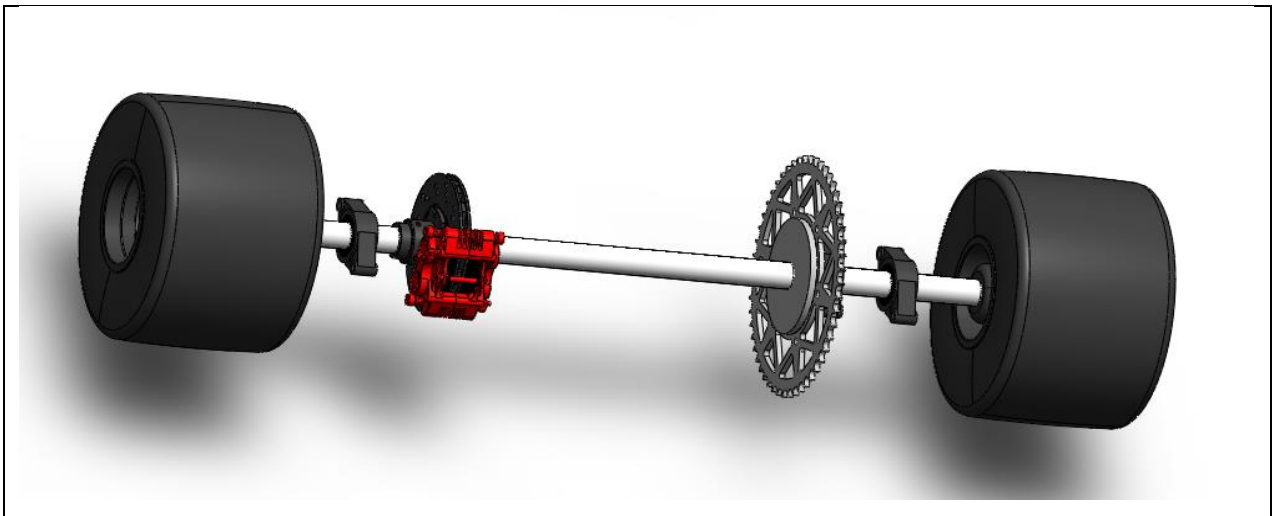
3.4 Πίσω άξονας και ρουλεμάν

Ο πίσω άξονας είναι κατασκευασμένος από χάλυβα ST37. Στην δεξιά και αριστερή πλευρά αντίστοιχα φέρει σπείρωμα ειδικά διαμορφωμένο όπου εφαρμόζει το μουαγιέ του τροχού. Το εξάρτημα δηλαδή που ενώνει τον άξονα με τον τροχό μέσω των μπουλονιών.



Εικόνα 3.12 : Πίσω άξονας με ρουλεμάν

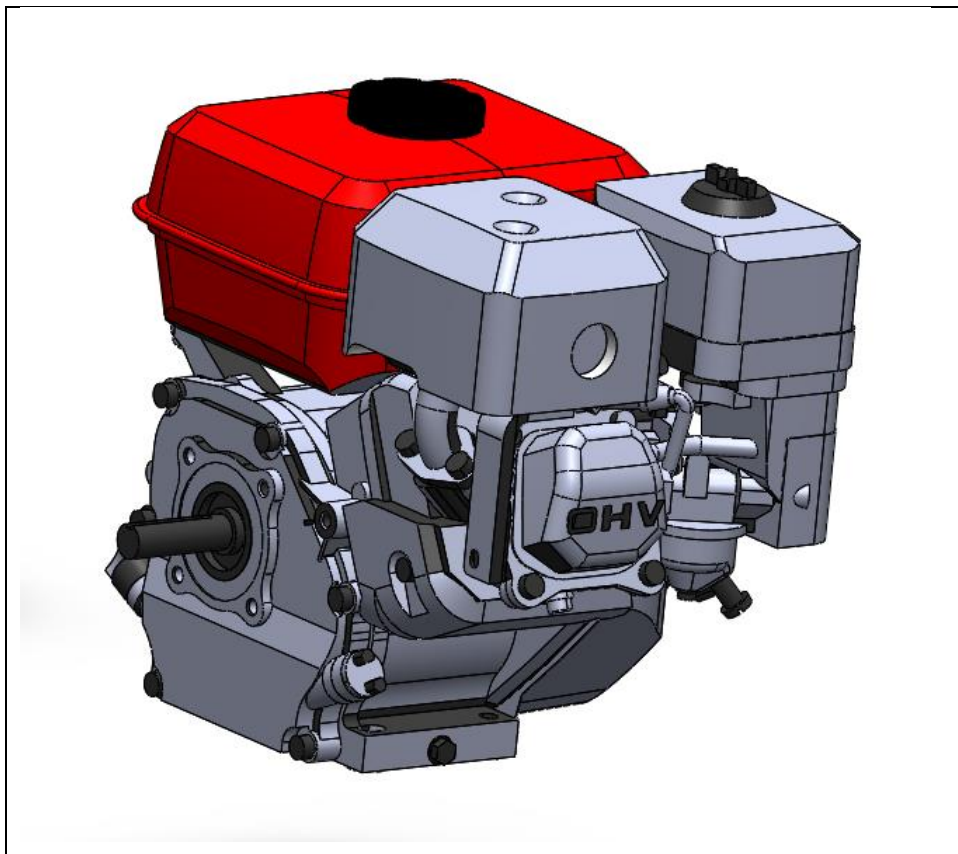
Επάνω, στον άξονα εφαρμόζονται 3 βάσεις όπου μέσα φέρουν τα ρουλεμάν για την περιστροφή του άξονα. Τα ρουλεμάν εφαρμόζουν επάνω στις βάσεις του πλαισίου του Kart μέσω κοχλιών. Τέλος, επάνω στον άξονα τοποθετούνται ο οδοντωτός τροχός που παραλαμβάνει την κίνηση μέσω αλυσίδας από το γρανάξι του κινητήρα καθώς και η δισκόπλακα με την δαγκάνα.



Εικόνα 3.13 : Πίσω άξονας με όλα τα εξαρτήματα του

3.5 Κινητήρας kart

Ο κινητήρας είναι 125 cc μονοκύλινδρος και αποδίδει 30hp. Να σημειωθεί πως είναι δίχρονος, παράλαυτα η επιλογή έγινε για απλή χρήση καθώς έχουμε και κινητήρες μεγαλύτερου κυβισμού παράγουν περισσότερα άλογα και είναι και τετράχρονοι.



Εικόνα 3.14 : Πίσω άξονας με όλα τα εξαρτήματα του

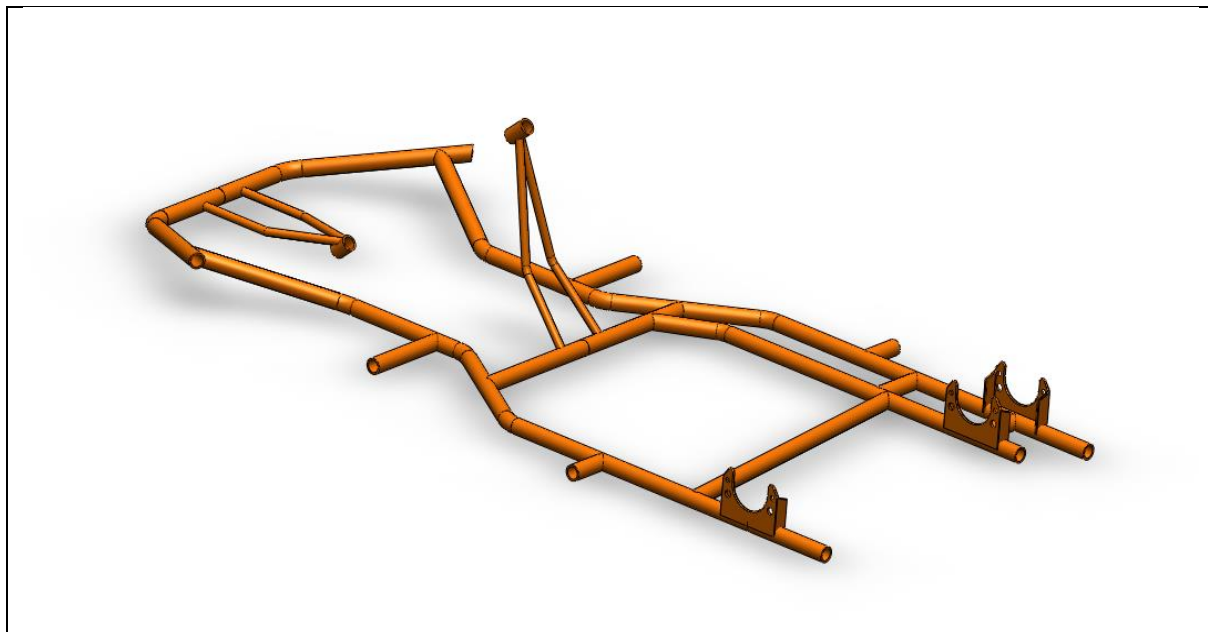
Παρακάτω, παρουσιάζονται διάφοροι τύποι κινητήρων και κατηγοριοποιούνται ανά κυβισμό, άλογα και χρόνους λειτουργίας.

Engine	Engine Size	Horsepower	Engine Type
Predator 212	212cc	6.5 hp	4 stroke
Honda GX200	196cc	6.5 hp	4 stroke
Honda GX390	389cc	13 hp	4 stroke
Briggs and Stratton 13R232	208cc	6.5 hp	4 stroke
Tillotson 225RS	225cc	15 hp	4 stroke
DuroMax XP18HPE	440cc	18 hp	4 stroke
Aixro XR-50	294cc	48 hp	4 stroke
Vortek RoK GP	125cc	36 hp	2 stroke
Rotax Max EVO	125cc	30 hp	2 stroke
IAME X30	125cc	28 hp	2 stroke
CRS Motori A1	125cc	30 hp	2 stroke

Πίνακας 3.1: Δείγμα εισαγωγής πίνακα

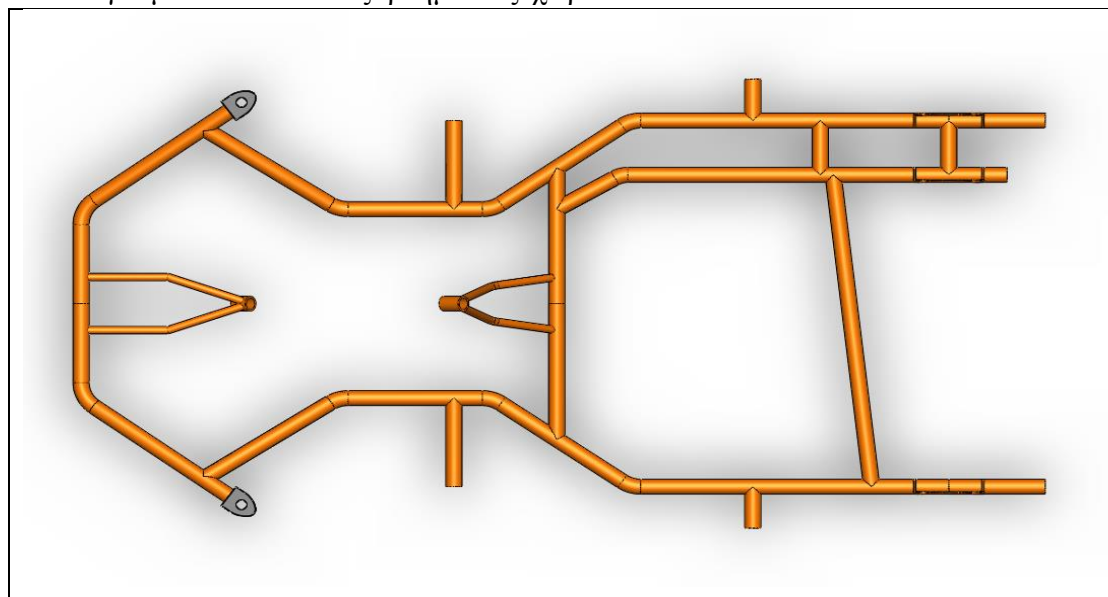
3.6 Σταδιακή εγκατάσταση εξαρτημάτων

- Στάδιο 1^ο
Θα ξεκινήσουμε με την κύρια δομή του πλαισίου του οχήματος. Το πλαίσιο θα πρέπει να εισαχθεί πρώτο κατά προτεραιότητα καθώς αποτελεί και την βάση του σχεδίου στο Solidworks δηλαδή το σταθερό κομμάτι όπου θα πατήσουν εφαρμόσουν όλα επάνω του.



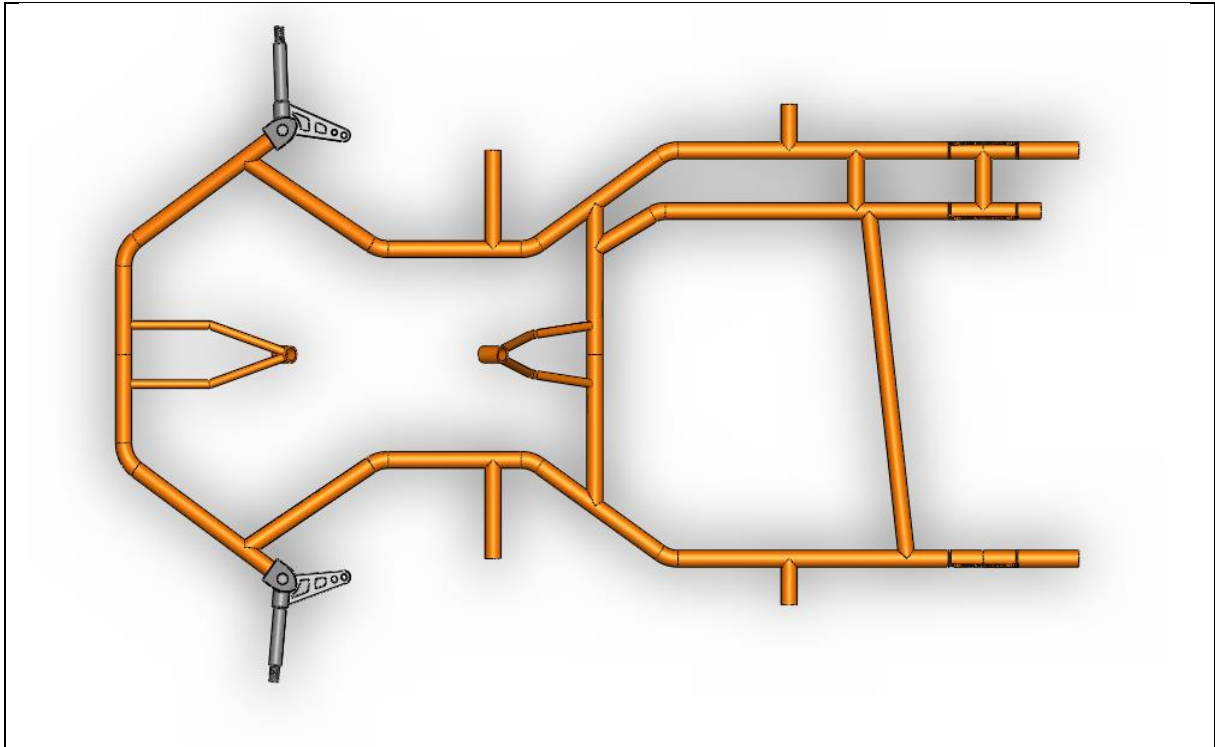
Εικόνα 3.15 : Πλαίσιο

Προς διευκόλυνση παρουσίασης η τοποθέτηση θα γίνει σε Top plane επίπεδο καθώς θα εισάγουμε ένα- ένα τα εξαρτήματα ξεχωριστά.

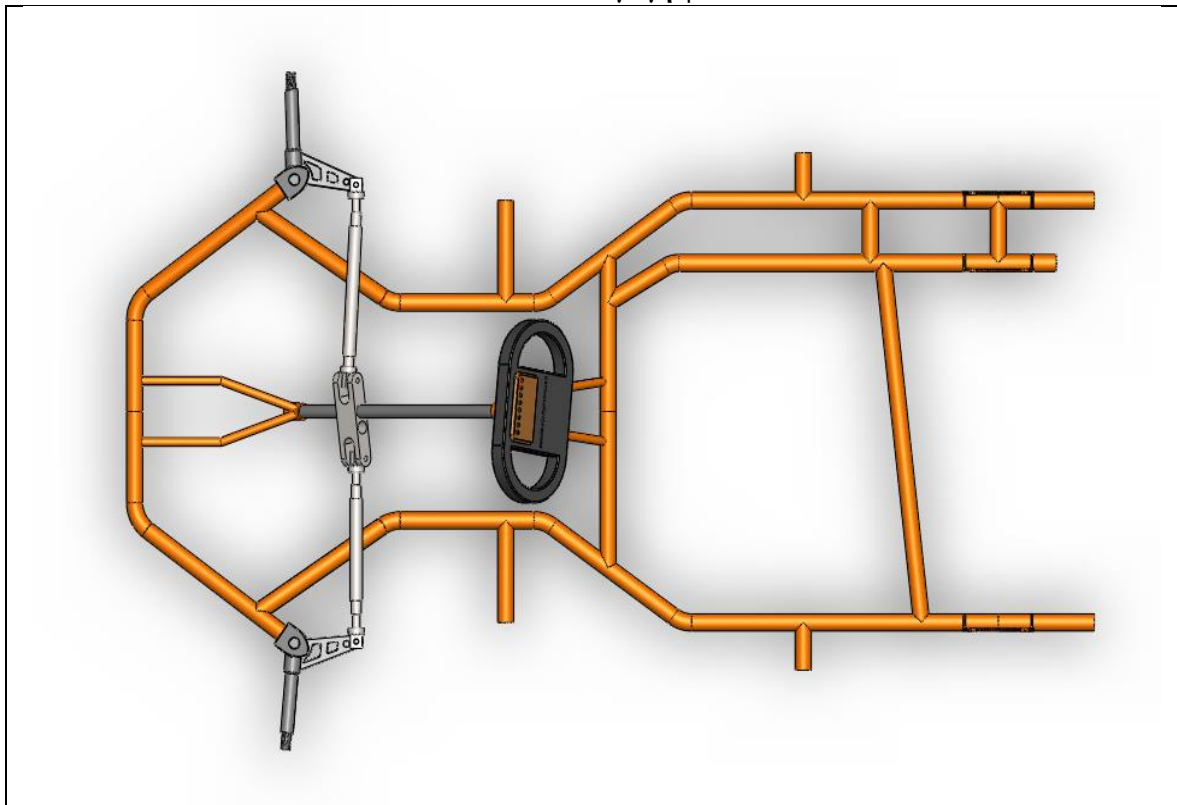


Εικόνα 3.16 : Βάσεις ψαλιδιών

Στην συνέχεια θα γίνει η εισαγωγή του συστήματος διεύθυνσης μαζί με όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα λειτουργίας.

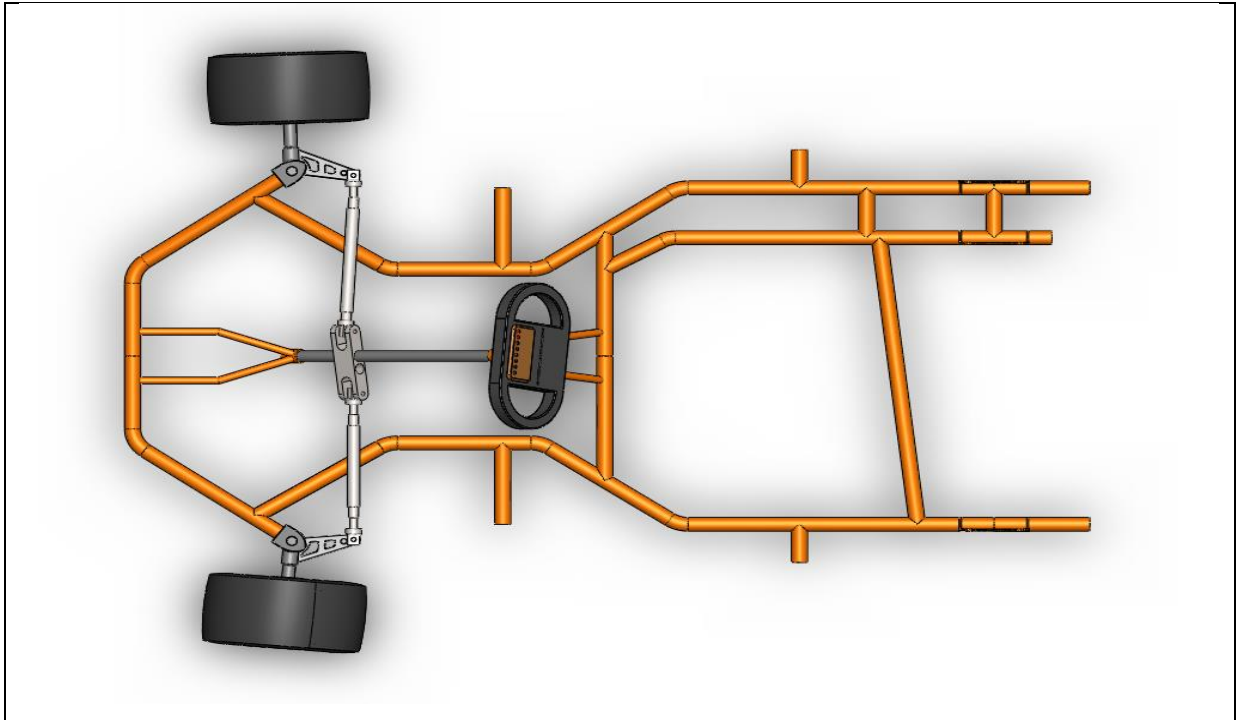


Εικόνα 3.17 : Εισαγωγή ψαλιδιών



Εικόνα 3.18 : Εισαγωγή συστήματος διεύθυνσης

Εν συνεχεία, προσθέτουμε την κολώνα του τιμονιού η οποία θα πρέπει να περνάει από τις οπές της βάσης του πλαισίου και να εμπεριέχει δύο ρουλεμάν αντίστοιχα. Τέλος, αφού εφαρμοστούν τα ψαλίδια όπου θα εφαρμόζουν μέσω ειδικών συνδέσμων (ball joints) όπου θα συνδέονται με την βάση του τιμονιού και το ψαλίδι αντίστοιχα θα προσθέσουμε και τους μπροστινούς τροχούς. Έτσι, τελειώνουμε με το μπροστινό σύστημα διεύθυνσης και συστημάτων και πηγαίνουμε προς τα πίσω.



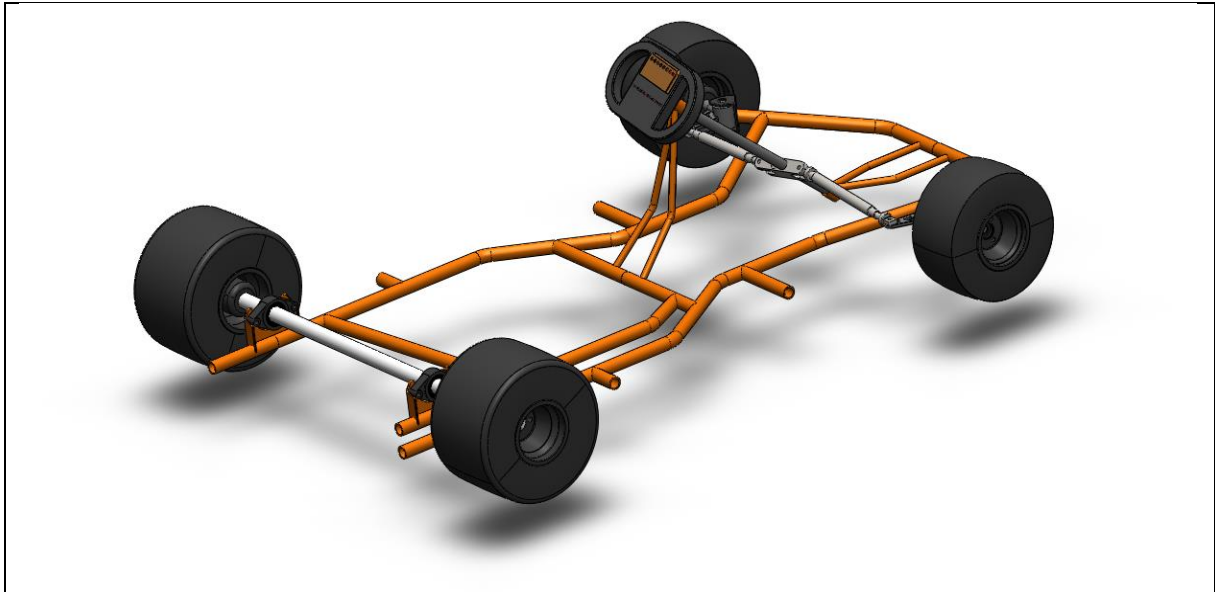
Εικόνα 3.18 : Εισαγωγή συστήματος διεύθυνσης

- Στάδιο 2^ο

Σε αυτό το σημείο θα γίνει η εισαγωγή των ρουλεμάν και θα συγκρατείται στις βάσεις του πλαισίου. Εσωτερικά των ρουλεμάν θα εφαρμόζει ο άξονας που θα δίνει την κίνηση στους τροχούς.



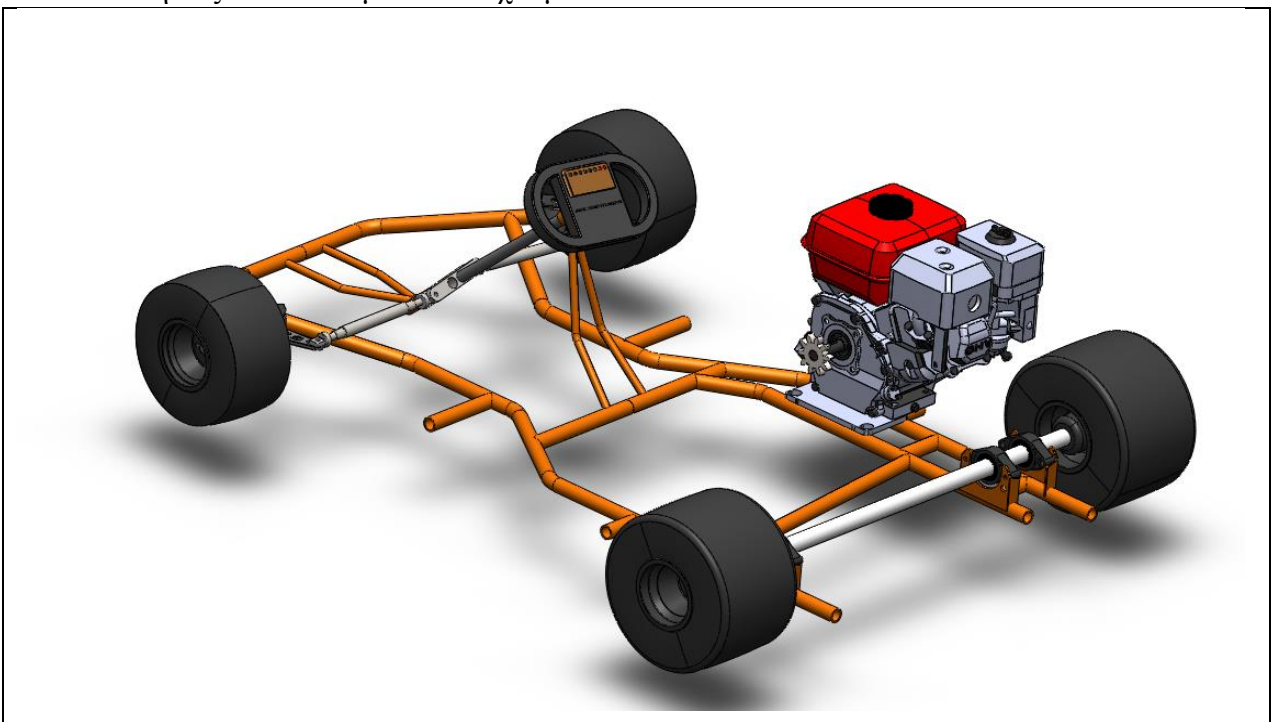
Εικόνα 3.19 : Εισαγωγή ρουλεμάν



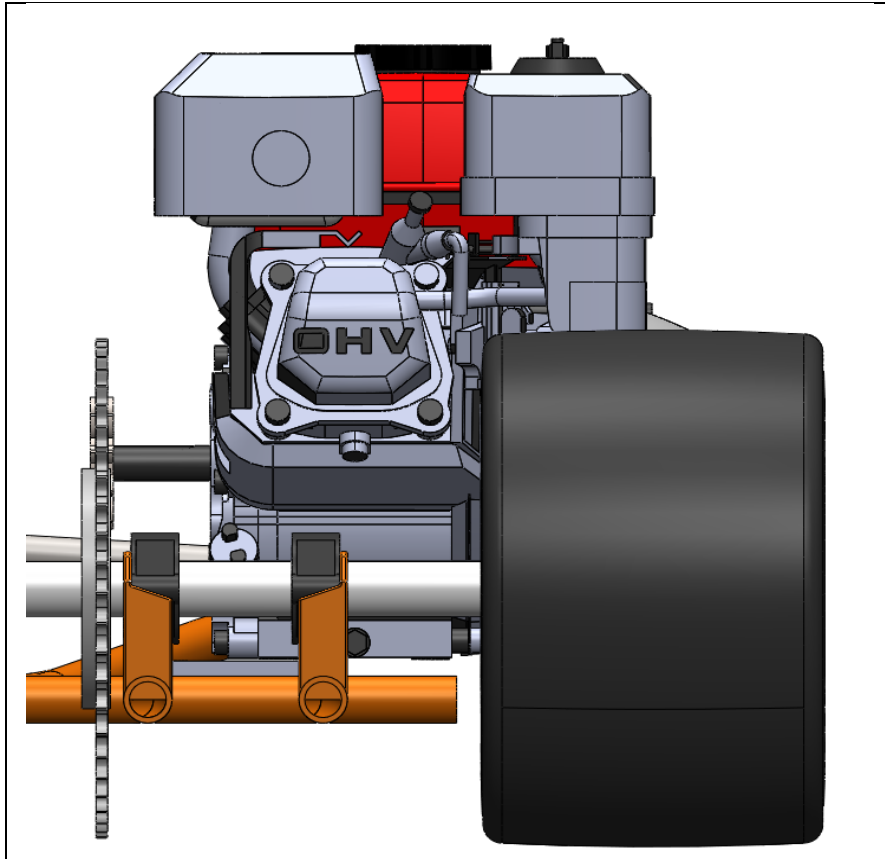
Εικόνα 3.20 : Εισαγωγή άξονα, μουαγιέ και πίσω τροχών

- Στάδιο 3°

Συνεχίζοντας, προσθέτουμε τον κινητήρα του οχήματος με την βάση στήριξης του. Έχει σχεδιαστεί και διαμορφωθεί ένα πλακάκι το οποίο φέρει 4 οπές όπου εφαρμόζει ο κινητήρας επάνω και η βάση συγκολλάτε στο πλαίσιο του κινητήρα. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή ωστόσο διότι το γρανάζι του κινητήρα θα πρέπει να είναι συνεφθιακό με τον οδοντωτό τροχό που πιάνει στον πίσω άξονα. Αυτό, για να το καταφέρουμε, επινοήσαμε την σχεδίαση των δύο γραναζιών με προσθήκη όγκου μέσω **Mid Plane**. Έτσι, στην συναρμολόγηση θα εισάγουμε τα δύο mid plane των γραναζιών αν είναι συνεφθιακά και έτσι η κίνηση θα είναι ορθή και ο σχεδιασμός θα καλύπτει τις απαιτήσεις που θέλουμε να πετύχουμε

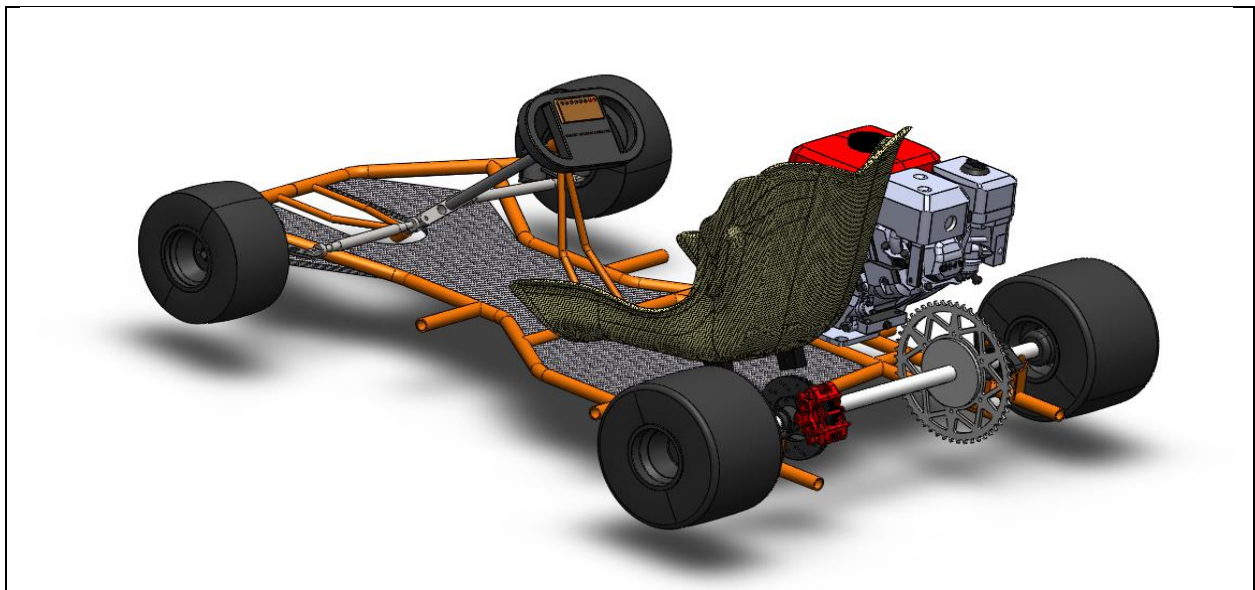


Εικόνα 3.21 : Εισαγωγή κινητήρα και γραναζιού



Εικόνα 3.22 : Κεντράρισμα οδοντωτών τροχών κινητήρα με πίσω άξονα

- Στάδιο 4^ο
 Προσθέτουμε, τα πατώματα του οχήματος στην κάτω πλευρά του οχήματος και εισάγουμε και το κάθισμα με τις βάσεις όπου θα εφαρμόζει επάνω στο πάτωμα. Πίσω προσθέτουμε και την δαγκάνα του φρένου μαζί με την δισκόπλακα. Έτσι ολοκληρώσαμε την κατασκευή μας και μένει μόνο να εισάγουμε κάποια τελευταία κομμάτια ως προς την ασφάλεια.

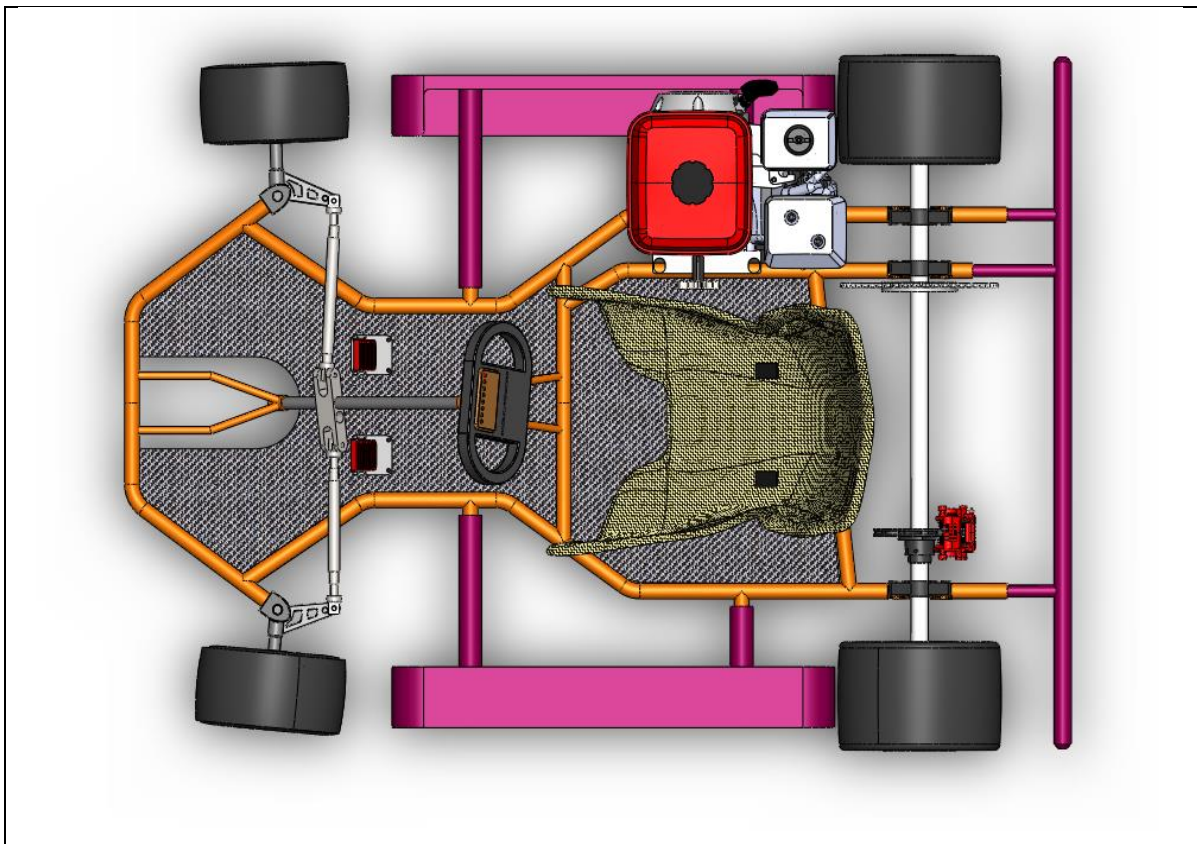


Εικόνα 3.23 : Κεντράρισμα οδοντωτών τροχών κινητήρα με πίσω άξονα

Τελειώνοντας, με το σχεδιαστικό κομμάτι έχουμε το τελικό μας προϊόν με όλα τα εξαρτήματα του επάνω και κατά αυτό τον τρόπο θα μπορέσουμε στο επόμενο κεφάλαιο να συγκρίνουμε τα υλικά κατασκευής μεταξύ συνθέτων και απλών μετάλλων ώστε να αφομοιώσουμε στοιχεία για την ανάλυση μας στο οικονομοτεχνικό παράρτημα της παρούσας πτυχιακής εργασίας.



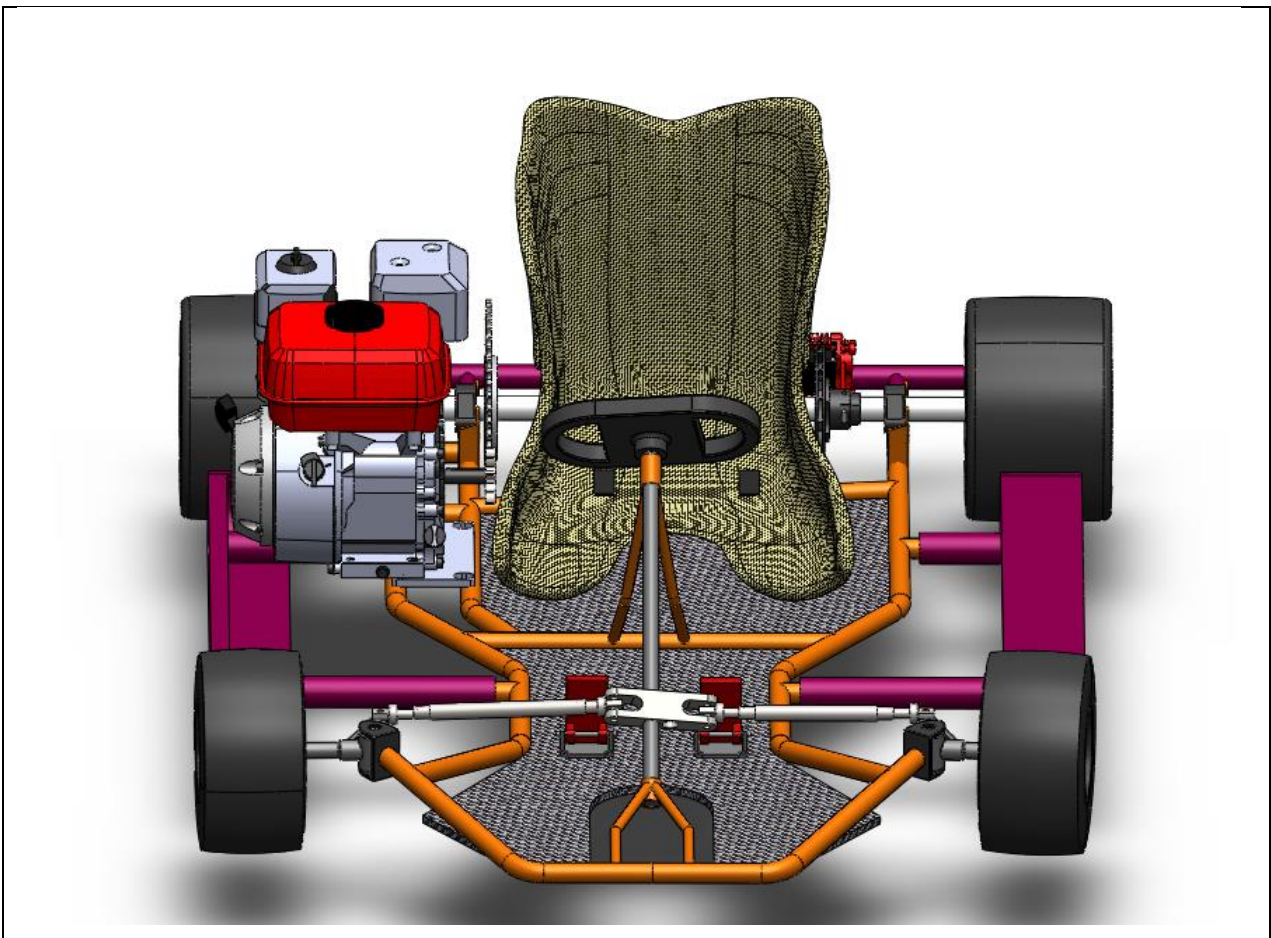
Εικόνα 3.24 : Ολοκληρωμένο σχέδιο Assembly Kart οχήματος (Front Plane)



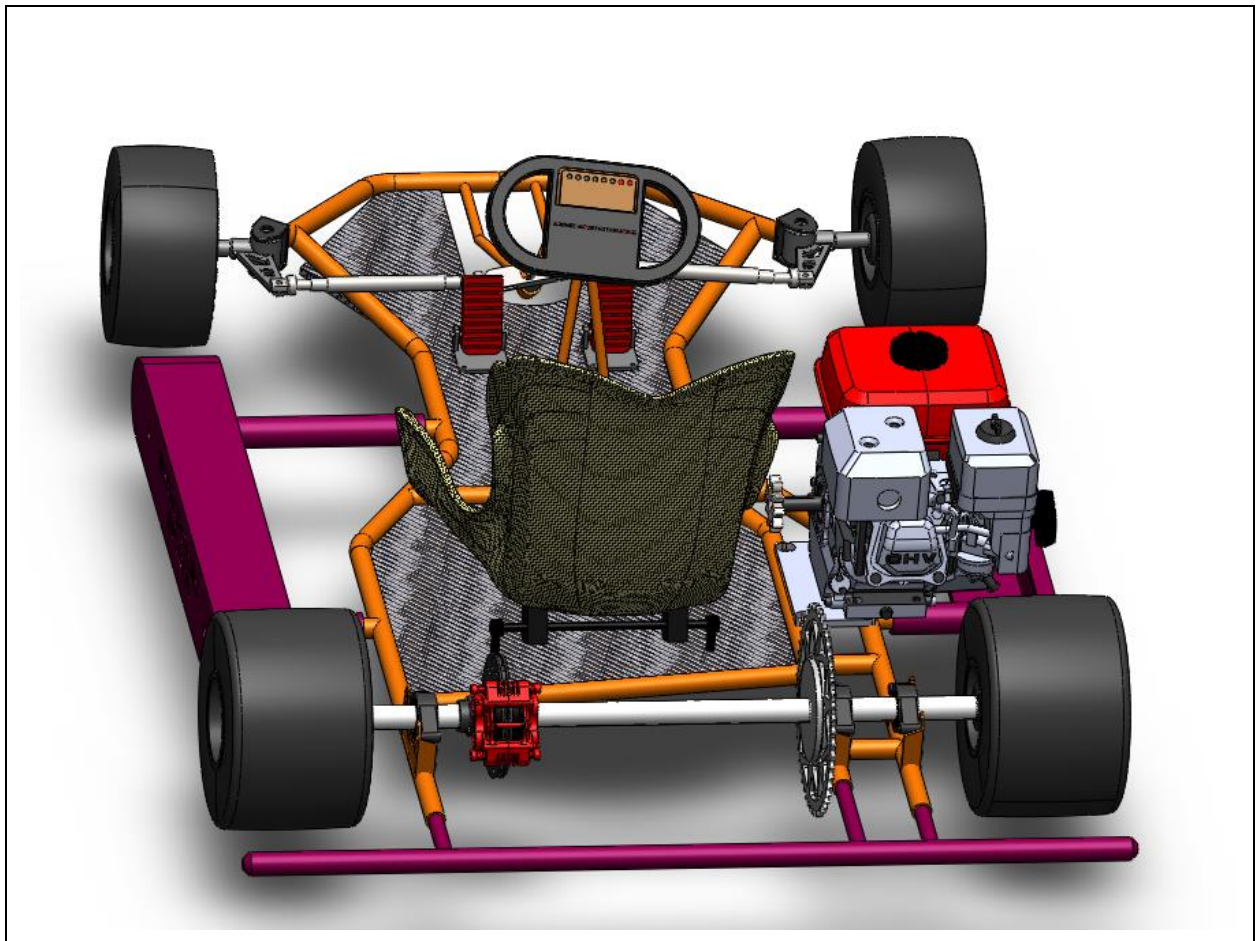
Εικόνα 3.25 : Ολοκληρωμένο σχέδιο Assembly Kart οχήματος (Top Plane)



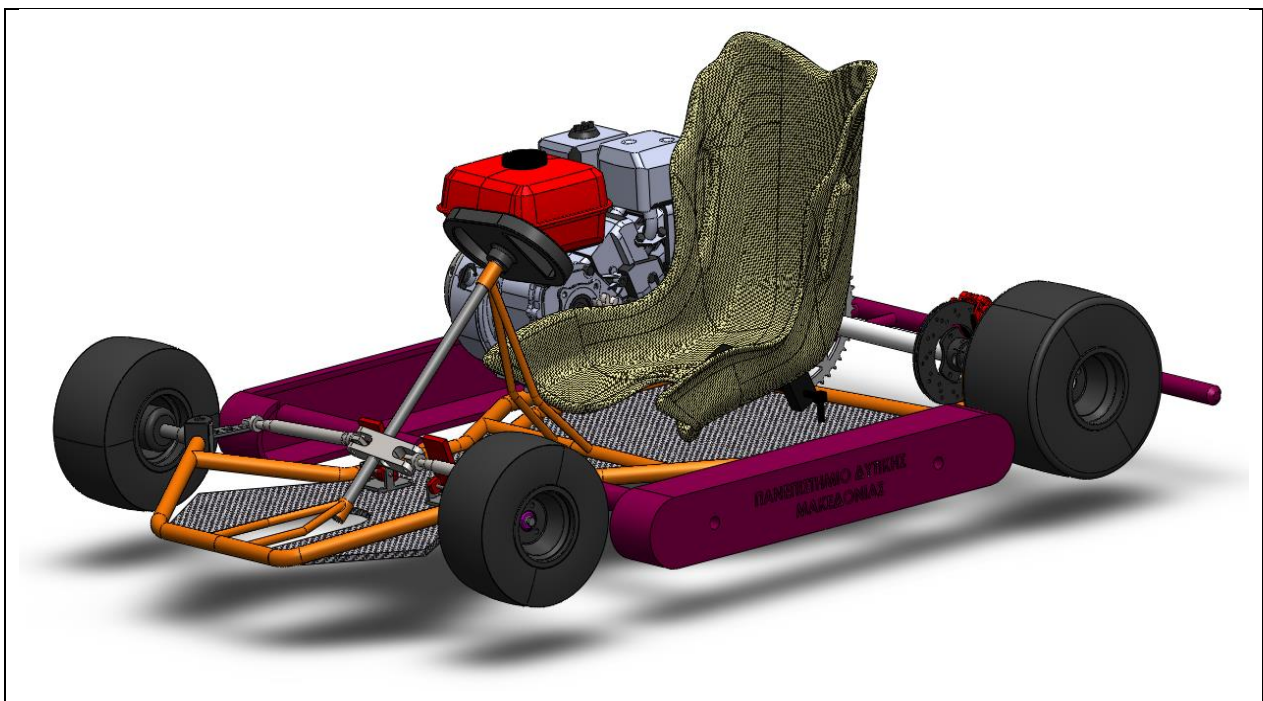
Εικόνα 3.26 : Ολοκληρωμένο σχέδιο Assembly Kart οχήματος (Right Plane)



Εικόνα 3.27: Ολοκληρωμένο σχέδιο Assembly Kart οχήματος (3D Plane)



Εικόνα 3.28: Ολοκληρωμένο σχέδιο Assembly Kart οχήματος (3D Plane)



Εικόνα 3.29: Ολοκληρωμένο σχέδιο Assembly Kart οχήματος (3D Plane)

Κεφάλαιο 4 - Οικονομοτεχνικές αναλύσεις οχήματος kart

Στο κομμάτι της ανάλυσης θα μελετήσουμε την στιβαρότητα της κατασκευής μας και την πρακτικότητα που έχει ως προς τα αληθινά νούμερα. Θα επιβληθούμε στην στατική ανάλυση του πλαισίου σε όλες τις επιμέρους μεριές για τρεις περιπτώσεις. Ουσιαστικά θα χτυπήσουμε το πλαίσιο στο μπροστινό, πίσω και πλάγιο μέρος ώστε να δούμε που αστοχεί και να κάνουμε τις απαραίτητες προλήψεις και διορθώσεις όπου χρειάζεται.

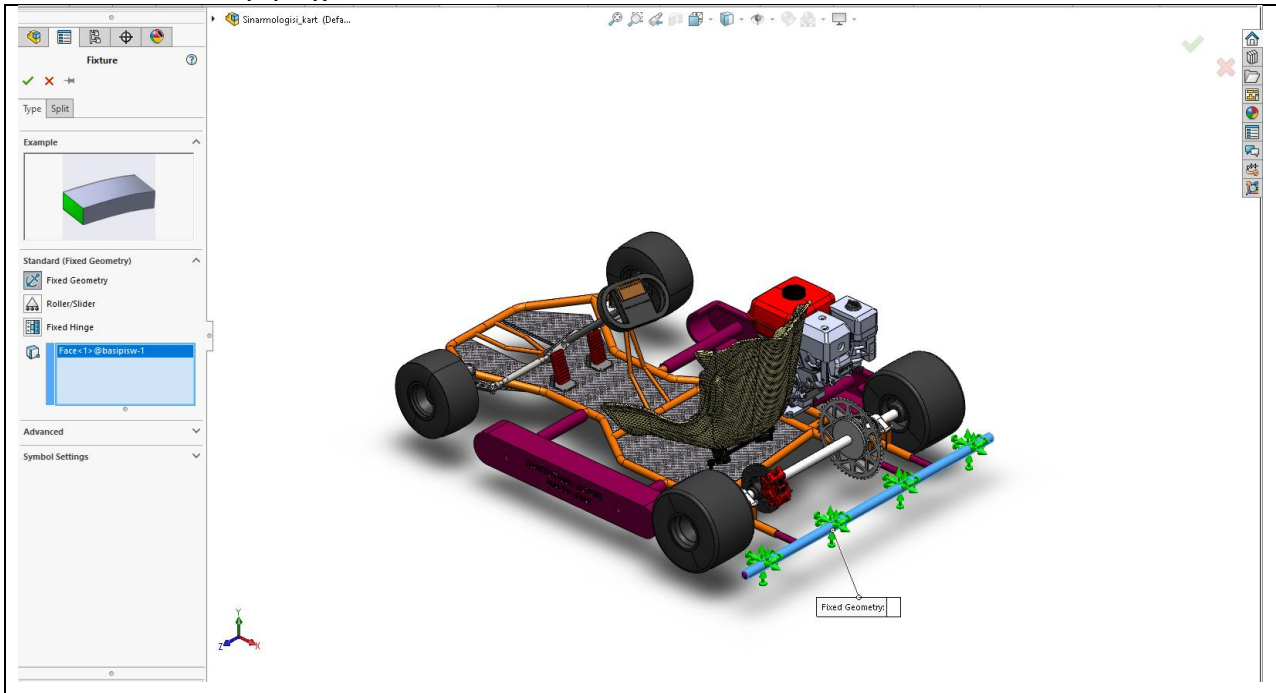


Εικόνα 4.1: Φωτογραφία μηχανολογικής τεχνολογίας

Η στατική ανάλυση θα γίνει μέσω του ίδιου του προγράμματος του Solidworks μέσω του **Simulation**. Στο σημείο αυτό θα εξηγήσουμε βήμα βήμα την ανάλυση αλλά και τις παραμέτρους που λαμβάνουμε υπόψιν.

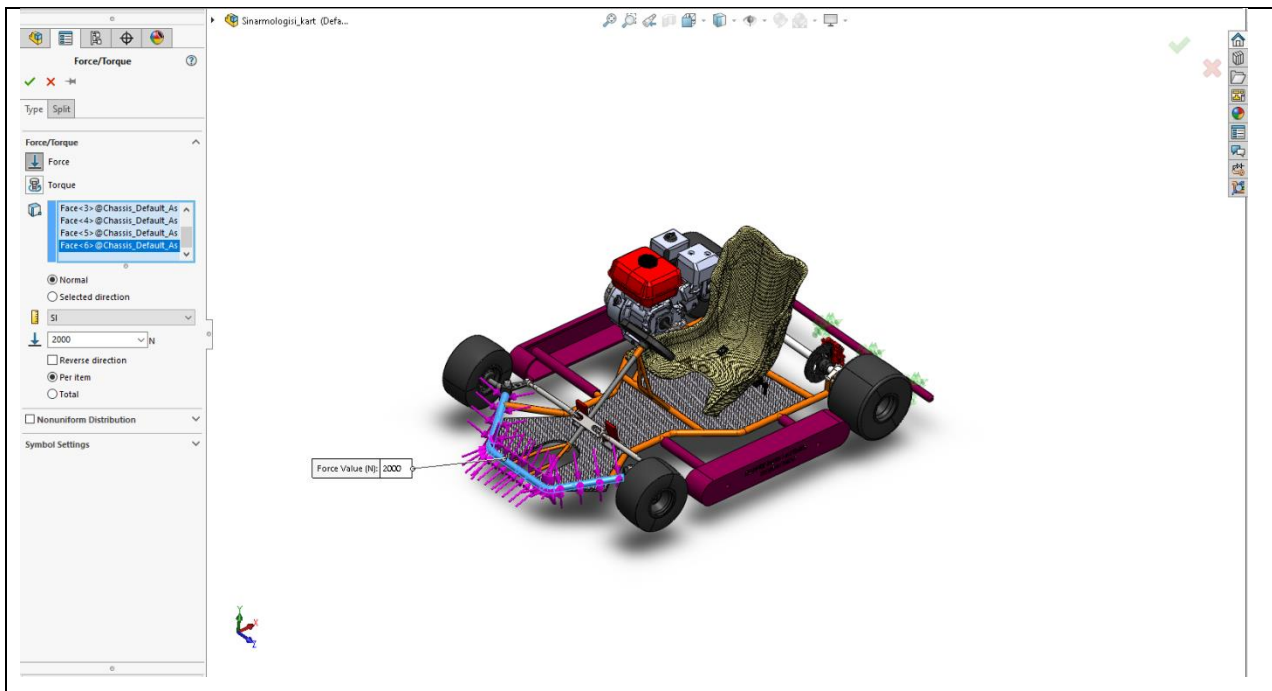
4.1 Περίπτωση χτυπήματος εμπρόσθιου μέρους (Front Impact)

Αρχικά, ορίζουμε υλικά σε όλα τα κομμάτια της κατασκευής μέσω του **Material**. Ορίσαμε χάλυβα Alloy Steel στο πλαίσιο του kart και απλό χάλυβα στον άξονα κίνησης. Διάφορα εξαρτήματα όπως το κάθισμα, τα πλαϊνά προστατευτικά και το πάτωμα έχουν διαμορφωθεί από Kevlar και Carbon για εξοικονόμηση βάρους και αποδοτικότερη ισχύ.



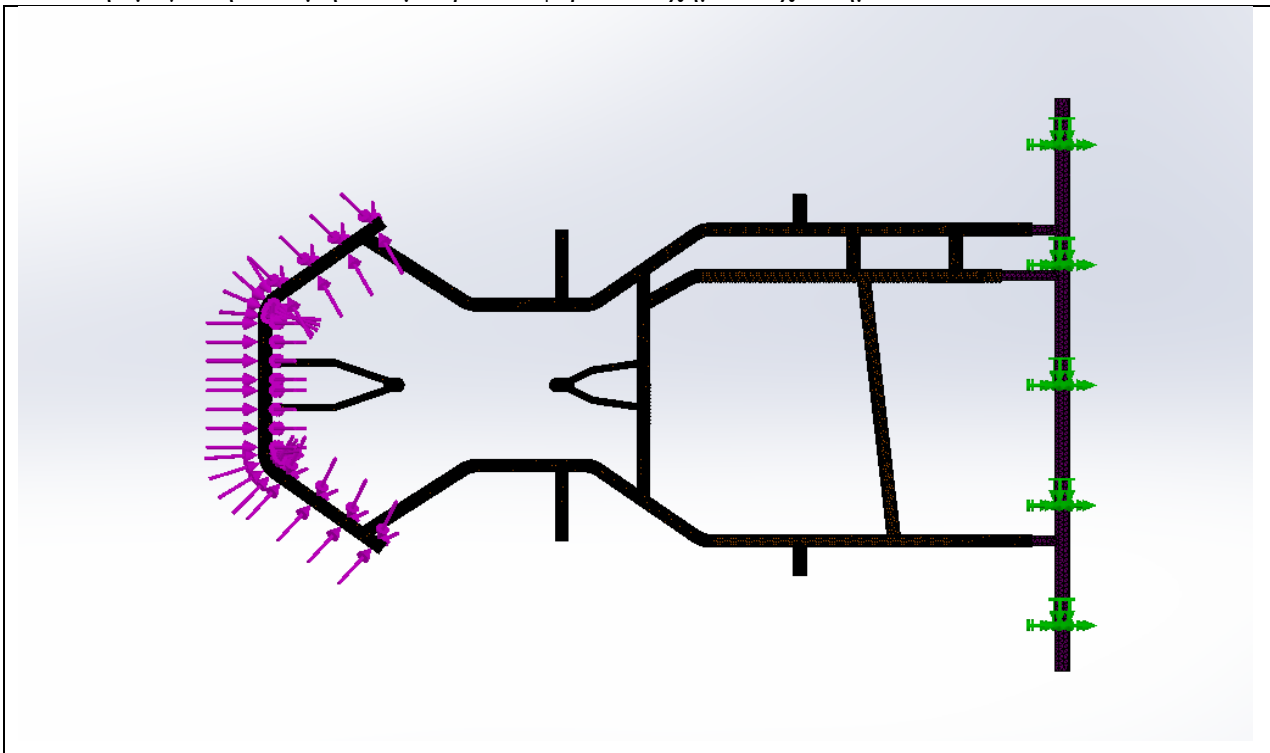
Εικόνα 4.2: Επιλογή πάκτωσης (Fix Geometry)

Η πάκτωση θα γίνει στο πίσω μέρος μέσω του **Fix Geometry** διότι θέλουμε στο σημείο που θα χτυπήσουμε να κρατήσουμε κόντρα αντίθετη. Με λίγα λόγια επειδή θα χτυπήσουμε στο μπροστινό μέρος έχουμε βάλει την πάκτωση πίσω ώστε να μας βγάλει αποτελέσματα ως προς την αντοχή και τις τάσεις όπου μπορεί να αντέξει η κατασκευή μας.



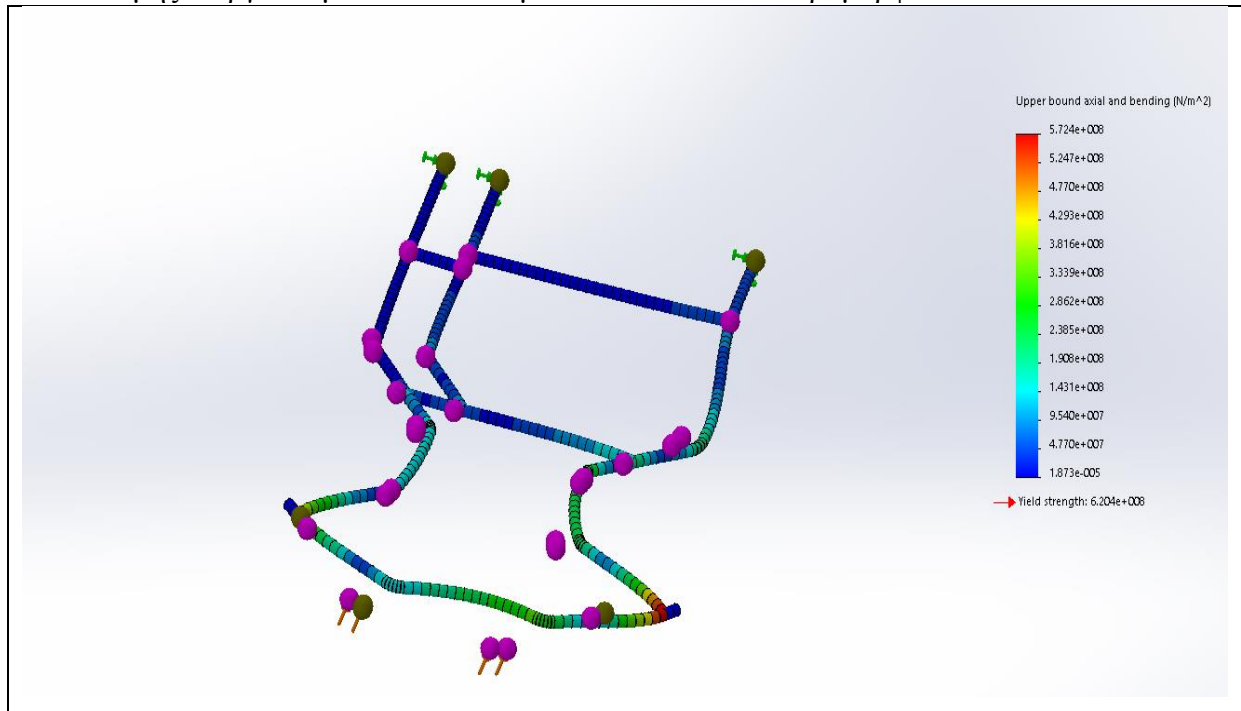
Εικόνα 4.3: Ορισμός δύναμης (Force)

Συνεχίζουμε, στην εφαρμογή της δύναμης μέσω του **Force** όπου θα ορίσουμε την τιμή των 2000 N όπου αντιστοιχεί σε χτύπημα 200 κιλών. Έτσι, θα μπορούσαμε να βρούμε την μέγιστη δύναμη που μπορεί να φέρει το όχημα σε χτύπημα.



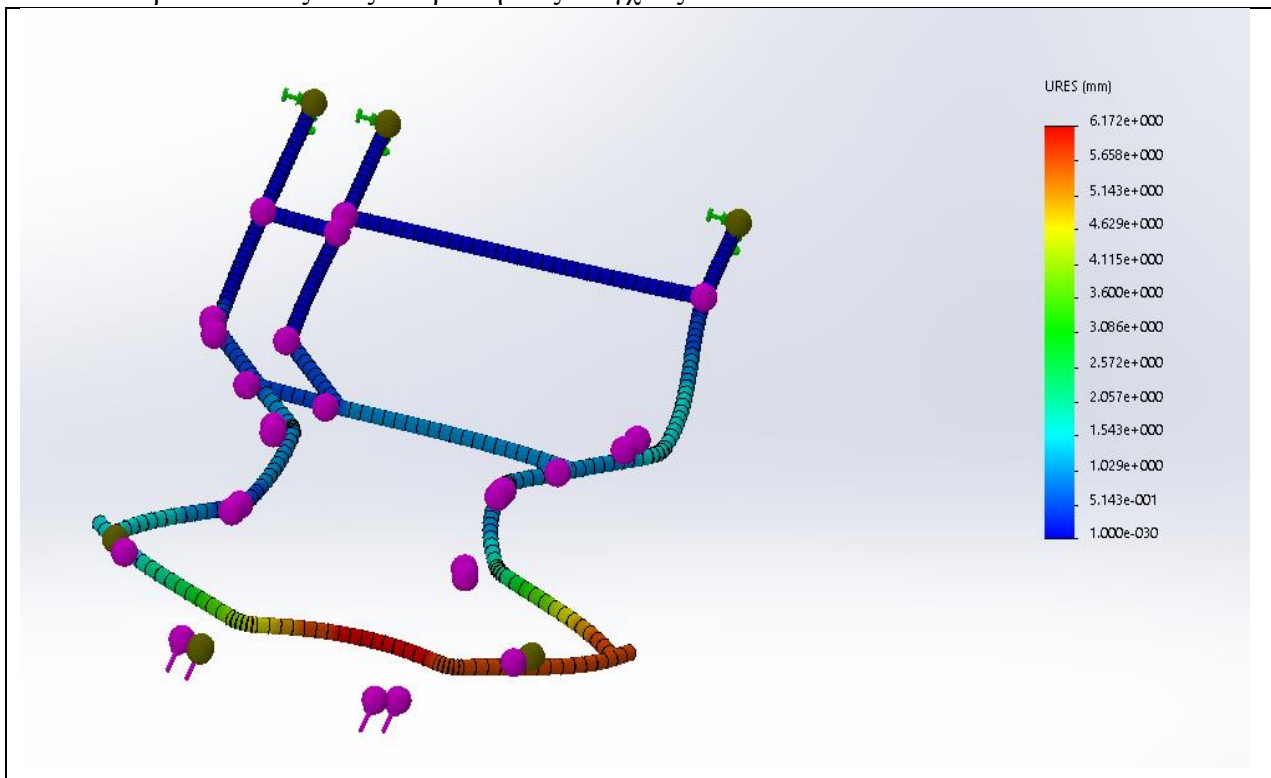
Εικόνα 4.4: Διακριτοποίηση (Mesh)

Έτσι, η ανάλυση μας θα γίνει κατά κύριο λόγο μέσω κόμβων. Μετά την άσκηση της δύναμης θα βγάλουμε τα αποτελέσματα των τάσεων – παραμορφώσεων.



Εικόνα 4.5: Μπροστινό χτύπημα (τάσεις)

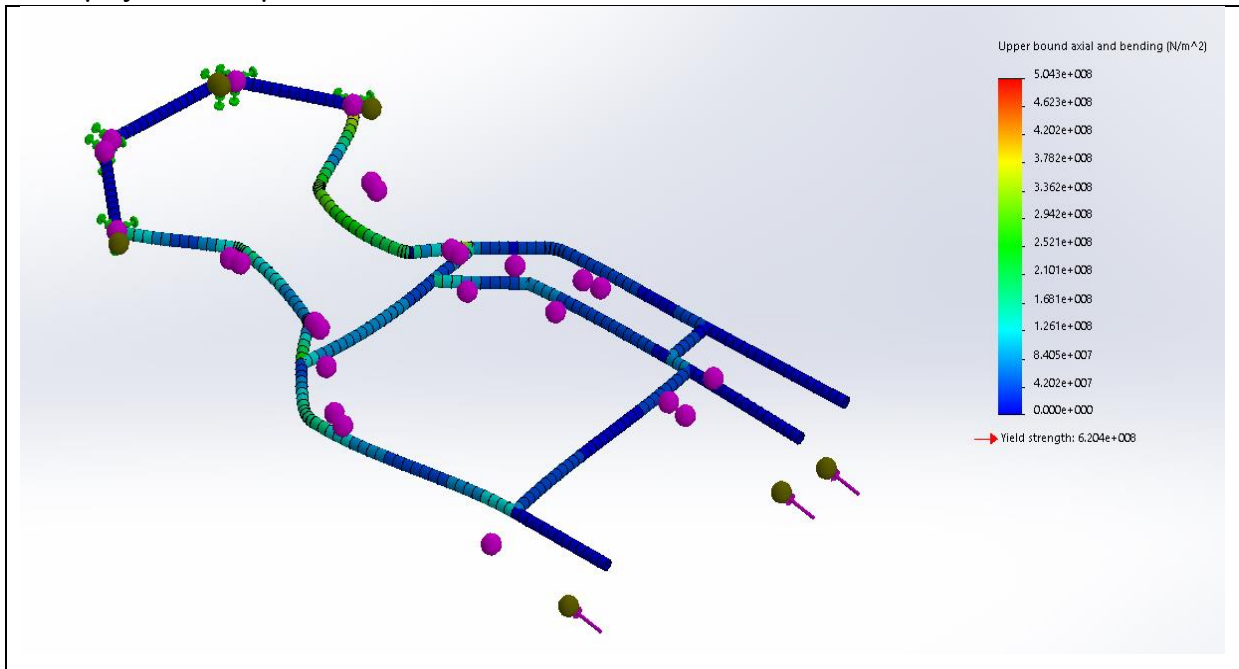
Μετά την σύγκρουση παρατηρούμε πως τα 572 Μpa το εμπρόσθιο μέρος φαίνεται παραμορφωμένο αλλά δεν έχει αστοχήσει. Η κατασκευή μας κρίνεται ορθή και μπορεί να περάσει όλους τους απαραίτητους ελέγχους.



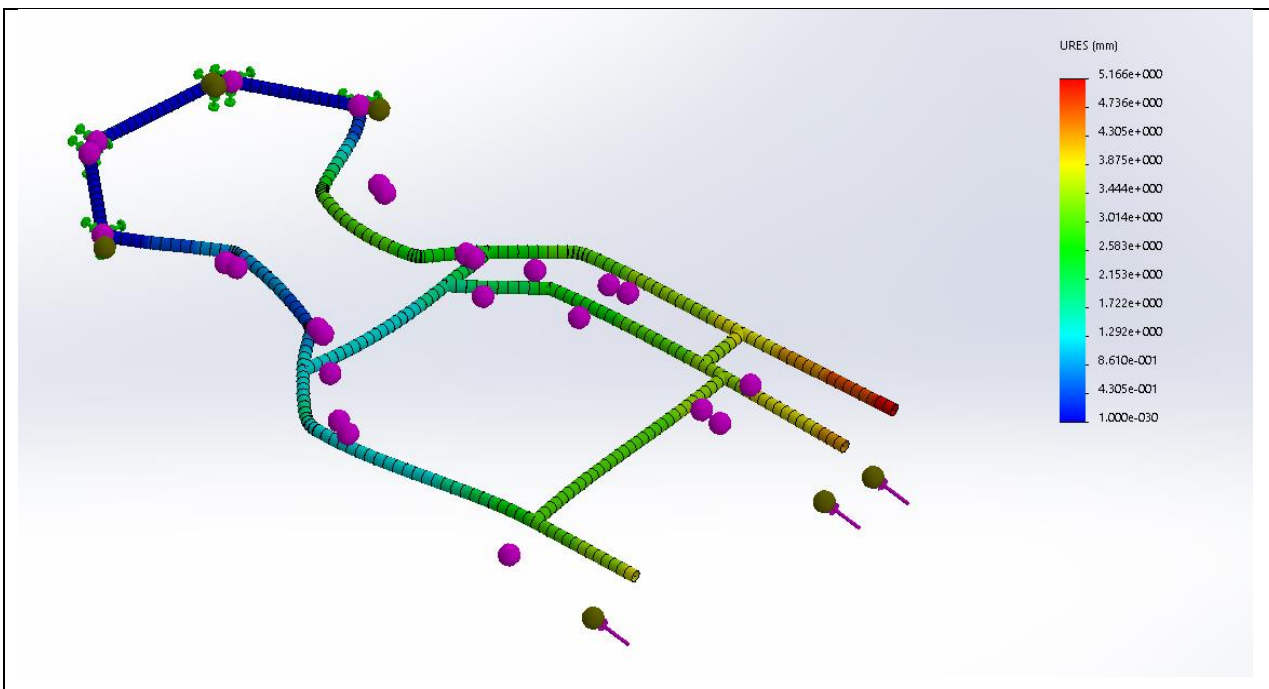
Εικόνα 4.6: Μπροστινό χτύπημα (παραμορφώσεις)

4.2 Περίπτωση χτυπήματος πίσω μέρους (Rear Impact)

Στην συνέχεια, θα μελετήσουμε την περίπτωση σύγκρουσης κατά το πίσω μέρος. Πολύ πιθανό αυτό να συμβεί κατά σύγκρουση καρτ με καρτ αλλά και σε περίπτωση όπου γυρίσει το καρτ από λάθος χειρισμό του οδηγού και χτυπήσει με το πίσω μέρος. Κατά τον ίδιο τρόπο θα εισάγουμε την πάκτωση στο εμπρόσθιο μέρος αυτή την φορά και την άσκηση της δύναμης στο πίσω μέρος. Αφού τελειώσουμε και με την διαστατικοποίηση του Mesh θα βγάλουμε τα τελικά μας αποτελέσματα.



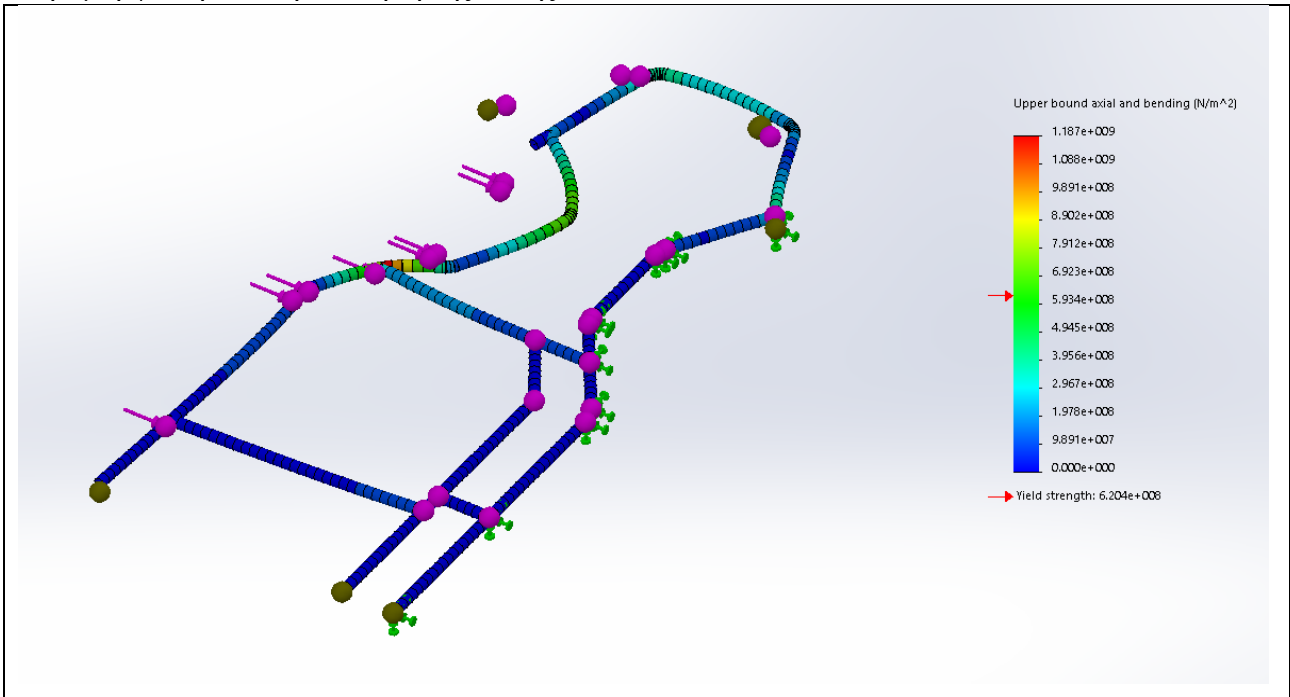
Εικόνα 4.7: Πισινό χτύπημα (τάσεις)



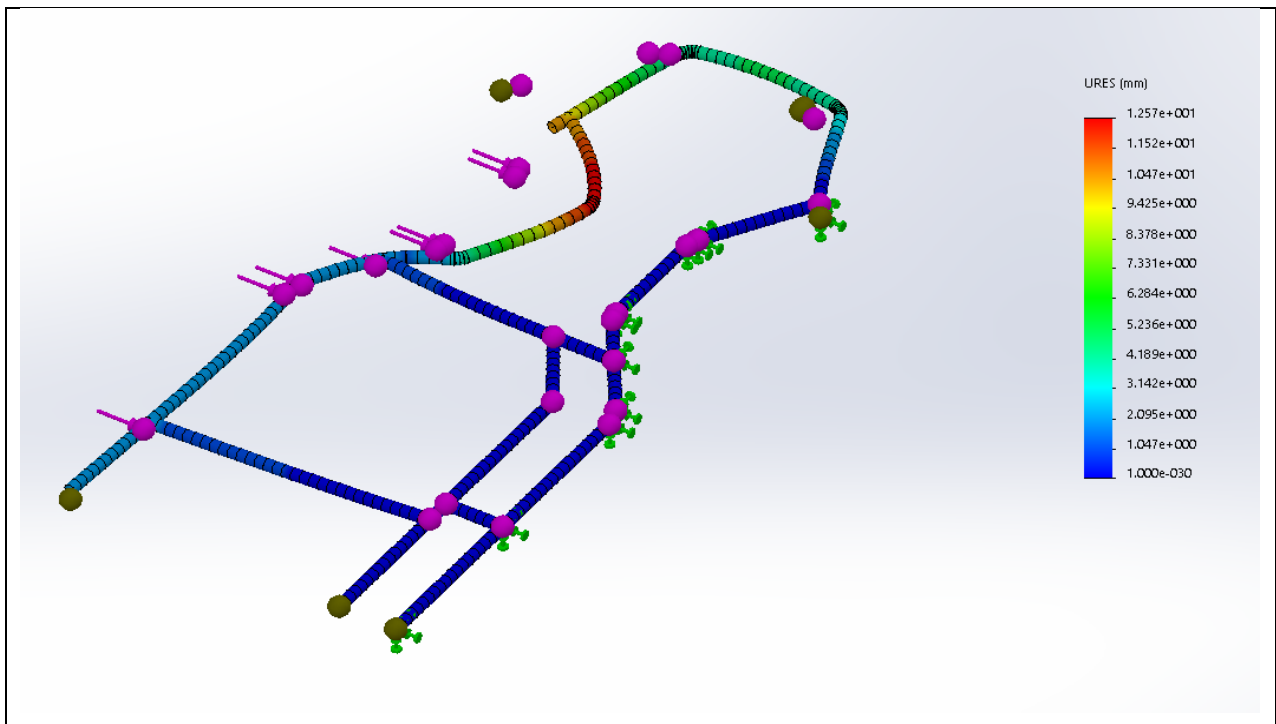
Εικόνα 4.8: Πισινό χτύπημα (παραμορφώσεις)

4.3 Περίπτωση χτυπήματος πλάγιας μεριάς (Side Impact)

Στην τελευταία περίπτωση έχουμε την σύγκρουση της πλάγιας μεριάς. Εδώ βλέπουμε ότι για άσκηση δύναμης στα 2000N όπου αντιστοιχεί στα 200kg οι παραμορφώσεις είναι αρκετά εμφανές στο μπροστινό σημείο. Στο σημείο αυτό μπορούμε να προσθέσουμε σωληνώσεις σχήματος (X) όπου θα μαζεύουν τις τάσεις προς το κέντρο και έτσι θα απορροφούν την παραμόρφωση από την άσκηση της τάσης.



Εικόνα 4.9: Πλάγιο χτύπημα (τάσεις)

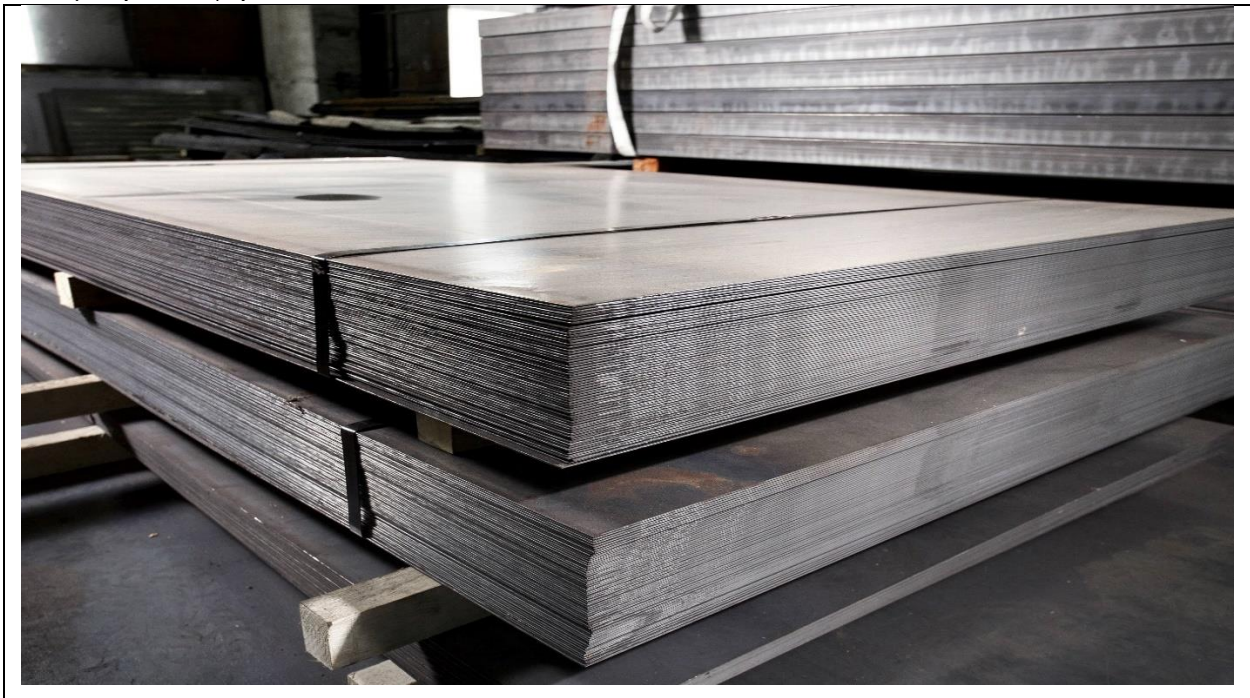


Εικόνα 4.10: Πλάγιο χτύπημα (παραμορφώσεις)

4.3.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2^η Alloy Carbon Steel σωλήνες

Στην 2^η περίπτωση θα μελετήσουμε ως προς το κομμάτι της αντοχής το πλαίσιο με σωλήνα από υλικό Alloy Carbon. Το υλικό αυτό έχει τα χαρακτηριστικά μικρότερου βάρους σε σχέση του απλού χάλυβα αλλά και καλύτερη ελαστικότητα. Ωστόσο, στο κομμάτι των παραμορφώσεων φαίνεται αρκετά πιο επώδυνο σε αντίθεση με της 1^{ης} περίπτωσης και εκεί είναι που θα κάνουμε την διαφοροποίηση αυτών των δύο περιπτώσεων.

Αρχικά, επιλέγουμε ως υλικό το Carbon Steel Sheet του πίνακα και βλέπουμε τα χαρακτηριστικά του ως προς το όριο διαρροής και την μέγιστη τάση εφελκυσμού που μπορεί να φέρει.



Εικόνα 4.11: Carbon πλάκες μετάλλου (<https://metalscut4u.com/carbon-steel>)

Ο ανθρακούχος χάλυβας (ή βιομηχανικός χάλυβας) είναι ένα κράμα χάλυβα που συνδυάζει άνθρακα και σίδηρο. Ένας από τους κοινούς ορισμούς του ανθρακούχου χάλυβα είναι ότι δεν είναι ανοξειδωτός, επομένως είναι ευαίσθητος στους λεκέδες. Ο χάλυβας θεωρείται ανθρακούχο χάλυβας όταν δεν καθορίζεται ή απαιτείται ελάχιστη περιεκτικότητα για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα κράματος. Μερικές φορές, ο ανθρακούχο χάλυβας αναφέρεται απλώς σε οποιοδήποτε χάλυβα που δεν είναι ανοξειδωτό. επομένως μπορεί να περιλαμβάνει κραματοποιημένους χάλυβες. Ο χάλυβας χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα είναι η πιο κοινή μορφή και είναι πολύ εύπλαστος και όλκιμος. Ο χάλυβας μεσαίου άνθρακα εξισορροπεί την ολκιμότητα καθώς και την αντοχή για εξαιρετική αντοχή στη φθορά. Ο χάλυβας υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα είναι εξαιρετικά ισχυρός, ενώ ο χάλυβας εξαιρετικά υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα μπορεί να μετριαστεί σε ακόμη μεγαλύτερη σκληρότητα αλλά χωρίς ελατό.

Καθώς το ποσοστό του άνθρακα γίνεται μεγαλύτερο, ο χάλυβας μπορεί να γίνει σκληρότερος και ισχυρότερος μέσω της θερμικής επεξεργασίας. Ο ανθρακούχος

χάλυβας συνήθως θερμαίνεται για να αλλάξει τις μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα, συνήθως την ολκιμότητα, τη σκληρότητα, την αντοχή και την αντίσταση κρούσης. Η αύξηση της περιεκτικότητας σε άνθρακα του ανθρακούχου χάλυβα τον καθιστά σκληρότερο και ισχυρότερο, αλλά μειώνει την ικανότητα του χάλυβα να συγκολλάτε, καθιστώντας τον πιο εύθραυστο.

Η λαμαρίνα από ανθρακούχο χάλυβα χρησιμοποιείται συχνότερα για δομικούς σκοπούς όπως κτίρια, ωστόσο έχει την ευελιξία να επεξεργαστεί σε περίτεχνα σχέδια. Το φύλλο χάλυβα χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα (σφυρήλατο σίδηρο) χρησιμοποιείται συνήθως για φράκτες, συνδέσμους αλυσίδας, πύλες και κιγκλιδώματα. Ο δομικός χάλυβας (μέτριας άνθρακας) χρησιμοποιείται σε αυτοκίνητα, ψυγεία, πλυντήρια ρούχων, κτίρια και γέφυρες. Τα φύλλα χάλυβα αποτελούνται συνήθως από χάλυβα μεσαίου άνθρακα.

Ο ανθρακούχος χάλυβας είναι επίσης μαγνητικός καθώς έχει μια ορισμένη ποσότητα σιδήρου που κάνει τους μαγνήτες να κολλάνε πάνω του. Ο ανοξειδωτος χάλυβας και το αλουμίνιο δεν έχουν αρκετό (ή καθόλου) σίδηρο, κοβάλτιο ή νικέλιο αναμεμειγμένο στο κράμα για να είναι μαγνητικά.

Η επιλογή γίνεται μέσω του **Apply material to all body's** καθώς θέλουμε σε όλες τις σωληνώσεις του πλαισίου το ίδιο υλικό.

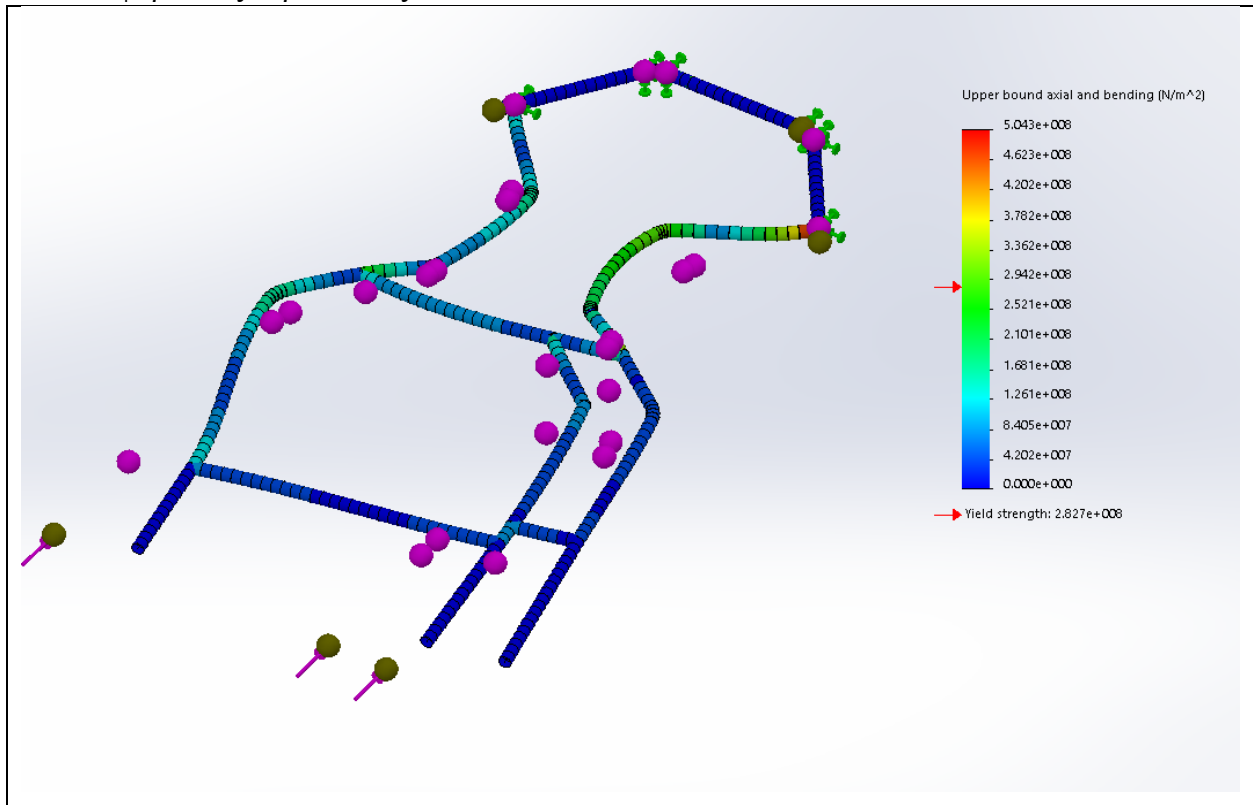
The screenshot shows the 'Material' dialog box in SolidWorks. The left pane displays a list of materials under the 'Steel' category, with '1023 Carbon Steel Sheet (SS)' selected. The right pane shows the 'Properties' tab for this material, which includes a table of properties and a list of buttons at the bottom.

Property	Value	Units
Elastic Modulus	204999.9984	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Shear Modulus	79999.99987	N/mm ²
Mass Density	7858.000032	kg/m ³
Tensile Strength	425.0000032	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	282.685049	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient	1.2e-005	/K
Thermal Conductivity	52	W/(m-K)

Buttons at the bottom: Open..., Apply, Close, Save, Config..., Help

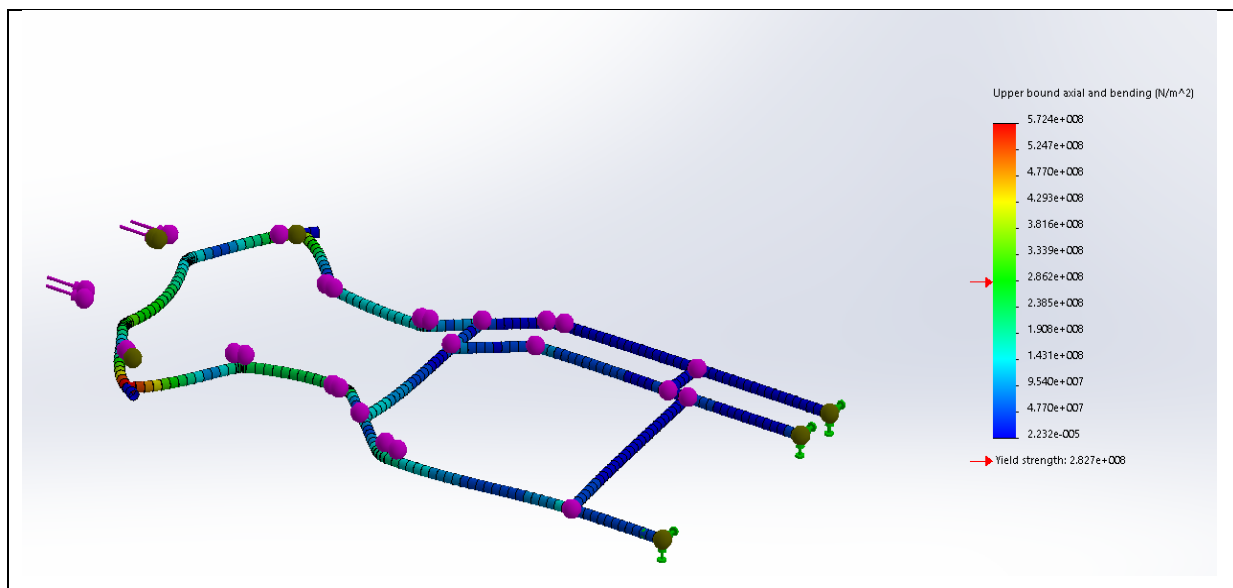
Εικόνα 4.12: Επιλογή υλικού

Και κατά τον ίδιο τρόπο θα υλοποιήσουμε και την ανάλυση του πλαισίου με αυτό το υλικό. Με την άσκηση της δύναμης έχουμε τις παρακάτω τιμές για κάθε χτύπημα σε διαφορετικές περιπτώσεις.



Εικόνα 4.13: Χτύπημα πίσω μέρους με Carbon Steel (τάσεις)

Στην 2^η περίπτωση κρούσης το αποτέλεσμα ανέρχεται στα 282 Μρα όπου αντιστοιχεί 2 φορές κάτω με αυτή του απλού χάλυβα. Θεωρείται, λογικό καθώς ανάμεσα στις ιδιότητες των δύο υλικών ο απλός χάλυβας φέρει πολύ περισσότερες αντοχές σε σχέση με τις σωλήνες carbon.



Εικόνα 4.14: Χτύπημα εμπρόσθιου μέρους με Carbon Steel (τάσεις)

4.4 Οικονομοτεχνικός έλεγχος κατασκευής

Στο σημείο αυτό θα αναφερθούμε στο κύριο σημείο της παρούσας πτυχιακής εργασίας μας που αποσκοπεί στην κατασκευή ενός kart από απλό χάλυβα και από σύνθετα υλικά κραμάτων. Ο σκοπός μας είναι να συνδυάσουμε τις παραπάνω αναλύσεις σε συνδυασμό με το κόστος για κάθε κατασκευή και την αντοχή που μπορεί να προσφέρει κάθε μια εξίσου.



Εικόνα 4.15: Ενδεικτική φωτογραφία οικονομικών παραγόντων (<https://www.peakpx.com>)

Η ανάλυση μας θα χωριστεί σε επιμέρους κομμάτια ανάλογα με τα εξαρτήματα που χρειαζόμαστε την αντοχή που παρουσιάζουν και τους οικονομικούς πόρους που χρειάζονται για να υλοποιηθεί μια τέτοιου είδους κατασκευή.

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ KART
Πλαίσιο (σωληνώσεις)
Άκρα σχήματος (Π)
Ψαλίδια σχήματος (Γ)
Ball joints + Ακραξόνια ατέρμονα
Ατέρμονας
Τιμόνι
Πίσω άξονας
Καβαλέτα + ρουλεμάν
Γρανάζι άξονα + κινητήρα
Σύστημα φρένων
Ελαστικά + ζάντες
Κάθισμα
Κινητήρας 125cc
Πεταλιέρα
Πολυεστερικά πλαστικά προστασίας οχήματος

Πίνακας 4.1: Δείγμα εισαγωγής πίνακα

4.4.1 Αντοχή των υλικών

Αναφέραμε, παραπάνω τα δύο υλικά κατασκευής του πλαισίου από απλό χάλυβα και από ανθρακούχο χάλυβα κραμάτων. Με γνώμονα αυτών των υλικών θα προσδιορίσουμε βάση των αποτελεσμάτων που βγάλαμε από την ανάλυση τις αντοχές καθώς και τις αστοχίες που παρουσιάζει το κάθε ένα ως προς στις τάσεις αλλά και τις παραμορφώσεις.

Η πρώτη μας επιλογή είναι του απλού χάλυβα ως (Alloy steel) όπου παρακάτω παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες που έχει.

Χαρακτηριστικά υλικού απλού χάλυβα (Alloy Steel)		
<i>Μέτρο ελαστικότητας</i>	210000	<i>N/mm²</i>
<i>Λόγος Poisson</i>	0.28	
<i>Μέτρο διάτμησης</i>	79000	<i>N/mm²</i>
<i>Πυκνότητα μάζας</i>	7700	<i>kg/m³</i>
<i>Αντοχή εφελκυσμού</i>	723.8256	<i>N/mm²</i>
<i>Όριο διαρροής</i>	620.422	<i>N/mm²</i>
<i>Θερμική διαστολή</i>	1.3e-005	<i>/K</i>
<i>Θερμική αγωγιμότητα</i>	50	<i>W/(m·K)</i>

Ειδική θερμότητα

460

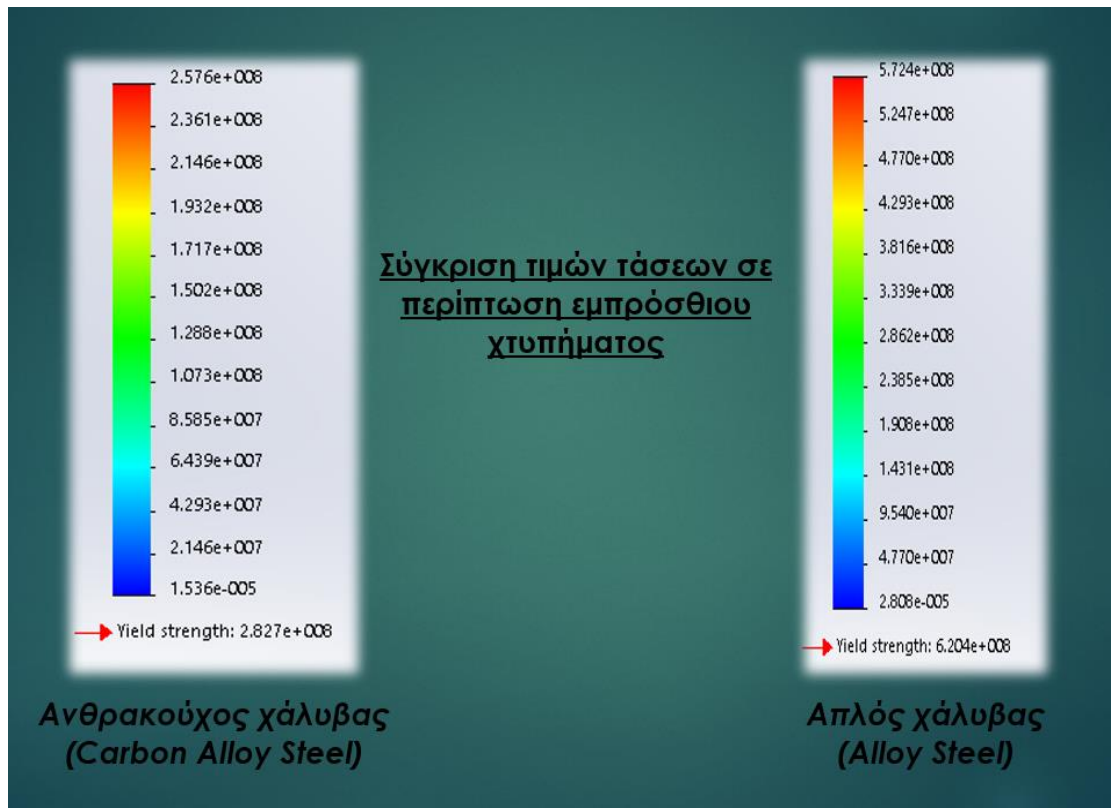
J/(kg·K)

Χαρακτηριστικά υλικού ανθρακούχου χάλυβα κραμάτων (1023 Carbon Steel Sheet)		
<i>Μέτρο ελαστικότητας</i>	<i>204999.9984</i>	<i>N/mm²</i>
<i>Λόγος Poisson</i>	<i>0.29</i>	
<i>Μέτρο διάτμησης</i>	<i>79999.99987</i>	<i>N/mm²</i>
<i>Πυκνότητα μάζας</i>	<i>7858.000032</i>	<i>kg/m³</i>
<i>Αντοχή εφελκυσμού</i>	<i>425.0000032</i>	<i>N/mm²</i>
<i>Όριο διαρροής</i>	<i>282.685049</i>	<i>N/mm²</i>
<i>Θερμική διαστολή</i>	<i>1.2e-005</i>	<i>/K</i>
<i>Θερμική αγωγιμότητα</i>	<i>52</i>	<i>W/(m·K)</i>
<i>Ειδική θερμότητα</i>	<i>486</i>	<i>J/(kg·K)</i>

Πίνακας 4.2: Δείγμα εισαγωγής πίνακα

Μέσω των παραπάνω πινάκων μπορούμε να συγκρίνουμε τα δύο υλικά ως προς τα χαρακτηριστικά τους και να καταλήξουμε στο κομμάτι της αντοχής και της αστοχίας ή παραμόρφωσης ως προς ποιο είναι καλύτερο και γιατί.

Με τα παραπάνω αποτελέσματα διαπιστώνουμε πως το μέτρο ελαστικότητας είναι περίπου ίσο και για τα δύο υλικά. Ωστόσο, η αντοχή εφελκυσμού παρουσιάζει 60% μεγαλύτερη τιμή από αυτή του ανθρακούχου χάλυβα. Εξίσου, και το όριο διαρροής όπου μας δείχνει στο διάγραμμα το σημείο στο οποίο θα γίνει η θραύση του υλικού φαίνεται κατά δύο φορές μικρότερο από αυτή του ανθρακούχου χάλυβα κάτι που το προσδιορίζουμε και οπτικά στην μελέτη αντοχής που κάναμε στα 2000 N και είδαμε ότι οι παραμορφώσεις είναι αρκετά αισθητές στην δεύτερη περίπτωση.



Εικόνα 4.16: Αποτελέσματα τάσεων για κάθε περίπτωση υλικού για εμπρόσθιο χτύπημα

Οδεύοντας προς το τέλος του πρώτου μέρους της ανάλυσης του οικονομοτεχνικού παραρτήματος παρατηρούμε τα αποτελέσματα της εικόνας 4.14. Βλέπουμε πως ο απλός χάλυβας παρουσιάζει **45%** μεγαλύτερη αντοχή ως υλικό από αυτή του ανθρακούχου χάλυβα. Με αυτό το αποτέλεσμα κρίνουμε πως μπορεί να μας εξασφαλίζει λιγότερο βάρος κατασκευής ο ανθρακούχος χάλυβας αλλά στο κομμάτι της ασφάλειας υστερεί ως υλικό.

4.4.2 Ανάλυση οικονομικών πόρων

Στο 2^ο μέρος θα μελετήσουμε, τα οικονομικά στοιχεία επίσης κατασκευής επίσης kart οχήματος. Αρκετά, εξαρτήματα θα πρέπει να διαχωριστούν από την ταξινόμηση μεταξύ χάλυβα και πολυεστερικών υλικών καθώς για λόγους ασφαλείας θα πρέπει να γίνουν από σιδηρούχα υλικά.

Ξεκινώντας, κατόπιν αναζήτησης επίσης κοστολόγιού για διάφορα εξαρτήματα και υλικών καταλήξαμε στα εξής συμπεράσματα όπου παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα:

ΑΠΛΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ (ALLOY STEEL)		CARBON MATERIALS	
ΕΞΑΡΤΗΜΑ	ΚΟΣΤΟΣ	ΕΞΑΡΤΗΜΑ	ΚΟΣΤΟΣ
Σασί Ø 33,7 mm x 2,6 mm - (1")	51,00 €	Σασί Ø 33,7 mm x 2,6 mm - (1")	611,00 €
Κολώνα τιμονιού	5,00 €	Κολώνα τιμονιού	75,00 €
Ατέρμονας	193,00 €	Ατέρμονας	193,00 €
Ψαλίδια			
Ακρα τυπου Γ			
Ball joints			
Τροχοί	225,00 €	Τροχοί	225,00 €
Ρουλεμάν πίσω	100,00 €	Ρουλεμάν πίσω	100,00 €
Τιμόνι	60,00 €	Τιμόνι + paddles	258,00 €
Κάθισμα (PVC) πλαστικό	70,00 €	Κάθισμα (Kevlar)	170,00 €
Πεταλιέρα	21,00 €	Πεταλιέρα	368,00 €
Μοτέρ (Rotex)	500,00 €	Μοτέρ	500,00 €
Γρανάζια	28,00 €	Γρανάζια (3d print)	26,00 €
Πίσω άξονας	10,58 €	Πίσω άξονας	40,00 €
Φρένο	120,00 €	Φρένο	120,00 €
Πατωμα	36,00 €	Πατωμα	221,00 €
ΣΥΝΟΛΟ	1.419,58 €	ΣΥΝΟΛΟ	2.907,00 €

Πίνακας 1: Κοστολόγηση εξαρτημάτων και κατασκευαστικών μερών



Εικόνα 4.17: Σωλήνα χάλυβα Φ33,7

Ο πρώτος πίνακας αναφέρεται επάνω στην κατασκευή επίσης kart οχήματος με σιδηρούχα υλικά. Το πρώτο και κύριο μέρος επίσης κατασκευής είναι οι σωληνώσεις που θα χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό, την μελέτη και την τελική συναρμογή. Η επιλογή έγινε για σωλήνα Φ33,7 mm δηλαδή 1" και μέσω επίσης βοηθητικής ιστοσελίδας tube fittings καταλήξαμε να έχουμε κόστος (**10,58 € / μέτρο**). Μέσω υπολογισμών από το σχέδιο που έφτιαξα βγάλαμε σύνολο μέτρησης ότι θα χρειαστούμε σωληνώσεις μήκους 4,5 μέτρων. Με γνώμονα την μέτρηση αυτή βγάλαμε ως τελικό αποτέλεσμα κόστους **10,58 × 4,5 m = 48 €**.



Εικόνα 4.18: Σωλήνα Carbon Φ33,7

Στην συνέχεια, έχουμε την κολώνα του συστήματος διεύθυνσης μαζί με το κάτω στέλεχος που συνδέεται με τα ψαλίδια του οχήματος. Το κόστος για απλής κατασκευής ανέρχεται στα 5€ ενώ για κατασκευή ελαφριά με την χρήση πολυεστερικών εξαρτημάτων αγγίζει τα 75 €.



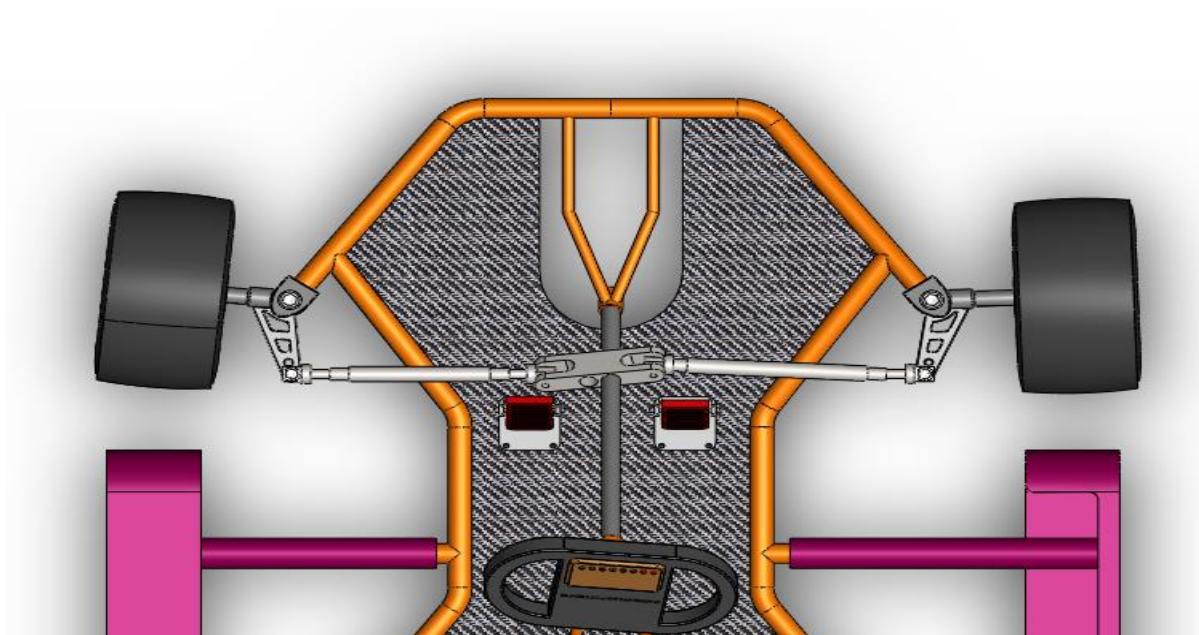
Εικόνα 4.19: Κολώνα τιμονιού επίσης Carbonparts.com

Στο σύστημα διεύθυνσης θα πρέπει να προσέξουμε την επιλογή των υλικών καθώς δεν μπορούμε να βάλουμε πολυεστερικά υλικά ή υλικά τα οποία δεν καλύπτουν τα απαραίτητα χαρακτηριστικά αντοχής και ασφάλειας του οχήματος. Για αυτό και στα παρακάτω εξαρτήματα που θα αναφέρουμε απαρτίζονται μόνο από σιδηρούχα υλικά.

- Ατέρμονας
- Ψαλίδια
- Άκρα τύπου Γ

- Ball joints (εμπορίου)

Η τιμή επίσης είναι στα **193 €** και επιλέγονται ανάλογα την χρήση που προορίζονται και την ασφάλτο που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.



Εικόνα 4.20: Σύστημα διεύθυνσης

Η επιλογή του σωστού τύπου ελαστικών καρτ είναι ένα από τα βασικά καθήκοντα σε έναν αγώνα. Κάθε τύπος ελαστικού καρτ έχει σχεδιαστεί για μια συγκεκριμένη εφαρμογή (τύπος αγώνα ή καρτ) και αποδίδει διαφορετικά ανάλογα με επίσης συνθήκες επίσης πίστας.

Για παράδειγμα, τα slick ελαστικά έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν μέγιστη πρόσφυση σε κανονικές και στεγνές συνθήκες πίστας, όπου τα ελαστικά βρεγμένου βελτιστοποιούνται ώστε να αποδίδουν καλά σε βρεγμένες και υγρές συνθήκες πίστας.

Κάθε τύπος ελαστικού διαθέτει διαφορετικές ενώσεις, νήματα, μεγέθη και έχει σχεδιαστεί για διαφορετικές εφαρμογές. Παρακάτω, θα εξετάσουμε κάθε τύπο ελαστικού με λίγο περισσότερες λεπτομέρειες.



- Για ξηρές συνθήκες αγώνα
- Σκληρή, μέτρια, μαλακή γόμα
- Πολλαπλές κατηγορίες καρτ

Εικόνα 4.21: Slick ελαστικά (<https://www.gokartguide.com>)

Τα Slick ελαστικά είναι σπάνια αγωνιστικά ελαστικά καρτ που είναι σχεδιασμένα με λεία κλωστή και βελτιστοποιημένα για μέγιστη πρόσφυση σε ξηρές καιρικές συνθήκες. Οι κατασκευαστές συνήθως προσφέρουν τρεις διαφορετικές ενώσεις για slick go-kart ελαστικά, τα οποία είναι μαλακά, μεσαία και σκληρά.

Τα μαλακά ελαστικά αποδίδουν το μεγαλύτερο κράτημα, αλλά φθείρονται γρηγορότερα, ενώ τα σκληρά ελαστικά διαρκούν περισσότερο, αλλά συμβιβάζονται με το κράτημα. Τα αγωνιστικά ελαστικά μεσαίου σύνθετου είναι συνήθως το μεσαίο έδαφος



- Για συνθήκες υγρής πίστας
- Σκληρή, μέτρια, μαλακή γόμα
- Πολλαπλές κατηγορίες καρτ
- Ελαστικά με σπείρωμα

Εικόνα 4.22: βρόχινα ελαστικά (<https://www.gokartguide.com>)

Τα βρόχινα ελαστικά, ονομάζονται επίσης ελαστικά βροχής, χρησιμοποιούνται για αγώνες καρτ με συνθήκες βρεγμένης ή υγρής πίστας. Όταν βρέχει, το νερό συσσωρεύεται στην επιφάνεια επίσης πίστας και λειτουργεί ως στρώμα μεταξύ επίσης πίστας και του ελαστικού καρτ.

Επομένως, τα ελαστικά καρτ για βρεγμένες συνθήκες είναι συνήθως με σπείρωμα. Τα ελαστικά με σπείρωμα έχουν αυλακώσεις στην επιφάνεια που έχουν σχεδιαστεί για να

αποτρέπουν την υδρολίσθηση (γνωστή και ως υδρολίσθηση) σπρώχνοντας το νερό μακριά από τα ελαστικά.

Ομοίως, τα ελαστικά υγρού αέρα μπορούν να είναι πιστοποιημένα CIK-FIA για αγωνιστές που συμμετέχουν σε ανταγωνιστικούς αγώνες ή μη αναγνωρισμένα για μη ανταγωνιστικούς αγώνες. Είναι επίσης σύνηθες να υπάρχει κλιμακωτή ρύθμιση για υγρά ελαστικά.

Ο κινητήρας που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι της Rotax όπου το κόστος ανέρχεται στα **500 – 3000 €** αναλόγως τις απαιτήσεις που έχουμε και το πρωταθλητισμό που θέλουμε να ακολουθήσουμε. Οι κινητήρες ταξινομούνται βάση των κυβικών τους όπου στα ενοικιαζόμενα καθορίζονται από (50-125) κυβικά ενώ για επαγγελματική αγωνιστική χρήση τα κυβικά και η ιπποδύναμη ανεβαίνουν πολύ παραπάνω.



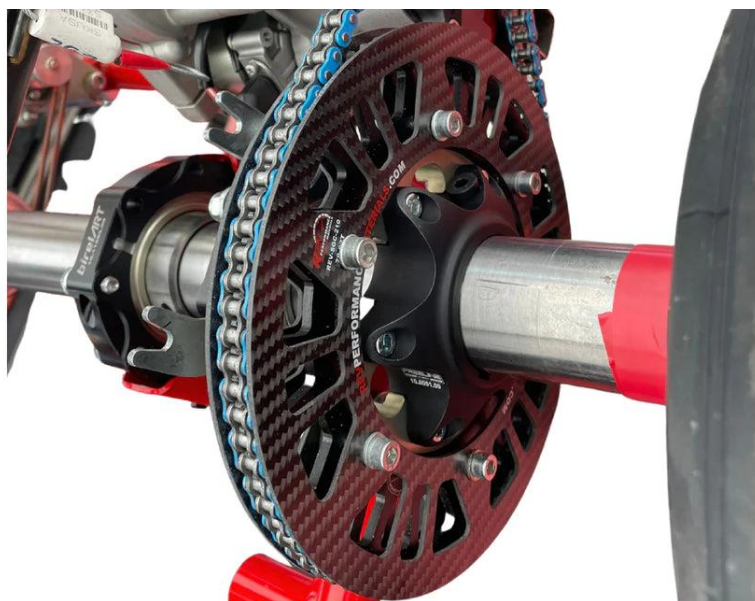
Εικόνα 4.23: Κινητήρας Rotax (<https://sebpowerkarting.fr>)

Στην συνέχεια, έχουμε το κομμάτι της μετάδοσης της κίνησης όπου θα χρησιμοποιήσουμε τα 2 γρανάζια του κινητήρα και του πίσω άξονα καθώς και τον πίσω άξονα. Τα γρανάζια θα πρέπει τα δόντια τους για λόγους ασφαλείας και στιβαρότητας να είναι αναγκαστικά από σιδηρούχο υλικό ενώ η βάση όπου θα εφαρμόζουν μπορεί να κατασκευασθεί και από πολυεστερικά υλικά εξίσου. Για σιδηρούχα γρανάζια το κόστος του οδοντωτού τροχού του κινητήρα είναι στα 30€.



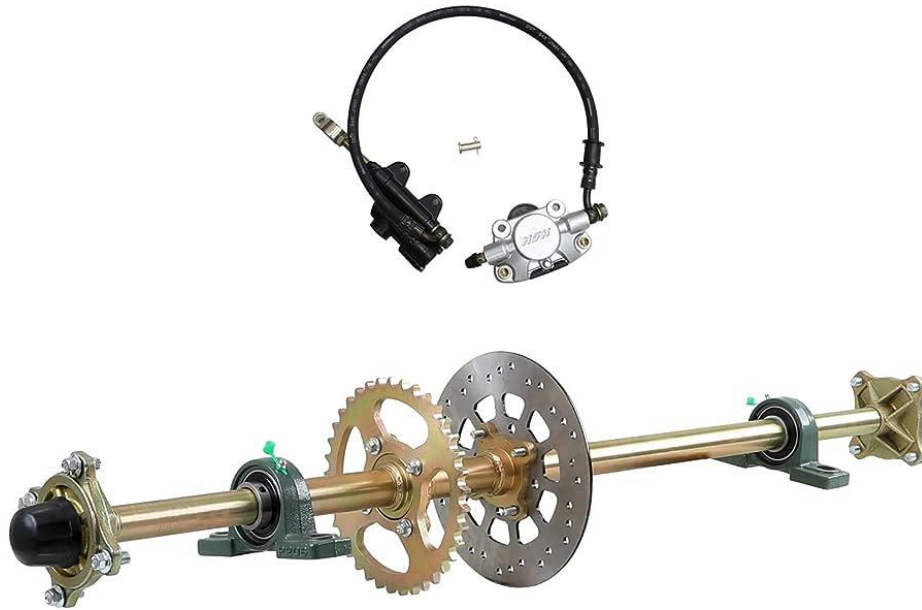
Εικόνα 4.24: Γρανάζι κινητήρα Rotax 16 T (rotaxshop.gr)

Υπάρχουν, και γρανάζια με πολυεστερική βάση των οποίων η σύνδεση γίνεται μέσω οπών και ενώνεται με το επάνω κέλυφος που φέρει τα δόντια του οδοντωτού τροχού. Αυτών των ειδών βρίσκονται σε ένα μήκος κύματος οικονομικό μεταξύ **(50-150€)**



Εικόνα 4.25: Γρανάζι κινητήρα Rotax 16 T (<https://revperformancematerials.com>)

Από τα τελευταία κομμάτια της πίσω πλευράς ενός καρτ οχήματος είναι ο άξονας όπου παραλαμβάνει την κίνηση και την μεταδίδει στους τροχούς καθώς και τα φρένα που εμπλέκονται επάνω στο άξονα. Ο άξονας θα πρέπει να είναι από σιδηρούχα υλικά και μόνο για λόγους ασφαλείας και ανέρχεται στα **250 €**.



Εικόνα 4.26: Πίσω άξονας οχήματος καρτ με το σύστημα φρένων (<https://www.amazon.com/Fuerduo-Sprocket-Pillow-Master-Cylinder/dp/B08VDCT6SH>)

Στο επόμενο κομμάτι, έχουμε την πεταλιέρα η οποία συνηθίζεται να κατασκευάζεται από πολυεστερικά υλικά. Το υλικό Carbon είναι κοινός ευρέως για την χρήση δημιουργίας τους καθώς και την υποστήριξη πολύπλοκων κατασκευών με γωνίες και καμπυλότητες. Η τιμή κόστους είναι στα **400 €**.



Εικόνα 4.27: Πεταλιέρα (<https://www.pmckart.com>)

Τέλος, έχουμε το κάθισμα το οποίο κατασκευάζεται εξίσου από πολυεστερικά υλικά και συνήθως από το υλικό του Kevlar. Κοστολογείται στα 150€ μαζί με τις ζώνες και τις βάσεις στα **300€** και εμπεριέχει 2 χρόνια έγκριση από την FIA. Τα πατώματα φτιάχνονται από

πολυεστερικά υλικά και αυτά για μείωση του βάρους και συνήθως κατασκευάζονται από καλούπι της συγκεκριμένης κατασκευής.



Εικόνα 4.28: Κάθισμα Kevlar (<https://secondhand-karting.co.uk>)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Καταλήγουμε, θέτοντας όλα τα εξαρτήματα στο τραπέζι και συγκρίνοντας μεταξύ της ασφάλειας και της κοστολόγησης των εξαρτημάτων από σιδηρούχα υλικά και από πολυεστερικά υλικά. Παρατηρούμε, πως τα σιδηρούχα υλικά παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερες αντοχές σε σύγκριση με αυτών από πολυεστερικά. Ωστόσο, η αναλογία των κόστων τινάζεται καθώς ένα καρτ από πολυεστερικά υλικά ανέρχεται έως και 2 φορές παραπάνω από την τιμή του απλού σιδήρου. Αυτό, συμβαίνει καθώς το βάρος του οχήματος είναι έως και 8 φορές λιγότερο από το κανονικό. Με αυτό τον τρόπο βλέπουμε πως η χρήση σιδηρούχων υλικών υπερισχύει στο κομμάτι το οικονομικό και της ασφάλειας αλλά στο αγωνιστικό κομμάτι του πρωταθλητισμού είναι πολύ ανώτερο ένα καρτ όχημα από υλικά όπως (carbon, Kevlar) κλπ. Έτσι, καταλήγουμε πως το συνολικό κόστος των πολυεστερικών υλικών ανέρχεται στα **2900 €** σε αντίθεση του απλού χάλυβα όπου κυμαίνεται στα **1420 €**. Να σημειώσουμε πως τα τρέχον κόστη μπορούν στην κάθε περίπτωση να αυξηθούν με την επιλογή πιο ακριβών εξαρτημάτων και εξίσου μεγιστοποίηση της απόδοσης ισχύος του κινητήρα (σε μεγαλύτερα κυβικά) ή επιλογή πιο επαγγελματικών ελαστικών. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία έγινε η επιλογή του μικρότερου κυβισμού κινητήρα καθώς και ελαστικά ερασιτεχνικής χρήσης.



Εικόνα 4.29: Διάγραμμα υλικών

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΕΣ

- https://en.wikipedia.org/wiki/Kart_racing
- <https://tkart.it>
- <https://amvkartcomponents.com/Kart-Wheels-Explained-c52471058>
- <https://gokart36.com/go-kart-engines/>
- <https://www.gokartguide.com/go-kart-tires>
- <https://tubefittings.eu/el/solinas/1700-galvanismenos-solinas-33-7-x-2-6-mm.html>
- <https://www.skroutz.gr/s/27836302/Pathos-%CE%A3%CF%89%CE%BB%CE%AE%CE%BD%CE%B1%CF%82-Carbon-120cm-%CE%A626-%CE%A630.html>