ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

Συστήματα Αυτοματισμού

Μεταπτυχιακή εργασία

Καρλής Νικόλαος

Διπλωματούχος Μηχανολόγος & Αεροναυπηγός Μηχανικός

Σχεδιασμός σπαστού πλαισίου ποδηλάτου πόλης

Επιβλέπων: Δρ. - Μηχ. Δ. Κουλοχέρης

Αθήνα 2012

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΠΑΣΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΠΟΛΗΣ

Καρλής Νικόλαος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου 'Συστήματα Αυτοματισμού'. Απαιτήθηκε έρευνα στο διαδίκτυο, στην βιβλιοθήκη του Ε.Μ.Π. και άλλων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων της χώρας, καθώς και συνεργασία με τοπικούς εμπόρους ποδηλάτων, για την εύρεση και εκμετάλλευση των πληροφοριών που αποκτήθηκαν.

Αντικείμενο της διπλωματικής είναι ο σχεδιασμός ενός σπαστού πλαισίου ποδηλάτου πόλης, ικανός να ανταγωνιστεί τα υπάρχοντα μοντέλα στην αγορά, δημιουργώντας έτσι νέες ευκαιρίες εργασίας στους δύσκολους αυτούς καιρούς.

Τα αναδιπλούμενα ποδήλατα, αν και έχουν εφευρεθεί εδώ και χρόνια, τον τελευταίο καιρό, με την άνοδο των τιμών των καυσίμων, την επαγρύπνηση των πολιτών για το περιβάλλον, αποκτούν όλο και μεγαλύτερο κοινό. Έχουν δημιουργηθεί πλέον εταιρίες παγκοσμίως που κατασκευάζουν αποκλειστικά και μόνο τον συγκεκριμένο τύπο ποδηλάτου. Τι κρύβεται όμως πίσω από κάτι που εκ πρώτης όψεως φαίνεται απλό;

Για να ξεκινήσει ο σχεδιασμός ενός νέου προϊόντος, πρέπει να γίνει πρώτα μια προεργασία. Τι ακριβώς απαιτούν αυτή τη στιγμή οι σύγχρονες τάσεις; Έρευνα στην ιστορία του ποδηλάτου για ιδέες που ίσως με τα σύγχρονα εργαλεία να είναι πραγματοποιήσιμες. Έλεγχος αγοράς, για το εάν υπάρχει αυτό που θα σχεδιαστεί, και πως είναι κατασκευασμένο, ώστε να υπάρξουν κάποιες βάσεις. Κάποια σημεία τα οποία θα αποτελέσουν την αφετηρία για το νέο πλαίσιο. Σύμφωνα με την ύλη που διδάχτηκε στα πλαίσια του μαθήματος «Σχεδιασμός νέων βιομηχανικών Προϊόντων», θα γίνει εκμετάλλευση κάθε πιθανής πηγής έμπνευσης καινοτομίας ώστε το νέο πλαίσιο να έχει όσο το δυνατόν περισσότερη αναγνωρισμένη επιτυχία όταν βγει στην αγορά. Προφανώς στα χαρακτηριστικά που θα συντελέσουν στην επιτυχία του, πρέπει να είναι και οι κανονισμοί της ευρωπαϊκής Ένωσης. Έτσι αφότου απομονωθούν τα χαρακτηριστικά των υπαρχόντων πλαισίων ποδηλάτων πόλης, και αφομοιωθούν στο μέτρο του δυνατού στο νέο πλαίσιο, θα πρέπει να γίνουν έλεγχοι αντοχής, οι οποίοι πρέπει να πληρούν τους προαναφερθέντες κανονισμούς.

Τα κεφάλαια που ακολουθούν προσπαθούν να δώσουν μια απάντηση σε όλες τις παραπάνω σκέψεις και απορίες που αναφέρθηκαν, με στόχο ένα νέο βελτιωμένο, ανταγωνιστικό και πραγματοποιήσιμο μοντέλο, που θα μπορεί ενδεχομένως να αποτελέσει το έναυσμα για μια νέα βιομηχανία στην Ελλάδα.

ABSTRACT

The present Thesis was developed within the Interdepartmental Program of Postgraduate Studies at National Technical University 'Automation Systems'. Thorough research for information, took place on the internet, the library of the NTUA and other educational institutions of the country, as well as cooperating with local dealers, in order to find and exploit all the information acquired.

Subject of the project is to design a foldable bicycle city frame, capable of competing with existing models on the market, thus creating new job opportunities in these difficult times.

Folding bicycles, although they have been invented for years, with the rise in fuel prices that occurred lately and in conjunction with the alerted, on environmental issues, people, are becoming more and more popular. Nowadays companies exist worldwide that manufacture only this specific type of bicycle. But what lies behind in something that at first glance seems simple?

In order for the designing stage to take place, some preparations must be made. What exactly are the modern trends that define something as attractive? Research must take place, in the history of cycling, looking for ideas and solutions, that may were impossible with the tools given at that time, but can be made feasible with modern tools. By taking a look at the market, someone can be sure if what he has in mind exists, and how it is made, and thus he can have some foundation, based on this existing product, in order to invent something new. According to the syllabus of the course “Design of new Industrial Products”, every possible source of inspiration or innovation on folding bicycles will be exploited, in order for the new frame to have the best possibilities of success, when it hits the market. Obviously one of the aspects that will contribute to its success, and must be taken into account, are the European Union Regulations. Therefore after we isolate the main features of the existing foldable bicycles, and we, up to a point, assimilate them on the new frame, a certain number of tests must be made, in order to confirm that the bicycle is compliant to the above regulations.

The following chapters try to come up with an answer to all the above thoughts and queries, in order to design a new improved, competitive and feasible model, that might eventually become the cradle for a new type of industry in Greece.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ iii
ABSTRACT iv
1.0 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8
1.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ 8
1.2 ΤΥΠΟΙ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ 17
1.2.1 Ποδήλατα ορεινής ποδηλασίας 17
1.2.2 Ποδήλατα Τουρισμού 18
1.2.3 Ποδήλατα πόλης 18
1.2.4 Ποδήλατα BMX 19
1.2.5 Ποδήλατα Δρόμου 19
1.2.6 Ποδήλατα Πίστας 20
1.2.7 Σπαστά ποδήλατα 21
1.2.8 Ηλεκτρικά ποδήλατα 21
2.0 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 22
2.1 ΤΜΗΜΑΤΑ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ 22
2.1.1 Σύνδεσμοι (Lugs) 23
2.1.2 Head Tube 23
2.1.3 Top Tube & Down Tube 23
2.1.4 Σωλήνας Σέλας (Seat Tube) 24
2.1.5 Ψαλίδια (Chain stays & Seat stays) 25
2.1.6 Μεσαία τριβή (Bottom Bracket) 26
2.2 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ 27
2.3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ 31
3.0 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 37
3.1 ΟΡΙΣΜΟΙ CAD-CAE 37
3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ 39
3.3 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ 41
3.4 Το σχεδιαστικό πρόγραμμα INVENTOR και τα εργαλεία του 44
4.0 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 50
4.1 STATE OF THE ART ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΩΝ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ 50
4.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ & ΥΛΙΚΩΝ 58
4.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ 63
4.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ 66

4.5 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΛΥΣΗΣ – ΑΡΜΟΓΗΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ 72
5.0 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 74
5.1 ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΑΣΚΟΥΝΤΑΙ 74
5.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ F.E.A. 78
5.3 ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟ INVENTOR 80
5.4 ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΣΩ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟ INVENTOR 83
6.0 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 98
7.0 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 100

1.0 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

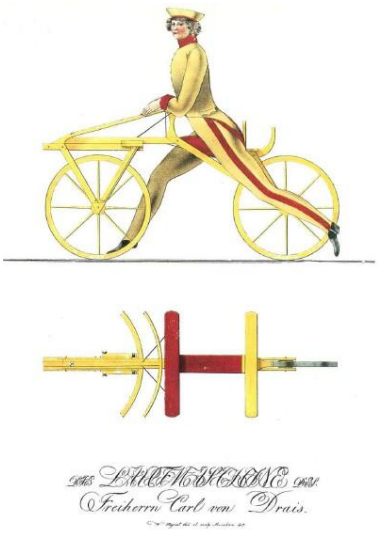
1.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ

Δεδομένου ότι το ποδήλατο σαν κατασκευή είναι αρκετά απλή, θα μπορούσε κανείς να υποθέσει ότι πρόκειται για μια εφεύρεση που η αρχή της χάνεται στα βάθη των αιώνων. Ψάχνοντας όμως, θα ανακαλύψει ότι δεν είναι έτσι.

Η πρώτη εμφάνιση του ποδηλάτου, προέρχεται από ένα σκίτσο λέγεται ότι είναι από 1493 και αποδίδεται στον Gian Giacomo Caprotti, ένας μαθητής του πασίγνωστου Leonardo da Vinci. Ο Hans-Erhard Lessing πρόσφατα ισχυρίστηκε ότι αυτός ο ισχυρισμός είναι απάτη, χωρίς ωστόσο να μπορεί να έχει αδιάσειστα στοιχεία που να επιβεβαιώνουν τον ισχυρισμό του. (1)

Φωτογραφία ενός πραγματικού μοντέλου του σχεδίου ποδηλάτου από τον Gian Giacomo Caprotti (1493)

Αργότερα εμφανίστηκαν και άλλοι που διεκδίκησαν την ‘πατρότητα’ του ποδηλάτου. Παρόλα αυτά, Η πρώτη επαληθεύσιμη εμφάνιση, για κάτι που μοιάζει με ποδήλατο που χρησιμοποιείται ανήκει στον γερμανικό βαρόνο Karl von Drais, υπηρέτη του Μεγάλου Δούκα του Baden στη Γερμανία . Ο Drais εφηύρε Laufmaschine του (γερμανικά για το ‘Μηχανή τρεξίματος’) του 1817 που ονομαζόταν Draisine (αγγλικά) ή Draisienne (γαλλικά) από τον Τύπο (2). Ο Karl von Drais κατοχύρωσε την εφεύρεση με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1818, το οποίο ήταν το πρώτο εμπορικά επιτυχημένο δίτροχο, με δυνατότητα αλλαγής κατεύθυνσης, και πηγή ενέργειας, τον άνθρωπο. Έμμεσες αποδείξεις δείχνουν ότι το ενδιαφέρον Drais για το ποδήλατο οφείλεται στον αγώνα του να βρει μια εναλλακτική λύση για τα άλογα, που την εποχή εκείνη πέθαιναν από πείνα, λόγω αποτυχημένης σοδιάς. Κατασκευασμένο σχεδόν εξ ολοκλήρου από ξύλο, η draisine ζύγιζε 22 κιλά (48 κιλά), είχαν δακτυλίους ορείχαλκου εντός των ρουλεμάν τροχών, τροχούς με σίδερο περιμετρικά, και ένα πίσω φρένο.



Αριστερά: Αφίσα του μοντέλου *Draisine* της εποχής
Δεξιά: Ξύλινη Draisine (γύρω στο 1820) το πρώτο δίτροχο

Αυτό το σχέδιο προσέφερε τροφή για σκέψη στα τότε επίδοξη μηχανικά μυαλά της εποχής, με αποτέλεσμα πολλές παραλλαγές του να εμφανιστούν ανά τον κόσμο και κατά κύριο λόγο στη Δυτική Ευρώπη και στη Βόρεια Αμερική. Η δημοτικότητά της ωστόσο, εξασθένισε γρήγορα λόγω της αύξησης του αριθμού ατυχημάτων έως κάποιες αρχές της πόλης απαγόρευσαν τη χρήση του.

Την δεκαετία του 1830, εμφανίζεται το πρώτο μηχανοκίνητο ποδήλατο, από τον σκωτσέζο σιδερά Kirkpatrick MacMillan, το 1839. Το σχέδιο έμοιαζε με τις αρχικές ατμομηχανές που με την βοήθεια αξόνων μετέτρεπαν την ευθύγραμμη κίνηση σε κυκλική.

Ένα παρόμοιο μηχάνημα κατασκευάστηκε από τον Gavin Dalzell της Lesmahagow, περίπου το 1845. Αν και δεν φαίνεται ο Gavin να πήρε την ευθύνη για την εφεύρεση της μηχανής, πιστεύεται ότι αντέγραψε την ιδέα, επειδή αναγνώρισε τη δυνατότητα της, να τον βοηθήσει με τις τοπικές επιχειρήσεις του. Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι χρησιμοποίησε το ποδήλατο, για να μεταφέρει τα εμπορεύματά του στην αγροτική κοινότητα γύρω από το σπίτι του. Ένα αντίγραφο υπάρχει ακόμα σήμερα στο Μουσείο της Γλασκώβης Μεταφορών και θεωρείται να είναι το παλαιότερο ποδήλατο που υπάρχει σήμερα.

Τα πρώτα εμπορικά ποδήλατα που άνοιξαν το δρόμο για την μετέπειτα επιτυχημένη πορεία του εμφανίστηκαν στο διάστημα 1868-1870. Με απλούστερο σχέδιο από του Macmillan, είχαν

περιστρεφόμενους άξονες και πετάλια στον μπροστινό τροχό, επιτρέποντας έτσι στον αναβάτη να αναπτύξει μεγαλύτερες ταχύτητες. Αυτό όμως είχε και τα όριά του, καθώς έθετε θέματα ισορροπίας και άνεσης, προσπαθώντας να κρατήσει κανείς το ποδήλατο σε ευθεία γραμμή. Το γεγονός ότι ο μπροστινός τροχός, που χρησιμοποιούνταν και για την στροφή, είχε πάνω του τα πετάλια ήταν από τα βασικότερα μειονεκτήματα των συγκεκριμένων ποδηλάτων.

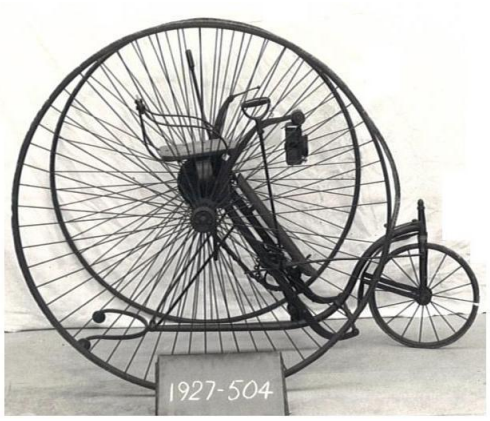
Τα πλαίσια άρχισαν να γίνονται από μέταλλο, κάτι που μείωσε το βάρος τους, επέτρεψε πιο λεπτεπίλεπτα σχέδια, αλλά πιο σημαντικό είναι ότι έγινε δυνατή η μαζική παραγωγή τους. Από τότε άρχισαν να εμφανίζονται και οι πρώτες διαφοροποιήσεις, σε μηχανισμούς όπως τα φρένα, με κάθε κατασκευαστή να έχει ξεχωριστό μηχανισμό.

Το 1868 οι αδερφοί Olivier, διανύουν την απόσταση Παρίσι – Avignon σε μόλις 8 ημέρες, αναγνωρίζοντας την αξία του ποδηλάτου. Έπειτα από αυτό το κατόρθωμα, συνεργάζονται με τον Pierre Michaux και με έναν μηχανικό, και ανοίγουν την πρώτη επιχείρηση, που παρήγαγε μαζικά ποδήλατα, αντικαθιστώντας το ξύλινο πλαίσιο από δυο χυτά μεταλλικά κομμάτια ενωμένα μεταξύ τους με βίδα. Η επιτυχία που γνώρισε η εταιρία τους, ώθησε και άλλους να μιμηθούν το παράδειγμά τους.

Ποδήλατο “Velocipede” από τον Michaux

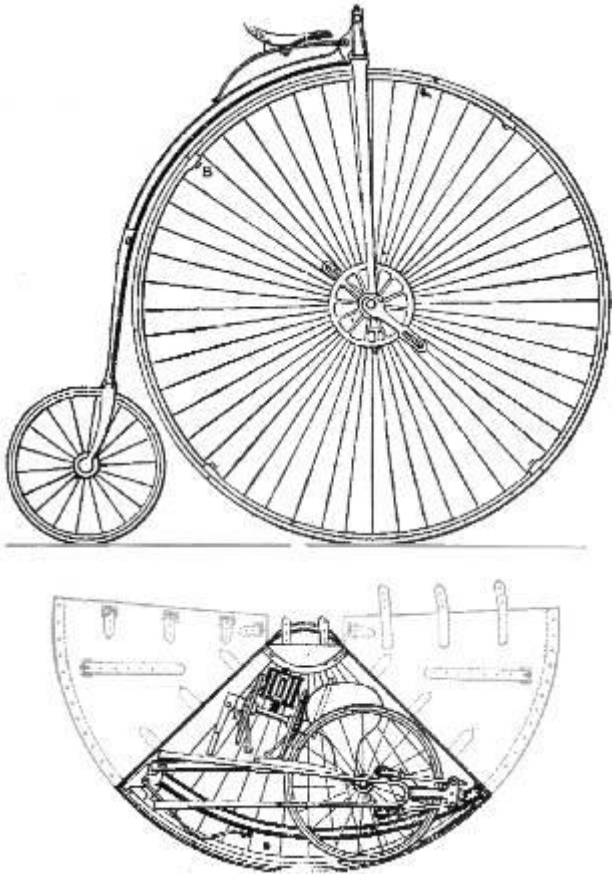
Η μετέπειτα εξέλιξη του ποδηλάτου, αν και κάπως παράλογη εκ’ πρώτης όψεως, έκρυβε την λογική της τότε εποχής. Λόγω των κραδασμών από τους μεταλλικούς τροχούς, το ποδήλατο άρχισε να αλλάζει σχήμα. Ο μπροστινός τροχός μεγάλωσε πάρα πολύ ενώ ο πίσω, μίκρυνε πάρα πολύ και το πλαίσιο γίνεται ακόμα πιο ελαφρύ, επιτρέποντας έτσι μεγαλύτερες ταχύτητες. Γεννήθηκε έτσι το High Bicycle από τον γάλλο Eugene Meyer, ο οποίος εισήγαγε και τα ακτινικά σώτρα, το 1869.

Ταυτόχρονα, ο James Starley, πατέρας της βρετανικής ποδηλατοποιίας, εισάγει μια εξοχή στο πλαίσιο για την πιο ομαλή ανάβαση στο ποδήλατο, ενώ χρησιμοποιεί συμπαγή λάστιχα στους τροχούς, επιτυγχάνοντας έτσι μια διάμετρο τροχού έως και 1.5m. Τα ποδήλατα αυτού του τύπου ήταν γρήγορα μεν αλλά καθόλου ασφαλή. Σε περίπτωση που έβρισκε σε ανωμαλία του δρόμου, μπορούσε πολύ εύκολα να ανατραπεί και να σκοτώσει τον ποδηλάτη. Το γεγονός αυτό έκανε τα Βικτωριανά-ποδήλατα, να αποτελούν κυρίως ασχολία των νεαρών αντρών. Οι πιο ηλικιωμένοι προτιμούσαν τα τρίκυκλα ή τετράκυκλα που προσέφεραν ασφάλεια.



"Royal Salvo" Τρίκυκλο της Βασίλισσας Βικτωρίας

Η δημιουργία ενός ασφαλούς ποδηλάτου, ήταν η πιο σημαντική αλλαγή στην ιστορία του ποδηλάτου, στις δεκαετίες που ακολούθησαν. Η εισαγωγή της αλυσιδωτής κίνησης στον πίσω τροχό έγινε το 1879, σε ένα ποδήλατο που ονομάστηκε Κροκόδειλος, από τον Henry Lawson. Το ποδήλατο αυτό λόγω της μικρής πίσω ρόδας δεν ανέδειξε την πραγματική του αξία, και δεν γνώρισε την επιτυχία που του άξιζε. Το 1878, ο άγγλος William Grout μέλλει να γίνει ο πατέρας του σπαστού ποδηλάτου, εφευρίσκοντας στην ουσία ένα ποδήλατο που δεν ήταν πραγματικά σπαστό. Το ποδήλατό του είχε μια τεράστια μπροστινή ρόδα, η οποία όμως έσπαγε σε διάφορα κομμάτια.



Το πρώτο σπαστό ποδήλατο από τον William Grout (1878)

Το πρώτο 'ασφαλές' ποδήλατο εφευρέθηκε το 1885 από τον John Kemp Starley (ανιψιό του προαναφερθέντος), ονομαζόμενο ROVER. Χαρακτηριστικό του , ο περιστρεφόμενος μπροστινός τροχός

με μια μικρή μετατόπιση προς τα εμπρός για καλύτερο ζύγιασμα, η χρήση ίδιων τροχών μπρος-πίσω, και η αλυσίδα να μεταδίδει την κίνηση στον πίσω τροχό.

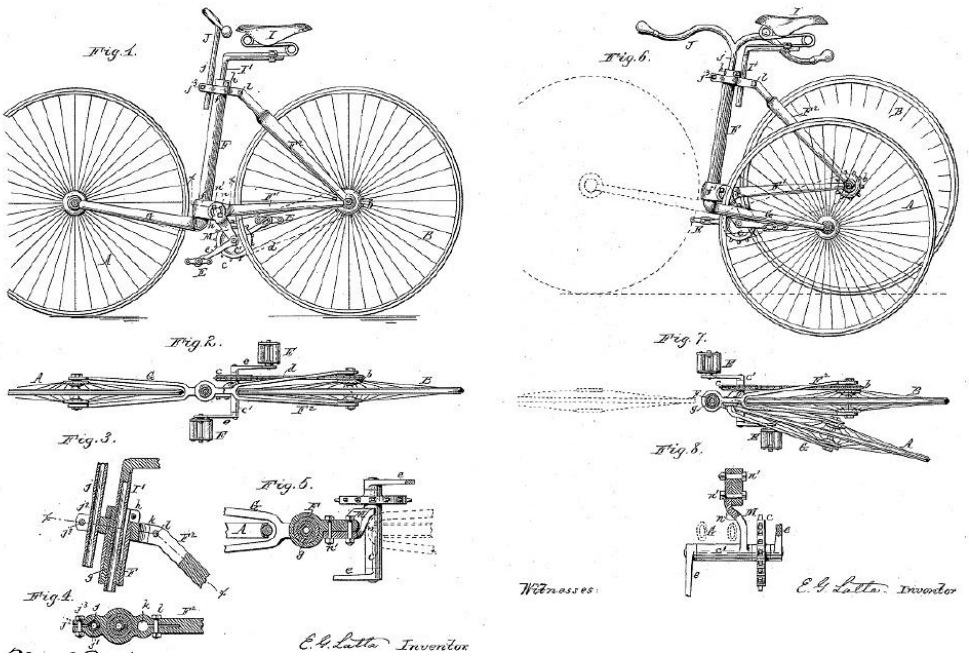
Στον δρόμο για την επιτυχία του συγκεκριμένου ποδηλάτου, ήρθε να βοηθήσει και η εφεύρεση του John Dunlop, τα φουσκωτά λάστιχα. Χάρις αυτά, το ποδήλατο που μέχρι τότε έχανε σε άνεση από το High Bicycle, τώρα προσέφερε άνετη διαδρομή και σε πλακόστρωτο αλλά και σε χωμάτινες διαδρομές, απορροφώντας τους κραδασμούς, και κάνοντας έτσι την χρήση των αποσβεστήρων, που είχαν κάνει την εμφάνισή τους, περιττή.

Η χρήση γραναζωτής μετάδοσης κίνησης, βελτίωσε την άνεση και αύξησε το φάσμα ταχυτήτων των ποδηλάτων. Μεταδίδοντας την κίνηση στον πίσω τροχό, ο οποίος δεν όριζε την πορεία του ποδηλάτου, οι διαδρομές με ποδήλατο έγιναν πιο ομαλές, και ελαχιστοποίησαν τον κίνδυνο τραυματισμού λόγω ποδηλατισμού, καθώς ο ποδηλάτης μπορούσε να δώσει την ίδια δύναμη ακόμα και κατά την διάρκεια στροφής, χωρίς να χρειάζεται να προσέχει όπως έκανε στα ποδήλατα με την κίνηση μπροστά, την μη ευθυγραμμισμένη κίνηση που έπρεπε να κάνει.

Με τέσσερα κύρια χαρακτηριστικά: άνεση, ασφάλεια, ταχύτητα και ευκολία περιστροφής, το High Bicycle βελτιώθηκε και έγινε πολύ δημοφιλές στην υψηλή κοινωνία, αλλά και την μέση τάξη, καθώς μπορούσαν να κάνουν ποδηλασία και οι γυναίκες, χωρίς πρόβλημα. Μάλιστα, οι τότε φεμινίστριες, το αποκαλούσαν «Μηχανή της ελευθερίας».

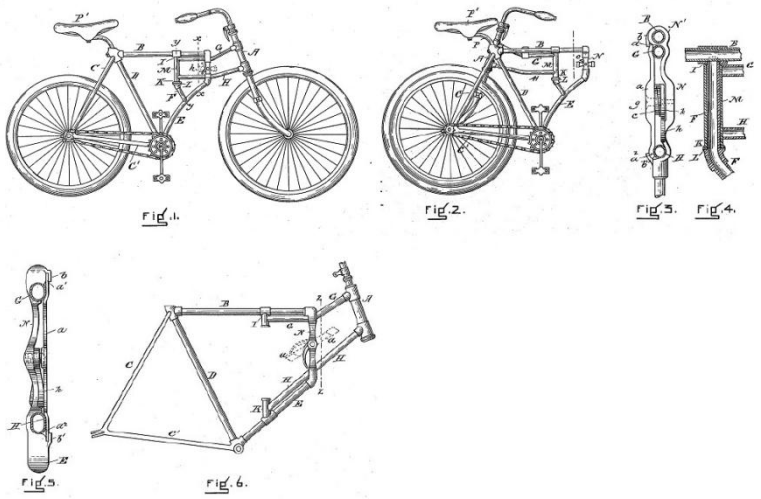
Κάπου εδώ πρέπει να σημειωθεί η συνέπεια που είχε η χρήση του ποδηλάτου από τις γυναίκες. Χάρις αυτό, για πρώτη φορά στην ιστορία, οι γυναίκες απέκτησαν μεγάλη ευελιξία μετακίνησης, δίνοντας τους έτσι την δυνατότητα να συμμετέχουν περισσότερο στα κοινά των δυτικών κοινωνιών. Χάρις την ασφάλεια που πρόσφερε, και τις τιμές να πέφτουν συνεχώς, το ποδήλατο έγινε σχεδόν αναπόσπαστο ‘αξεσουάρ’ των γυναικών, χαρακτηρίζοντας έτσι την «Σύγχρονη γυναίκα του 19^{ου} αιώνα», δίνοντάς τους μια αίσθηση ελευθερίας και δυνατότητας να στηριχτούν περισσότερο στον εαυτό τους (1).

Η πρώτη επιβεβαιωμένη έγκυρη εμφάνιση ενός σπαστού ποδηλάτου έγινε από τον αμερικάνο Emmit G. Latta, ο οποίος πατεντάρισε την εφεύρεσή του στις 16 Σεπτεμβρίου 1887. Έπειτα πούλησε την πατέντα του στην εταιρία Pope Manufacturing Co. (2)



Απόσπασμα από την πατέντα του Emmit G. Latta

Λίγο αργότερα, ένας άλλος αμερικάνος, ο Michael B. Ryan, καταχωρεί στο όνομά του μια παρόμοια πατέντα στις 26 Δεκεμβρίου 1893



Σχέδια ποδηλάτου από τον Michael B. Ryan

Μπαίνοντας στον 20 αιώνα, το σπαστό ποδήλατο γνωρίζει και την άσχημη όψη του, όταν διάφορα κράτη το χρησιμοποιούν σαν στρατιωτικό όχημα. Συγκεκριμένα η εταιρία Dwyer Folding Bicycle συνεργάζεται με κράτη της Νοτίου Αμερικής και παράγει για το στρατό τους ποδήλατα που διπλώνουν. Η τάση αυτή αργότερα εξαπλώνεται και στην Ευρώπη. Δυστυχώς ακόμα και σήμερα το ποδήλατο ακόμα χρησιμοποιείται από ορισμένες χώρες για τον ίδιο σκοπό.

THE DWYER FOLDING BICYCLE.

Φωτογραφία εποχής με στρατιώτη να επιδεικνύει
την διαδικασία λύσης-αρμογής του ποδηλάτου

Στις αρχές του 20ου αιώνα λοιπόν, έχουμε την 'ποδηλατο-μανία', όπως την αποκαλούν οι ιστορικοί και το ποδήλατο πλέον αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μέσα μεταφοράς της εποχής. Αρχίζουν και σχηματίζονται λέσχες, η μαζική παραγωγή των ποδηλάτων αυξάνεται κατακόρυφα, μειώνοντας έτσι το κόστος παραγωγής, και εν συνεχεία, και τις τιμές. Παρόλα αυτά, και ενώ η ποδηλατομανία άνθιζε, πολλοί κατασκευαστές ποδηλάτων, οι οποίοι δεν είχαν ακολουθήσει την μέθοδο της μαζικής παραγωγής έκλεισαν λόγω της οικονομικής κρίσης του 1893. Το ποδήλατο σιγά σιγά κυριαρχεί στο πρώτο μισό του 20ου αιώνα, μέχρι την εμφάνιση του αυτοκινήτου, που χάνει δραματικά έδαφος, από το 1900-1910, έως ότου το αυτοκίνητο γίνεται το αγαπημένο μέσο μετακίνησης. Στο 1920, το ποδήλατο πλέον θεωρείται παιχνίδι των παιδιών, και για το λόγω αυτό, έως την δεκαετία του 1940, οι περισσότεροι κατασκευαστές ποδηλάτων στην Αμερική, τα φτιάχνουν μόνο για παιδιά. Απεναντίας, στην Ευρώπη, το ποδήλατο έχει καθιερωθεί ως «παιχνίδι ενηλίκων», και κατασκευάζονται πλέον ποδήλατα για αγώνες δρόμου, ποδήλατα για βόλτα στην εξοχή. Είναι ίσως η πρώτη φορά που εμφανίζονται διαφορετικές κατηγορίες ποδηλάτων, με διαφορετική γεωμετρία προσανατολισμένη περισσότερο προς μια κατεύθυνση. Στην γηραιά ήπειρο, τα παιδικά ποδήλατα, εμφανίζονται κοντά στο 1916.

Πλέον το ποδήλατο εξελίσσεται με την κάθε κατηγορία, να κάνει τα δικά της βήματα προς τα εμπρός, ξεχωριστά από τις άλλες. Από το 1900-1910, κάνουν την εμφάνισή τους, και οι πολλές ταχύτητες σε ένα ποδήλατο, και ο μηχανισμός αυτός αρχίζει να εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου. Αν και στην αρχή δεν χρησιμοποιούνταν σε αγώνες, από το 1930 και μετά επετράπη η χρήση του μηχανισμού αυτού. Έως τότε χρησιμοποιούσαν ένα σύστημα δύο γραναζιών στην πίσω ρόδα, ένα σε κάθε μεριά. Για να αλλάξει ταχύτητα ο ποδηλάτης, έπρεπε να σταματήσει να βγάλει την ρόδα, να της γυρίσει μεριά, και να την ξαναβάλει. Με την εισαγωγή του νέου συστήματος, οι χρόνοι των αγώνων έπεσαν κατακόρυφα.

Στα μέσα του αιώνα, υπήρχαν δύο τύποι ποδηλάτων που επικρατούσαν στην Βόρεια Αμερική. Τα βαριά, ποδήλατα αναψυχής, τα οποία είχαν μεγάλα σε πλάτος φουσκωτά λάστιχα, Φρένα όπως αυτά των σημερινών Roller Coaster, και μία μόνο ταχύτητα. Ήταν σχεδιασμένα να προσφέρουν αντοχή, άνεση,

αεροδυναμική εμφάνιση, και μια τεράστια ποικιλία από παρελκόμενα εξαρτήματα, όπως φώτα κ.α. Ακόμα, υπήρχαν και τα ελαφριά ποδήλατα, με χειρόφρενα, στενά λάστιχα, και ένα σύστημα τριών ταχυτήτων (συχνά εισαγόμενο από Αγγλία), με τα τελευταία να γίνονται πολύ δημοφιλή την δεκαετία του 1950 στην Αμερική. Είχαν σαν εξοπλισμό, φώτα τα οποία έπαιρναν ενέργεια από γεννήτρια (δυναμό), ανακλαστήρες ασφάλειας, τρόμπες για τα λάστιχα, προσαρμοσμένες στο πλαίσιο. Στην Ευρώπη, κυριαρχούσαν τα ελαφριά ποδήλατα, τα οποία προσέφεραν αντοχή, για πολλές δεκαετίες.

Το 1970, το ενδιαφέρον για τα σπαστά ποδήλατα είναι τεράστιο, με δεκάδες κατασκευαστές σε πολλές χώρες να τα παράγουν. Το πιο γνωστό ποδήλατο αυτού του είδους είναι το Raleigh Twenty, που κατασκευαζόταν στην Αγγλία και την Γαλλία. Αρχικά ονομαζόταν Stowaway και στην πραγματικότητα άρχισε να κατασκευάζεται το 1984. Σήμα κατατεθέν του η μαζική παραγωγή που γνώρισε, και η χρήση ταχυτήτων στον πίσω τροχό, εντός του άξονα του τροχού. (2).

Raleigh Twenty Folder (1974)

Την ίδια εποχή άλλο ένα αξιοσημείωτο σπαστό ποδήλατο είναι το “Bickerton Portable” από τον άγγλο Harry Bickerton. Κατασκευασμένο από Αλουμίνιο, διπλωνόταν σε πολύ μικρές διαστάσεις αρκετά γρήγορα. Κατασκευαζόταν από το 1971 έως το 1991, πουλώντας 150,000 κομμάτια, και αποτέλεσε πηγή έμπνευσης για τον Andrew Ritchie, κατασκευαστή του σημερινού γνωστού “Brompton”.

“Bickerton Portable”

Το 1980, μια σουηδική εταιρία ποδηλάτων, κατασκευάζει για πρώτη φορά, το πρώτο ποδήλατο από πλαστικό, το οποίο όμως δεν βρήκε αντίκρισμα στο καταναλωτικό κοινό. Το 1981, κάνει την εμφάνισή του το πρώτο ποδήλατο μαζικής παραγωγής, Mountain Bike. Αμέσως έγινε αγαπητό από το ποδηλατικό κοινό, ξαφνιάζοντας τους πωλητές. Η απήχηση αυτή οφειλόταν στην μανία των ανθρώπων να ξεφύγουν από την αστική ζωή, και να έρθουν περισσότερο σε επαφή με την άγρια φύση, δίνοντάς τους μια αίσθηση απόδρασης από την ρουτίνα. Τα ποδήλατα αυτά χαρακτηρίζονται από τον στιβαρό σκελετό, τα φαρδιά τρακτερωτά λάστιχα, όρθια θέση του αναβάτη για να βλέπει από μακριά την διαδρομή και αποσβεστήρες για περισσότερη άνεση.

Την ίδια χρονιά (1981) ο Andrew Ritchie κατασκευάζει το πρώτο “Brompton bicycle” ενώ το 1982 ένας φυσικοθεραπευτής ονόματι David Hon, σχεδιάζει το πρώτο Dahon folding bicycle. Και τα δύο αποτελούν τις δημοφιλέστερες μάρκες σπαστών ποδηλάτων ακόμα και σήμερα.

Φτάσαμε στην σύγχρονη εποχή, στην δεκαετία που τώρα διανύουμε, και τα ποδήλατα συνεχίζουν να εξελίσσονται. Με τα νέα υλικά, την ανάπτυξη των εργαλείων που έχουν οι κατασκευαστές στην διάθεσή τους, βγαίνουν συνεχώς στην αγορά νέα ποδήλατα. Νεότερη κατηγορία, είναι τα Υβριδικά ποδήλατα, ποδήλατα δηλαδή που είναι σχεδιασμένα συνδυάζοντας δύο ή περισσότερες κατηγορίες. Συνδυάζουν χαρακτηριστικά ποδηλάτων πόλης και βουνού, ενώ άλλα με φαρδιά λάστιχα, τα οποία χρησιμοποιούν τα mountain bike και χρησιμοποιούνται για την μεταφορά βαριών φορτίων. Χάρις την χρήση των CAD, πεπερασμένων στοιχείων, και άλλων υπολογιστικών μεθόδων, οι κατασκευαστές, είναι σε θέση να προβλέψουν και να τελειοποιήσουν ένα ποδήλατο, κάτι που μόνο εμπειρικά μπορούσε να γίνει παλιότερα. Τελευταία λέξη της τεχνολογίας, είναι κάτι που είχε εφευρεθεί και στο παρελθόν αλλά τα τότε υλικά δεν ήταν κατάλληλα, οι ‘εσωτερικές ταχύτητες’ μέσα στον άξονα του πίσω τροχού, μέσω ενός συστήματος πλανητικών γραναζιών.

Τέλος πρέπει να γίνει αναφορά, και στις μελλοντικές ‘πεταλιές’ του ποδηλάτου, που ακολουθεί την τάση της εποχής για πράσινη τεχνολογία και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τα ‘Ηλεκτρικά ποδήλατα’. Πρόκειται για ποδήλατα με μπαταρία που φορτίζει όσο ο ποδηλάτης κάνει πετάλι, και δίνει ενέργεια, σε κάποια ανηφόρα ή στην φάση της εκκίνησης.

1.2 ΤΥΠΟΙ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, όπως ήταν φυσικό, ήρθε και η πρόοδος του ποδηλάτου και ταυτόχρονα με αυτήν η εξειδίκευσή του. Πλέον υπάρχουν διαφόρων ειδών ποδήλατα, κατάλληλα εξοπλισμένα για κάθε είδους χρήση. Ποδήλατα για την πόλη, ποδήλατα για βουνό, ποδήλατα για ειδικές πίστες, και πολλά άλλα, κάθε ένα από αυτά, ειδικά σχεδιασμένο ώστε πέραν της γενικής χρήσης του, να έχει την βέλτιστη απόδοση στην κατηγορία του. Ανάλογα λοιπόν με τον σκοπό για τον οποίο προορίζονται, τα ποδήλατα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις εξής κατηγορίες:

1.2.1 Ποδήλατα ορεινής ποδηλασίας

Προορίζεται για τους ποδηλάτες, που πέραν μιας απλής βόλτας, έχουν την ανάγκη να ανακαλύψουν νέα και συνήθως δύσβατα μονοπάτια σε βουνά και δάση, μακριά από τον πολιτισμό. Τα συγκεκριμένα ποδήλατα, είναι γνωστά και ως ποδήλατα βουνού, σχεδιασμένα για μεγαλύτερες αντοχές, απορρόφηση κραδασμών και κίνηση σε παντός είδους έδαφος, ώστε να κάνουν την διαδρομή πιο άνετη στον αναβάτη. Χαρακτηριστικά τους είναι τα φαρδιά αυλακωτά λάστιχα, και οι αναρτήσεις (πλέον και στους δύο τροχούς). Τα τελευταία χρόνια είναι αρκετά διαδεδομένη και η χρήση των δισκόφρενων (3), για καλύτερο φρενάρισμα.

Στην συγκεκριμένη κατηγορία ανήκουν τα ποδήλατα γνωστά και ως *FREERIDE, MTB, 4X, MARATHON, SLOPSTYLE.* Κάθε ένα από τα παραπάνω αποτελεί και παρακλάδι της γενικότερης οικογένειας, χρησιμοποιώντας ως κριτήριο, πάλι τον σκοπό χρήσης του.

1.2.2 Ποδήλατα Τουρισμού

Κατάλληλα για οποιονδήποτε άνθρωπο, ο οποίος αρέσκεται στο να διανύει μεγάλες αποστάσεις, σε ομαλό δρόμο, από άσφαλτο έως και πλακόστρωτο, εξερευνώντας τα αξιοθέατα της περιοχής. Σχεδιασμένα για πόλη αλλά και εξοχή, τα ποδήλατα αυτής της κατηγορίας προσφέρουν άνεση στον αναβάτη, χώρους για την εναπόθεση μικρών αποσκευών, αλλά συνήθως και "λασπωτήρες", κάνοντας την εκδρομή πιο ανέμελη.

1.2.3 Ποδήλατα πόλης

Εδώ τα ποδήλατα είναι μελετημένα για κίνηση σε μεγάλες πόλεις, και οπουδήποτε υπάρχει οδόστρωμα σε καλή κατάσταση. Χαρακτηριστικά τους, οι μεγάλοι φαρδιοί, και συνάμα λείοι τροχοί, για καλύτερη πρόσφυση στο δρόμο, με άνετες σέλες, ταχύτητες, και δανειζόμενα από την προηγούμενη κατηγορία έχουν και χώρους για σακίδια ή λασπωτήρες. Με τις πόλεις να αναπτύσσονται και την επαρχία ολοένα και να μικραίνει, η συγκεκριμένη κατηγορία βρίσκεται στην άνθησή της.

1.2.4 Ποδήλατα BMX

Πρόκειται για μικρά ποδήλατα, αρκετά στιβαρά και τα οποία προσφέρουν πάρα πολύ καλό έλεγχο. Προτιμώνται από μικρές ηλικίες λόγω των διαστάσεών τους, αν και τα τελευταία χρόνια, τα συναντάει κανείς και σε επιδείξεις σε ποδηλατικές διοργανώσεις, με τους αναβάτες να προσφέρουν "ακροβατικό" θέαμα. Με χαρακτηριστικό στυλ το χαμηλό ύψος της σέλας, το ψηλό τιμόνι, και στηρίξεις για τα πόδια στους άξονες των μπροστινών και πίσω τροχών, τα ελαφριά αυτά ποδήλατα χρησιμοποιούν οι μικροί «ξέγνοιαστοι καβαλάρηδες» για να εκφράσουν την δημιουργικότητά τους.

1.2.5 Ποδήλατα Δρόμου

Σχεδιασμένο να κινείται σε ασφαλτοστρωμένους δρόμους, σε υψηλές ταχύτητες, η συγκεκριμένη κατηγορία, έχει σαν χαρακτηριστικό την χαμηλή θέση του ποδηλάτη, με το βάρος προς το τιμόνι, για την μείωση του συντελεστή αεροδυναμικής αντίστασης. Εξοπλισμένα με μεγάλα λεπτά λεία επίσωτρα, γυριστό τιμόνι, η πλειονότητα αυτών και με ταχύτητες, τα ποδήλατα αυτά είναι γνωστά και ως αγωνιστικά ποδήλατα. Λόγω της άβολης και κουραστικής θέσης που έχει ο αναβάτης, δεν ενδείκνυνται για μεγάλες αποστάσεις. Με την θέση του ποδηλάτη σχεδιασμένη ώστε να μεταφέρεται άμεσα και γρήγορα, η δύναμη από το ανθρώπινο πόδι στο ποδήλατο, αποτελούν πόλο έλξης για τους ανθρώπους που τους αρέσει η ταχύτητα και τα σπριντ. Τα παραδοσιακά πλαίσια δρόμου συνδέονται συχνά με μεγαλύτερη άνεση και μεγαλύτερη σταθερότητα, ενώ τείνουν να έχουν μεγαλύτερο μεταξόνιο, το οποίο συμβάλλει στις δύο αυτές πτυχές.

Στην συγκεκριμένη κατηγορία, τα ποδήλατα είναι σχεδιασμένα με σύμφωνα με την διεθνή αλλά και Ελληνική Ομοσπονδία Ποδηλάτων (ΕΟΠ) (3).

1.2.6 Ποδήλατα Πίστας

Πρόκειται για ποδήλατα ειδικά σχεδιασμένα για ποδηλατοδρομία σε πίστα, και πάντα σύμφωνα με τους αυστηρούς κανονισμούς της UCI και της ΕΟΠ. Εκ πρώτης όψεως, μπορεί να ταυτιστεί με τα αγωνιστικά ποδήλατα, αλλά η αλήθεια είναι ότι πρόκειται για τελείως ξεχωριστή φιλοσοφία σχεδιασμού. Χαρακτηριστικά τους οι συμπαγείς τροχοί, χωρίς ταχύτητες, στενόμακρο τιμόνι, αλλά και μια σχέση γραναζιών που επιλέγει ο αθλητής πριν τον αγώνα. Ο σκελετός του είναι εξαιρετικά άκαμπτος, με το σχήμα του να ακολουθεί την βέλτιστη αεροδυναμική γραμμή. Σημαντικός παράγοντας για την νίκη σε ένα αγώνα, αποτελεί και το βάρος του ποδηλάτου. Δεδομένου ότι μιλάμε για παγκόσμιους αγώνες, κάτι τέτοιο δεν θα μπορούσε να περάσει απαρατήρητο, και για αυτό το λόγο η πλειοψηφία των ποδηλάτων αυτών, είναι κατασκευασμένη από ανθρακονήματα.

1.2.7 Σπαστά ποδήλατα

Την τελευταία δεκαετία, έχουν γίνει πολύ διαδεδομένα στο ευρύ κοινό, και ένας νέος τύπος ποδηλάτων, τα ποδήλατα με σπαστό πλαίσιο. Πρόκειται για ποδήλατα μικρά, ελαφριά, με μικρές ρόδες, συχνά με την απουσία ταχυτήτων, τα οποία όμως έχουν μπορούν και «διπλώνουν». Αξιοποιώντας το χαμηλό κέντρο βάρους, το μικρό μεταξόνιο και το μικρότερο πίσω τρίγωνο, πετυχαίνουν μεγάλη ευελιξία. Έχει τη δυνατότητα ο ποδηλάτης, όποτε έχει πρόβλημα χώρου να το διπλώσει και να το πάει όπου θέλει. Βολεύει για ταξίδια καθώς κατά την μεταφορά του με αυτοκίνητο δεν θέλει ειδικές υποδοχές και χωράει στο πορτμπαγκάζ, απαιτεί μικρότερο χώρο αποθήκευσης από τα κανονικά, αλλά το πιο σημαντικό πλεονέκτημα που προσφέρεται, είναι ότι όποτε χρειαστεί το ποδήλατο διπλώνει, και ο ποδηλάτης μπορεί να το πάρει στα χέρια και να το πάει ακόμα και σε μέρη που απαγορεύονται τα ποδήλατα, όπως οι συρμοί του μετρό και τα λεωφορεία.

1.2.8 Ηλεκτρικά ποδήλατα

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, δημιουργούνται νέοι τύποι ποδηλάτων που προκύπτουν από τις εκάστοτε ανάγκες – ανησυχίες μιας πολιτιστικής δομής. Έτσι προέκυψε και αυτή η κατηγορία, γνωστή και ως «πράσινη» κατηγορία., αυτή των ηλεκτρικών ποδηλάτων (E-Bikes). Πρόκειται για ποδήλατα παρομοίων διαστάσεων με τα σπαστά η οποία είναι εξοπλισμένη και με γεννήτρια και μπαταρίες. Με σκεπτικό παρόμοιο αυτό των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, οι εφευρέτες αυτής της κατηγορίας, χρησιμοποιούν τον άνθρωπο σαν πηγή ενέργειας. Κάνοντας πετάλι ο ποδηλάτης, φορτίζει την μπαταρία, και έτσι στις περιπτώσεις που το σύστημα αντιλαμβάνεται, μέσω αισθητηρίων, ότι το ποδήλατο χρειάζεται παραπάνω ώθηση, όπως κατά την εκκίνηση ή σε κάποια ανηφόρα, η μπαταρία δίνει έξτρα ενέργεια στο ποδήλατο, βοηθώντας τον άνθρωπο. Η τεχνολογία αυτή βρίσκεται ακόμα σε αρχικά στάδια, αν και ολοένα και περισσότερο μπαίνει στην καθημερινή μας ζωή, προσφέροντας μια ακόμα λύση για «πράσινες πόλεις» (4).

2.0 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2.1 ΤΜΗΜΑΤΑ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ

Από τα παραπάνω, εύκολα καταλαβαίνει κανείς ότι πλέον τα ποδήλατα βγαίνουν σε οποιοδήποτε μέγεθος ή σχήμα χρειαστεί, ανάλογα την περίσταση. Στο παρελθόν θέλοντας να κατανοήσουν την δυναμική (οδηγική) συμπεριφορά ενός ποδηλάτου ώστε να μπορούν να την ελέγξουν αλλάζοντας τις σχεδιαστικές παραμέτρους, έγιναν προσπάθειες να καταλήξουν σε ορισμένα σετ εξισώσεων. Στην προσπάθεια να μοντελοποιήσουν λοιπόν το ποδήλατο, ορισμένες προσεγγίσεις έγιναν θεωρώντας το ποδήλατο σαν ένα σύνολο 4 στιβαρών σωμάτων, που ενώνονται με αρθρώσεις μεταξύ τους (5):

- Οι δύο ρόδες
- Το κυρίως σώμα με τον αναβάτη
- Το τιμόνι

Παρόλο που όλα τα δίτροχα ποδήλατα υπάγονται στο παραπάνω σύνολο, δεν έχουν όλα το ίδιο σχήμα, και δεν ακολουθούν την κλασική γραμμή. Πιο αναλυτικά, λέγοντας κλασική γραμμή πλαισίου ή «σκελετός διαμάντι», εννοούμε το ποδήλατο το οποίο αποτελείται από το πλαίσιο, στο οποίο προσαρμόζονται οι τροχοί, με το πρώτο, να αποτελείται από δύο τρίγωνα (εξ' ού και ο όρος διαμάντι), το κεντρικό τρίγωνο, και ένα ζευγαρωτό οπίσθιο τρίγωνο στο οποίο προσαρμόζεται ο ένας τροχός.

Το κλασικό σχήμα διαμαντιού, από τα βάθη της ιστορίας του ποδηλάτου έως σήμερα

Σύμφωνα με την ορολογία που επικρατεί στον συγκεκριμένο χώρο, το κεντρικό τρίγωνο αποτελείται από το μπροστινό κάθετο σωλήνα (Head Tube), τον πάνω σωλήνα (Top Tube), τον κάτω σωλήνα (Down tube) και φυσικά, το σωλήνα της σέλας, (Seat Tube). Σε ότι αφορά το δευτερεύον τρίγωνο, εδώ χρησιμοποιείται ο κάτω σωλήνας, στον οποίο προσκολούνται τα λεγόμενα Seat Stays και Chain Stays (6). Τα κομμάτια αυτά μπορεί να είναι από απλούς σωλήνες με ραφή (Pipe) ή σωλήνες χωρίς ραφή (Tube), με τους τελευταίους να είναι πιο ακριβοί.

Ακόμα η όλη κατασκευή μπορεί να γίνεται με ειδικούς συνδέσμους (Lugs) στην περιοχή που ενώνονται οι σωλήνες, ή και χωρίς, προσφέροντας έτσι μια πιο στιβαρή και βαριά αλλά πιο φτηνή κατασκευή, έναντι της πρώτης που έχει μειωμένο βάρος (γιατί δεν χρειάζεται χοντρούς σωλήνες, για στιβαρότητα). Για καλύτερες επιδόσεις προτιμάται η κατασκευή με συνδέσμους, ενώ αν δίνεται βάρος στην λειτουργικότητα προτιμάται η απλή λύση. (7).

Εδώ θα πρέπει να πούμε ότι τον τελευταίο καιρό, με την ανάπτυξη των μηχανημάτων αλλά της επιστήμης των υλικών όπως τα ανθρακονήματα, το προφίλ των σωλήνων αυτών, δεν είναι κάτι σταθερό.

Απεναντίας, μπορεί ακόμα και ο ίδιος ο «σωλήνας» να έχει διαφορετική διατομή αποσκοπώντας σε καλύτερη αναλογία στιβαρότητας προς βάρους, ή ακόμα και καλύτερη αεροδυναμική (8).

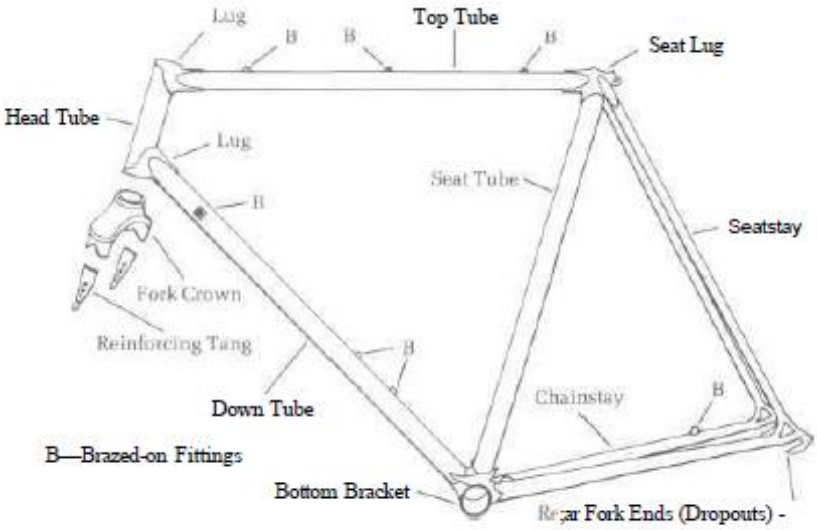


Figure 1-1: The main triangle.

Έτσι έχουμε:

2.1.1 Σύνδεσμοι (Lugs)

Κατασκευάζονται με δύο βασικούς τρόπους, την χύτευση, και την διέλαση, με την τελευταία να χρησιμοποιείται από την πλειοψηφία των κατασκευαστών.

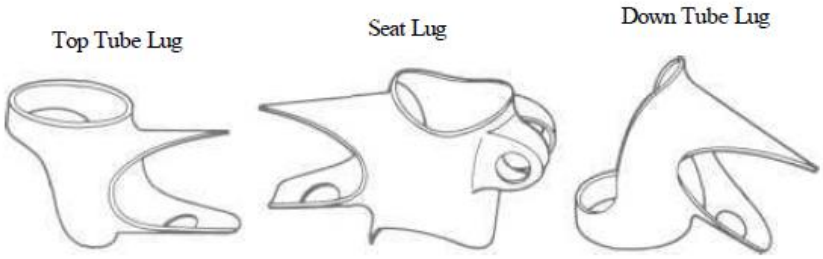


Figure 1-2: Lugs manufactured by the Italian firm, Cinelli Cino & C.

2.1.2 Head Tube

Είναι ο κάθετος σωλήνας, στον οποίο προσαρμόζεται το μπροστινό πιρούνι, αλλά και το τιμόνι. Ενώνεται μέσω του Top Tube και του Down Tube με τον σωλήνα της σέλας, Κάθε ποδήλατο έχει από έναν. Το πιρούνι αλλά και το τιμόνι, περιστρέφονται με την βοήθεια ρουλεμάν, εντοιχισμένου μέσα στον μπροστινό σωλήνα.

2.1.3 Top Tube & Down Tube

Πρόκειται για τους σωλήνες που προσφέρουν την ακαμψία στην κατασκευή. Ο Top Tube στην κλασική μορφή του ποδηλάτου, τοποθετείται οριζόντιος, ενώ σε άλλα ποδήλατα μπορεί να είναι κεκλιμένος, αναλόγως την χρήση του για την οποία προορίζεται το ποδήλατο, όπως στα mountain, που

έχει μεγάλη κλίση, διευκολύνοντας έτσι τον αναβάτη να ανέβει/κατέβει άνετα. Το μήκος του αλλά και η τοποθεσία του, αποτελούν κάποιες από τις σημαντικότερες παραμέτρους για τα μεγέθη των ποδηλάτων.

Ακόμα κατά μήκος αυτού του «σωλήνα», θα δούμε και να στηρίζονται τα καλώδια για τα εξαρτήματα του πίσω τροχού, όπως τα φρένα ή οι ταχύτητες. Σε περίπτωση απουσίας του, τα καλώδια αυτά περνάνε από τον Down Tube. Ακόμα στον Down Tube, κάποιοι κατασκευαστές έχουν ενσωματώσει αναρτήσεις και μικρές αντλίες αέρα (7).

Παράδειγμα της διαφορετικής διατομής, που αναφέρθηκε παραπάνω, μπορεί να αποτελέσει το, κατασκευασμένο από ανθρακονήματα, ποδήλατο “IVW Carbon Ultimate F10”, το οποίο κάνοντας χρήση ανθρακονημάτων, είναι πολύ ελαφρύ, ενώ παράλληλα με το Top Tube να ξεκινάει από στρογγυλό και να καταλήγει σε τετράγωνο, αυξάνοντας έτσι την ακαμψία, κατά περίπου 20% σε σχέση με τους κοινούς στρογγυλούς σωλήνες (8).

IVW's Carbon Ultimate F10 racing bike.

“IVW Carbon Ultimate F10”

2.1.4 Σωλήνας Σέλας (Seat Tube)

Αποτελεί την υποδοχή για την σέλα του αναβάτη. Λόγω των μεγάλων διαφορών που παρατηρούνται από άνθρωπο σε άνθρωπο, το ύψος της σέλας είναι ρυθμιζόμενο, κάτι που επιτυγχάνεται με ένα ειδικό μηχανισμό γρήγορης απελευθέρωσης. Στα ποδήλατα βουνού, ο σωλήνας αυτός έχει μικρό μήκος, με την σέλα να εξέχει και κάτω από αυτόν, ενώ στην θέση που ήταν κλασικά παρατηρείται ένας μηχανισμός αποσβέσεων κραδασμών.

Mountain Bike εξοπλισμένο με αποσβεστήρα, και κοντό σωλήνα θέσης

2.1.5 Ψαλίδια (Chain stays & Seat stays)

Τα ψαλίδια αποτελούν την σύνδεση του πίσω τροχού με το πλαίσιο. Τα κάτω ψαλίδια είναι γνωστά και σαν Chain stays. Συνήθως πηγαίνουν παράλληλα με την αλυσίδα, ενώ φέρουν και εξοχές για την στήριξη του καλωδίου ελέγχου των ταχυτήτων του ποδηλάτου. Το σχήμα τους ποικίλει από στρογγυλό έως κωνικό, ή ακόμα και ορθογωνικό προφίλ. Στην περίπτωση που ο μηχανισμός φρεναρίσματος του ποδηλάτου είναι με δισκόφρενα, τις υποδοχές στήριξης φέρουν τα Chain stays.

Τα άνω ψαλίδια, γνωστά και ως Seat stays, είναι πλαγιαστά, παρόμοιας διατομής με τα chain stays, και συνδέουν τον άξονα του οπίσθιου Επίσωτρου, με τον σωλήνα της σέλας στο σημείο που ενώνεται και ο άνω σωλήνας. Φέρουν και υποδοχές για την τοποθέτηση των πίσω φρένων στην περίπτωση που δεν έχουμε δισκόφρενα Υπάρχει και μια παραλλαγή σε αυτό, το λεγόμενο Hellenic style (από τον Fred Hellens), κατά το οποίο, τα άνω ψαλίδια, συνδέονται με τον άνω σωλήνα, λίγο πριν ενωθεί στον σωλήνα θέσης, δημιουργώντας έτσι ένα τρίγωνο (5). Ακόμα θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα ποδήλατα που τα seat stays ενώνονται πριν ενωθούν με τον σωλήνα σέλας, περιγράφονται από τους όρους Single seat stay ή mono stay ή wishbone, ενώ υπάρχει και ο όρος Dual seat stay για τα ψαλίδια που ενώνονται σε δύο σημεία.

Διάφοροι τύποι Seat Stays

Ακόμα, υπάρχει και η περίπτωση, που τα άνω ψαλίδια, συνδέονται με το μπροστινό τρίγωνο με ένα μηχανισμό απορρόφησης κραδασμών, και δεν συνδέονται απευθείας στον σωλήνα θέσης ή στον άνω σωλήνα. Συγκεκριμένα, ενώνονται μεταξύ τους, και μετά με ένα αποσβεστήρα του οποίου το άλλο άκρο είναι ενωμένο στο μπροστινό τρίγωνο του ποδηλάτου. Εννοείται πάντα ότι παραλλαγές τις τελευταίας περίπτωσης είναι πολύ συχνές.

2.1.6 Μεσαία τριβή (Bottom Bracket)

Η μεσαία τριβή είναι ένας φαρδύς και λεπτός σωλήνας, στον οποίο προσαρμόζονται τα ρουλεμάν και ο άξονας για τα πετάλια. Τοποθετείται στην ένωση του κάτω σωλήνα με τον σωλήνα σέλας, κάθετα στο επίπεδο που αυτοί οι δύο ορίζουν. Σε μερικές παραλλαγές σκελετών η μεσαία τριβή είναι προσαρμόσιμη επιτρέποντας το τέντωμα και την χαλάρωση της αλυσίδας (5).

Το πλάτος του κελύφους επηρεάζει τον παράγοντα Q ή αλλιώς το πέλμα του ποδηλάτου. Ενδιαφέρον είναι ότι στην μεσαία τριβή συγκεντρώνεται η πλειοψηφία των ασκούμενων, στο ποδήλατο, δυνάμεων, κατά την οδήγηση ή και στάση αυτού.

Υπάρχουν κάποια παραδοσιακά πρότυπα για το πλάτος του κελύφους (68, 70 ή 73mm). Τα ποδήλατα πόλης συνήθως είναι χρησιμοποιούν 68mm, Τα ποδήλατα βουνού 73, τα ποδήλατα Μερικά σύγχρονα ποδήλατα έχουν κέλυφος πλάτους ακόμα και 83 ή 100 mm, κυρίως όμως εφαρμόζονται σε ειδικά ποδήλατα βουνού η χιονιού (7).

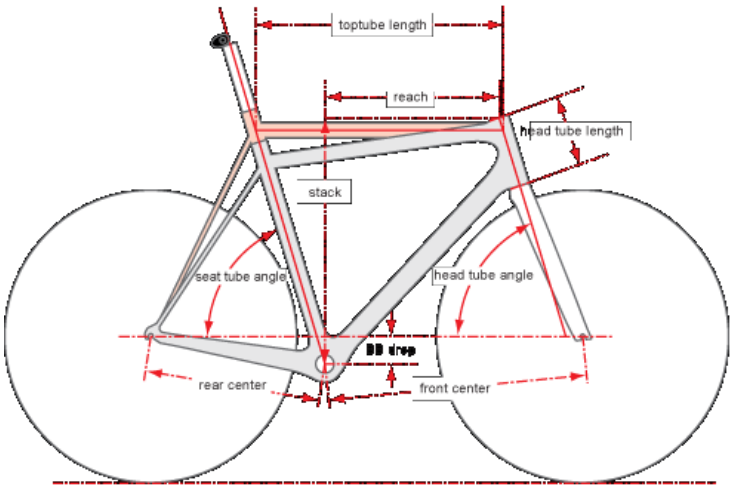
2.2 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ

Η γεωμετρία του πλαισίου εξαρτάται από την προοριζόμενη χρήση. Για παράδειγμα, ένα ποδήλατο δρόμου θα έχει το τιμόνι σε μια χαμηλότερη θέση σε σχέση με την σέλα, καταλήγοντας σε μία κεκλιμένη θέση οδήγησης. Αντιθέτως άλλα ποδήλατα δίνουν έμφαση στην άνεση του αναβάτη με αποτέλεσμα να δίνουν υψηλότερη θέση στο τιμόνι και να διαθέτουν όρθια θέση οδήγησης. Προφανώς η γεωμετρία του σκελετού καθορίζει τα χαρακτηριστικά χειρισμού του ποδηλάτου.

Τι όμως ακριβώς εννοεί κάποιος αναφερόμενος σε αυτόν τον όρο; Προφανώς αναφέρεται σε όλες τις παραμέτρους, οι οποίες ορίζουν το μέγεθος ενός ποδηλάτου, την συμπεριφορά του, αλλά και τα προσόντα που προσφέρουν στον αναβάτη του, όπως άνεση, ευκολία στη μετακίνηση, σταθερότητα και άλλα. Συγκρίνοντας λοιπόν δύο διαφορετικά πλαίσια, ακόμα και αν πρόκειται για τον ίδιο τύπο ποδηλάτου, παρατηρούμε διαφορετική γωνία του σωλήνα θέσης, διαφορετικό μήκος μπροστινού τμήματος, και γενικότερα, όλα τα κομμάτια μπορεί να είναι διαφορετικά ή και ίδια, αλλά η συναρμολόγησή τους διαφορετική κάνοντας έτσι, κάθε ποδήλατο ξεχωριστό, με διαφορετικές δυνατότητες. Έτσι όταν ένας άνθρωπος πρόκειται να αγοράσει ένα ποδήλατο, έρχεται αντιμέτωπος με ξεχωριστά ποδήλατα, που αποτελούνται από διάφορους συνδυασμούς. Ποίες διαστάσεις έχουν όμως σημασία για τον ποδηλάτη;

- **Μέγεθος τροχών:** Με εξαίρεση τα πτυσσόμενα ποδήλατα, υπάρχουν δύο κοινά μεγέθη τροχών: 26inch και 700c (επίσης γνωστή ως 28 "). Τα 26 "προέρχεται από τα ποδήλατα βουνού και είναι γενικά διαθέσιμα σε ένα μεγαλύτερο (δηλαδή πιο άνετα) φάσμα μεγεθών. Τα 28 "είναι εν γένει διαθέσιμα σε πιο λεπτά πλάτη (δηλαδή γρηγορότερα) μεγέθη. Λεπτά λάστιχα σημαίνουν ταχύτητα. Φαρδιά σημαίνουν άνεση. (9)
- **Stand over Height**: το μέσο ύψος που βρίσκεται ο άνω σωλήνας πάνω από το έδαφος, δεδομένου ότι σε κάποια ποδήλατα, ο άνω σωλήνας είναι κεκλιμένος.
- **Το ύψος της σέλας**: είναι η απόσταση από το κέντρο του Bottom Bracket μέχρι το μεσαίο σημείο της σέλας.
- **Reach:** Η απόσταση από την σέλα, στο τιμόνι, είναι πολύ σημαντική. Τοποθετώντας το τιμόνι πιο ψηλά, έχει κανείς περισσότερο έλεγχο και καλύτερη αίσθηση ασφάλειας, ενώ πιο χαμηλά κερδίζει σε αεροδυναμικό συντελεστή και μεγαλύτερες ταχύτητες.

- **Toe overlap**: η απόσταση των ποδιών από την διεύθυνση του εμπρόσθιου τροχού. Αυτό το μέγεθος θέλει μεγάλη προσοχή, καθώς σε περίπτωση λάθους, κάθε φορά που το ποδήλατο θα μπαίνει σε στροφή, ο τροχός θα έρχεται σε επαφή με το πόδι του αναβάτη



Μερικές από τις καθοριστικές διαστάσεις στο σχεδιασμό ενός ποδηλάτου

Όταν όμως ένας μηχανικός μπαίνει στην διαδικασία σχεδιασμού ενός σκελετού ποδηλάτου, θα πρέπει να έχει κατά νου του, και άλλα μεγέθη που είναι σημαντικά, και πως αυτά επηρεάζουν την συμπεριφορά του ποδηλάτου. Πιο συγκεκριμένα:

1. **Το μήκος του σωλήνα θέσης**

Το μέγεθος ενός ποδηλάτου μετράται με βάση το μήκος του σωλήνα θέσης. Συγκεκριμένα τα τελευταία χρόνια οι διαστάσεις στα ποδήλατα μετρούνται κέντρο-κέντρο, με μόνη εξαίρεση τον Head Tube που μετράται από το κάτω του σημείο έως το ανώτατο. Έτσι έχουμε το σωλήνα θέσης να μετράται από την κορυφή του, μέχρι το κέντρο του Bottom Bracket.

2. **Η γωνία του σωλήνα θέσης**

Η κλίση του σωλήνα θέσης, ορίζεται στο κλασικό ποδήλατο, ως η γωνία μεταξύ του Άνω σωλήνα, και του σωλήνα θέσης. Στα περισσότερα ποδήλατα αυτή κυμαίνεται από 72°-74° Πρόκειται για μια από τις πιο σημαντικές διαστάσεις, καθώς ορίζει την θέση της σέλας ως προς το Bottom Bracket, και εν συνεχεία ως προς τα πετάλια. Σαν αποτέλεσμα επηρεάζει την γωνία των ποδιών και των αρθρώσεων του αναβάτη. Δεδομένου ότι με βάση την γωνία των αρθρώσεών του αναβάτη, η απόδοση των δυνάμεων στο ποδήλατο δεν είναι ίδια, μπορεί να σημαίνει την διαφορά μεταξύ ενός καλού και ενός μέτριου ποδήλατου. (10)

Γενικά μια μοίρα διαφορά στην γωνία του σωλήνα θέσης, μεταφράζεται σε περίπου ένα εκατοστό διαφορά στο μήκος του άνω σωλήνα.

Για την καλύτερη ρύθμιση της θέσης, αλλά και για να μειώσουν οι σχεδιαστές την σημασία του μεγέθους αυτού, εφεύραν σέλες, που έχουν την δυνατότητα μετατόπισης μπρός πίσω για ένα δύο πόντους

3. **Setback**:

Ορίζεται ως η οριζόντια απόσταση μεταξύ του εμπρόσθιου μέρους της σέλας και του κέντρου της μεσαίας τριβής. Αποτελεί ένα ακριβή τρόπο μέτρησης της γωνίας του σωλήνα της σέλας.

4. **Μεταξόνιο:**

Και εδώ η διάσταση μετράται κέντρο-κέντρο, δηλαδή πρόκειται για την απόσταση από τον μπροστά έως τον πίσω άξονα του τροχού. Σε αυτόν τον τομέα ανήκουν και οι αποστάσεις κέντρο – εμπρός (BB – άξονας μπροστινού τροχού) και πίσω-κέντρο (Chain Stays), για το πώς θα συμπεριφέρεται το ποδήλατο. Γενικά προτιμάται να έχουμε μεγάλα Chain-stays, ώστε το ποδήλατο να παίρνει πιο στρωτά την στροφή. Βέβαια αν παραείναι μεγάλα, τότε ο ποδηλάτης θα έχει πρόβλημα να πάρει κλειστές στροφές και να μανουβράρει το ποδήλατό του εύκολα.

5. **Κλίση του μπροστινού μέρους (Head Tube)**

Το μεταξόνιο αλλά και η απόσταση κέντρο-εμπρός, επηρεάζεται πολύ από την κλίση του μπροστινού σωλήνα. Σαν συνέπεια αυτό επηρεάζει την κατανομή βάρους. Γενικά προτιμάται να έχουμε περίπου 45% του συνολικού βάρους (αναβάτης – ποδήλατο) στον μπροστινό τροχό και 55% στον πίσω. Κατά τη διάρκεια γρήγορων καταβάσεων λοιπόν, αυτό θα δώσει ένα πιο σταθερό ποδήλατο και θα διευκολύνει μια ενδεχόμενη στροφή. Πολύ βάρος πίσω, κάνει μια καθιστή ανάβαση (ο ποδηλάτης κάθεται στην σέλα) , πιο δύσκολο να ευθυγραμμίσει το τιμόνι του. Γενικά δεν υπάρχει πάντως κάποιος επιτακτικός κανόνας για την αναλογία του βάρους. Σε συνδυασμό με την *μετατόπιση του μπροστινού σωλήνα* (αναφορά παρακάτω), ελέγχεται το λεγόμενο Wheel flop, που είναι το φαινόμενο κατά το οποίο

το τιμόνι ξαφνικά αποκτά την τάση να υπερστρέψει. Μια πιο μεγάλη (ορθή) γωνία του Head Tube, έχει σαν αποτέλεσμα να απαιτείται λιγότερη δύναμη για το στρίψιμο, ειδικά αν υπάρχει πολύ μικρό ίχνος (Trail). Έτσι ένα ποδήλατο με 'ρηχή' κλίση θα στρίβει πολύ γρήγορα και για την αντιστάθμιση αυτού, θα θέλουμε μεγαλύτερο ίχνος, ώστε το ποδήλατο να μην γίνει ανεξέλεγκτο. Συνήθης τιμή είναι από 71.5^o – 80° σε συνδυασμό με το ίχνος να κυμαίνεται από 55 έως 60mm. Σύμφωνα με μελέτες, η πιο αποδοτική κλίση, είναι στις 80° (11)

6. **Μετατόπιση του μπροστινού μέρους (Fork Rake)**

Πρόκειται για την κάθετη απόσταση μεταξύ του μπροστινού Head Tube, και του άξονα της μπροστινής ρόδας. Στα αγωνιστικά ποδήλατα, κυμαίνεται από 40-45 mm. (9) Η απόσταση αυτή, επήλθε από την αρχή της ιστορίας του ποδηλάτου, με τα τότε ποδήλατα να αντιμετωπίζουν σοβαρό πρόβλημα αστοχίας του μπροστινού πιρουνιού από κραδασμούς.

7. **Ίχνος (Trail)**

Είναι η οριζόντια απόσταση από το σημείο που διασταυρώνεται ο άξονας περιστροφής του ποδηλάτου, με το έδαφος, έως το σημείο που εφάπτεται ο τροχός με αυτό. Μετράται με θετικό πρόσημο εάν το τελευταίο σημείο είναι πίσω από την διασταύρωση του νοητού άξονα περιστροφής, με το έδαφος (προς το πίσω μέρος του ποδηλάτου δηλαδή). Θετικό ίχνος έχουν τα περισσότερα ποδήλατα.

Πρόκειται για τις πιο καθοριστικές διαστάσεις για την συμπεριφορά του ποδηλάτου. Συνήθως το Fork Rake έχει τιμές από 40-55mm, που έχει σαν αποτέλεσμα 50-63mm ίχνος. Περισσότερο ίχνος μεταφράζεται σαν πιο ομαλή συμπεριφορά στις υψηλές ταχύτητες, αλλά πιο ατσούμπαλο στις χαμηλές. Θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε την σχέση μεταξύ μετατόπισης μπροστινού μέρους, κλίσης μπροστινού σωλήνα και διάμετρο τροχού με το ίχνος σύμφωνα με αυτή την σχέση (1)

$$\text{Trail} = \frac{R_w \cos(A_h) - O_f}{\sin(A_h)}$$

Όπου Rw η ακτίνα του τροχού,

A_h η κλίση του μπροστινού σωλήνα, μετρημένη ανθωρολογιακά

O_f η μετατόπιση του μπροστινού τροχού

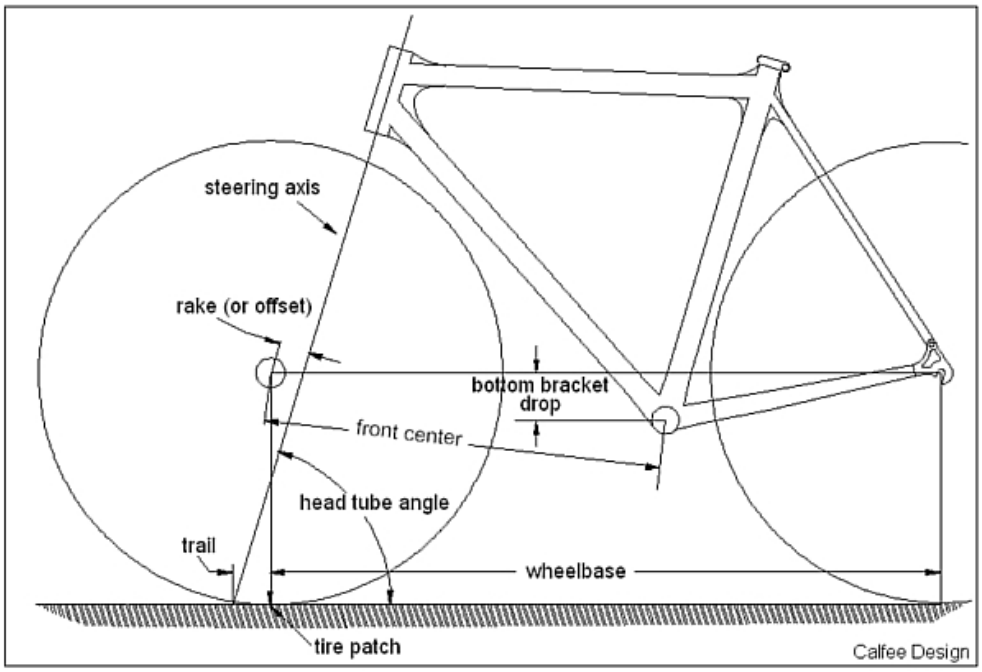
Κατά την διάρκεια μιας στροφής το ίχνος δεν έχει σταθερή τιμή καθώς το ποδήλατο γέρνει με βάση το έδαφος.

Μια παραλλαγή του ίχνους, είναι το Μηχανικό ίχνος, το οποίο ορίζεται σαν την κάθετη απόσταση από την διασταύρωση του άξονα περιστροφής του μπροστινού μέρους με το έδαφος, και το σημείο επαφής του τροχού με αυτό. Η επιρροή του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού στην συμπεριφορά ενός ποδηλάτου, δεν είναι ακόμα πλήρως κατανοήσιμη.

8. **Bottom Bracket Drop**

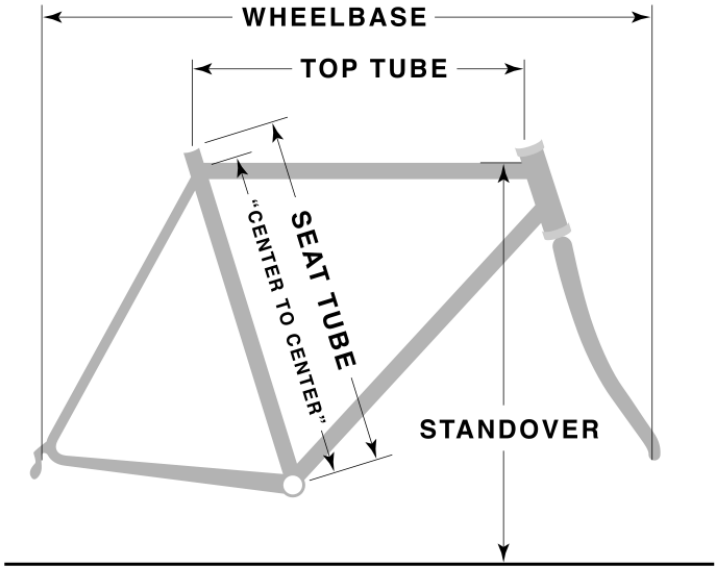
Μιλάμε για την κάθετη απόσταση από την νοητή ευθεία που σχηματίζουν το κέντρο του μπροστινού τροχού με τον πίσω, και το κέντρο του Bottom Bracket. Η διάσταση αυτή ορίζεται συνήθως στα 70 mm. Είναι αρκετά χαμηλά για να δώσει ένα χαμηλό κέντρο βάρους, και ταυτόχρονα είναι αρκετή για να μπορεί ο ποδηλάτης να κάνει πετάλι χωρίς αυτά να χτυπούν στο έδαφος, κατά τη διάρκεια μιας

στροφής. Μπορεί να φτάσει και τα 80 mm, αλλά θα πρέπει ο αναβάτης να έχει λεπτά πετάλια, και όχι πολύ μακριούς άξονες πεταλιών. Βέβαια αυτό εξαρτάται και από τον τροχό που χρησιμοποιεί το ποδήλατο, και για αυτό ποδήλατα με μικρές ρόδες μπορούν να έχουν την απόσταση αυτή ακόμα προς τα πάνω.



9. **<u>Το μήκος του άνω σωλήνα</u>**

Στα παραδοσιακά ποδήλατα (σχήμα διαμαντιού) ο άνω σωλήνας είναι οριζόντιος. Στα πτυσσόμενα ποδήλατα, αλλά και άλλης κατηγορίας, ο σωλήνας αυτός είναι κεκλιμένος ή δεν υπάρχει καν (στην περίπτωση αυτή θεωρείται νοητά ότι υπάρχει), για να μειωθεί το Stand over height, και να είναι πιο εύκολη η ανάβασή του. Σε ποδήλατα που ο άνω σωλήνας είναι αρκετά κεκλιμένος, έχουν στα σημεία ένωσης με τα υπόλοιπα στοιχεία του σκελετού, ειδικές ενισχύσεις, μιας και τίθεται θέμα αστοχίας υλικού. Σε άλλα πάλι, ο σωλήνας αυτός επιμηκύνεται και παίζει το ρόλο των Seat Stays. Κατά μήκος του σωλήνα αυτού υπάρχουν καλώδια ελέγχου ταχυτήτων και φρένων που βρίσκονται στον πίσω τροχό.



2.3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Ιστορικά, το πιο διαδεδομένο υλικό για το σκελετό του ποδηλάτου είναι ο χάλυβας. Χαλύβδινα πλαίσια μπορεί να είναι από πολύ φθηνό χάλυβα έως και ιδιαίτερα εξειδικευμένης χρήσης υψηλής απόδοσης κράματα. Τα πλαίσια μπορούν επίσης να γίνουν από κράματα αλουμινίου, τιτανίου, ανθρακονήματα, ακόμη και μπαμπού. Περιστασιακά, ο σκελετός με το σχήμα διαμαντιού, κατασκευάζεται όχι ολόκληρος από ένα υλικό αλλά από διάφορα προφίλ υλικών. Τέτοιες διατομές μπορούν να είναι για παράδειγμα Ι-Δοκάρια. Τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί σε αυτά τα πλαίσια περιλαμβάνουν ξύλο (στερεά ή laminate), μαγνήσιο (χυτά Ι-δοκάρια), και θερμοπλαστικά . Οι ιδιότητες ενός υλικού που θα καθορίσουν το που και εάν αυτό θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ενός σκελετού ποδηλάτου, είναι:

- **Πυκνότητα (ή ειδικό βάρος)** είναι ένα μέτρο του πόσο ελαφρύ ή βαρύ είναι το υλικό ανά μονάδα όγκου.
- **Μέτρο ελαστικότητας** είναι ένα χαρακτηριστικό που μπορεί να επηρεάσει την άνεση του αναβάτη, ή την αποδοτικότητα στην μετάδοση κίνησης.. Στην πράξη, παρόλο που ένα πολύ ευέλικτο πλαίσιο είναι πολύ πιο σκληρό από ότι τα επίσωτρα ή η σέλα, εν τέλει η άνεση στην οδήγηση εξαρτάται κατά το μεγαλύτερο βαθμό από την σέλα, την γεωμετρία πλαισίου, η επιλογή των ελαστικών. Η πλευρική ακαμψία είναι πολύ πιο δύσκολο να επιτευχθεί λόγω του στενού προφίλ ενός πλαισίου, και η υπερβολική ευελιξία μπορεί να επηρεάσει τη μετάδοση της ισχύος, κυρίως λόγω της στρέβλωσης των πίσω τρίγωνων (seat & chain stays).
- **Όριο ελαστικότητας** καθορίζει πόση δύναμη απαιτείται για να παραμορφωθεί μόνιμα το υλικό.
- **Επιμήκυνση** καθορίζει πόσο παραμορφώνεται το υλικό πριν επέλθει θραύση.
- **Όριο θραύσης και όριο κόπωσης** καθορίζει την αντοχή του σκελετού, όταν υποβάλλεται σε κυκλική πίεση από πεντάλ ή λακκούβες στον δρόμο.

Ξύλο

Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια, τα πρώτα ποδήλατα, κατασκευάστηκαν με ξύλο (Draisiainne). Δεδομένου όμως ότι για να αποκτήσει μια ορισμένη ακαμψία, έπρεπε να χρησιμοποιηθεί μασίφ ξύλο, δηλαδή το ποδήλατο είχε μεγάλο βάρος, αλλά και το γεγονός ότι χρειαζόταν πολύ χειρονακτική δουλειά για να πάρει το ξύλο την κατάλληλη μορφή που χρειαζόταν, η χρήση του σαν υλικό κατασκευής για τα ποδήλατα σύντομα εγκαταλείφτηκε. Γύρω στο 1870 το ξύλο αντικαταστάθηκε από το χάλυβα σαν κύριο υλικό κατασκευής, και η χρήση του μειώθηκε στο ελάχιστο (12). Πλέον, χρησιμοποιείται μόνο για ποδήλατα επίδειξης ένας ορισμένος τύπος ξύλου, το Bamboo, το οποίο χρησιμοποιούνται πολύ στις ασιατικές χώρες.

Σκελετός πλαισίου από μέταλλο και Bamboo

Χάλυβας

Ο χάλυβας και τα κράματά του, αποτελούν το πλέον διαδεδομένο υλικό κατασκευής. Τα πλαίσια κατασκευάζονται συχνά με τη χρήση διαφόρων τύπων κραμάτων χάλυβα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και κράμα Χρωμίου – Μολυβδαινίου (Cr-Mo), για την μείωση του βάρους (13). Είναι ισχυρό, εύκολο στην κατεργασία, και σχετικά φθηνό, αλλά πυκνότερο από ότι πολλά άλλα δομικά υλικά. Οι χαλύβδινοι σωλήνες στις πρότυπες διαμέτρους είναι συχνά λιγότερο άκαμπτες σε σχέση με άλλους υπερμεγέθεις σωλήνες από άλλα υλικά. Αυτό επιτρέπει κάποια απορρόφηση των κραδασμών και δίνει στον αναβάτη μια ελαφρώς πιο άνετη βόλτα. Από την άλλη μπορούν οι σχεδιαστές να σχεδιάσουν ένα ποδήλατο προσαρμοσμένο στα μέτρα του εκάστοτε πελάτη, κάνοντας χρήση της τεράστιας γκάμας που έχουν στην διάθεσή τους (12).

Ένας κλασικός τρόπος κατασκευής χρησιμοποιεί κυλινδρικούς σωλήνες από χάλυβα που συνδέονται με συνδέσμους. Οι σύνδεσμοι είναι εξαρτήματα από παχύτερα κομμάτια χάλυβα. Οι σωλήνες τοποθετούνται μέσα στις εξοχές του συνδέσμου, τα άκρατους περιβάλλονται πλήρως. Εν συνεχεία, συγκολλούνται με χαλκό. Ιστορικά, οι χαμηλότερες θερμοκρασίες που απαιτούνται για αυτού του είδους την συγκόλληση είχε λιγότερο αρνητικές επιπτώσεις στη αντοχή του σωλήνα αντί της συγκόλλησης με υψηλή θερμοκρασία που χρειάζεται για άλλα μέταλλα, επιτρέποντας σχετικά ελαφρύ σωλήνα να χρησιμοποιείται χωρίς να έχουμε απώλεια αντοχής. Οι πρόσφατες εξελίξεις στη μεταλλουργία έχουν δημιουργήσει σωλήνες που δεν επηρεάζεται αρνητικά, ή καλύτερα οι ιδιότητές βελτιώνονται με τις υψηλές θερμοκρασίες συγκόλλησης θερμοκρασία, επιτρέποντας έτσι την χρήση τεχνικών συγκόλλησης όπως η TIG και MIG. Πιο ακριβά ποδήλατα έχουν συνδέσμους που έχουν κατεργαστεί στο χέρι, δημιουργώντας περίτεχνα σχήματα. Ακόμα ένα πλαίσιο με συνδέσμους μπορεί να επισκευαστεί πιο εύκολα επί τόπου, λόγω της απλής κατασκευής του. Επίσης, παρόλο που με διάφορα μέσα προστατεύονται οι χαλύβδινοι σωλήνες, κάποια στιγμή παρατηρείται διάβρωση. Εδώ, το πλαίσιο με συνδέσμους επιτρέπει στην γρήγορη και εύκολη αλλαγή του διαβρωμένου σωλήνα, χωρίς να επηρεάζεται η γεωμετρία του ποδηλάτου, ή οι γειτονικοί σωλήνες (13).

Όταν δημιουργήθηκε το Mountain Bike, επειδή δεν υπήρχαν σύνδεσμοι για τις διαστάσεις των σωλήνων που χρειάζονταν, χρησιμοποιήθηκε μια άλλη τεχνική συγκόλλησης η TIG. (Συγκόλληση με ηλεκτρόδιο Βολφραμίου και προστασία αερίου γνωστό και ως GTAW) (14), Μια πιο οικονομική μέθοδο κατασκευής σκελετού ποδηλάτου χρησιμοποιεί κυλινδρικούς χαλύβδινους που συνδέονται χωρίς την χρήση συνδέσμων. Αντί αυτού, οι σωλήνες του πλαισίου πλήρως ευθυγραμμισμένοι μεταξύ τους σε ένα πλαίσιο έως ότου η συγκόλληση είναι πλήρης.

Τα υψηλότερης ποιότητας πλαίσια ποδηλάτων είναι κατασκευασμένα από υψηλής αντοχής κράματα χάλυβα (γενικά χρώμιο - μολυβδαίνιο , ή "Χρώμιο-μολυβδαίνιοο"), τα οποία μπορούν να δώσουν υψηλής αντοχής λεπτότοιχους σωλήνες. Από τα πιο σκληρά ποδηλατικά κράματα χάλυβα πλέον είναι το (Γαλλικής Παραγωγής) Excell (Αντοχή σε εφελκυσμό 1380 MPa) (12)

Κράματα Αλουμινίου

Τα κράματα αλουμινίου έχουν χαμηλότερη πυκνότητα και μικρότερη αντοχή σε σύγκριση με κράματα χάλυβα, έχουν όμως, καλύτερη αναλογία αντοχής-βάρους, δίνοντάς τους ξεχωριστό πλεονεκτήματα βάρους πέρα από το χάλυβα (12). Οι αρχικές κατασκευές αλουμινίου έχουν δείξει ότι είναι πιο ευάλωτα στην κόπωση, είτε αυτό οφείλεται σε αναποτελεσματικά κράματα, ή ατελής τεχνική συγκόλλησης που χρησιμοποιήθηκε. Μειονεκτούν έτσι έναντι ορισμένων κραμάτων ατσαλιού και τιτανίου, τα οποία έχουν σαφή όρια κούραση και είναι ευκολότερο να συγκολληθούν μαζί. Από τότε ωστόσο, ορισμένα από αυτά τα μειονεκτήματα έχουν εξαλειφτεί, με περισσότερο εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό ικανό να παράγει την καλύτερη ποιότητα της συγκόλλησης, αυτοματισμούς, αλλά και την μεγαλύτερη προσβασιμότητα των ίδιων σύγχρονων κραμάτων αλουμινίου που χρησιμοποιούνται στις αεροσκαφών, εξασφαλίζοντας αντοχή και αξιοπιστία συγκρίσιμη με αυτή των χαλύβδινων πλαισίων. Η

ελκυστική αναλογία αντοχής-βάρους του αλουμινίου σε σύγκριση με το χάλυβα, και ορισμένες μηχανικές ιδιότητες, του εξασφαλίζουν μια θέση μεταξύ των υλικών, χρησιμοποιούμενων για πλαίσια ποδηλάτων.

Το Αλουμίνιο έχει ένα μικρότερο μέτρο Ελαστικότητας, από το ατσάλι. Άρα πρέπει να χρησιμοποιηθούν σωλήνες με μεγαλύτερο πάχος τοιχώματος για να επιτευχθεί ακαμψία πλαισίου παρόμοια με ενός χαλύβδινου πλαισίου. Λόγω της χαμηλότερης πυκνότητας όμως το βάρος δεν αυξάνεται. Όσο αυξάνεται η διάμετρος ενός σωλήνα, η ακαμψία του πολλαπλασιάζεται στην $4^{η}$ δύναμη, ενώ το βάρος του πολλαπλασιάζεται στο τετράγωνο. Στο γεγονός αυτό οφείλεται και η επιτυχία του μετάλλου αυτού (13).

Δημοφιλή κράματα για σκελετούς ποδηλάτων είναι τα αλουμίνιο 6061 και 7005

Το πιο δημοφιλές είδος της κατασκευής και σήμερα χρησιμοποιεί σωλήνες από κράμα αλουμινίου που συνδέονται μεταξύ τους με συγκόλληση (TIG). Αυτού του είδους τα πλαίσια, άρχισαν να εμφανίζονται στην αγορά μόνο αφού αυτό το είδος της συγκόλλησης έγινε οικονομικά ανεκτό στη δεκαετία του 1970.

Κάπου εδώ πρέπει να αναφερθεί και η δυσκολία που έχει το Αλουμίνιο κατά την συγκόλλησή του. Λόγω των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται κατά την συγκόλληση, οι ΘΕΖ (θερμικά επηρεασμένες ζώνες), όπως είναι γνωστό, έχουν χαμηλότερη αντοχή. Στο αλουμίνιο, λόγω της μεγάλης θερμικής του αγωγιμότητας, οι ζώνες αυτές είναι αρκετά μεγαλύτερες από ότι στο χάλυβα. Αποτέλεσμα αυτού τα ποδήλατα από αλουμίνιο, να αντιμετωπίζουν πρόβλημα στις ενώσεις τους. Για να λυθεί το πρόβλημα, πρέπει το πλαίσιο, αφού έχει συγκολληθεί ολόκληρο, να υποβληθεί σε θερμική κατεργασία αυτοτελές, ώστε να αυξηθεί ξανά η αντοχή του. Κάτι τέτοιο όμως σημαίνει περισσότερο κόστος, αλλά και χρόνο παραγωγής.

Για την επίλυση του παραπάνω προβλήματος τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται πλαίσια πλαίσια αλουμινίου με την πρόσμιξη σκανδίου, σε αναλογία 0.5%. Το σκάνδιο βελτιώνει την συγκολλητότητα κραμάτων αλουμινίου υψηλής αντοχής, επιτρέποντας σωλήνες μικρότερης διαμέτρου, άρα και πιο εύκολα στην κατεργασία τους.

Τιτάνιο

Το τιτάνιο είναι ίσως το πιο εξωτικό και ακριβό μέταλλο που χρησιμοποιείται για σωλήνες σκελετών ποδηλάτων. Συνδυάζει πολλά επιθυμητά χαρακτηριστικά, όπως η υψηλή αναλογία αντοχής-βαρους και εξαιρετική αντοχή στη διάβρωση. Με μέτρια δυσκαμψία (περίπου η μισή αυτής του χάλυβα) επιτρέποντας πολλούς σκελετούς τιτανίου να κατασκευάζονται με συνηθισμένα μεγέθη σωλήνα, αν και χρησιμοποιούνται όλο και πιο συχνά μεγαλύτερες διάμετροι σωλήνων για περισσότερη ακαμψία. Όμως οι σκελετοί τιτανίου μπορεί να είναι πολύ πιο ακριβοί από ό, τι παρόμοια είδη κραμάτων χάλυβα, καθιστώντας το κόστος απαγορευτικό για πολλούς ποδηλάτες.

Οι σωλήνες τιτανίου συγκολλούνται μεταξύ τους με συγκόλληση τόξου αερίου βολφραμίου (GTAW ή TIG), αν και τελευταία χρησιμοποιείται και συγκόλληση εν κενό. Αυτό γιατί το ζεστό τιτάνιο έχει την τάση να απορροφά οξυγόνο, άζωτο, υδρογόνο και άνθρακα, με αποτέλεσμα να μειώνεται η διάρκεια ζωής του (14).

Είναι πιο δύσκολο στην κατεργασία από τον χάλυβα ή το αλουμίνιο, γεγονός που περιορίζει μερικές φορές τις χρήσεις του ενώ αυξάνει και το κόστος παραγωγής (1).

Ανθρακονήματα

Τα ανθρακονήματα είναι ένα σύνθετο μη μεταλλικό υλικό, που γίνεται όλο και πιο δημοφιλές στην χρήση του για πλαίσια ποδηλάτων. Αν και ακριβό, είναι ελαφρύ, ανθεκτικό στη διάβρωση και ισχυρό, και μπορεί να διαμορφωθεί σε σχεδόν οποιοδήποτε επιθυμητό σχήμα. Το αποτέλεσμα είναι ένα πλαίσιο που μπορεί να τελειοποιηθεί για ειδική ισχύ όπου είναι απαραίτητο (όπως η αντοχή σε δυνάμεις

που δημιουργούνται κάνοντας πετάλι), ενώ επιτρέπει και ευελιξία σε άλλα τμήματα του πλαισίου (όπως για άνεση). Η ικανότητα του υλικού να προσφέρει αντοχή σε μια επιθυμητή διεύθυνση, είναι ένα χαρακτηριστικό, που κανένα μέταλλο δεν μπορεί να προσφέρει.

Μερικά πλαίσια από ανθρακονήματα χρησιμοποιούν κυλινδρικούς σωλήνες που ενώνονται με κόλλες και εξοχές, σε μια μέθοδο κάπως παρόμοια με τα ατσάλινα πλαίσια με συνδέσμους. Ένας άλλος τύπος πλαισίων είναι που κατασκευάζονται εξαρχής ολόκληρα τα πλαίσια από ανθρακονήματα σε ένα ενιαίο κομμάτι, γνωστό και αυτοφερόμενη κατασκευή «monocoque»). Ενώ αυτά τα σύνθετα υλικά παρέχουν ελαφριά καθώς και υψηλή αντοχή, έχουν πολύ μικρότερη αντοχή στην κρούση και, κατά συνέπεια, είναι επιρρεπής σε αστοχία σε περίπτωση σύγκρουσης ή κακομεταχείρισης. Έχει επίσης προταθεί ότι τα υλικά αυτά είναι ευάλωτα σε κόπωση, μια διαδικασία που συμβαίνει με τη χρήση του ποδηλάτου για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Πολλά αγωνιστικά ποδήλατα που κατασκευάζονται αγώνες χρησιμοποιούν αυτό το υλικό καθώς το πλαίσιο μπορεί να διαμορφωθεί με ένα αεροδυναμικό προφίλ, κάτι που δεν είναι δυνατόν με κυλινδρικούς σωλήνες. Έτσι ενώ αυτός ο τύπος του πλαισίου μπορεί στην πραγματικότητα να είναι βαρύτερος από άλλους, χάρις την αεροδυναμική του απόδοση μπορεί να βοηθήσει τον ποδηλάτη να επιτύχει υψηλότερη συνολική ταχύτητα.

Για περαιτέρω ενίσχυση της στιβαρότητας, μπορούν να προστεθούν και άλλα υλικά, εκτός από ανθρακονήματα, όπως μεταλλικό βόριο. Μερικά νεότερα υψηλά καρέ τέλος ενσωματώνουν ίνες Kevlar στην 'ύφανση' του άνθρακα για τη βελτίωση της απόσβεσης των κραδασμών και αντοχή στην κρούση, ιδιαίτερα στους κάτω σωλήνες, seat και chain.

Μεγάλο πλεονέκτημα της χρήσεως ανθρακονημάτων, είναι ότι κατασκευάζοντας το πλαίσιο από μικρά κομμάτια, είναι δυνατή μια αντικειμενοστραφής διαδικασία κατασκευής κάθε κομματιού (15). Με απλά λόγια σημαίνει ότι για κάθε κομμάτι που κατασκευάζεται ακολουθείται μια ειδική και αξιόπιστη διαδικασία κατασκευής για το συγκεκριμένο κομμάτι χρησιμοποιώντας για όλα τα κομμάτια, τα ίδια εργαλεία.

Σκελετός ποδηλάτου από ανθρακονήματα

Θερμοπλαστικά

Τα θερμοπλαστικά είναι μια κατηγορία πολυμερών που μπορούν να ζεσταίνονται και να αναμορφώνονται, και υπάρχουν διάφοροι τρόποι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δημιουργηθεί ένα σκελετός ποδηλάτου. Για παράδειγμα, μία υλοποίηση πλαισίων από θερμοπλαστικά, είναι ουσιαστικά πλαίσια από ανθρακονήματα με τις ίνες που είναι ενσωματωμένες σε ένα θερμοπλαστικό

υλικό και όχι από τις πιο κοινές εποξειδικές θερμοσκληραινόμενες κόλλες. Η 'GT Bicycles' ήταν ένας από τους πρώτους μεγάλους κατασκευαστές που παρήγαγαν ένα θερμοπλαστικό πλαίσιο με το STS-σύστημα στα μέσα του 1990. Οι ίνες άνθρακα είχαν αραιή ύφανση σε ένα σωλήνα, μαζί με ίνες από θερμοπλαστικό υλικό. Αυτός ο σωλήνας τοποθετήθηκε σε ένα καλούπι με μια κύστη μέσα στην οποία ήταν τότε φουσκωμένα για να αναγκάσει τον άνθρακα και το πλαστικό σωλήνα να κολλήσουν στα εξωτερικά τοιχώματα του καλουπιού. Το καλούπι στη συνέχεια θερμαίνεται για να λιώσει το θερμοπλαστικό. Μόλις κρυώσει το θερμοπλαστικό, αφαιρείται από το καλούπι, έχοντας πάρει την τελική του μορφή.

Μαγνήσιο

Ορισμένα πλαίσια ποδηλάτων είναι κατασκευασμένα από μαγνήσιο, που έχει περίπου 64% της πυκνότητας του αλουμινίου. Στη δεκαετία του 1980, ένας μηχανικός, ο Frank Kirk, επινόησε μια νέα μορφή του πλαισίου που είναι ένα χυτό κομμάτι αποτελούμενο από I-δοκούς και όχι από τους σωλήνες. Μια εταιρεία, Kerk Precision Ltd, ιδρύθηκε στη Βρετανία για την κατασκευή τόσο πλαισίων ποδηλάτων δρόμου όσο και πλαισίων ποδήλατων βουνού, με αυτή την τεχνολογία. Ωστόσο, παρά την πρόωρη εμπορική επιτυχία, υπήρχαν προβλήματα με την αξιοπιστία και η παραγωγή σταμάτησε το 1992. Τα σύγχρονα ποδήλατα που χρησιμοποιούν Μαγνήσιο στο πλαίσιό τους, είναι κατασκευασμένα χρησιμοποιώντας σωλήνες.

Μεγάλο μειονέκτημα, αποτελεί η ευκολία με την οποία διαβρώνεται το υλικό. Εάν δεν ληφθεί μέριμνα κατά την κατασκευή, θα προκληθεί γαλβανική διάβρωση στα σημεία που το μαγνήσιο έρχεται σε επαφή με χαλύβδινα ή αλουμινένια εξαρτήματα.

Συνδυασμοί υλικών

Ο συνδυασμός διαφορετικών υλικών μπορεί να προσφέρει την επιθυμητή ακαμψία, απόσβεση κραδασμών, σε όποια σημεία κρίνεται αυτό απαραίτητο, κάτι που ένα υλικό από μόνο του δεν μπορεί να προσφέρει. Οι συνήθεις συνδυασμοί είναι ανθρακονήματα με μέταλλα, είτε είναι χάλυβας, ατσάλι, αλουμίνιο ή τιτάνιο. Ένα παράδειγμα αυτής της κατηγορίας, περιλαμβάνει ένα μεταλλικό κάτω σωλήνα και seat stays, με άνω σωλήνα, σωλήνα θέσης και seat stays από ανθρακονήματα. Άλλο παράδειγμα είναι το κυρίως τρίγωνο και τα κάτω πίσω ψαλίδι να είναι μεταλλικά και μόνο τα άνω πίσω ψαλίδια μόνο, από ανθρακονήματα. Τα ανθρακονήματα στα ψαλίδια, είναι πολύ διαδεδομένα πλέον σε οποιονδήποτε συνδυασμό μετάλλων.

Τα παραπάνω μπορούν να συνοψιστούν στον επόμενο πίνακα:

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ			
ΧΑΛΥΒΑΣ		**ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ**	
ΥΠΕΡ	**ΚΑΤΑ**	**ΥΠΕΡ**	**ΚΑΤΑ**
• ΦΤΗΝΟ • ΔΥΝΑΤΟ • ΣΤΙΒΑΡΟ • ΕΥΚΟΛΟ ΣΤΗΝ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗ	• ΒΑΡΥ • ΔΙΑΒΡΩΝΕΤΑΙ ΕΥΚΟΛΑ • ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΣΕ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΠΡΟΦΙΛ • ΑΔΥΝΑΜΙΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΤΙΣ ΖΩΝΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ	• ΦΤΗΝΟ • ΕΛΑΦΡΥ • ΣΧΕΤΙΚΑ ΔΥΝΑΤΟ • ΣΤΙΒΑΡΟ ΕΝ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΒΑΡΟΣ ΤΟΥ • ΜΗ-ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟ	• ΔΕΝ ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΝΕΤΑΙ ΕΥΚΟΛΑ • ΑΣΤΟΧΙΑ ΣΤΙΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ • ΔΥΣΚΟΛΙΑ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ
ΤΙΤΑΝΙΟ		**ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑΤΑ**	
ΥΠΕΡ	**ΚΑΤΑ**	**ΥΠΕΡ**	**ΚΑΤΑ**
• ΕΛΑΦΡΥ • ΔΥΝΑΤΟ • ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΚΡΑΔΑΣΜΩΝ • ΜΗ-ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟ	• ΑΚΡΙΒΟ • ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΣΕ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΠΡΟΦΙΛ • ΔΕΝ ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΝΕΤΑΙ ΕΥΚΟΛΑ • Η ΚΑΚΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΔΕΝ ΦΑΙΝΕΤΑΙ	• ΕΛΑΦΡΥΤΕΡΑ ΑΠΟ ΤΑ ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ • ΠΟΛΥ ΔΥΝΑΤΑ • ΚΑΛΥΤΕΡΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗ • ΕΥΚΟΛΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ • ΜΗ-ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ • ΕΥΚΟΛΙΑ ΕΠΙΔΙΟΘΩΣΗΣ	• ΑΚΡΙΒΑ • ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ • ΑΝΤΟΧΗ ΚΑΙ ΑΚΑΜΨΙΑ ΕΞΑΡΤΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥΣ • ΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΑΠΟ ΚΑΛΛΟΥΠΙ ΕΧΟΥΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ

Ενώ οι μηχανικές ιδιότητες των υλικών αυτών αναγράφονται παρακάτω:

Υλικό	**Μέτρο Ελαστικότητας E (GPa)**	**Πυκνότητα ρ (g/cm^3)**	**Όριο διαρροής σ_y (MPa)**
Χάλυβας	210	7.8	240
Cr-Mo Κράμα χάλυβα	210	7.8	665
6061 – T6 Al.	70	2.7	260
Ti – 3Al. – 2.5V	110	4.5	700

3.0 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3.1 ΟΡΙΣΜΟΙ CAD-CAE

Μέχρι στιγμή, έχουμε δει την εξέλιξη του ποδηλάτου, και τα βασικά του χαρακτηριστικά. Οι κατασκευαστές ποδηλάτων πλέον έχουν μια ευρεία γκάμα εργαλείων που τους δίνουν τη δυνατότητα, να πραγματοποιήσουν σχέδια και κατασκευές που παλιότερα δεν ήταν δυνατόν να γίνουν. Κάπου εδώ πρέπει να γίνει αναφορά, και στα σχεδιαστικά προγράμματα που υπάρχουν πλέον στην διάθεσή τους.

Το CAD, αποτελεί συντομογραφία του Computer Aided Design, σχεδιασμό δηλαδή, με την βοήθεια υπολογιστή. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, για την δημιουργία σχεδίων. Διευκολύνει τον χρήστη ώστε να μαζέψει σε ένα σημείο όλες τις απαραίτητες πληροφορίες, και να τις εκθέσει με τέτοιο τρόπο, ώστε να γίνουν κατανοητές από τον κατασκευαστή. Συχνά αυτές οι πληροφορίες παραμένουν σε ηλεκτρονική μορφή έτοιμες για εκτύπωση, ή και σε γλώσσα μηχανής, για την κατασκευή ενός συγκεκριμένου κομματιού, όπως είναι οι κοπές με την χρήση της τεχνολογίας Laser. Για το σχεδιασμό, τα ηλεκτρονικά προγράμματα, χρησιμοποιούν διανύσματα και πίνακες, ώστε να εκφράσουν την τρισδιάστατη μορφή του αντικειμένου, στην δισδιάστατη οθόνη του υπολογιστή. Βέβαια, τα σχεδιαστικά προγράμματα, δεν περιλαμβάνουν μόνο αυτό. Πρέπει να είναι σε θέση, να παρέχουν και πληροφορίες, όπως διαστάσεις, υλικά, τεχνικά σχέδια για εκτύπωση, φάσεις παραγωγής του προϊόντος, όπως θα έκανε ένας άνθρωπος, εάν ασχολιόταν όλη την ώρα με το συγκεκριμένο κομμάτι. Επιτυγχάνεται έτσι μείωση του κόστους παραγωγής αλλά και του χρόνου παραγωγής. Λόγω αυτού, αν όχι όλες, αλλά η συντριπτική πλειοψηφία των κατασκευαστικών εταιριών, είτε παράγουν αυτοκίνητα, είτε σπίτια, είτε ακόμα και πράγματα απλά όπως ένα χερούλι, τα σχεδιάζουν, με την χρήση CAD. Πλέον έχουν τεθεί και στην διαθεσιμότητα των ιατρικών επιστημών, για την σχεδίαση προσθετικών.

Σαν CAE, ορίζουμε την υποκατηγορία των CAD, τα οποία, αναλύοντας την γεωμετρία CAD, και λαμβάνοντας υπόψιν τις ιδιότητες του κομματιού που έχει ορίσει, προσομοιώνουν την συμπεριφορά αυτού, και βοηθούν έτσι τον χρήστη να εντοπίσει τυχόν λάθη στον σχεδιασμό του, ή περεταίρω, πώς να βελτιστοποιήσει το προϊόν αυτό. Τα CAE αποτελούνται από μια ευρεία γκάμα εργαλείων, αναλόγως την χρήση τους, όπως μπορεί να είναι κινηματικά προγράμματα (αυτά που κάνουν κινηματικές αναλύσεις) και προγράμματα δυναμικής ανάλυσης.

Τα προγράμματα αυτά, κάνουν τις αναλύσεις τους μέσω μεθόδων, όπως είναι η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων, που και χρησιμοποιείται στην θα αναλυθεί στην πορεία.. Μέσω της μεθόδου αυτής, καθίσταται δυνατή η στατική και δυναμική ανάλυση τάσεων & μετατοπίσεων, θερμική ανάλυση, ρευστομηχανική, αεροδυναμική, ακουστική, ακόμα και ανάλυση μαγνητικού πεδίου. Εν γένει, κατά την διαδικασία αυτή, χρησιμοποιείται ένα απλοποιημένο μοντέλο αυτού που σχεδιάζεται, στο οποίο ορίζονται τα στοιχεία, οι φορτίσεις και οι βαθμοί ελευθερίας, και μετά το πρόγραμμα, μέσω μητρών, προσδιορίζει την συμπεριφορά του.

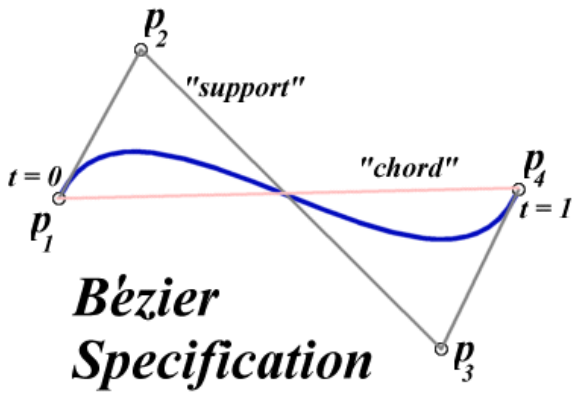
Σαν μέλος των CAE, θεωρούνται πλέον και τα εκάστοτε προγράμματα βελτιστοποίησης, τα οποία, μέσω αλγόριθμων, προσδιορίζουν προσεγγιστικά συνήθως το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Συνήθως, η συγκεκριμένη ομάδα των CAE, χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ελάχιστου βάρους που επιτρέπεται να έχει ένα προϊόν, ή αντίστοιχα του ελάχιστου πάχους, αν μιλάμε για μεταλλικές κατασκευές.

Η μαγεία των μεθόδων ανάλυσης και βελτιστοποίησης, και η επιτυχία τους, έγκειται στο γεγονός, ότι το κόστος παραγωγής ενός προϊόντος μεγαλώνει εκθετικά όσο περνάει από το ένα στάδιο στο άλλο, και από τη στιγμή που τα προγράμματα αυτά βοηθούν στην έγκαιρη πρόβλεψη μελλοντικών

σφαλμάτων, γλιτώνουν χρόνο και χρήμα από μια επιχείρηση, βοηθώντας την να καταταχτεί στην κερδοφόρες, μιας και έχει πετύχει στην μείωση κόστους και άρα αύξηση κέρδους.

3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Η χρήση των υπολογιστών από μηχανικούς, ξεκίνησε από την εποχή, που άρχισαν να εμφανίζονται οι πρώτοι προσωπικοί υπολογιστές. Παρόλα αυτά, οι πρώτες δημοσιεύσεις που έγιναν που να αφορούν την περιγραφή τρισδιάστατων καμπυλών μέσω μαθηματικών σχέσεων, ήταν όταν ένας Γάλλος μηχανικός ονόματι Pierre Bézier, εργαζόμενος στην Renault, από το 1933 έως το 1975 αναπτύσσει το πρωτοποριακό σύστημα UNISERF CAD CAM, το οποίο χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό αμαξώματος και επεξεργασίας του. Το 1972 κάνει γνωστές μια σειρά από καμπύλες, οι οποίες αργότερα πήραν και το όνομα του, τις καμπύλες Bezier. Οι καμπύλες αυτές είναι εύκολες στον χειρισμό τους και μπορούν εύκολα να μετασχηματιστούν για χρησιμοποίησή τους σε υπολογιστή. Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιείται ακόμα και στις μέρες μας και αποτέλεσε ένα συνδετικό κρίκο ανάμεσα στην ευελιξία που ζητούσαν οι σχεδιαστές αμαξωμάτων και στο σκληρό και δύσκαμπτο υπολογιστικό περιβάλλον σχεδιασμού, που ολοένα και περισσότερο χρησιμοποιούνταν (16).



Καμπύλη Bezier

Τα πρώτα βήματα των σχεδιαστικών προγραμμάτων, έγιναν την δεκαετία του 1960, στην αεροναυπηγική βιομηχανία, αλλά και την βιομηχανία του αυτοκινήτου, σαν μια προσπάθεια, να απεικονιστούν καλύτερα τρισδιάστατες επιφάνειες, αλλά και σαν προγράμματα ελέγχου μηχανών, μέσω του αριθμητικού ελέγχου. Οι δυο αυτές περιπτώσεις σχεδιαστικών προγραμμάτων, αν και ξεκίνησαν την ίδια εποχή, ήταν τελείως ανεξάρτητες, και μιας και τότε, ήταν η τελευταία λέξη της τεχνολογίας, και παρέμειναν στην αφάνεια, αντιμετωπιζόμενα ως «βιομηχανικά μυστικά».

Ένας ακόμα σταθμός στην ιστορία των σχεδιαστικών προγραμμάτων, που επηρέασε πολύ την μετέπειτα εξέλιξή τους, ήταν όταν το 1963, ο Ivan Sutherland, κατασκεύασε για το MIT, το εργαλεία “Sketchpad”. Το ξεχωριστό σημείο του συστήματος αυτού, ήταν ότι μπορούσε να δεχτεί από τον χρήστη γραφική είσοδο. Ο χρήστης μπορούσε να περάσει ένα σχέδιο στον υπολογιστή, σχεδιάζοντάς το στην CRT οθόνη του, με ένα φωτεινό στυλό.

Παρόλα αυτά, οι υπολογιστές, εξαιτίας του υψηλού κόστους τους, παρέμεναν διαθέσιμοι μόνο σε μεγάλες εταιρίες, όπως η GM που χρησιμοποιούσε το σχεδιαστικό DAC-1, η Renault και η Lockheed, μακριά από το ευρύ κοινό. Όσο το κόστος των υπολογιστών έπεφτε, οι υπολογιστές γίνονταν όλο και πιο προσιτοί στο κοινό, με τα σχεδιαστικά προγράμματα να εξελίσσονται με πολύ γρήγορους ρυθμούς και το φάσμα εφαρμογής τους να διευρύνεται ολοένα και περισσότερο. Πλέον σήμερα, χρησιμοποιούνται σε κάθε φάση της παραγωγής.

Το 1981 βγαίνουν στην αγορά το ROMULUS (Shape Data) και το UNI-SOLID (Unigraphics) για στερεά μοντελοποίηση, και το CATIA (Dassault Systems) για επιφανειακή. Το 1982, ιδρύεται η Autodesk από τον John Walker, με το πασίγνωστο πλέον πρόγραμμα δισδιάστατης σχεδίασης, AUTOCAD. Στη συνέχεια το 1988 εμφανίζεται το PRO/ENGINEER, το οποίο έδινε ακόμα περισσότερες επιλογές σχεδίασης, ενώ εισήγαγε και τον παραμετρικό σχεδιασμό. Τα παραπάνω, οδήγησαν στα σχεδιαστικά προγράμματα που περιλαμβάνουν τα περισσότερα γενικά στοιχεία των CAD/CAE/CAM, όπως είναι το SOLIDWORKS το 1995, το SOLIDEDGE το 1996, και το Autodesk INVENTOR το 1999.

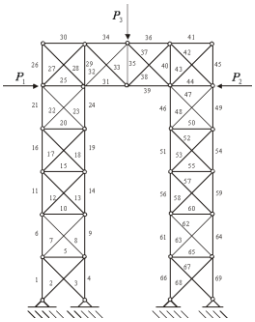
Η σύγχρονη γενιά περιφερειακών εξαρτημάτων των υπολογιστών

3.3 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

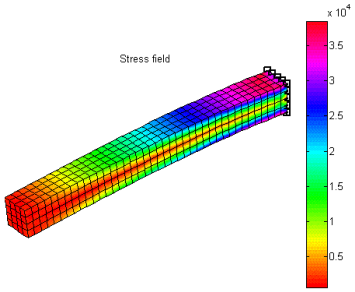
Η σύγχρονη ανάπτυξη της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων ξεκίνησε το 1940 από τον τομέα Δομικής Μηχανικής με το έργο των Hennrikoff, McHenry και Newmark, οι οποίοι χρησιμοποίησαν ένα πλέγμα στοιχείων γραμμής (ράβδους και δοκούς) για την επίλυση και εύρεση των τάσεων σε συνεχή στερεά, με την μέθοδο της ελαστικότητας. Ο Courant το 1943, χρησιμοποίησε συνεχείς κατά τμήματα συναρτήσεις με μεταβλητές μεθόδους για την λύση προβλημάτων στρέψης. Με την διάδοση των υπολογιστών κατά την δεκαετία του 1950, έγινε όλο και πιο διαδεδομένη στους μηχανικούς, η επίλυση των εξισώσεων δυσκαμψίας με την χρήση μητρών. Μία γνωστή δημοσίευση των Turner, Clough, Martin, και Topp το 1956 παρουσιάζει μητρώα δυσκαμψίας για ράβδους και δοκούς, ενώ ο Clough το 1960 εισαγάγει για πρώτη φορά, τον όρο Πεπερασμένα στοιχεία (1), παρουσίασε τις εξισώσεις του πίνακα ακαμψίας. Στις δεκαετίες 60-70, η μέθοδος εφαρμόζεται σε προβλήματα ελαστικότητας, μεταφοράς θερμότητας, ρευστών, και μη γραμμικά προβλήματα. Ακόμα, εμφανίζονται τα πρώτα υπολογιστικά πακέτα για ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία, NASTRAN, SAP, και άλλα. Από εκείνες τις αρχικές και πρώιμες έρευνες μέχρι σήμερα, έχουν γίνει μεγάλες προσπάθειες στην ανάπτυξη της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων για κατασκευαστικά προβλήματα, αλλά και για την ανάπτυξη υπολογιστικών εργαλείων βασισμένα στις μεθόδους αυτής της ανάλυσης. Το 1980, η μέθοδος, αρχίζει να εφαρμόζεται ευρέως και να χρησιμοποιείται από μηχανικούς, μικρές επιχειρήσεις και πανεπιστήμια. Η ανάπτυξη της μεθόδου οφείλεται στην ανάπτυξη των προσωπικών υπολογιστών, αρχίζει η προσπάθεια για μεγαλύτερη και καλύτερη γραφική απεικόνιση και ολοκλήρωση της μεθόδου στους υπολογιστές, καθώς και η προσπάθεια ενσωμάτωσής της, στα προγράμματα CAD και CAM. Το 1990 η μέθοδος πλέον εφαρμόζεται σε πολύπλοκα προγράμματα ρευστομηχανικής, συζευγμένα προβλήματα πολλαπλών πεδίων & περιοχών, ενώ αρχίζει και η επεξεργασία των προβλημάτων από πολλούς υπολογιστές παράλληλα, με κορύφωση την χρήση ενός υπολογιστή με πολλούς επεξεργαστές (παράλληλη επεξεργασία).

Μερικά παραδείγματα της συνεισφοράς της τεχνολογίας των υπολογιστών στην δομική μηχανική, είναι οι σύγχρονες επεξεργαστικές δυνατότητες που γίνονται όλο και μεγαλύτερες, η ύπαρξη αποτελεσματικών άμεσων και επακριβών ρουτινών υπολογισμού μητρών, τα γραφικά των υπολογιστών που κάνουν πιο εύκολη την σύγχρονη σχεδίαση κτιρίων, η αυτόματη και προσαρμοστική παραγωγή πλέγματος καθώς και οι δυνατότητες προ- και μετά - εκτίμησης του σχεδιασμού.

Σαν Μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων, θεωρείται η προσεγγιστική και αριθμητική μέθοδος επίλυσης προβλημάτων, συνεχούς μέσου αυθαίρετης γεωμετρίας, οριακών συνθηκών και φορτίων. Βασίζεται στον συνδυασμό μεταβλητών μεθόδων και τοπικών προσεγγίσεων που ισχύουν σε περιορισμένη περιοχή του πεπερασμένου στοιχείου για την διακριτοποίηση του προβλήματος. Επανάληψη της τοπικής διακριτοποίησης στον υπόλοιπο χώρο του μέσου, καταλήγει στην διακριτοποίηση του προβλήματος, και την προσεγγιστική λύση (17). Τα περισσότερα μηχανικά συστήματα μπορούν να χωριστούν σε διακριτά και συνεχή.



Διακριτό σύστημα



Συνεχές σύστημα

Τα διακριτά είναι απλοποιήσεις των συνεχών συστημάτων και για το λόγο αυτό παρατηρούνται ομοιότητες και διαφορές ανάμεσά τους. Πιο συγκεκριμένα :

Για τα διακριτά συστήματα ισχύει (17):

- Τα στοιχεία του συστήματος έχουν διακριτή μορφή.
- Οι φυσικές εξισώσεις που εκφράζουν τη συμπεριφορά κάθε στοιχείου είναι εκφρασμένες συναρτήσει των βαθμών ελευθερίας και των μηχανικών ιδιοτήτων του στοιχείου
- Οι εξισώσεις ισορροπίας είναι διακριτές εξισώσεις με άγνωστες μεταβλητές του Βαθμούς ελευθερίας του συστήματος.
- Τα φορτία είναι διακριτά και εφαρμόζονται στους κόμβους των στοιχείων.
- Οι οριακές συνθήκες ή άλλοι περιορισμοί κίνησης, έχουν επίσης διακριτή μορφή.

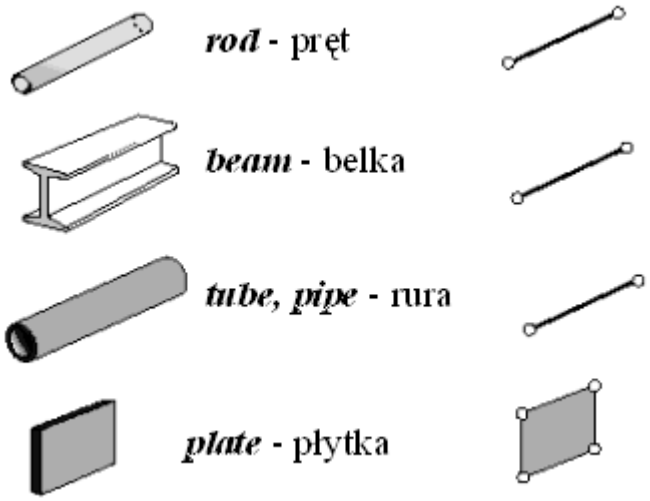
Για τα συνεχή συστήματα ισχύει (17):

- Αποτελούν πιο ακριβή παρουσίαση του προβλήματος (λόγω λιγότερων απλουστεύσεων)
- Έχουν συνεχή κατανομή του μέσου στον όγκο του προβλήματος
- Περιλαμβάνουν σειρά μεταβλητών, οι οποίες είναι συνεχείς συναρτήσεις στο πεδίο του προβλήματος. Για παράδειγμα σε θερμικά προβλήματα μεταβλητές είναι η θερμοκρασία, η ροή θερμότητας ή η κλίση της θερμοκρασίας.
- Οι καταστατικές εξισώσεις εκφράζονται τοπικά σαν γραμμικές σχέσεις μεταξύ τάσεων παραμορφώσεων σε ένα ελαστικό στερεό.
- Οι εξισώσεις ισορροπίας είναι υπό την μορφή διαφορικών εξισώσεων με παραγώγους των μεταβλητών (π.χ. Τάσεων)
- Υπάρχει συνεχής εφαρμογή οριακών συνθηκών ή εξωτερικών φορτίων στην επιφάνεια που περικλείει το συνεχές μέσο.
- Τα προβλήματα αυτά εκφράζονται μαθηματικά σαν συστήματα πεπλεγμένων διαφορικών εξισώσεων, που υπόκεινται στις οριακές συνθήκες του προβλήματος, με ακριβής λύση να είναι δυνατή για τις απλές γεωμετρίες.

Καθώς όμως τα περισσότερα προβλήματα περιλαμβάνουν περίπλοκες γεωμετρίες, φορτίσεις και οριακές συνθήκες δεν επιδέχονται ακριβή επίλυση, και λύνονται μόνο με προσεγγιστικές αριθμητικές μεθόδους, όπως είναι η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων.

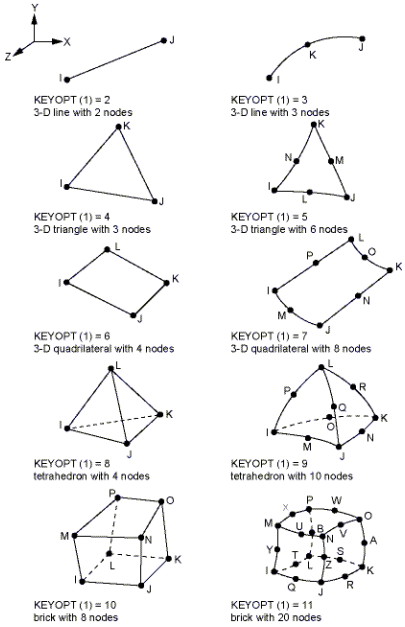
Για την εφαρμογή της μεθόδου, ένα πρόγραμμα ακολουθεί την εξής λογική διαδικασία. Αρχικά, δέχεται το γεωμετρικό μοντέλο από τον χρήστη, ο οποίος είτε το έχει σχεδιάσει σε κάποιο άλλο πρόγραμμα και το εισάγει στο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων, είτε το σχεδιάζει απευθείας μέσα σε αυτό, εκείνη τη στιγμή. Το σχεδιαστικό πρόγραμμα, το επεξεργάζεται και με βάση τα δεδομένα που του έχει δώσει ο χρήστης, αναλύει την κατασκευή. Κατά την διαδικασία αυτή, ο χρήστης θα πρέπει να ορίσει τους βαθμούς ελευθερίας της κατασκευής, τα σημεία και τους τρόπου στήριξης, τις δυνάμεις που ασκούνται, και την μορφή τους (στατικές ή δυναμικές, συγκεντρωμένες ή κατανεμημένα φορτία, ροπές), τα υλικά της κατασκευής, και μια πληθώρα ακόμα επιλογών, αναλόγως την ανάλυση που θέλει να γίνει. Επόμενο βήμα για αυτό, είναι η απλοποίηση και διακριτοποίηση της κατασκευής (18), δηλαδή ο υπολογιστής δεν θεωρεί την κατασκευή σαν ενιαία, αλλά ότι αποτελείται από πάρα πολλά συνεχόμενα τμήματα, τα οποία ονομάζονται πεπερασμένα στοιχεία, κάθε ένα από αυτά συνήθως με τις δικές του ιδιότητες, αποτελούμενο από κόμβους, οι οποίοι με τη σειρά τους ορίζονται από γεωμετρικές συντεταγμένες. Κάθε στοιχείο συνορεύει με άλλα, και συνήθως ακολουθείται και η λογική, οι κόμβοι διαφορετικών στοιχείων, να συμπίπτουν στο χώρο. Το παραπάνω, γίνεται για το σύνολο της κατασκευής, μέχρι που στο τέλος ο υπολογιστής δίνει το μοντέλο-πλέγμα που έχει κατασκευάσει. Στην παρούσα φάση, το μοντέλο και η συμπεριφορά του, μπορούν να εκφραστούν μαθηματικά από το σύνολο των εξισώσεων (συνήθως υπό την μορφή πινάκων), που περιγράφουν κάθε ένα από αυτά τα μικρά στοιχεία. Ένας τέτοιος πίνακας είναι και το μητρώο δυσκαμψίας, που εκφράζει την αντίσταση κάθε στοιχείου να

παραμορφωθεί, και επομένως της κατασκευής. Το μοντέλο είναι έτοιμο προς επίλυση. Ο υπολογιστής, εφαρμόζει τις συνθήκες στήριξης, τα εξωτερικά φορτία, και μελετά την συμπεριφορά του κάθε στοιχείου με βάση τα παραπάνω. Με την μέθοδο αυτή έχουμε άμεσα προσεγγιστικά αποτελέσματα χωρίς να χρονοτριβούμε και να προσπαθούμε να λύσουμε εξισώσεις που παλιότερα μπορεί να ήταν και αδύνατο να λυθούν.



Αντιστοιχία πραγματικών αντικειμένων με στοιχεία υπολογιστή

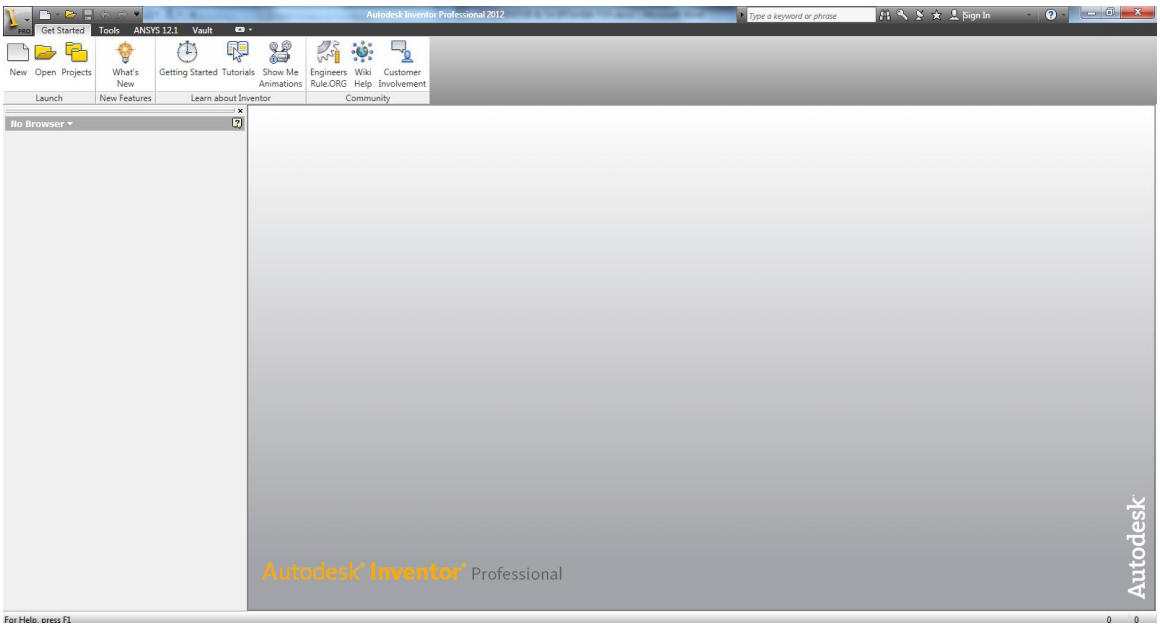
Όπως γίνεται αντιληπτό, είναι πολλές οι αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν και κάθε μια είναι σαν να προσπαθείς να βρεις μια χρυσή τομή. Για παράδειγμα, πλέγμα με πάρα πολλά μικρά στοιχεία, καταλήγει σε μια λύση με περισσότερη ακρίβεια, αλλά πιο χρονοβόρα, μιας και ο υπολογιστής έχει πολύ περισσότερες εξισώσεις να υπολογίσει. Γενικά ισχύει ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των στοιχείων και των κόμβων, τόσο μεγαλύτερος, ο βαθμός του πολυωνύμου της συνάρτησης μορφής προς επίλυση. Άλλη σοβαρή απόφαση που πρέπει να πάρει ένας μηχανικός, είναι τι στοιχεία να χρησιμοποιήσει. Υπάρχουν στοιχεία δισδιάστατα, με δύο, τρείς τέσσερις και περισσότερους κόμβους, τρισδιάστατα στοιχεία, στοιχεία για υπολογισμούς επιφανειών, και πολλά άλλα. Ακόμα το πρόβλημα προς επίλυση είναι γραμμικό ή μη γραμμικό;



Διάφορα είδη στοιχείων

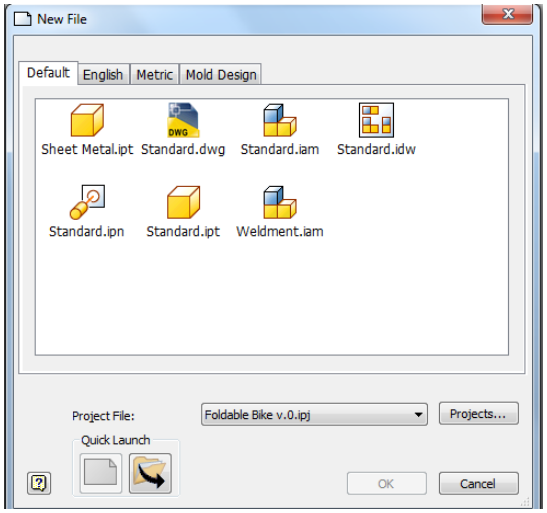
3.4 Το σχεδιαστικό πρόγραμμα INVENTOR και τα εργαλεία του

Το Inventor αποτελεί αναμφισβήτητα έναν από τους κολλοσούς στον κόσμο των σχεδιαστικών προγραμμάτων. Πλέον βασικά είναι ένα από τα πιο ολοκληρωμένα προγράμματα σχεδιασμού, περικλείοντας πλήθος λειτουργιών και εντολών. Από τα πιο απλά δισδιάστατα σχέδια, σε τρισδιάστατα μηχανήματα, προσομοιώσεις κινήσεων, προσομοιώσεις πεπερασμένων στοιχείων αλλά και πολλά άλλα αποτελούν ορισμένες μόνο από τις λειτουργίες του, οι οποίες, συνεχώς αυξάνονται και εξελίσσονται. Προτού λοιπόν ξεκινήσει ο σχεδιασμός του πλαισίου, θα γίνει μια εισαγωγή στα βασικά του εργαλεία, και σε βασικές λογικές σχεδιασμού ώστε η μετέπειτα επεξήγηση της διαδικασίας σχεδιασμού του πλαισίου, να μπορεί να ακολουθηθεί από κάποιον που έρχεται σε επαφή με αυτό το πρόγραμμα.



Ξεκινώντας το πρόγραμμα, έχουμε τις επιλογές νέου αρχείου, ανοίγματος αρχείου, διαχείριση των Project, εξοικείωση με τα νέα χαρακτηριστικά της εκάστοτε εκδόσεις, μια ομάδα λειτουργιών για την εκμάθηση του προγράμματος, και μια ομάδα λειτουργιών για σύνδεση με άλλους χρήστες μέσω διαδικτύου, είτε για ανταλλαγή απόψεων είτε για απομακρυσμένη βοήθεια.

Σε κάθε νέο Project που θέλουμε να ξεκινήσουμε, επιλέγουμε την διαχείρισή τους, που ενεργοποιείται ένα παράθυρο με τα υπάρχοντα Project και τις παραμέτρους τους. Επιλέγεται το New, και εν συνεχεία, αφού ρυθμίσουμε τις διάφορες παραμέτρους, επιλέγεται το κουμπί Done. Η έννοια του Project είναι να ορίσει τα γενικά χαρακτηριστικά μιας εργασίας, για καλύτερη και πιο γρήγορη οργάνωση. Για παράδειγμα έχοντας ενεργοποιημένο ένα project, όλα τα αρχεία που θα ανοίξουμε, ή θα δημιουργήσουμε, θα αποθηκευτούν στην διεύθυνση του Project, ώστε όλες οι πληροφορίες που έχουμε χρησιμοποιήσει κάποια στιγμή κατά τη διάρκεια ενός έργου, να είναι προσβάσιμες άμεσα, και μαζεμένες σε ένα σημείο. Υπάρχει επιλογή ποιών βιβλιοθηκών Standard parts (βίδες) θέλουμε να έχουμε έτοιμες κάποια στιγμή, και πολλά άλλα.



Με το κουμπί New, εμφανίζεται το παραπάνω παράθυρο που αναγράφεται το ενεργό έργο, και δίνεται η δυνατότητα για την εκκίνηση των παρακάτω τύπων αρχείων του Inventor:

- Sheet Metal (*.ipt) & Standard (*.ipt)

  Δημιουργείται ένα αρχείο στο οποίο μέσω σχεδίων, και συνδυασμού περίπλοκης γεωμετρίας, μπορεί να προκύψει ένα τρισδιάστατο κομμάτι, με γεωμετρικές ιδιότητες, φυσικά χαρακτηριστικά (όπως πυκνότητα). Το Sheet Metal, αποτελεί επέκταση του περιβάλλοντος αυτού, και δημιουργεί αρχεία και γεωμετρίες που μπορούν να προκύψουν από την επεξεργασία σιδηροελασμάτων. Ενώ έχουν τις φυσικές ιδιότητες των μετάλλων όπως δυνατότητα αναπτύγματος λαμαρινών, πυκνότητες και άλλα.

- Standard dwg (*.dwg)

  Ξεκινάει ένα αρχείο το οποίο έχει τα χαρακτηριστικά ενός αρχείου AutoCAD, και είναι σαν να έχει ανοίξει τέτοιο αρχείο.

- Standard Assembly (*.iam)

  Σε αρχεία αυτού του τύπου, δεν σχεδιάζονται νέα κομμάτια απευθείας, αλλά συνδυάζονται μεταξύ τους μέσω γεωμετρικών περιορισμών δημιουργώντας στο τέλος μια πιο σύνθετη κατασκευή όπως ένα μηχάνημα με κινούμενα μέρη.

- Standard Draft (*.idw)

  Πρόκειται για περιβάλλον δισδιάστατης σχεδίασης, το οποίο χρησιμοποιείται για να ετοιμαστούν όψεις, διαστάσεις και άλλες κατασκευαστικές λεπτομέρειες, ώστε να είναι δυνατή η εκτύπωσή του, σε κόλλα χαρτί, και η χρήση του από την παραγωγή ενός μηχανουργείου για παράδειγμα.

- Standard Presentation (*.ipn)

  Πρόκειται για περιβάλλον με περιορισμένες εντολές παρουσίασης, όπως δημιουργία ‘ανεπτυγμένης’ όψης (καλύτερα στην ξένη ορολογία ‘exploded

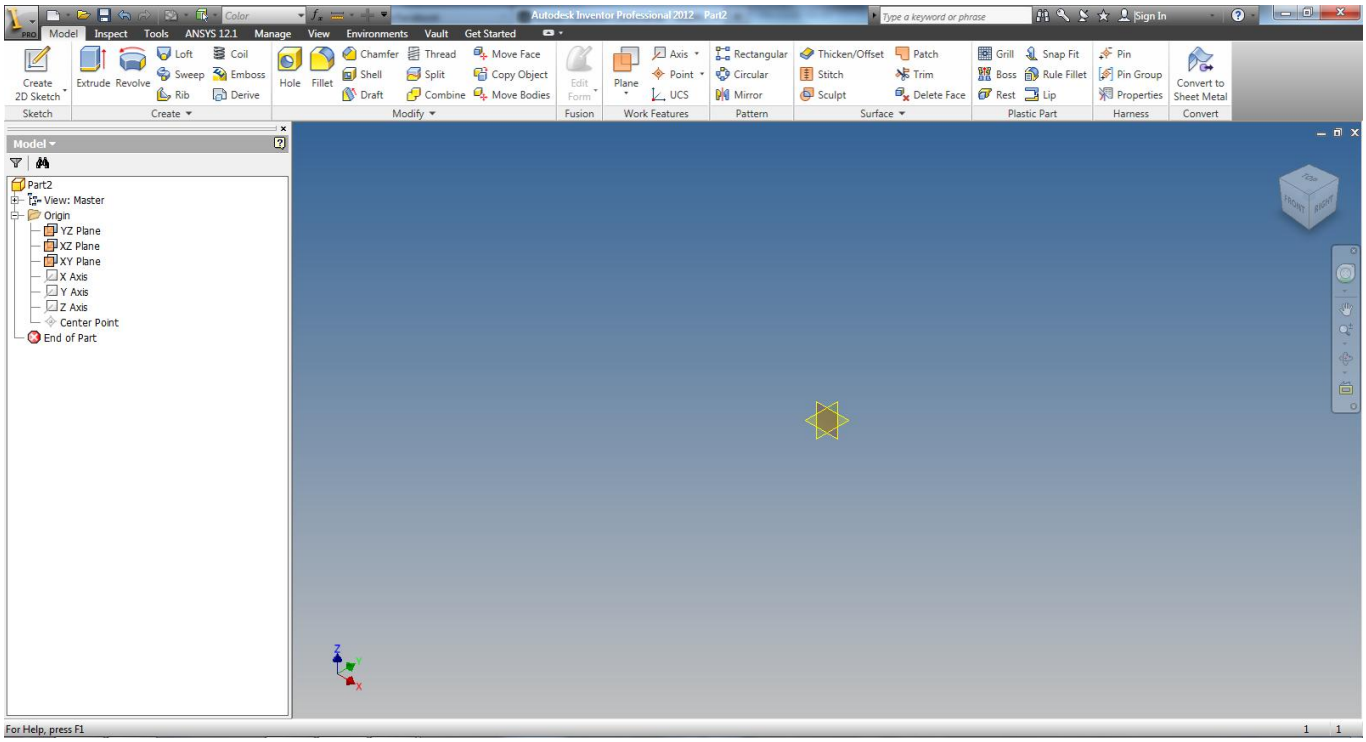
views'. Για επεξηγήσεις συναρμολόγησης μια κατασκευής καλύτερα, ενώ δίνεται η δυνατότητα, δημιουργίας κίνησης

- Standard Weldment (*.idw)

  Πρόκειται για το περιβάλλον που θα χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση δημιουργίας συγκολλητής κατασκευής.

*Στις άλλες ταμπέλες υπάρχουν παρόμοια αρχεία με ειδικές ρυθμίσεις όπως μονάδες μέτρησης σε Βρετανικό σύστημα.

Ξεκινώντας ένα νέο Part αρχείο, εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη:

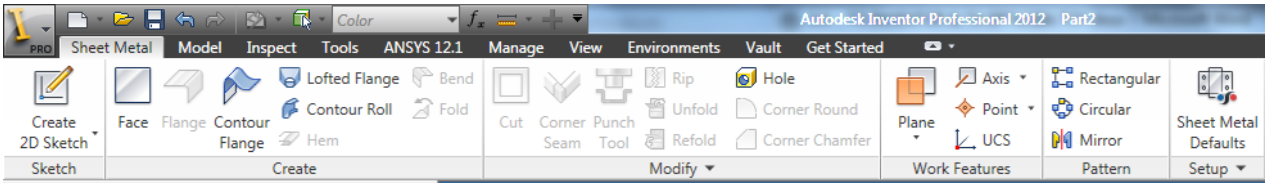


Εδώ βλέπουμε τα επίπεδα XYZ στο δεξί άσπρο-μπλε παράθυρο που είναι και το παράθυρο σχεδιασμού. Στα αριστερά βρίσκεται το δέντρο του αρχείου, στο οποίο αναγράφονται οι όψεις που έχει δημιουργήσει ο χρήστης και κάποιες προκαθορισμένες, τα διάφορα επίπεδα, οι άξονες και το σημείο αρχής των αξόνων. Πάνω βρίσκονται ομαδοποιημένες οι εντολές σχεδιασμού τρισδιάστατης γεωμετρίας. Κάθε φορά που θέλουμε να προσθέσουμε ή να αφαιρέσουμε κάποια γεωμετρία, ακολουθείται η εξής διαδικασία.

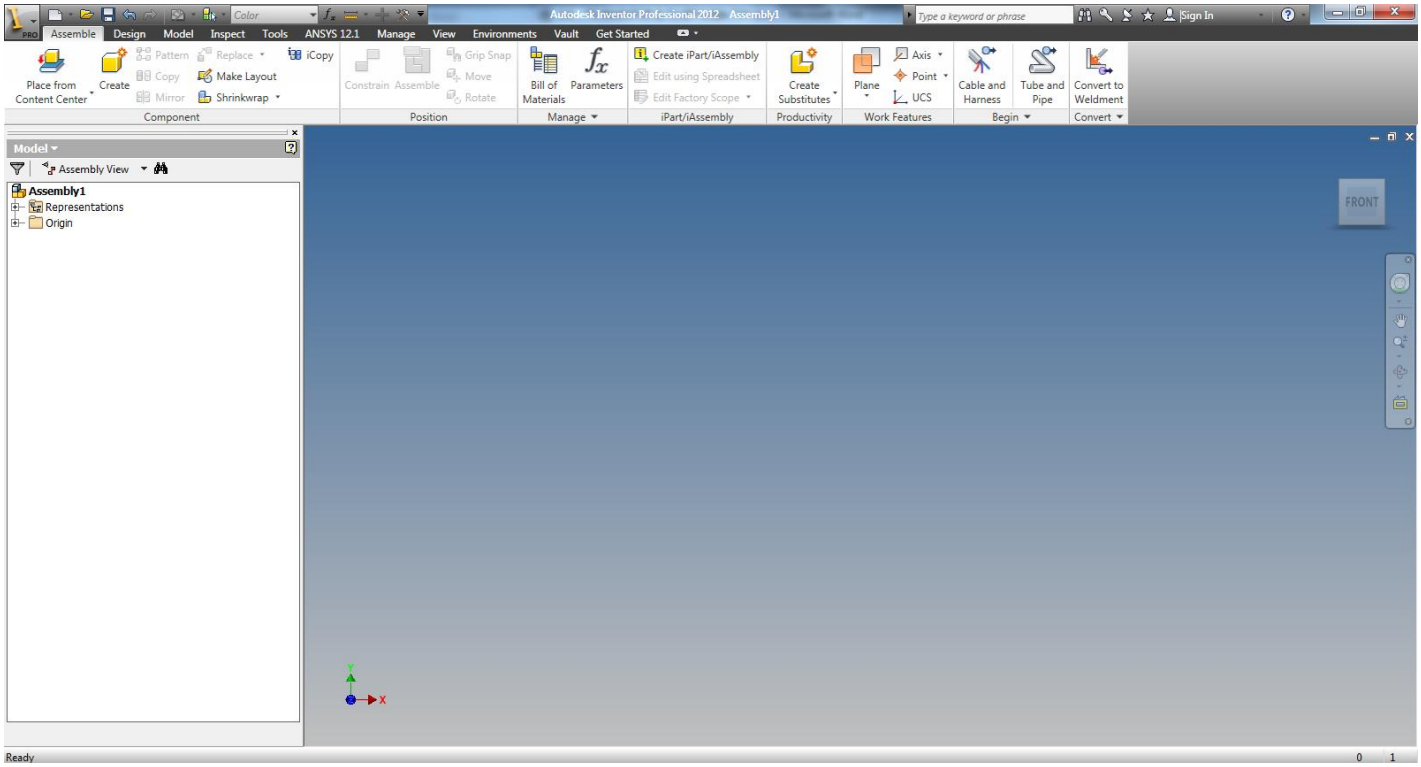
1) Πατάμε την εντολή πάνω αριστερά 'Create 2D sketch'
2) Επιλέγεται ένα επιθυμητό επίπεδο που θα σχεδιαστεί το προφίλ της γεωμετρίας
3) Κατά την φάση αυτή, εισάγονται διαστάσεις και γεωμετρικοί προσδιορισμοί ώστε η γεωμετρία να είναι πλήρως κλειδωμένη στον χώρο, για την αποφυγή μελλοντικών σφαλμάτων
4) Κλείνει το περιβάλλον Sketch που είχε ενεργοποιηθεί
5) Με εντολές όπως η Extrude, δημιουργείται το κομμάτι που θέλουμε, που πλέον έχει τρισδιάστατη υπόσταση. Συγκεκριμένα με την προαναφερθείσα εντολή, επιλέγεται το δισδιάστατο προφίλ που σχεδιάστηκε και ορίζεται το ύψος που το προφίλ αυτό θα

΄τραβηχτεί΄ από το ορισμένο του επίπεδο δημιουργώντας έτσι την τρισδιάστατη γεωμετρία. Αναλόγως τις ρυθμίσεις της εντολής αυτής γίνεται δυνατή η αφαίρεση η πρόσθεση υλικού σε ήδη υπάρχουσα γεωμετρία. Παρόμοιες εντολές είναι η Revolve, η Sweep και η Hole.

Πάνω αριστερά δίνεται η δυνατότητα να μετατραπεί η γεωμετρία μας σε μεταλλικό έλασμα, και εάν πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, ενεργοποιείται το αντίστοιχο περιβάλλον. Είναι σαν να έχει γίνει αρχή να σχεδιαστεί ένα κομμάτι χυτό πλαστικό, στην πορεία να γίνονται διορθώσεις και να συμφέρει τελικά αυτή η γεωμετρία να γίνει από μέταλλο. Αντί να χαθεί ό,τι έχει σχεδιαστεί, απλά γίνεται αλλαγή περιβάλλοντος εντολών.

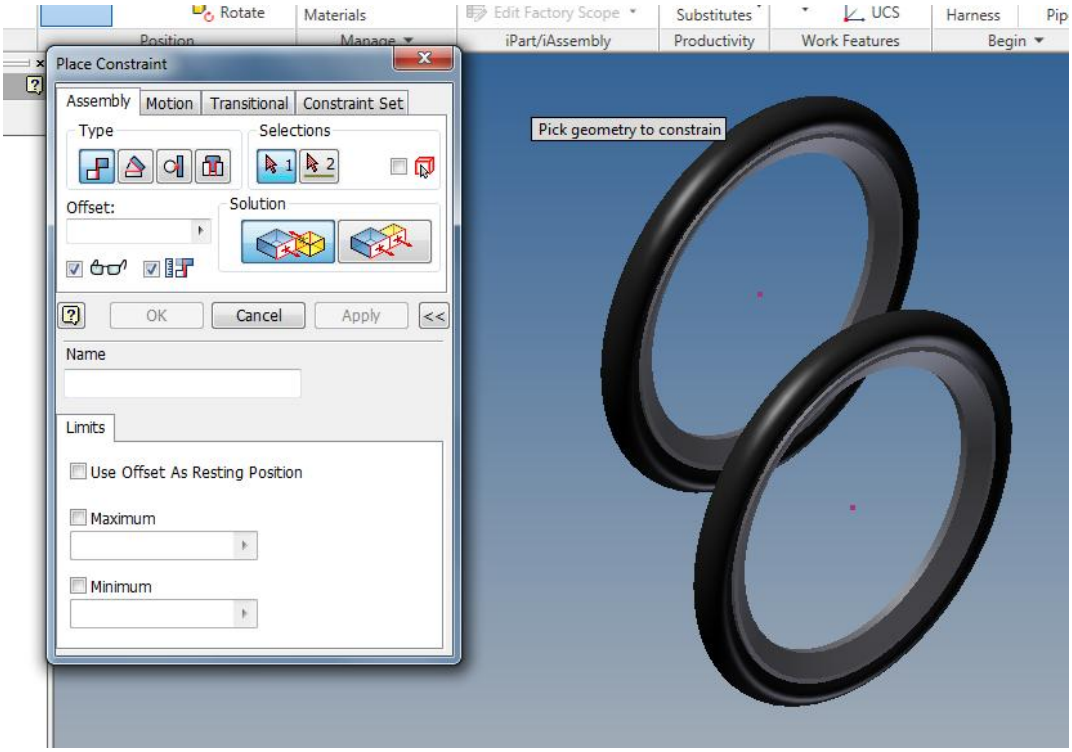


Άλλος τύπος αρχείου Inventor, που θα χρησιμοποιηθεί στην διπλωματική αυτή, είναι το Assembly. Πιο συγκεκριμένα, ξεκινώντας ένα τέτοιο αρχείο, προκύπτει το παρακάτω περιβάλλον σχεδιασμού.



Παρόμοιο με το περιβάλλον του Part, έχει τις διαφορές ότι πλέον δεν δημιουργείται γεωμετρία, αλλά εισάγονται ήδη σχεδιασμένα κομμάτια, και τοποθετούνται στο χώρο, όπως το μοντάζ ενός μηχανήματος. Στα αριστερά επομένως βρίσκονται πάλι τα επίπεδα, οι άξονες και οι όψεις, αλλά πλέον αναγράφονται εκεί τα διάφορα κομμάτια που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή. Πάνω αριστερά, δίνεται η επιλογή εισαγωγής νέου κομματιού από αρχείο, ή άλλων κοινών αρχείων από προϋπάρχουσα βιβλιοθήκη του προγράμματος, όπως είναι μια κοινή βίδα. Η διαδικασία είναι η εξής:

1) Κάνοντας εισαγωγή ενός κομματιού στο χώρο, αυτό αυτόματα προσκολλάται στην αρχή των αξόνων σαν σταθερή γεωμετρία, γύρω από την οποία, θα χτιστεί ολόκληρη η υπόλοιπη κατασκευή.
2) Τα υπόλοιπα κομμάτια που θα εισαχθούν, αυτόματα θα ξεκινήσει η εντολή Constraints που βοηθάει τον χρήση να ορίσει τον τρόπο σύνδεσης των διαφόρων κομματιών μεταξύ τους.



Εδώ πρέπει να αναλυθεί το παραπάνω παράθυρο καθώς αποτελεί την καρδιά του τρόπου σχεδιασμού μιας κατασκευής. Τα Constraints κατ αρχάς επιλέγουν μόνο υπάρχουσα τρισδιάστατη γεωμετρία, και όχι δισδιάστατη νοητή γεωμετρία. Υπάρχουν καρτέλες Assembly – Motion – Transitional – Constrain Set. Κάθε μια από αυτές με τις δικές τις υποεντολές. Πιο συγκεκριμένα στην καρτέλα Assembly, μπορεί να εισαχθεί γεωμετρικός προσδιορισμός που η επιφάνεια ενός εξαρτήματος, να έρχεται πρόσωπο με την επιφάνεια ενός άλλου, ή παράλληλη με αυτήν. Η πληθώρα των υποεντολών που υπάρχουν σε αυτήν την εντολή, είναι πάρα πολύ μεγάλη που ξεφεύγει από τα πλαίσια της διπλωματικής αυτής, είναι όμως απαραίτητη βιβλιογραφία, για όποιον πρόκειται να ασχοληθεί με αυτό το πρόγραμμα.

3) Ορίζοντας το κάθε κομμάτι με τέτοιο τρόπο ώστε να προσομοιώνεται η γεωμετρία της κατασκευής όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά στο τέλος σχεδιάζεται ολόκληρη η κατασκευή, και σε κάθε στάδιο είναι δυνατόν να διορθωθούν τυχόν λάθη που δεν ήταν δυνατόν να γίνουν αντιληπτά στην αρχή.

Το Inventor, έχει αυτοματοποιήσει πάρα πολύ την διαδικασία σχεδιασμού και παραγωγής σχεδίων. Πλέον μπορούν να βγουν αυτόματα λίστες υλικών της κάθε κατασκευής, να ελεγχθούν βαθμοί ελευθερίας αυτής, και να γίνει ένας πλήρης έλεγχος σαν το κομμάτι να ήταν κατασκευασμένο στην πραγματικότητα. Ένας έλεγχος που γλιτώνει χρόνο και κόστος σε περίπτωση που έχει γίνει λάθος σχεδιασμού, μιας μπορεί να γίνει μέχρι και προσομοίωση της κατασκευής σε καταπονήσεις λειτουργίας, και να βρεθούν τυχόν αστοχίες. Μερικά από τα διάφορα αυτά περιβάλλοντα που προσφέρει το Inventor σε αυτό το στάδιο είναι τα εξής:

- Inventor Studio

- Πρόκειται για περιβάλλον στο οποίο μπορεί να γίνει ‘καλλιτεχνική’ επεξεργασία των αποτελεσμάτων, και να τυπωθούν όψεις και σχέδια, με όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικό τρόπο για το ανθρώπινο μάτι. Είναι δυνατόν να φαίνεται η υφή και η εμφάνιση των υλικών, η κατεργασία που έχουν υποστεί, πράγματα που αλλάζουν από υλικό σε υλικό, ακόμα και για διαφορετικά μέταλλα

- Dynamic Simulation
  - Εδώ μπορεί να γίνει κινητική ανάλυση της κατασκευής, προσομοίωση τις κίνησης των μερών και με βάση ορισμένες χρονικές στιγμές να εξαχθούν οι δυνάμεις που καταπονούν την κατασκευή την συγκεκριμένη χρονική στιγμή, για στατική ανάλυση αυτής.
- Stress Analysis
  - Πρόκειται για το περιβάλλον που θα γίνουν όλα τα τεστ του υπό σχεδιασμό πλαισίου. Είναι το περιβάλλον, που κάνοντας χρήση των πεπερασμένων στοιχείων, δίνει στον χρήστη τις πληροφορίες συμπεριφοράς της κατασκευής, υπό τις δοθείσες δυνάμεις
- Frame Analysis
  - Πρόκειται για υπό-περιβάλλον του Stress Analysis, με εφαρμογή σε δικτυώματα
- Cable and Harness
  - Στο περιβάλλον αυτό σχεδιάζονται τα ηλεκτρολογικά καλώδια της κατασκευής.
- Tube and Pipe
  - Στο περιβάλλον αυτό σχεδιάζονται οι σωληνώσεις μιας εγκατάστασης με όλα τα εξαρτήματά τους όπως οι φλάντζες
- Eco Materials Adviser
  - Το συγκεκριμένο περιβάλλον είναι από τα πιο πρόσφατα που εισήχθησαν στο Inventor. Αποτελεί αποτέλεσμα της αυξανόμενης τάσης που παρατηρείται παγκοσμίως για χρήση ολοένα και πιο ‘πράσινων’ υλικών στις κατασκευές. Στην ουσία, συμβουλεύει τον χρήστη, για τη διάρκεια ζωής των υλικών που χρησιμοποιεί και κάποιες πιο οικολογικές λύσεις.

4.0 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4.1 STATE OF THE ART ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΩΝ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ

Όπως είναι γνωστό, η διαφορά μεταξύ μιας καλής ιδέας και ενός επιτυχημένου προϊόντος είναι πολλές και φιλόδοξες προσπάθειες μέχρι την τελική επιτυχία. Για να γίνει πιο κατανοητό, φτάνει κανείς να σκεφτεί, την πρώτη φορά που προσπάθησε να κάνει ποδήλατο. Στο μυαλό φαινόταν εύκολο, και ειδικά όταν βλέπει και τους άλλους να κάνουν, θεωρεί ότι μπορεί και αυτός, με την πρώτη και καλύτερα. Όμως, όπως ανακαλύπτει στην πορεία, μόνο έτσι δεν είναι. Πρέπει να ανέβει, να αρχίσει να κάνει πετάλι και να ισορροπεί, και αφού το έχει μάθει αυτό, να προσπαθήσει και να στρίψει κιόλας. Αυτά είναι τα βασικά και όμως όλοι έχουν βιώσει πάρα πολλές πτώσεις τραυματισμούς κ.α. Έτσι είναι και με μια νέα κατασκευή. Υπάρχει η αρχική ιδέα, γίνεται έρευνα εάν υπάρχει κάτι παρόμοιο, και σε αυτή την περίπτωση γίνεται εξέταση και το ανάλυση της υπάρχουσας κατασκευής. Προσπαθεί κανείς να διακρίνει τι, γιατί και πώς είναι δομημένο ένα προϊόν, τα τεχνικά του χαρακτηριστικά. Εν συνεχεία, προσπαθεί να τα προσαρμόσει στην ιδέα του, και να την βελτιώσει, ούτως ώστε, να γίνει ανταγωνιστική, και στην πορεία, καλύτερη, με σκοπό την διαρκή βελτίωση. Έτσι και σε αυτήν την διπλωματική, που αναφέρεται στον σχεδιασμό ενός νέου ποδηλάτου πόλης, με όσο το δυνατόν καινοτόμα στοιχεία, πρέπει να καταγραφούν τα σπαστά ποδήλατα που κυκλοφορούν αυτή την στιγμή στην αγορά και τα χαρακτηριστικά τους, με σκοπό να αναλυθούν και στο τέλος να υπάρχει μια γενική γραμμή, για τα χαρακτηριστικά που κάνουν ένα ποδήλατο δημοφιλές, πέραν του αισθητικού κομματιού, και να προσαρμοστούν από την αρχή στο σχεδιασμού του ποδηλάτου. Έτσι, παρακάτω παρατίθενται διάφορα σπαστά ποδήλατα που επικρατούν αυτή την στιγμή, με τα χαρακτηριστικά τους.

A-Bike

Πρόκειται για ένα ποδήλατο που σχεδιάστηκε από την εταιρία Clive Siclair Ltd, και παρουσιάστηκε το 2006. Ζυγίζει 5,5 κιλά, και μεγάλο του πλεονέκτημα είναι ότι όταν είναι διπλωμένο έχει διαστάσεις 67X30X16 cm με αποτέλεσμα να χωράει ακόμα και σε ένα σακίδιο πλάτης. Την αρχική ιδέα είχε ο Clive Sinclair, ενώ στο σχεδιασμό και την υλοποίηση του ποδηλάτου, έλαβε μέρος και ο Alex Kalogoulis σαν επικεφαλής σχεδιασμού. Η μεγάλη μείωση σε διαστάσεις, κατά 75%, επιτυγχάνεται με την χρήση «τηλεσκοπικού σχεδιασμού». Με ένα σύστημα διπλής αλυσίδας, το ποδήλατο διανύει απόσταση 3.2m ανά στροφή άξονα, παρά τις μικρές ρόδες του, διαμέτρου 15 cm. Ακόμα, με την χρήση προστατευτικών, το σύστημα μετάδοσης κίνησης είναι κλειστό, και προστατευμένο έτσι από σκόνη ή

νερό, ενώ ταυτόχρονα με την στεγανοποίηση αυτή, εξαλείφονται οι στάμπες στα ρούχα ή στο πάτωμα από λάδι. Με αυτήν την μικρή πινελιά είναι δυνατή η χρήση του, ακόμα και από άτομα με επίσημο ένδυμα, που το χρησιμοποιούν για να διανύσουν μικρές αποστάσεις εντός πόλεως. Ακόμα η διαδικασία ανοίγματος – κλεισίματος του ποδηλάτου, υπολογίζεται περίπου στα 10 sec. Αντέχει έως 85 Kg.

<u>Διαδικασία Ανοίγματος – Κλεισίματος</u>

1) Έκταση των πεταλιών στην κανονική τους θέση
2) Περιστροφή του τιμονιού 180°
3) Ελαφριά μετατόπιση της σέλας προς τα πίσω,
4) Ακολουθούμενη από ανάπτυξη των δύο τηλεσκοπικών κορμών προς τα πάνω.
5) Τέλος ανάπτυξη του Bottom Tube.

Προφανώς, για το κλείσιμο ισχύει η αντίστροφη διαδικασία.

<u>Birdy</u>

Σχεδιασμένο από τους Riese και Muller το 1995, είναι το πρώτο πλήρως σπαστό ποδήλατο με αναρτήσεις. Είναι ελαφρώς πιο «αγωνιστικό» από το Brompton (που θα αναλυθεί παρακάτω), χάρις σε

ένα μονοκόμματο στιβαρό σώμα αλουμινίου. Το τελευταίο οφείλεται στην μη-χρήση «μεντεσέδων» (όπως σε άλλα ποδήλατα) έχει σαν αποτέλεσμα μεγάλη στιβαρότητα, και ως εκ τούτου, άμεση ανταπόκριση στις κινήσεις του ποδηλάτη που μεταφράζεται σε απλά λόγια, σε άμεση ανταπόκριση σε επιταχύνσεις ή επιβραδύνσεις. Η στάση του αναβάτη θυμίζει ότι έχει ένα ποδήλατο mountain. Έχει τη δυνατότητα πολλαπλών ταχυτήτων, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα, όχι μονό μετακίνησης σε μικρές αποστάσεις αλλά και μεγαλύτερες.

.

Μεγαλύτερο προτέρημά του έναντι άλλων ποδηλάτων της ίδιας κατηγορίας, είναι το γεγονός ότι διπλώνει και ξεδιπλώνει σε πάρα πολύ μικρό χρόνο (15-20 sec). Σημείο αναφοράς του συγκεκριμένου ποδήλατου αποτελεί το γεγονός ότι εκμεταλλεύεται τις αρθρώσεις που έχει για αμορτισέρ, για να αποκτήσει την «συμπυκνωμένη» έκδοσή του. Ακόμα λόγω του μεγέθους του, έχει τη δυνατότητα προσθήκης εξαρτημάτων για την μεταφορά συσκευών. Συγκεκριμένα, μπορεί να μεταφέρει φορτία βάρους 10 Kg στο μπροστινό τμήμα, και 25 Kg στον πίσω τροχό. Με την χρήση 18in τροχών δεν αντιμετωπίζει το πρόβλημα στροφής που έχουν τα ποδήλατα με μικρούς τροχούς, ενώ το βάρος του κυμαίνεται στα 12 Kg και οι διαστάσεις του, όταν είναι διπλωμένο, είναι 60 X 39 X 72 cm. Η τιμή του είναι περίπου 1690$, με 8 ταχύτητες (Shimano Nexus 8-speed gear hub).

<u>Διαδικασία Ανοίγματος – Κλεισίματος</u>

1) Έκταση αρχικά του τιμονιού και έπειτα της σέλας στην κανονική θέση, και κλείδωμα εκεί με την χρήση μιας πετούγιας
2) Μικρή περιστροφή του τιμονιού μέχρι να ελευθερωθεί ο μπροστινός τροχός, ενώ σηκώνοντας το ποδήλατο, μετατοπίζεται προς τα πίσω ο οπίσθιος τροχός
3) Με το ποδήλατο στο έδαφος, κλειδώνει στο σινεμπλόκ ο πίσω άρθρωση
4) Παρόμοια διαδικασία ακολουθείται και για τον μπροστινό τροχό. *(Εγχειρίδιο χρήσης)*

Για το κλείσιμο ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία .

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L

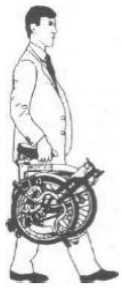
Ποδήλατο Brompton

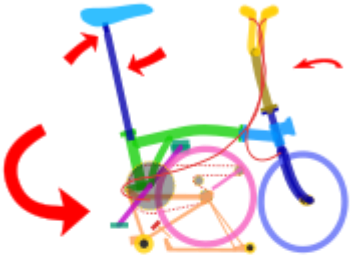
Είναι ίσως το πιο δημοφιλές ποδήλατο της κατηγορίας του. Το αγγλικής καταγωγής ποδήλατο, αποτελεί την καρδιά της εταιρίας Brompton. Παράγεται σε διάφορα μοντέλα τα οποία έχουν κοινό σημείο αναφοράς το ίδιο σπαστό πλαίσιο, με την χρήση ενός ειδικού μεντεσέ, και την χρήση 16’’ τροχών. Κατασκευασμένα από τιτάνιο, τα διάφορα μοντέλα προκύπτουν απλά από την προσθαφαίρεση των διαφόρων εξαρτημάτων ώστε να ταιριάζει στον κάθε υποψήφιο αγοραστή. Από το 1979 που σχεδιάστηκε, το πλαίσιο έχει υποστεί ελάχιστες αλλαγές, γεγονός που αποδεικνύει τον επιτυχημένο σχεδιασμό του, αλλά και πλήρως την κυριαρχία του έναντι άλλων της κατηγορίας του. Μία πτυχή ακόμα του επιτυχημένου πλαισίου είναι ότι διευκολύνει την μαζική παραγωγή του και ρίχνει το κόστος κατασκευής, μιας και όλα τα μοντέλα έχουν τον ίδιο σκελετό.

Όλα τα μοντέλα αποτελούνται από το καμπυλωτό πλαίσιο κολλητό με ένα ειδικό μεντεσέ, περιστρεφόμενο πίσω τρίγωνο, και τιμόνι σέλα να κλειδώνουν στις θέσεις τους, με κλείστρα εύκολης λύσης-αρμογής. Ο κυρίως σωλήνας (που εδώ είναι ο κάτω σωλήνας) είναι από ατσάλι, όπως και ο μπροστινός σωλήνας. Εδώ οι κολλήσεις δεν γίνονται με συγκόλληση, αλλά με μια τεχνική που λέγεται Soldering, κατά την οποία ένα τρίτο μέταλλο, λιώνει και ενώνει τα 2 προς συγκόλληση μέταλλα. Το πίσω τρίγωνο αλλά και το εμπρόσθιο πιρούνι είναι κατασκευασμένα από Τιτάνιο.

Με επιλογή μιας, δύο τριών ή και έξι ταχυτήτων, το Brompton έχει μια γκάμα περίπου 1200 εργοστασιακών επιλογών. Το πίσω τρίγωνο όπως και στο προηγούμενο ποδήλατο έχει ανάρτηση. Το ρόλο της ανάρτησης αναλαμβάνει ένα σινεμπλόκ, προσφέροντας μια πιο άνετη διαδρομή στον αναβάτη. Κρατείται στην θέση του από το βάρος του αναβάτη και μόνο. Χρησιμοποιώντας μια κατασκευή πάνω από τον πίσω τροχό έχει την δυνατότητα μεταφοράς φορτίων, ενώ όταν το ποδήλατο είναι διπλωμένο, εξυπηρετεί στην αυτόνομη στήριξή του. Οι διαστάσεις του ποδηλάτου όταν αυτό είναι διπλωμένο είναι 56,5X54,5X25, και ζυγίζει 9-12,5Kg αναλόγως τον εξοπλισμό. Η τιμή του κυμαίνεται στα 1200$

Η σέλα είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να εξυπηρετεί σαν χερούλι για την εύκολη μεταφορά του σε Μέσα μαζικής μεταφοράς και κλειστούς χώρους.





<u>Διαδικασία Ανοίγματος – Κλεισίματος</u>

1) Ανύψωση του πίσω τριγώνου, ώστε το πίσω τρίγωνο να πέσει και να έρθει κάτω από το κυρίως σώμα
2) Ξεκλείδωμα του μεντεσέ στο πλαίσιο ώστε να διπλώσει το τιμόνι προς τα δεξιά, και πίσω δίπλα από τον πίσω τροχό
3) Απελευθέρωση των ειδικών κλείστρων ώστε το τιμόνι να διπλώσει στον μπροστινό τροχό.
4) Χαμήλωμα της σέλας *(Brompton manual)*

Για το άνοιγμα ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία .

Dahon Speed Uno

Η εταιρία Dahon είναι ο μεγαλύτερος κατασκευαστής σπαστών ποδηλάτων παγκοσμίως, έχοντας πελάτες περίπου τα 2/3 τις παγκόσμιας αγοράς. Από τα πιο δημοφιλές ποδήλατο της συγκεκριμένης εταιρίας είναι το μοντέλο Speed Uno.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του πελατολογίου του συγκεκριμένου μοντέλου αποτελείται από ανθρώπους της πόλης, παρά τα μεγάλα λάστιχά του. Με το πλαίσιο κατασκευασμένο από ατσάλι, το βάρος του είναι μόλις 10.8 Kg και πρόκειται για το ελαφρύτερο ποδήλατο της Dahon, αλλά και το ποδήλατο με τον πιο απλό σχεδιασμό. Έχει μία και μοναδική ταχύτητα, η οποία χρησιμεύει με δύο τρόπους. Από τη μία μεταφέρει κίνηση στον πίσω τροχό, και είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να μπορεί να γυρίσει ο τροχός μόνος του χωρίς να περιστρέφονται τα πετάλια, ενώ από την άλλη εάν τα πετάλια περιστραφούν αντίστροφα, το γρανάζι μετατρέπεται σε «φρένο», όπως ήταν στα παλιά ποδήλατα που όλοι είχαν μικροί.. Η παρουσία του φρένου επομένως γίνεται περιττή. Χωρίς επομένως καλώδια να διαπερνούν το σώμα του, η διαδικασία λύσης αρμογής γίνεται εξαιρετικά εύκολη και διαρκεί μόλις 10 sec. Χάρις τα 20’’ λάστιχα πετυχαίνεται μεγαλύτερη απόσβεση κραδασμών, κάνοντάς το ιδανικό για τους ελληνικούς δρόμους. Διπλωμένο οι διαστάσεις του είναι 26cm X 78cm X 66cm. Μεγάλη καινοτομία αποτελεί η χρήση μαγνητών για να ασφαλίζεται η θέση του όταν είναι κλειστό. Χάρις την απλότητα της κατασκευής η τιμή του είναι εξαιρετικά χαμηλή στα $449.

Διαδικασία Ανοίγματος – Κλεισίματος

1) Χαμήλωμα της σέλας μέχρι το κάτω σημείο,
2) Ελευθέρωση του μοχλού ώστε να διπλώσει στη μέση το τιμόνι
3) Απελευθέρωση του ειδικού κλείστρου ώστε το μπροστινό τμήμα να διπλώσει δίπλα από το πίσω.
4) Για το άνοιγμα ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία .

Tern Link D8

Πρόκειται ίσως για την πιο νεαρή εταιρία παραγωγής σπαστών ποδηλάτων. Με έδρα την Taiwan, η εταιρία αυτή προέκυψε από την εταιρία Dahon, κατά μια έννοια. Ο γιός του ιδρυτή της Dahon, ξεκίνησε την δικιά του εταιρία ποδηλάτων, μη όντας ευχαριστημένος στην Dahon. Με βάση την τρομερή επιτυχία της Dahon, η γενική φιλοσοφία σχεδιασμού παρέμεινε ίδια και βελτιώνοντας ορισμένα σημεία, προέκυψε ένα διαφορετικό ποδήλατο από το αρχικό.

Εκ πρώτης όψεως τα δύο ποδήλατα φαίνονται ίδια, όμως στην πραγματικότητα το Link έχει αρκετές βελτιώσεις. Κρατώντας τα θετικά σημεία του Dahon, αλλαγές στον εξοπλισμό έγιναν με την εισαγωγή 8 ταχυτήτων, και λόγω αυτού έχουν εγκατασταθεί φρένα με ταμπούρα μπρος και πίσω. Τα χερούλια των κλείστρων έγιναν πιο φαρδιά και πιο μεγάλα για να μην είναι δύσκολα στο χειρισμό του. Ενώ ο σχεδιασμός τους είναι εργονομικός ώστε να μην δημιουργούνται εγκοπές που μπορεί να τραυματίσουν τον αναβάτη. Με βάση την λειτουργικότητά τους τα μάνταλα των κλείστρων έχουν μελετηθεί ώστε να καλύπτουν οποιαδήποτε επιφάνεια εκτίθεται στο περιβάλλον κατά το δίπλωμα, προστατεύοντας έτσι και τα λειτουργικά μέρη τους. Κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε η συντήρησή τους να γίνεται κατά το δυνατόν χωρίς την χρήση εργαλείων. Ακόμα με ειδικό εξάρτημα προστατεύονται τα πόδια και τα ρούχα των ποδηλατών από την επαφή με την αλυσίδα, κατά το πετάλι. Στο σωλήνα της σέλας υπάρχουν μικρές εγκοπές ώστε να γίνεται εύκολη η γρήγορη και ακριβής τοποθέτηση της σέλας. Ακόμα είναι δυνατή η χρήση εξαρτημάτων για την μεταφορά αποσκευών. Με τιμή πλήρως ανταγωνιστική του προκάτοχού του ($600), συνεχώς αυξάνονται οι πωλήσεις του.

Το βάρος του κυμαίνεται στα 12,1 Kg, και οι διαστάσεις του διπλωμένο, είναι 38 X 79 X 72 cm.

Η διαδικασία λύσης αρμογής του είναι ίδια με του Dahon.

4.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ & ΥΛΙΚΩΝ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε ανάλυση της παρούσας κατάστασης της αγοράς. Με βάση τα προηγούμενα, θα γίνει μια σύγκριση των παραπάνω ποδηλάτων και των χαρακτηριστικών τους ώστε να καταλήξουμε στις αποφάσεις που πρέπει να πάρουμε για τον αρχικό σχεδιασμό του ποδηλάτου. Το παρών στάδιο είναι από τα πιο σημαντικά στην δημιουργία και εξέλιξη ενός προϊόντος, γιατί αν παρθούν λάθος αποφάσεις, στην καλύτερη των περιπτώσεων, θα πρέπει να γίνει σχεδιασμός του προϊόντος από την αρχή ώστε να διορθωθούν τα λάθη. Αυτό μεταφράζεται σε χαμένο χρόνο και κεφάλαιο, και ειδικά σε περίπτωση που το λάθος αυτό ανακαλυφθεί στα τελευταία στάδια της παραγωγής, το κόστος αυτό έχει πολλαπλασιαστεί κάτι που μπορεί να σημαίνει και το τέλος μια επιχείρησης.

Πρέπει λοιπόν να γίνει καταγραφή των στόχων που το, υπό σχεδιασμό, πλαίσιο ποδήλατο θα κληθεί να εκπληρώσει. Έτσι λοιπόν το νέο σπαστό πλαίσιο πόλης θα πρέπει να ενσωματώσει τα εξής:

- Θετικά χαρακτηριστικά των ήδη υπαρχόντων ποδηλάτων, τα οποία θα προκύψουν από την σύγκριση που θα γίνει στις επόμενες σελίδες.
- Να εμπεριέχει καινοτόμες ιδέες
- Να επιτύχει την μείωση κόστους παραγωγής, ώστε να είναι ανταγωνιστικό στην τιμή πώλησης
- Παράλληλα να έχει την μέγιστη αναλογία ποιότητας κόστους
- Να είναι σύμφωνο με τους νόμους και τις οδηγίες της Ελλάδος, και τις Ευρωπαϊκής Ένωσης περαιτέρω
- Να ληφθεί υπ όψιν η Ελληνική πραγματικότητα, όπως η κατάσταση των δρόμων, η οικονομική άνεση των Ελλήνων)
- Να έχει μια αισθητική όψη και να εμπνέει δυνατά συναισθήματα στον μελλοντικό αγοραστή
- Να γίνει πρόβλεψη για τοποθέτηση επιπρόσθετου εξοπλισμού στο πλαίσιο, ώστε να γίνει εύκολη η εξέλιξή του, και συμβατή με τις νέες τεχνολογίες (όπως τα ηλεκτρικά ποδήλατα)

Στον πίνακα που ακολουθεί, καταγράφονται συνοπτικά τα βασικότερα χαρακτηριστικά των ποδηλάτων που αναφέρθηκαν νωρίτερα. Σε ορισμένα μεγέθη τα οποία είναι αδιάστατα και τα οποία πάραυτα, αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για ένα ποδήλατο όπως η ευκολία λύσης-αρμογής, χρησιμοποιούνται συντελεστές βαρύτητας από το (1-5). Για τα μεγέθη που δεν είναι γνωστά χρησιμοποιείται το σύμβολο (-).

	Διαστάσεις Διπλωμένο (cm)			Βάρος (Kg)	Διάμετρος Επίσωτρου (mm) / *(Inches)*	Μηχανισμός Σύμπτυξης – Ανάπτυξης Πλαισίου	Υλικό πλαισίου	Χρόνος Λύσης - Αρμογής (sec)	Τιμή Πώλησης (€)	Πολυπλοκότητα σχεδιασμού & κατασκευής πλαισίου (1-5)	Κόστος Υλικών (1-5)	Ευκολία Λύσης Αρμογής (1-5)	Extra εξαρτήματα	Μεταφορά Επιπρόσθετων Αποσκευών
Μοντέλο Ποδηλάτου	**Μήκος**	**Πλάτος**	**Ύψος**											
A-Bike	30	16	67	5,5	150 / *6''*	Πτυσσόμενο	Polymer Composite: 30% GF PA66 Aluminum: heat treated 6061T6	10	420	5	5	3	Διπλό γρανάζι μεταφοράς κίνησης	Καθόλου $Wmax_{επ.}$=85Kg (Κατασκευαστής)
Birdy	60	39	72	12	457 / *18''*	3 αρθρώσεις	Aluminum 7075	15-20	1285	4	3	2	Αμορτισέρ 8 ταχύτητες	35 Kg
Brompton	56,5	25	54,5	12.5	406 / *16''*	3 αρθρώσεις	Titanium	15	912	3	4	1	2,3,6 Ταχύτητες	-
Dahon Speed Uno	78	26	66	10,8	486 / *20''*	2 αρθρώσεις	Steel	10	400	1	1	5	1 ταχύτητα	-
Tern Link D8	79	38	72	12,1	486 / *20''*	2 αρθρώσεις	6061-AL Steel	10	500	2	2	4	8 ταχύτητες	Μέγιστο βάρος 110Kg

Αναλύοντας τον παραπάνω πίνακα, καταλήγουμε στις βέλτιστες αρχικές επιλογές για τον σχεδιασμό του ποδηλάτου πόλης. Μία καλή αρχή θα είναι να καθορίσουμε τη διάμετρο των τροχών. Οι τροχοί κυμαίνονται κυρίως από 16’’ έως 20’’, με μόνη εξαίρεση το A-bike που έχει κατά πολύ, μικρότερους. Μικρότερες ρόδες σημαίνει ότι οι κραδασμοί γίνονται πιο αισθητοί. Λαμβάνοντας υπόψιν την κατάσταση των ελληνικών δρόμων, που είναι γεμάτοι ανωμαλίες και λακκούβες, μια τέτοια λύση είναι απορριπτέα. Για την καλύτερη απόσβεση των κραδασμών, επομένως, θα σχεδιαστεί ένα πλαίσιο ποδήλατου υπολογίζοντας τροχούς 20’’.

Το μικρότερο πτυσσόμενο ποδήλατο πόλης σύμφωνα με τα παραπάνω είναι το A-bike. Για την επίτευξή των διαστάσεων αυτών όμως, ο σχεδιασμός του είναι περίπλοκος, η κατασκευή του δύσκολη αλλά και τα υλικά κατασκευής πέραν του κόστους, θέλουν ειδική επιφανειακή κατεργασία, ώστε να γίνουν εφικτοί οι τηλεσκοπικοί μηχανισμοί του. Για τον λόγο αυτό θα τεθεί σαν στόχος οι διαστάσεις του πλαισίου στην συμπτυγμένη του μορφή να είναι κοντά στις διαστάσεις των υπόλοιπων της κατηγορίας, δηλαδή 70 (Μ) Χ 30 (Π) Χ 68 (Υ).

Στην πλειοψηφία σαν υλικό κατασκευής, χρησιμοποιούνται κράματα Αλουμινίου, τα οποία είναι μεν πιο ελαφριά, αλλά κοστίζουν περισσότερο (ανά κιλό). Στην Ελλάδα, ποδηλατικά κράματα Αλουμινίου είναι δύσκολο να βρεθούν, ενώ ο χάλυβας από την άλλη αφθονεί, πράγμα που σημαίνει χαμηλό κόστος (μιας και υπάρχει πληθώρα προμηθευτών), ευκολία προμήθειας πρώτων υλών, αλλά και άμεσης παράδοσης, κάτι που με τα κράματα Αλουμινίου δεν είναι εφικτό, ειδικά εάν γίνεται η προμήθεια από το εξωτερικό. Ακόμα η συγκόλληση του Αλουμινίου είναι αρκετά δύσκολη, και θέλει ειδική εκπαίδευση, ενώ η συγκόλλησή διαφόρων κραμάτων Αλουμινίου δεν προτείνεται. Επομένως ο σχεδιασμός θα προχωρήσει αρχικά χρησιμοποιώντας Χάλυβα (ποιότητας ST37). Σε περίπτωση που αυτό επαρκεί και τα μοντέλα που βγουν στην αγορά έχουν το κατάλληλο αντίκρισμα, το υλικό μπορεί να αλλάξει και σε ανοξείδωτο χάλυβα, ο οποίος όμως είναι πιο ακριβός.

Παράλληλα θα πρέπει το βάρος του πλαισίου να γίνει, στα πλαίσια που αυτό είναι εφικτό, ελαφρύ πετυχαίνοντας ένα βάρος της τάξεως των 10 Kg. Ο συγκεκριμένος στόχος είναι στα πλαίσια της γενικότερης φιλοσοφίας, και θα ληφθεί υπόψιν στα μετέπειτα στάδια σχεδιασμού, αφού οι γενικές διαστάσεις και οι μηχανισμοί λύσης-αρμογής έχουν οριστικοποιηθεί. Θα παίξει σημαντικό ρόλο κατά την διαδικασία βελτίωσης και επανασχεδιασμού του αρχικού πλαισίου, που ενδεχομένως έπειτα από στατική ανάλυση να προκύψει ότι συμφέρει περισσότερο η χρήση άλλων υλικών, ή συνδυασμό αυτών.

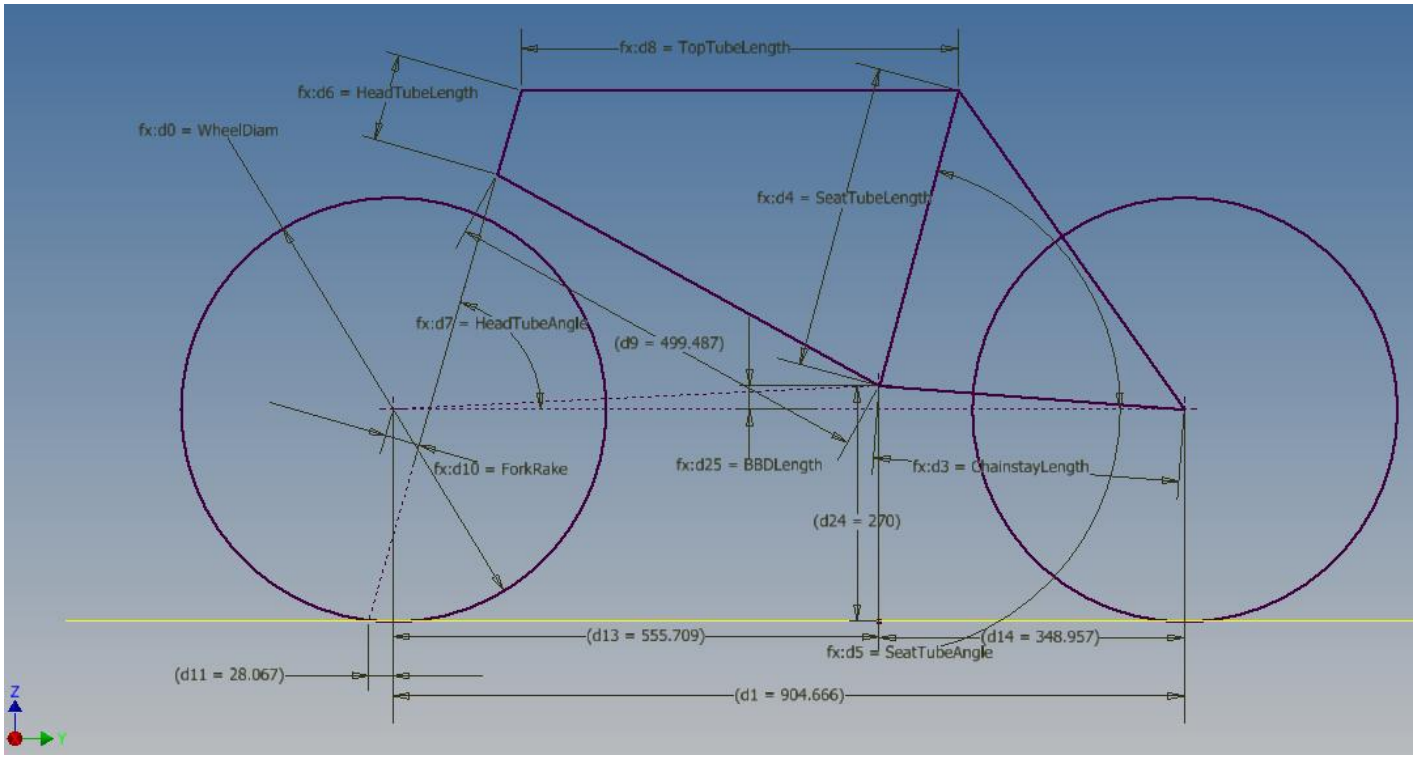
Ο χρόνος λύσης-αρμογής του πλαισίου, κάτι αρκετά σημαντικό για αυτού του είδους τα ποδήλατα, θα γίνει προσπάθεια να μειωθεί στο ελάχιστο δυνατό και να μην ξεπεράσει το χρονικό όριο των 15 sec. Για να γίνει αυτό θα πρέπει το πλαίσιο να ανοίγει σε όχι περισσότερο από 3 σημεία, και αν γίνεται λιγότερο, απλοποιώντας έτσι την διαδικασία λύσης-αρμογής.

Σύμφωνα με τα όσα έχουν ειπωθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, πρέπει να ορίσουμε τις βασικές διαστάσεις του ποδηλάτου. Για να καταλήξουμε σε αυτές, θεωρούμε αρχικά τις μέσες τιμές που έχουν οι διαστάσεις αυτές στα προαναφερθέντα ποδήλατα. Εν συνεχεία θα σχεδιαστεί το ποδήλατο, και σε περίπτωση που χρειαστεί, οι διαστάσεις θα προσαρμοστούν στο νέο ποδήλατο. Πιο συγκεκριμένα τα παρακάτω χαρακτηριστικά μεγέθη του ποδηλάτου, θα έχουν τις εξής τιμές:

(Θα επικρατήσει η Αγγλική ορολογία, καθώς τα ίδια ονόματα θα χρησιμοποιηθούν σαν παράμετροι στο σχεδιαστικό πρόγραμμα)

Διάσταση – Μεταβλητή	Τιμή	Μονάδα μέτρησης
Wheel Diameter (διάμετρος τροχού)	486	mm
Seat Tube Length	350	mm
Seat Tube Angle	75	°
Top Tube Length	500	mm
Chain Stay Length	350	mm
Bottom Bracket Drop	-27	mm
Head Tube Length	100	mm
Head Tube Angle	74	°
Fork Rake	40	mm

Για να γίνει πιο κατανοητό παρατίθεται η φωτογραφία ενός δισδιάστατου σχεδίου, το οποίο θα αναλυθεί στο **κεφάλαιο 4.4**



Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, για να είναι ανταγωνιστικό το νέο πλαίσιο ποδηλάτου, θα πρέπει να ενσωματώνει και ιδέες/τεχνολογίες που έχουν οι μελλοντικοί ανταγωνιστές. Τέτοια σημεία που θα μπορούσαν επομένως να αποτελέσουν το μελλοντικό «οπλοστάσιο» του πλαισίου είναι:

- Χρήση μαγνητών για το κλείδωμα του ποδηλάτου σε κλειστή θέση
- Σχεδιασμός εργονομικών μηχανισμών για το σπαστό πλαίσιο.
- Πρόβλεψη μελλοντικών μοντέλων πλαισίων με ταχύτητες.
- Πρόβλεψη υποδοχών για εξοπλισμό μεταφοράς επιπρόσθετων αποσκευών

Τέλος προφανώς ένα ποδήλατο πόλης που προορίζεται για χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης πρέπει να τηρεί ορισμένες νόρμες. Το νέο πλαίσιο λοιπόν θα είναι σύμφωνα με την οδηγία:

EN 14764:2005 : City and trekking bicycles – Safety requirements and test methods.

Σύμφωνα με αυτή, το τελικό πλαίσιο, θα υποβληθεί σε ορισμένα τεστ αντοχής. Δεδομένου όμως ότι η κατασκευή του πλαισίου είναι εκτός της διπλωματικής αυτής, τα τεστ αυτά θα προσομοιωθούν μέσω Πεπερασμένων στοιχείων που βρίσκονται ενσωματωμένα στο υπολογιστικό περιβάλλον του Inventor. Η παρούσα διαδικασία ελέγχου αποτελεί πλέον καθημερινό φαινόμενο για την οποιαδήποτε εταιρία. Δηλαδή πρώτα ελέγχεται το μοντέλο στο υπολογιστικό περιβάλλον, και μετά κατασκευάζεται για την διεκπεραίωση περισσότερων και ρεαλιστικότερων τεστ. Αυτό μεταφράζεται σε οικονομία χρόνου και κόστους, καθώς οποιαδήποτε λάθη έχουν γίνει ανακαλύπτονται όσο είναι ακόμα νωρίς.

4.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Δεδομένου ότι ο σχεδιασμός ξεκινάει από την αρχή, και το μοντέλο αυτό δεν υπάρχει ή κάποιο παρόμοιό του διαθέσιμο το οποίο θα μπορούσαμε να χρησιμοποιηθεί σαν αφετηρία, πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στην αρχή της παρούσας φάσης. Σχεδιαστικό λάθος εδώ το οποίο να ανακαλυφθεί αργότερα, σίγουρα κοστίζει χρόνο και χρήμα. Είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες. Έτσι κάνοντας έρευνα αγοράς σε διάφορα μαγαζιά που εμπορεύονται και επισκευάζουν ποδήλατα, αποκτήθηκαν οι παρακάτω πληροφορίες για τα περιφερειακά εξαρτήματα ενός ποδηλάτου. Από τις πληροφορίες που μαζεύτηκαν αυτές που έχουν σημασία -τουλάχιστον για τώρα- είναι οι εξωτερικές διαστάσεις τους. Με βάση αυτές θα ξεκινήσει ο σχεδιασμός του ποδηλάτου. Ο λόγος είναι ότι σχεδιάζεται κάτι νέο, έχοντας κατά νου τις διαστάσεις άλλων εξαρτημάτων τα οποία θα προστεθούν στην πορεία και επηρεάζουν με τον ένα ή με τον άλλο τρόπο το πλαίσιο. Τα Chain stays για παράδειγμα, θα πρέπει να έχουν τέτοια γεωμετρία, ώστε να έχουν υποδοχείς κατάλληλους για τον τροχό, αλλά και απόσταση μεταξύ τους για να μην υπάρχει επαφή, να ληφθεί υπόψιν και τα πετάλια που περιστρέφονται και ενδέχεται να δημιουργήσουν πρόβλημα. Αυτό είναι ένα απλό παράδειγμα των παραπάνω. Πιο αναλυτικά για τον σχεδιασμό του ποδήλατο ελήφθησαν υπόψιν οι εξωτερικές διαστάσεις των παρακάτω εργαλείων:

1) Bottom Bracket.

   Για να καταλήξουμε στην διάσταση που θα πρέπει να έχει η υποδοχή για το Bottom Bracket του ποδηλάτου, έγινε έλεγχος σε μαγαζιά ποδηλάτων και σε Forum στο internet, τα οποία υποστηρίζουν ότι μια καλή και φθηνή λύση είναι το Bottom Bracket της εταιρίας Shimano, UN52BB. Το συγκεκριμένο Bottom Bracket χρησιμοποιεί τραπεζοειδής εξοχή για την σύνδεση με τα πεντάλ. Πιο συγκεκριμένα, αποτελείται από τον άξονα με τις τραπεζοειδής άκρες, ένα σωλήνα στον οποίο περνάει ο άξονας και στηρίζεται με ρουλεμάν, και ειδικά «περικόχλια», για να βιδωθεί στο ποδήλατο. Προσοχή πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι το σπείρωμα δεν είναι μετρικό αλλά, Whitworth, 1.37’’x24TPI (Threads Per Inch). Σύμφωνα με την βιβλιογραφία (19), πρέπει το κέλυφός του, Το Bottom Bracket Shell του πλαισίου δηλαδή, να έχει οπή 1’’, δηλαδή 33.7mm (Στις διαμέτρους σωλήνων, η ίντσα δεν αντιστοιχεί σε 25,4 mm όπως είναι κανονικά αλλά σε 33,7’’), ενώ προτείνεται η εξωτερική διάσταση να είναι 34,8mm. Για την μείωση του κόστους εργατικών, προτείνεται να χρησιμοποιηθεί διάτρητος άξονας, με εξωτερική διάσταση ø40mm. Η διαφορά βάρους θεωρείται αμελητέα. Μήκος Bottom Bracket Shell ορίζεται στα 70mm.

2) Πεταλιέρα

   Ό σχεδιασμός του συγκεκριμένου κομματιού είναι μεγάλης σημασίας καθώς σε περίπτωση λάθους, υπάρχει περίπτωσης σύγκρουσης με τα Chain Stays, καθορίζει δηλαδή τον ελεύθερο χώρο για αυτά. Παράλληλα κατά μια έννοια προσδιορίζει και το μήκος του Top tube αλλά και

άλλων παραμέτρων καθώς πρέπει να υπάρχει αρκετό κενό μεταξύ των πεταλιών και του μπροστινού τροχού, ώστε κατά μια τυχαία στροφή του ποδηλάτου, τα πόδια του αναβάτη να μην έρχονται σε επαφή με τον μπροστινό τροχό και δημιουργηθεί η πιθανότητα τραυματισμών. Το μοντέλο σχεδιάστηκε με βάση το σετ Shimano Deore με δίσκο 32 δοντιών ενώ υπάρχει η δυνατότητα για χρήση πολλαπλών ταχυτήτων και στον άξονα της μεσαίας τριβής.

3) Μηχανισμός πέδησης για τον οπίσθιο τροχό

Καθώς το ποδήλατο πρέπει να έχει και μηχανισμό πέδησης, οι υπάρχουσες λύσεις όπως είδαμε και σε προηγούμενα κεφάλαια είναι η χρήση μηχανισμού με τακάκια που υπήρχε στα παλιότερα ποδήλατα. Άλλος τρόπος είναι η χρήση άξονα όπως τα παλιά BMX με πισωπεταλιά και τέλος, η χρήση δισκόφρενων. Δεδομένου ότι ο μηχανισμός με τακάκια δεν είναι τόσο αξιόπιστος και τείνει να εκλείψει, αλλά και το γεγονός ότι η δεύτερη λύση δεσμεύει στην χρήση ενός δίσκου για την μετάδοση της κίνησης, οδηγούμαστε στην τρίτη και τελευταία λύση το δισκόφρενο. Πρόκειται για πολύ αξιόπιστο, με μεγάλη διάρκεια ζωής μηχανισμό, που έχει το θετικό της μεγάλης απόσβεσης κινητικής ενέργειας. Ως εκ τούτου πρέπει στο πλαίσιο, να προστεθούν ειδικά σημεία πρόσδεσης για τις δαγκάνες του δισκοφρένου.

4) Πολλαπλοί δίσκοι ταχυτήτων για τον πίσω τροχό

Αν και η χρήση πολλαπλών δίσκων για την δυνατότητα εναλλαγής ταχυτήτων, δεν είναι υποχρεωτική, θα θεωρηθεί ότι η χείριστη (από άποψη χώρων περίπτωση) ότι το μελλοντικό ποδήλατο έχει 9 ταχύτητες. Συγκεκριμένα έγινε χρήση του εξαρτήματος της Shimano XT m770 9spd cassette.

5) Αφαλός (άξονας) πίσω τροχού

Σύμφωνα με τα παραπάνω στον αφαλό του πίσω τροχού, πέραν των ακτινών για το επίσωτρο, προσαρτώνται οι ταχύτητες και το δισκόφρενο. Το μήκος του αφαλού θα καθορίσει την απόσταση των Chain Stays μεταξύ τους. Η διάμετρός του στο σημείο επαφής, πρέπει να ληφθεί υπόψιν καθώς θα αποτελέσει το αρχικό σημείο για την δημιουργία της 'πλάκας' που θα στηριχτεί ο τροχός και θα ενώνει τον τελευταίο με τα Chain stays και τα Seat stays. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία (20), αλλά και από μαγαζιά ποδηλάτων συλλέχτηκαν οι υποτυπώδεις πληροφορίες για τον σχεδιασμό του συγκεκριμένου εξαρτήματος.

6) Αφαλός (άξονας) μπροστινού τροχού

Το συγκεκριμένο εξάρτημα, στην ουσία είναι το ίδιο με τα παραπάνω, όμως λόγω της έλλειψης χρήσης δισκοφρένου και ταχυτήτων, η μορφολογία του είναι διαφορετική.

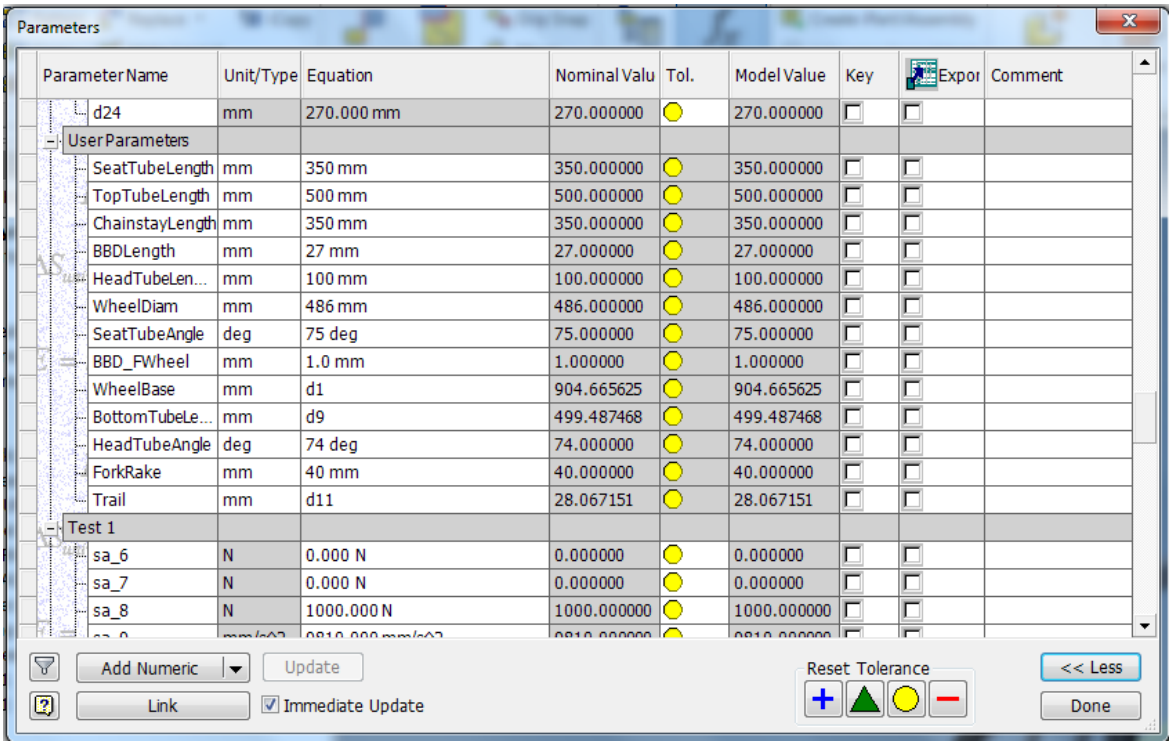
4.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Όπως θα έχει γίνει κατανοητό από τα προηγούμενα κεφάλαια, η ροή σχεδιασμού που θα ακολουθηθεί είναι απλή. Ξεκινώντας από ήδη υπάρχοντα εξαρτήματα τα οποία θεωρούνται εξωγενείς παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν σε κάποιο βαθμό τις διαστάσεις και την μορφή του πλαισίου, θα δημιουργηθεί ένα νέο αναδιπλούμενο πλαίσιο ποδηλάτου πόλης.

Έτσι, σαν πρώτο στάδιο, εφόσον έχουν ορισθεί οι βασικές διαστάσεις του πλαισίου, θα δημιουργηθεί ένα δισδιάστατο σχέδιο (βλ. κεφάλαιο 4.2) σύμφωνα με το οποίο θα συμπληρωθούν και οι υπόλοιπες διαστάσεις μέσω γεωμετρικών σχέσεων, χάρις την τελική μορφή του οποίου θα έχουμε μια γενική αίσθηση για το πώς θα μοιάζει το πλαίσιο (χωρίς λεπτομέρειες). Δεδομένου ότι στην πορεία μπορεί να χρειαστεί οι αρχικές τιμές των μεταβλητών που ορίστηκαν στο κεφάλαιο 4.2 να αλλάξουν, οι αντίστοιχες διαστάσεις στο σχέδιο, θα αποτελούν συνάρτηση των τιμών των μεταβλητών αυτών. Η παραπάνω λογική αποτελεί την βάση του **Παραμετρικού σχεδιασμού**. Θα σχεδιαστεί δηλαδή έτσι ώστε αλλάζοντας την τιμή μιας μεταβλητής, κάποιες διαστάσεις του πλαισίου να αλλάζουν, και να προσαρμόζονται αυτόματα στα νέα δεδομένα.

Συγκεκριμένα, δημιουργείται και γίνεται ενεργό ένα νέο Project στο Inventor, με το όνομα “FoldableBicycle v.0.ipj”. Εν συνεχεία δημιουργείται ένα νέο Assembly, το οποίο θα αποτελέσει το κυρίως αρχείο που θα ενσωματώνει όλα τα υπόλοιπα κομμάτια όπως τα περιφερειακά εξαρτήματα, αλλά και τα Part files και Assemblies του πλαισίου.

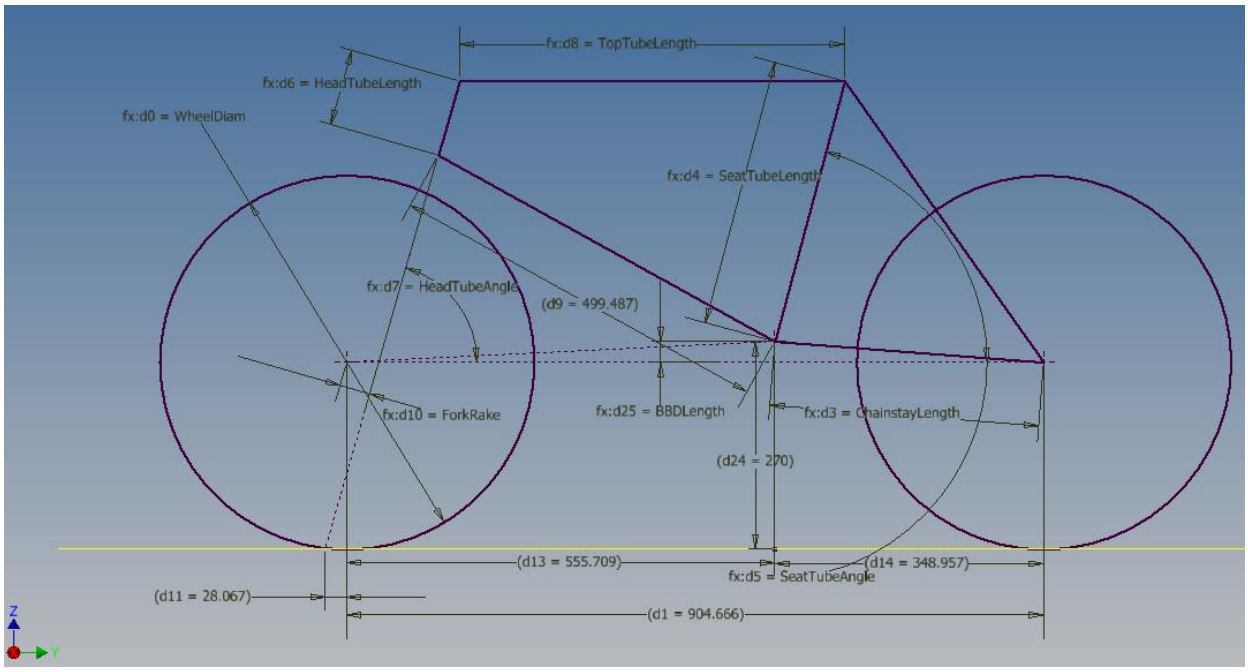
Στο Assembly «FoldableBicycle.iam» αρχικά ορίζουμε τις μεταβλητές που θα χρησιμοποιήσουμε δηλαδή:



Parameter Name	Unit/Type	Equation	Nominal Valu	Tol.	Model Value	Key	Expor	Comment
d24	mm	270.000 mm	270.000000		270.000000			
User Parameters								
SeatTubeLength	mm	350 mm	350.000000		350.000000			
TopTubeLength	mm	500 mm	500.000000		500.000000			
ChainstayLength	mm	350 mm	350.000000		350.000000			
BBDLength	mm	27 mm	27.000000		27.000000			
HeadTubeLen...	mm	100 mm	100.000000		100.000000			
WheelDiam	mm	486 mm	486.000000		486.000000			
SeatTubeAngle	deg	75 deg	75.000000		75.000000			
BBD_FWheel	mm	1.0 mm	1.000000		1.000000			
WheelBase	mm	d1	904.665625		904.665625			
BottomTubeLe...	mm	d9	499.487468		499.487468			
HeadTubeAngle	deg	74 deg	74.000000		74.000000			
ForkRake	mm	40 mm	40.000000		40.000000			
Trail	mm	d11	28.067151		28.067151			
Test 1								
sa_6	N	0.000 N	0.000000		0.000000			
sa_7	N	0.000 N	0.000000		0.000000			
sa_8	N	1000.000 N	1000.000000		1000.000000			

Εν συνεχεία, με βάση το επίπεδο YZ με την εντολή Sketch, δημιουργούμε ένα σχέδιο, στο οποίο σχεδιάζεται ένα απλοποιημένο σχέδιο ποδηλάτου. Με την λέξη αυτή εννοούμε ότι τα δομικά στοιχεία όπως ο τροχός αναπαρίστανται από ένα κύκλο ή ένα δοκάρι από μια ευθεία. Σχεδιάζονται δηλαδή δύο κύκλοι (τροχοί), και με ευθείες, ένα κλασικό πλαίσιο ποδηλάτου, σε σχήμα διαμαντιού. Στη συνέχεια

ξεκινάμε να δώσουμε γεωμετρικές σχέσεις μεταξύ τους όπως παραλληλότητα, κλίση, ορισμός μήκους από άλλα στοιχεία, αλλά και διαστάσεις ώστε να οριστεί πλήρως το σχέδιο, δηλαδή οι βαθμοί ελευθερίας να ισούνται με το 0. Ενεργοποιώντας μια διάσταση για παράδειγμα την διάμετρο του ενός τροχού, επιλέγοντας την τιμή της και πληκτρολογώντας '=WheelDiam', ορίζεται ότι στο εξής η τιμή της συγκεκριμένης διάστασης ισούται με την τιμή της μεταβλητής WheelDiam. Με την ίδια λογική, συνδέονται οι μεταβλητές που ορίστηκαν πριν με τις διαστάσεις του δισδιάστατου ποδηλάτου. Προκύπτει το παρακάτω σχέδιο, στο οποίο φαίνονται οι διαστάσεις, οι μεταβλητές που είναι συνδεδεμένες αλλά και οι τιμές τους:

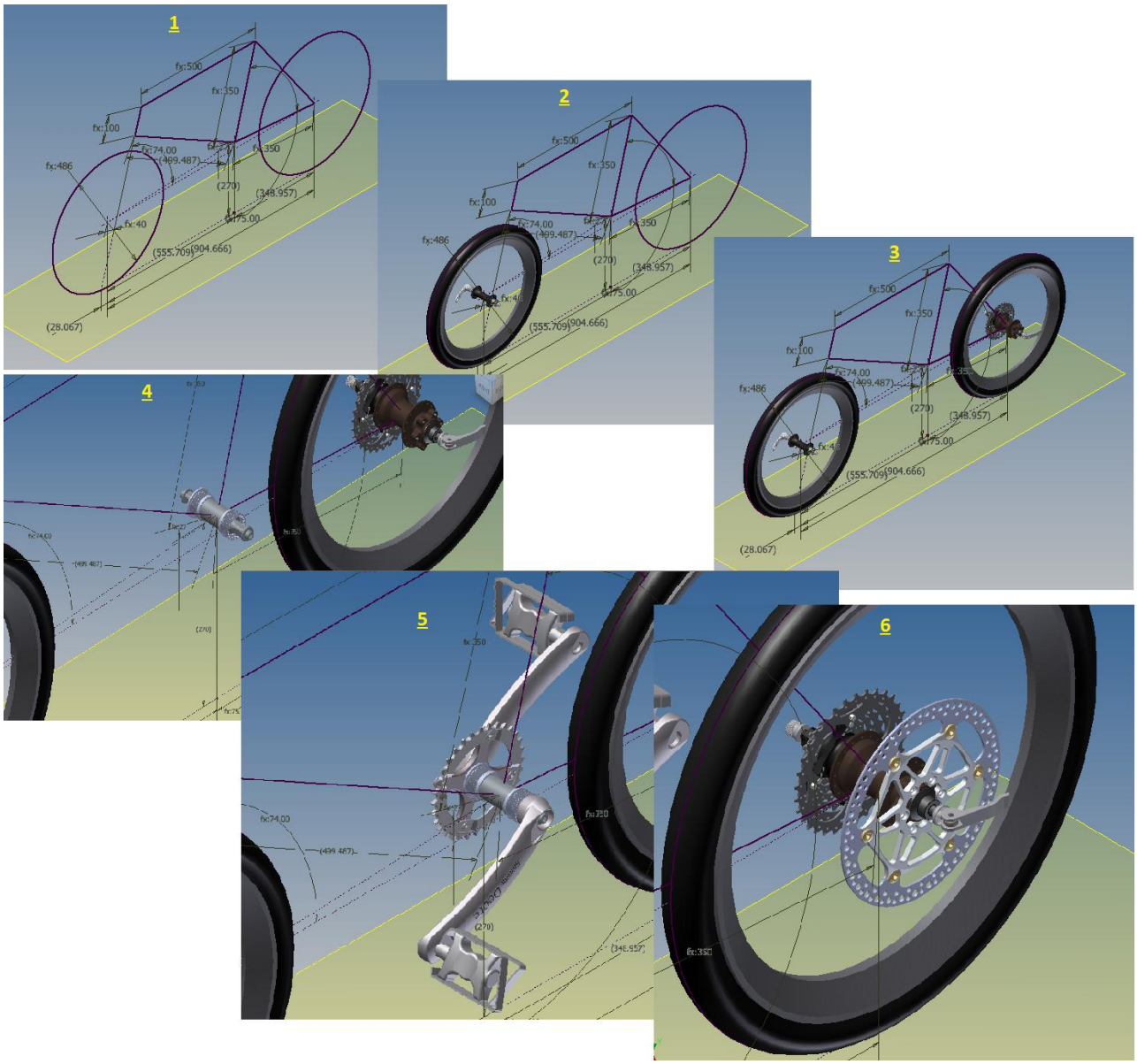


Τελειώνουμε το σχέδιο και για την περίπτωση που χρειαστεί σε οτιδήποτε, δημιουργούνται ορισμένες ακόμα μεταβλητές, αυτή τη φορά εξαρτημένες από τις ήδη υπάρχουσες διαστάσεις, όπως είναι το μεταξόνιο (*Μεταβλητή* WheelBase), και οι οποίες φαίνονται στην προηγούμενη σελίδα με τις υπόλοιπες μεταβλητές.

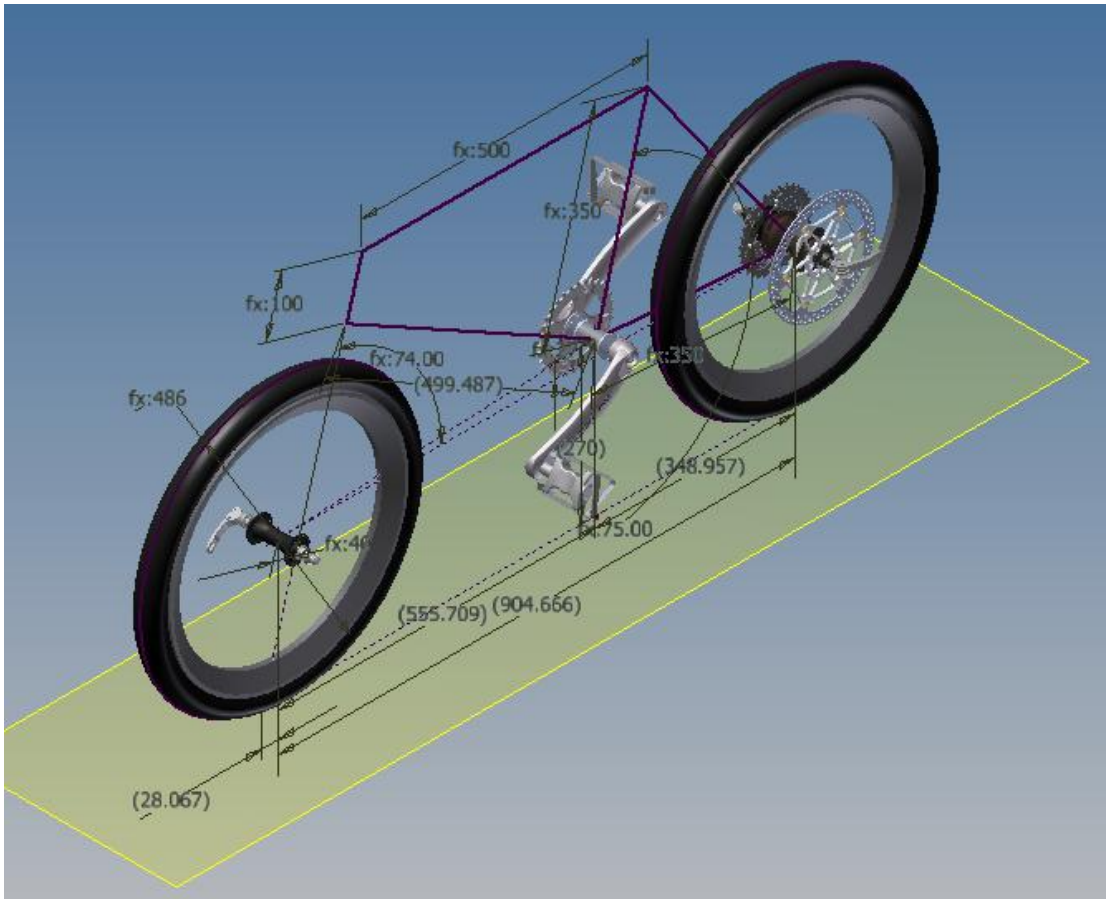
Έχοντας ορίσει πλέον την γενική γεωμετρία του ποδηλάτου, και έχοντας μια γενική άποψη του τελικού σχεδίου, ξεκινάει το δεύτερο στάδιο, κατά το οποίο θα ορίσουμε τα περιφερειακά εξαρτήματά μας στο χώρο. Με την εντολή Place Component, εισάγονται οι διάφορες κατασκευές (Parts ή Assemblies) στον τρισδιάστατο χώρο του προγράμματος.

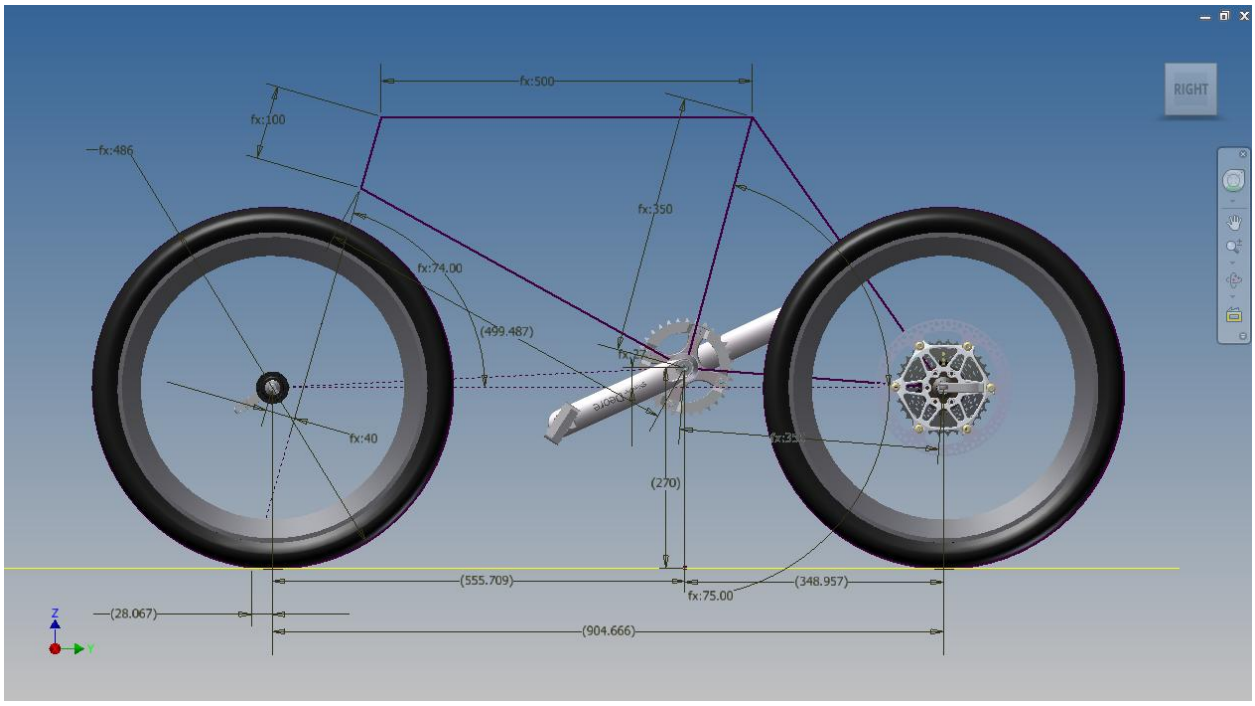
Πιο αναλυτικά, μέσω της προηγούμενης εντολής, εισάγεται το πρώτο κομμάτι στον χώρο, που είναι ο μπροστινός τροχός. Εν συνεχεία ξεκινάει η τοποθέτησή του στο χώρο, έχοντας παράλληλα το σχέδιο που δημιουργήθηκε από το πρώτο στάδιο ορατό, ώστε να είναι εγγυημένη η σωστή τοποθέτησή του. Η τοποθέτηση στο χώρο γίνεται μέσω τρισδιάστατων '**Constraints**'. Πρόκειται για παρόμοιες εντολές με αυτές του δισδιάστατου σχεδίου, αλλά τώρα πλέον υπάρχουν άξονες, ακμές στερεών σωμάτων, επιφάνειες αλλά και προσανατολισμοί που για τον ορισμό ενός και μόνο εξαρτήματος στον χώρο, χρειάζονται αρκετά Constraints, μιας και οι βαθμοί ελευθερίας εδώ είναι 3 μεταφορικοί και 3 περιστροφικοί, σύνολο 6 δηλαδή. Έτσι στο πρώτο κομμάτι προφανώς μιας και είμαστε ακόμα στα αρχικά στάδια, ορίζεται ότι το YZ επίπεδό του θα συμπίπτει με τον YZ του Assembly, το XY επίπεδο θα είναι παράλληλο με το XY του Assembly με μια απόσταση ίση με το μισό της διαμέτρου των τροχών (μεταβλητή WheelDiam), και τέλος το XZ παράλληλο με το XZ γενικό, και απόσταση από αυτό ίση με την οριζόντια απόσταση από το Bottom Bracket μέχρι το κέντρο του μπροστινού τροχού που υπολογίστηκε στο πρώτο στάδιο, μιας και θέλουμε το Bottom Bracket να βρίσκεται πάνω στο επίπεδο

XZ. Έτσι έχει οριστεί πλήρως (βαθμοί ελευθερίας τροχού =0) του μπροστινού τροχού. Επαναλαμβάνοντας την ίδια διαδικασία ορίζονται στον χώρο όλα τα περιφερειακά εξαρτήματα. Παρακάτω παρατίθενται εικόνες της διαδικασίας του δεύτερου μέρους.



Βλέποντάς το συνολικά:





Με όλα τα απαραίτητα κομμάτια έτοιμα, ξεκινάει το τρίτο στάδιο, ο σχεδιασμός του πλαισίου ποδηλάτου σαν ενιαίο κομμάτι, το οποίο θα αποτελέσει τον ακρογωνιαίο λίθο για το αναδιπλούμενο πλαίσιο. Αρχικά, ξεχωριστά από το 'Foldable Bicycle.asm' δημιουργείται νέο Part File, με το όνομα 'Frame.ipt'. Μέσω μιας περίπλοκης διαδικασίας που ξεφεύγει λίγο από τα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, γίνεται αντιγραφή των μεταβλητών και του δισδιάστατου σχεδίου που χρησιμοποιήθηκαν στο πρώτο στάδιο. Αποθηκεύεται το αρχείο και ξανά-ανοίγεται το γενικό assembly, στο οποίο τοποθετούμε το Frame.ipt, και μέσω constraints, οι άξονές του συμπίπτουν με τους άξονες του γενικού Assembly. Με Edit στο Frame.ipt. μπορούμε να επεξεργαστούμε πλέον το συγκεκριμένο αρχείο, στο οποίο θα δημιουργήσουμε το πλαίσιο του ποδηλάτου, βλέποντας ταυτόχρονα και τα υπόλοιπα κομμάτια, τα οποία όμως δεν είναι 'ενεργά' ή επιλέξιμα, παρά μόνο μέσω μιας εντολής η οποία 'προβάλει' κάποια σημεία από τα κομμάτια αυτά (όπως η εξωτερική διάμετρος του Bottom Bracket) στο αρχείο που είναι ανοιχτό, ώστε να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία γεωμετρίας.

Πιο αναλυτικά, ξεκινώντας από το Bottom Bracket, δημιουργείται Sketch sto YZ επίπεδο, και με την εντολή Project Geometry προβάλλεται η εξωτερική διάμετρος του Bottom Bracket, σχεδιάζεται ακόμα κύκλος με διάμετρο ø40 και με την εντολή extrude δημιουργείται το κέλυφος που θα στεγάσει την μεσαία τριβή. Με την εντολή Thread, δημιουργούνται σπειρώματα στις δύο άκρες του σωλήνα, ολοκληρώνοντας με αυτόν τον τρόπο το σχεδιασμό του κελύφους.

Μετά, δημιουργείται επίπεδο κάθετο στην γραμμή που συμβολίζει τον Seat Tube στο δισδιάστατο σχέδιο και ορισμένο στην άνω θέση του, ώστε με παρόμοια διαδικασία, να δημιουργηθεί ο σωλήνας θέσης. Εδώ πρέπει να επισημανθεί το εξής: Ο σωλήνας θέσης σύμφωνα με τα προηγούμενα, ορίζεται από ένα σχέδιο που ορίζεται από επίπεδο που βρίσκεται στο τέλος της γραμμής του δισδιάστατου σχεδίου. Γραμμή της οποίας το κάτω σημείο είναι σταθερό, ενώ η κλίση και πιο σημαντικά το μήκος ορίζεται από τις μεταβλητές που έχουμε δώσει. Αλλάζοντας επομένως τιμές στις μεταβλητές αυτές αλλάζει αυτόματα η γεωμετρία του σωλήνα θέσης, αλλά και το μήκος του. Σαν υλικό κατασκευής επιλέχθηκε σωλήνας 1'' (ø33.7mm) που υπάρχει σε αφθονία στο εμπόριο.

Με την ίδια διαδικασία που σχεδιάστηκε ο σωλήνας θέσης, σχεδιάζεται και ο μπροστινός σωλήνας (Head Tube), πάλι ορισμένος από μεταβλητές που θέλουμε εμείς, μέσω του δισδιάστατου σχεδίου. Εδώ αντί για Extrude χρησιμοποιείται η εντολή Revolve, καθώς η γεωμετρία του βολεύει για την χρήση αυτής της εντολής. Υλικό κατασκευής εδώ μπορεί να αποτελέσει ο ίδιος ο σωλήνας 1'' έπειτα από ειδική επεξεργασία, ή σε περίπτωση που κάτι τέτοιο κριθεί αδύνατο από άξονα ή από καλούπι.

Έπειτα σχεδιάζεται ο άνω σωλήνας (Top Tube) και για μείωση κόστους, αρχικά θα γίνει προσπάθεια να αποφύγουμε την χρήση κάτω σωλήνα. Η ιδέα αυτή προέκυψε πέραν του κόστους, και με βάση του τι υπάρχει στην αγορά. Σε επόμενα κεφάλαια, θα γίνει έλεγχος εάν μόνο ο άνω σωλήνας είναι επαρκής ή χρειάζεται ενίσχυσή, ή αναγκαστικά χρειάζεται και ο κάτω σωλήνας. Μιας και θα είναι ο μοναδικός, προτιμήθηκε να χρησιμοποιηθεί κοιλοδοκός 50X30X4mm, αντί σωλήνα, για καλύτερη στιβαρότητα, ενώ ενώνεται στην μια μεριά με τον σωλήνα θέσης πιο χαμηλά από ότι θα ήταν κανονικά, για καλύτερη αντοχή του πλαισίου. Δημιουργείται με ίδια διαδικασία με τα προηγούμενα.

Για την στήριξη του πίσω τροχού, θα σχεδιαστούν δύο πλάκες παράλληλες με τον YZ αλλά συμμετρικές μεταξύ τους ως προς αυτόν. Η γεωμετρία τους θα προκύψει με βάση τον σκοπό τους που δεν είναι άλλος από το να ενώσει τροχό, Chain Stays και Seat Stays, ώστε να προκύψει μια σταθερή κατασκευή. Έχοντας σαν αφετηρία υπάρχοντα ποδήλατα, στην ουσία πρόκειται για πλακάκι πάχους 8mm, τριγωνικής μορφής που κατεργάζεται κατάλληλα στην τελική του μορφή, αποκτώντας υποδοχές για τα παραπάνω.

Σειρά έχουν τα κάτω ψαλίδια, ή Chain Stays. Για τον σχεδιασμό τους, ορίστηκε επίπεδο με βάση τρία σημεία, στο οποίο σχεδιάστηκε η πορεία που θα ακολουθήσει το προφίλ των Chain Stays, και

σε άλλο σχέδιο με επίπεδο κάθετο στο προηγούμενο σχεδιάστηκε το προφίλ σωλήνα ø21,3mm, και με την εντολή Sweep αποκτούν μορφή. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τα Seat Stays. Κατά τον σχεδιασμό εδώ λήφθηκε υπόψιν όπως και στα προηγούμενα μέρη τα περιφερειακά εξαρτήματα που έχουν ήδη σχεδιαστεί, αλλά και άλλα όπως η αλυσίδα και ο μηχανισμός αλλαγής ταχυτήτων.

Ακόμα δημιουργείται αρχείο με το όνομα Front Fork.ipt στο οποίο με ίδια φιλοσοφία με το πλαίσιο, σχεδιάζεται το πιρούνι του ποδηλάτου.

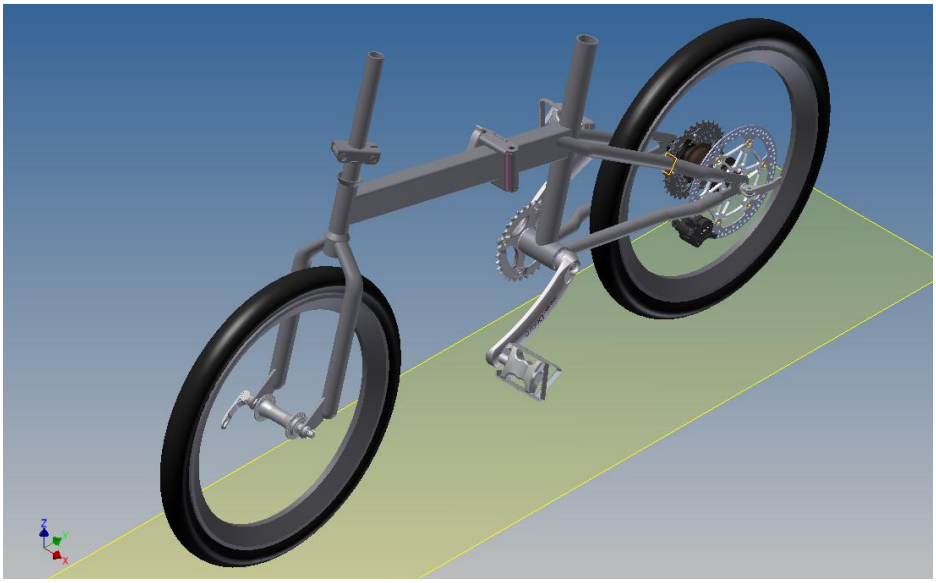
Πλέον έχει σχεδιαστεί το πλαίσιο του ποδηλάτου, αλλά εκκρεμεί ο μηχανισμός δίπλωσης. Ο μηχανισμός αυτός έγινε με βάση υπάρχοντα ποδήλατα, που χρησιμοποιούν μια πολύ αξιόπιστη και φθηνή λύση, το οποίο είναι από δύο πλάκες, με ειδικό σχήμα από κοπή με Laser, οι οποίες στραντζάρονται στην τελική τους μορφή. Με ειδικό μηχανισμό κλειδώνει η θέση τους, ενώ ανοίγει εύκολα και γρήγορα, χωρίς την απαίτηση μεγάλης δύναμης. Πρόκειται για ειδικό μεντεσέ ο οποίος όμως, κλειδώνει στην κλειστή του θέση. Δεδομένου ότι μιλάμε για κομμάτι λαμαρίνας, τα δύο κύρια μέρη του μηχανισμού θα δημιουργηθούν σαν Sheet Metal αρχεία, για τα οποία το Inventor, όπως και τα περισσότερα σχεδιαστικά προγράμματα, δίνουν τις δυνατότητες και ιδιότητες των μετάλλων, όπως να στραντζαριστούν, να κυλινδραριστούν ή να βγει ανάπτυγμα από περίπλοκη ανοικτή γεωμετρία. Ο λόγος για αυτό, είναι να χρησιμοποιηθεί μετά, το ανάπτυγμά τους για αποστολή σε μηχάνημα κοπής laser. Οι πείροι του μεντεσέ στην ουσία είναι απλά κομμάτια αξόνων, τορνιρισμένα και τρυπημένα, στις σωστές διαστάσεις.

Έχοντας όλα τα κομμάτια έτοιμα πλέον, στο αρχείο Frame.ipt που έχει σχεδιαστεί το πλαίσιο, στο σημείο που θα μπει ο μηχανισμός δίπλωσης, δημιουργείται ένα σχέδιο το οποίο μετά χρησιμοποιείται για την κοπή το μπροστά ή πίσω κομματιού. Αντιγράφεται στον ίδιο φάκελο το αρχείο και μετονομάζονται σε Rear Frame και FrontFrame. Εν συνεχεία, σε κάθε κομμάτι, ενεργοποιείται το Cutout που μόλις αναφέρθηκε και κρατάμε το αντίστοιχο κομμάτι του πλαισίου. Σε συνδυασμό με τα κομμάτια του μηχανισμού δίπλωσης, δημιουργούνται αντίστοιχα Assemblies, και τα πάντα είναι έτοιμα για το τελικό και συνολικό assembly.

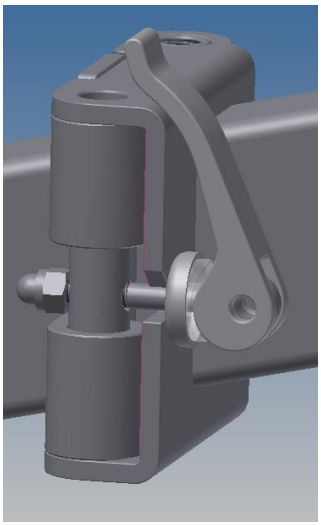
Ανοίγεται το γενικό σχέδιο του ποδηλάτου, και γίνονται τα επόμενα βήματα. Η παλιά συναρμολόγηση δεν χρειάζεται πλέον, καθώς είναι στηριγμένη και στερεωμένη με φιλοσοφία που πλέον μόνο προβλήματα δημιουργεί. Έτσι όλα τα τρισδιάστατα σώματα σβήνονται ενώ εισάγεται το Rear Frame.asm, αρχείο που έχει το πίσω μέρος του πλαισίου και ένα μέρος του μηχανισμού αναδίπλωσης και σταθεροποιείται. Πλέον όλα τα κομμάτια θα ορισθούν στο χώρο με βάση αυτό το πίσω πλαίσιο, και όχι με άξονες, αλλά με πραγματικά σημεία επαφής, όπως τρύπες ή επαφή με επιφάνεια. Εισάγεται το μπροστινό πλαίσιο, το οποίο ορίζεται από τις φυσικές επαφές του μηχανισμού αναδίπλωσης, και από την μεταβλήτη της γωνίας μεταξύ τους, που ορίζει την περιστροφή του μπροστινού σε σχέση με το πίσω πλαίσιο (και το εάν είναι σε ανοικτή ή διπλωμένη θέση). Επανεισάγονται τα περιφερειακά εξαρτήματα, και τοποθετούνται στο χώρο με βάση τα υπάρχοντα. Πλέον το πλαίσιο είναι έτοιμο για δοκιμές και βελτιώσεις. Δοκιμές όχι μόνο αντοχής, αλλά και το εάν λειτουργούν χωρίς πρόβλημα οι μηχανισμοί αναδίπλωσης.

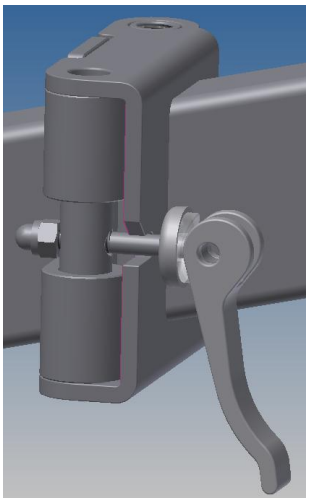
4.5 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΛΥΣΗΣ – ΑΡΜΟΓΗΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

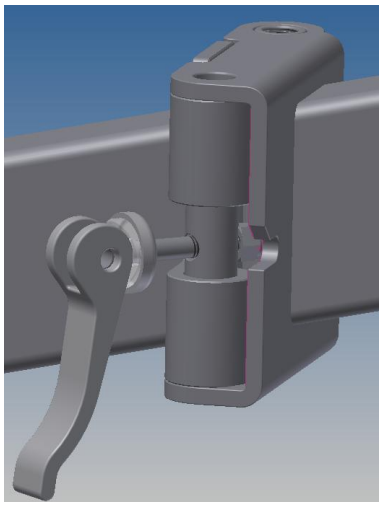
Για να ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός, θα πρέπει να επιβεβαιωθεί ότι η λύση που προτάθηκε και σχεδιάστηκε λειτουργεί. Το πλαίσιο δηλαδή, μπορεί χωρίς προβλήματα να διπλώσει και να μαζέψει ώστε να χωράει σε πολύ μικρό χώρο γρήγορα και εύκολα. Το στάδιο αυτό είναι αρκετά σημαντικό, καθώς μπορεί κάποιος να δει έμπρακτα τυχόν προβλήματα που μπορεί να προκύψουν και τα οποία δεν είχε αναγνωρίσει νωρίτερα, ενώ μέσα από την προσομοίωση αυτή μπορεί να προκύψουν νέες καλύτερες λύσεις. Έτσι ξεκινώντας από το ποδήλατο στην κανονική του θέση, ξεκινάει η διαδικασία δίπλωσης αυτού.



Πρώτο βήμα, η ελευθέρωση των ειδικών κλείστρων που κρατάνε το πλαίσιο στην θέση του.



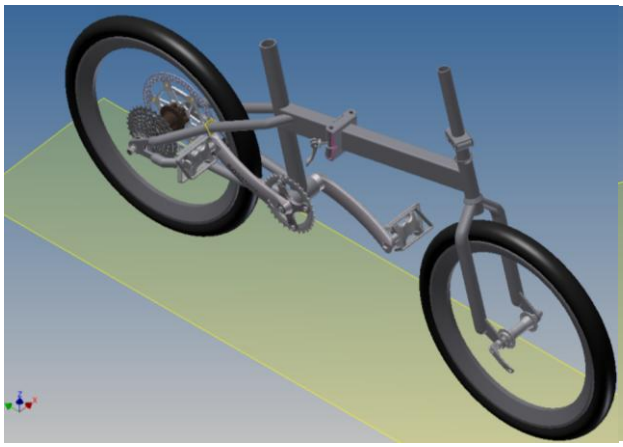
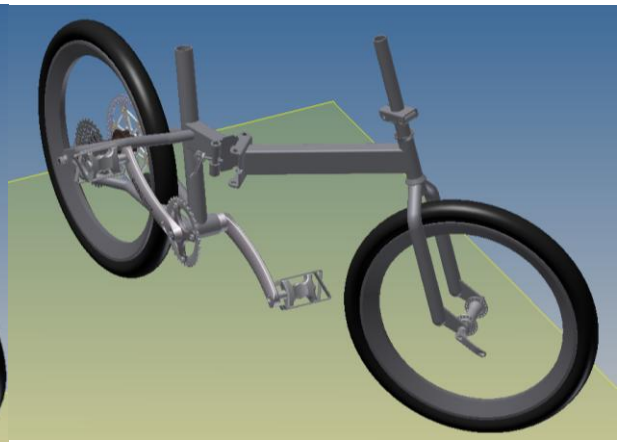
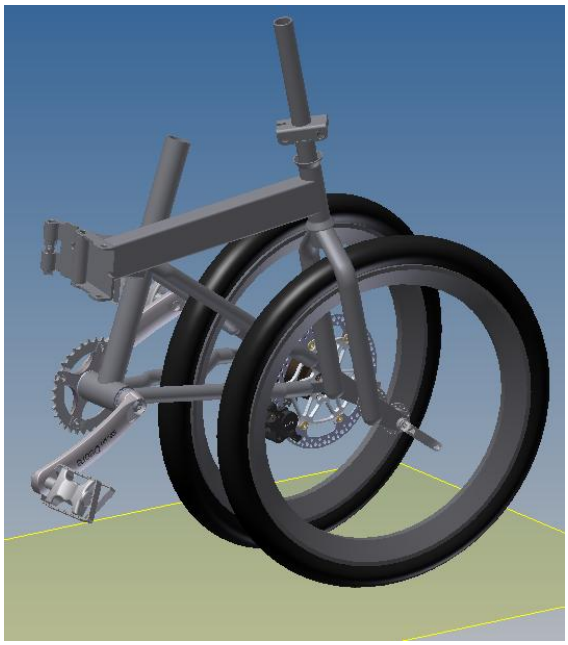
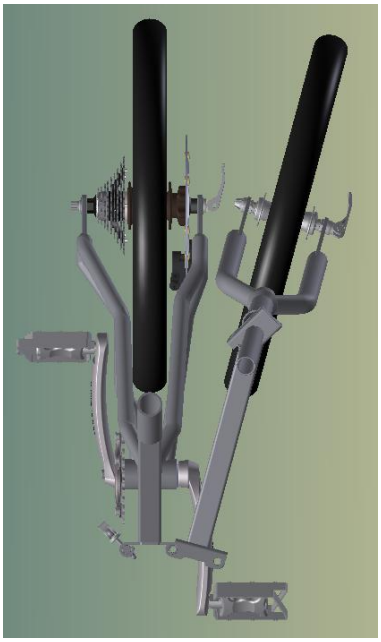




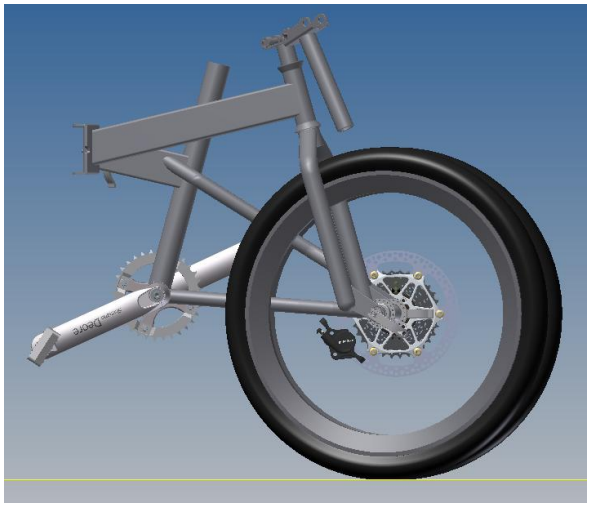
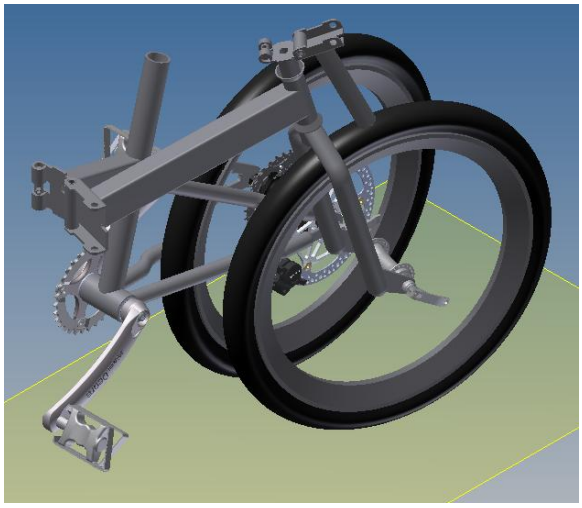
Το βήμα αυτό είναι εύκολο και πολύ γρήγορο, διάρκειας κλασμάτων δευτερολέπτου.

Σειρά έχει το άνοιγμα του πλαισίου, έως ότου διπλώσει τελείως, και οι ειδικοί μαγνήτες που το συγκρατούν στην θέση του ενωθούν.

(εδώ πρέπει να αναφέρουμε ότι ο σχεδιασμός των μαγνητών δεν έγινε αλλά θεωρείται ότι είναι αντίστοιχοι με του ποδηλάτου Dahon)

Τελευταίο βήμα είναι το δίπλωμα του τιμονιού, ανοίγοντας το κλείστρο του με ίδιο τρόπο με του κυρίως πλαισίου.

5.0 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

5.1 ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΑΣΚΟΥΝΤΑΙ

Έχοντας ολοκληρώσει το στάδιο του σχεδιασμού, πλέον πρέπει να γίνουν δοκιμές στο νέο πλαίσιο. Ακολουθώντας την σύγχρονη τάση, θα γίνουν κάποιες προσομοιώσεις των δυνάμεων που ασκούνται στο πλαίσιο, για να διαπιστωθεί η συμπεριφορά του κάτω από αυτές τις συνθήκες. Για να γίνει κάτι τέτοιο όμως πρέπει να υπολογιστούν, ποιες δυνάμεις ασκούνται σε ένα ποδήλατο εν κινήσει. Αν και εκ πρώτης όψεως ακούγεται εύκολο, στην πράξη η μοντελοποίηση ενός τέτοιο συστήματος είναι αρκετά περίπλοκη. Για παράδειγμα, όταν αναφερόμαστε σε ποδήλατα πίστας, εκεί υπάρχουν φορτία μόνο από τον αναβάτη. Σε κανονικές συνθήκες πόλεως όμως, τα πράγματα περιπλέκονται μιας και οι εξωτερικοί παράγοντες, όπως είναι οι ανωμαλίες του δρόμου, πολλαπλασιάζονται.

Προσομοίωση 1η

Έτσι, θεωρώντας ένα ποδήλατο που κινείται με 50Km/Hr., και ο ποδηλάτης αναπτύσσει έργο, ισοδύναμο με 400W (12). Προφανώς μιας και τα τεστ που θα πραγματοποιηθούν, θα είναι στατικά (μιας και το Inventor, δεν μπορεί να κάνει δυναμική προσομοίωση), θα θεωρηθούν οι δυνάμεις που ασκούνται στον μέγιστο βαθμό τους, ώστε να γίνει προσομοίωση της χείριστης περίπτωσης. Έτσι λοιπόν κατά τον υπολογισμό που θα ακολουθήσει, θεωρείται ότι εφαρμόζονται οι παρακάτω παράμετροι:

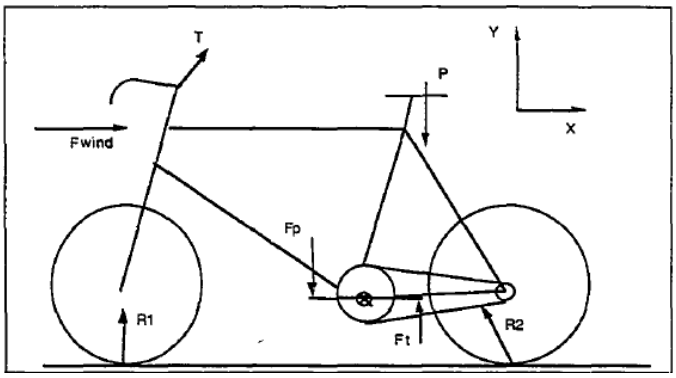
1) Μάζα αναβάτη 80 kg = 785 N
2) Ταχύτητα ποδήλατου 50 Km/h=13,88 m/s
3) Δυνάμεις που αναπτύσσονται από τον ποδηλάτη
4) Ενέργεια που χάνεται λόγω αεροδυναμικής αντίστασης,

Ενώ αγνοούνται τα εξής

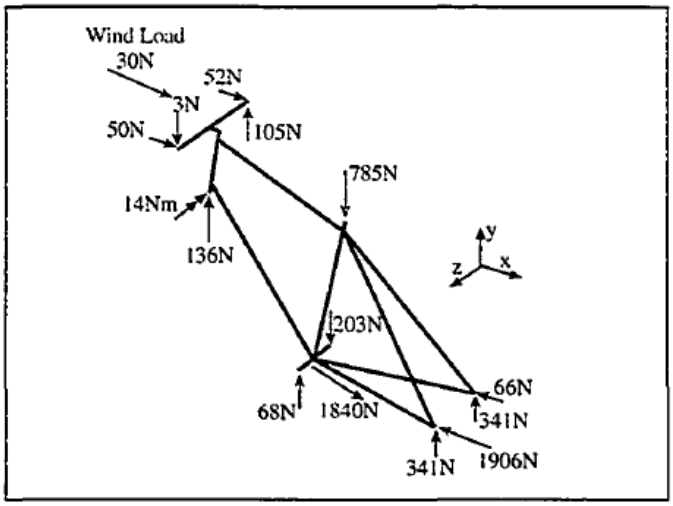
I. Αντίσταση λόγω κύλισης θεωρείται μηδενική
II. Χαμένη ενέργεια λόγω κάθετων δυνάμεων στο οδόστρωμα
III. Ενέργεια που χάνεται στην αλυσίδα θεωρείται μηδενική (Οι αλυσίδες συνήθως έχουν 98% απόδοση)

Πιο συγκεκριμένα θεωρούνται ότι στο ποδήλατο επιδρούν οι παρακάτω δυνάμεις:

a) Το βάρος του αναβάτη (P)
b) Ελκτικές δυνάμεις στο τιμόνι (T)
c) Η αεροδυναμική αντίσταση (F wind
d) Δυνάμεις στα πετάλια (Fp & Ft)
e) Δυνάμεις στους τροχούς (R_1 & R_2)



Έτσι από τα παραπάνω δεδομένα, προκύπτουν οι ποσότητες των δυνάμεων που φαίνονται στην παρακάτω εικόνα [1]:



Σειρά έχουν οι οριακές συνθήκες που πρέπει να οριστούν. Δηλαδή, τα σημεία τα οποία θα θεωρούνται ότι έχουν περιορισμούς στην κίνηση, τα σημεία στα οποία το πλαίσιο, έρχεται σε επαφή με το οδόστρωμά μέσω των τροχών. Άρα, ερμηνεύοντας την φυσική επαφή του πλαισίου, σε ένα Διάγραμμα Ελευθέρου Σώματος, έχω κύλιση στο σημείο που ενώνονται οι τροχοί με το τιμόνι, καθώς και άρθρωση στο πίσω μέρος των Chain Stays

Προσομοίωση 2η

Το συγκεκριμένο τεστ χρησιμοποιείται για να προσομοιώσει την στατική συμπεριφορά του πλαισίου στην περίπτωση που το ποδήλατο έρθει σε επαφή με κάποια ανωμαλία του δρόμου. Το επιθυμητό αποτέλεσμα του συγκεκριμένου τεστ είναι μια σχετικά ομαλή μετακίνηση του πλαισίου, ούτως ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις της σύγκρουσης και να μην μεταφερθούν δονήσεις στα χέρια του ποδηλάτη.

Αποτελείται από μια κάθετη προς τα επάνω δύναμη που ενεργεί στο τιμόνι με μέτρο 1000N, έχοντας αρθρώσεις στο σημείο της μεσαίας τριβής και των Chain stays [εικόνα (α)]

Προσομοίωση 3η

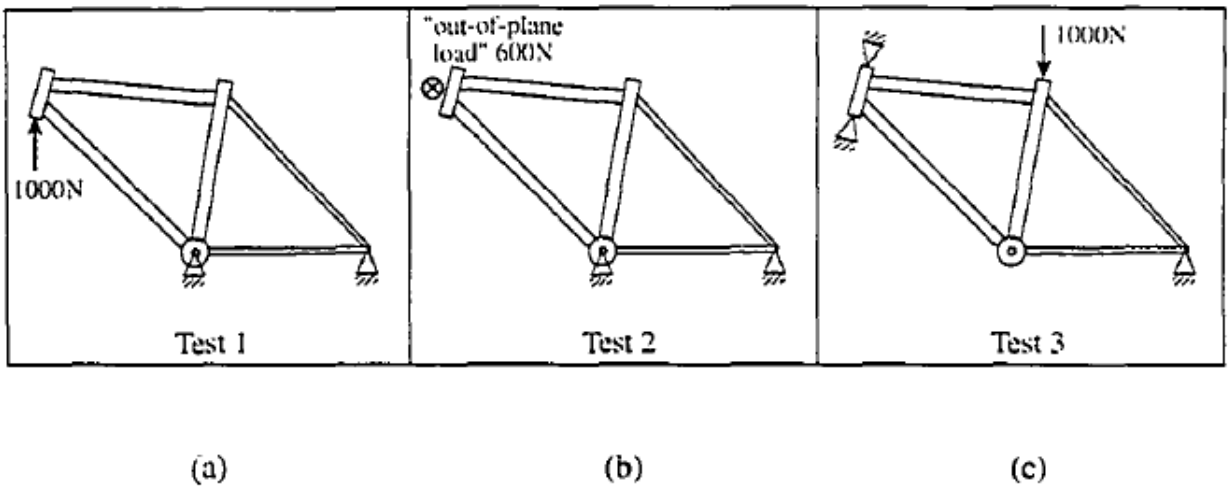
Το συγκεκριμένο τεστ αποκαλύπτει την πλευρική δυσκαμψία του πλαισίου. Στην ουσία μέσω αυτού γίνεται μια προσέγγιση της συμπεριφοράς του ποδηλάτου κατά περιόδους έντονης ποδηλασίας που αναπτύσσονται πλάγιες δυνάμεις και ροπές, που τείνουν να περιστρέψουν το σώμα. Επιθυμητή μια μικρή μετατόπιση, που μεταφράζεται σε αρκετά άκαμπτο σώμα, ικανό για έντονη ποδηλασία, χωρίς να παραμορφώνεται.

Αποτελείται από μια κάθετη στο επίπεδο του πλαισίου δύναμη, μέτρου 600N, εφαρμόζοντας στον μπροστινό σωλήνα (Head Tube). Και εδώ υπάρχουν αρθρώσεις στο σημείο της μεσαίας τριβής και των Chain stays [εικόνα (β)].

Προσομοίωση 4η

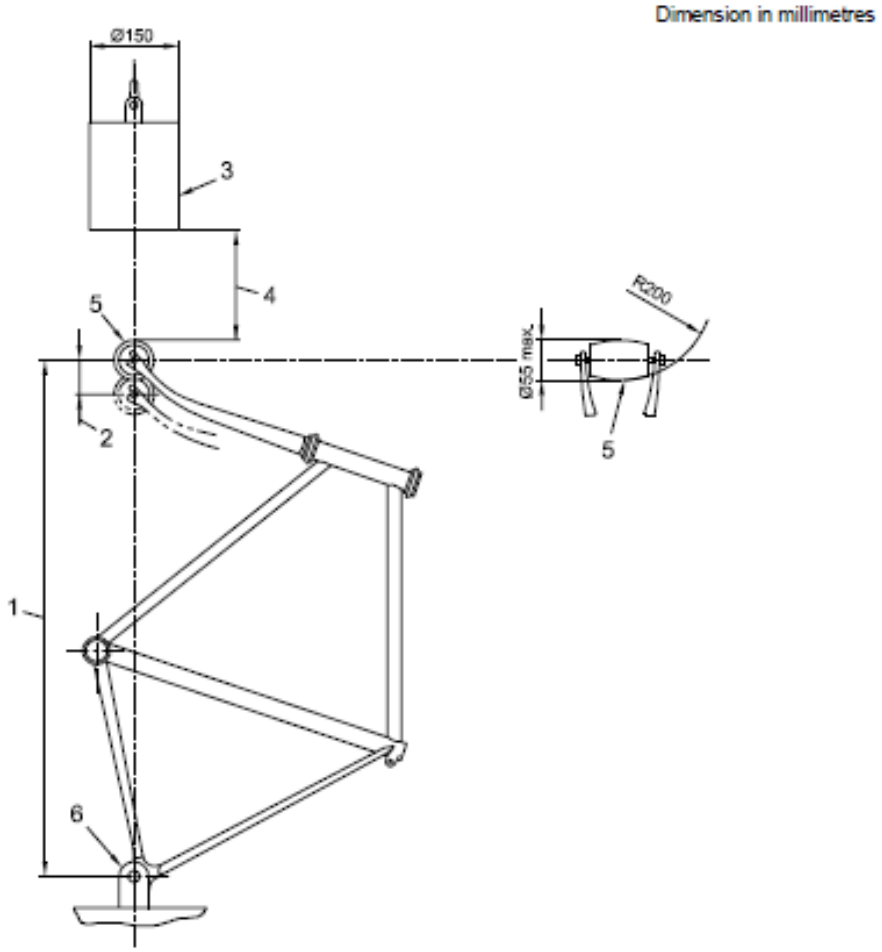
Εδώ μέσω μιας δυνάμεως 1000N προς τα κάτω, εφαρμόζοντας στην άνω επιφάνεια του σωλήνα της σέλας (Seat Tube) , με τα Chain stays και τον μπροστινό σωλήνα (Head Tube) να έχουν άρθρωση, προσομοιώνεται η συμπεριφορά του πλαισίου, πάλι κατά την επαφή με τις ανωμαλίες του δρόμου.

Επιθυμητό αποτέλεσμα μια σχετικά μεγάλη μετατόπιση, η οποία εκφράζεται σαν απόσβεση των κραδασμών που μεταφέρονται στον αναβάτη



Προσομοίωση 5η

Το συγκεκριμένο τεστ είναι μέρος του προτύπου EN 14764, στο οποίο αναγράφονται απαιτήσεις ασφαλείας και μέθοδοι ελέγχου για τα ποδήλατα πόλης. Σύμφωνα με αυτό ορίζονται οι παρακάτω παράμετροι για αυτό το τεστ. Προτείνεται σαν τεστ πρόσκρουσης ανωμαλιών του οδοστρώματος. Ρυθμίζεται το πλαίσιο σε κάθετη θέση , με το σημείο έδρασης του μπροστινού τροχού να είναι στον κάθετο άξονα με το σημείο έδρασης του πίσω τροχού και στηριζόμενο αποκλειστικά και μόνο στο πίσω μέρος των Chain stays. Το τιμόνι στο σημείο του μπροστινού τροχού, έχει ένα κυλινδράκι (που μεταφράζεται σε κύλιση στο σημείο αυτό. Εκεί εφαρμόζεται ένα βάρος μάζας 22,5 Kg, και μετράται η μετατόπιση του σημείου του τροχού στο τιμόνι. Η μέγιστη αποδεκτή τιμή της μετατόπισης, ορίζεται στα 30mm



Key

1 Wheelbase

2 Permanent set

3 22,5 kg striker

4 Drop height 180 mm

5 Low mass roller (1 kg max.)

6 Rigid mounting for rear axle attachment point

Figure 28 — Frame and front fork assembly: impact test (falling mass)

5.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ F.E.A.

Για να μελετηθεί η συμπεριφορά του πλαισίου, στα παρακάτω τεστ θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων. Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναπτυχθεί η γενική λογική, που ακολουθείται σε κάθε υπολογιστικό σχεδιαστικό πρόγραμμα, έχοντας σαν παράδειγμα σε κάθε στάδιο το πλαίσιο του ποδηλάτου και τα τεστ που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Έτσι λοιπόν ακολουθούνται τα εξής στάδια:

Στάδιο 1: Μετά την ολοκλήρωση του σχεδιαστικού μέρους του πλαισίου, πρέπει να εισαχθεί η γεωμετρία αυτή, στο πρόγραμμα επίλυσης πεπερασμένων στοιχείων που χρησιμοποιείται κάθε φορά. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, εφόσον η ανάλυση θα γίνει στο ίδιο πρόγραμμα που σχεδιάστηκε και το πλαίσιο, το μόνο που πρέπει να γίνει είναι να ενεργοποιηθεί το περιβάλλον Stress Analysis, που βρίσκεται στην καρτέλα Environments. Το πρόγραμμα αυτόματα αναγνωρίζει την γεωμετρία του αρχείου. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται και λάθη όπως παράλειψη εισαγωγής κάποιας γεωμετρίας, ή μη συμβατότητας του αρχείου που περιέχει την γεωμετρία, με το πρόγραμμα που θα κάνει την ανάλυση. Το τελευταίο σφάλμα, τείνει να εξαλειφθεί τα τελευταία χρόνια καθώς έχουν αναπτυχθεί ορισμένοι τύποι αρχείων που αποτελούν κοινό πρότυπο στην ουσία, για όλα τα προγράμματα.

Στάδιο 2: Έχοντας εισαγάγει την γεωμετρία, στη συνέχεια, επιλέγονται οι γενικές ρυθμίσεις τις ανάλυσης που πρόκειται να γίνει, όπως εάν θα γίνει στατική ή δυναμική ανάλυση, εάν θα είναι γραμμική αυτή ή όχι, όπως επίσης εάν πρόκειται για ολόκληρο Assembly, ο ορισμός της γεωμετρίας που δεν χρειάζεται, και θα εξαιρεθεί από όλη την υπόλοιπη διαδικασία. Κάτι τέτοιο είναι σημαντικό καθώς μέσω σωστής αφαιρετικής διαδικασίας, επιτυγχάνονται πολύ καλύτεροι χρόνοι επίλυσης του προβλήματος, λόγω της μείωσης των απαιτούμενων πόρων του συστήματος. Στο στάδιο αυτό ακόμα ορίζεται το υλικό ή τα υλικά (εάν υπάρχουν παραπάνω από ένα σώματα διαφορετικών υλικών).

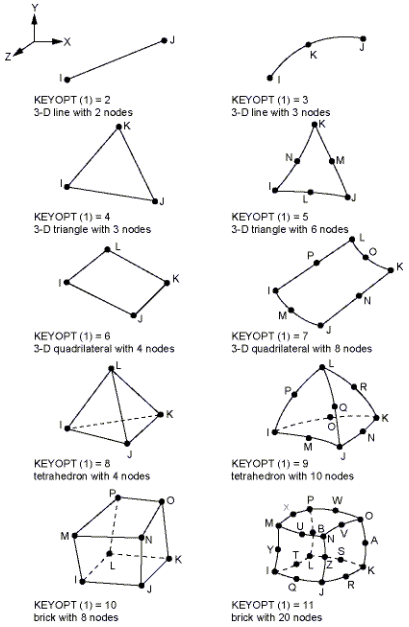
Στάδιο 3: Επόμενο βήμα είναι ο ορισμός των περιορισμών του προβλήματος. Πιο αναλυτικά, στην περίπτωση αυτή, θα γίνει στατική ανάλυση στο assembly του πλαισίου. Το πλαίσιο, καθότι αναδιπλούμενο, αποτελείται από διαφορετικά κομμάτια. Για να είναι πιο ρεαλιστική η ανάλυση που γίνεται, πρέπει να ορισθούν σωστά οι περιορισμοί που έχουν τα σώματα αυτά μεταξύ τους. Για παράδειγμα ότι το μπροστινό με το πίσω μέρος του πλαισίου, δεν είναι κολλημένα, αλλά ενωμένα με μία άρθρωση και ένα πείρο που περιορίζει την αναδίπλωση του πλαισίου. Εάν γίνεται ανάλυση ενός κομματιού τότε το στάδιο αυτό παραλείπεται.

Στάδιο 4: Σειρά έχουν οι ορισμοί των φορτίων. Ορίζονται δηλαδή, όλα τα φορτία που ενεργούν στην κατασκευή, ο τρόπος που επιδρούν και το μέγεθός τους. Τα φορτία αυτά, μπορεί να είναι κατανεμημένα, μπορεί να είναι σημειακές δυνάμεις που επιδρούν άμεσα στο πλαίσιο ή απομακρυσμένες από αυτό. Στις δυνάμεις αυτές συμπεριλαμβάνεται και η βαρύτητα.

Στάδιο 5: Προφανώς και πρέπει να οριστούν πέραν των δυνάμεων και ο τρόπος στήριξης του πλαισίου. Ορίζεται δηλαδή το που στηρίζεται το πλαίσιο, καθώς και ο τρόπος στήριξης. Πιο κατανοητά είναι το στάδιο που ορίζουμε στο πρόγραμμα, ότι για το 1° τεστ που θα γίνει στο ποδήλατο τα σημεία στήριξής του είναι μια άρθρωση και μια κύλιση.

Στάδιο 6 Επόμενο βήμα είναι η διακεκριμενοποίηση της κατασκευής, δηλαδή η μετατροπή του πλαισίου και του οποιουδήποτε κομματιού από μια ενιαία μάζα, σε ένα σύνολο πεπερασμένων στοιχείων, των οποίων το μέγεθος τις ιδιότητες και την μορφή ορίζουμε εμείς. Κάθε στοιχείο συνορεύει με άλλα, και συνήθως ακολουθείται και η λογική, οι κόμβοι διαφορετικών στοιχείων, να συμπίπτουν στο χώρο. Το παραπάνω, γίνεται για το σύνολο της κατασκευής, μέχρι που στο τέλος ο υπολογιστής δίνει το μοντέλο-πλέγμα που έχει κατασκευάσει. Το στάδιο αυτό τείνει να αυτοματοποιηθεί και να υπολογίζει το πρόγραμμα τις βέλτιστες προδιαγραφές. Τέλος βρίσκεται στην διάθεση του χρήστη η επιλογή να αλλάξει

σε ορισμένα σημεία το μέγεθος των στοιχείων ώστε να ανταποκρίνεται καλύτερα στην πραγματική γεωμετρία.



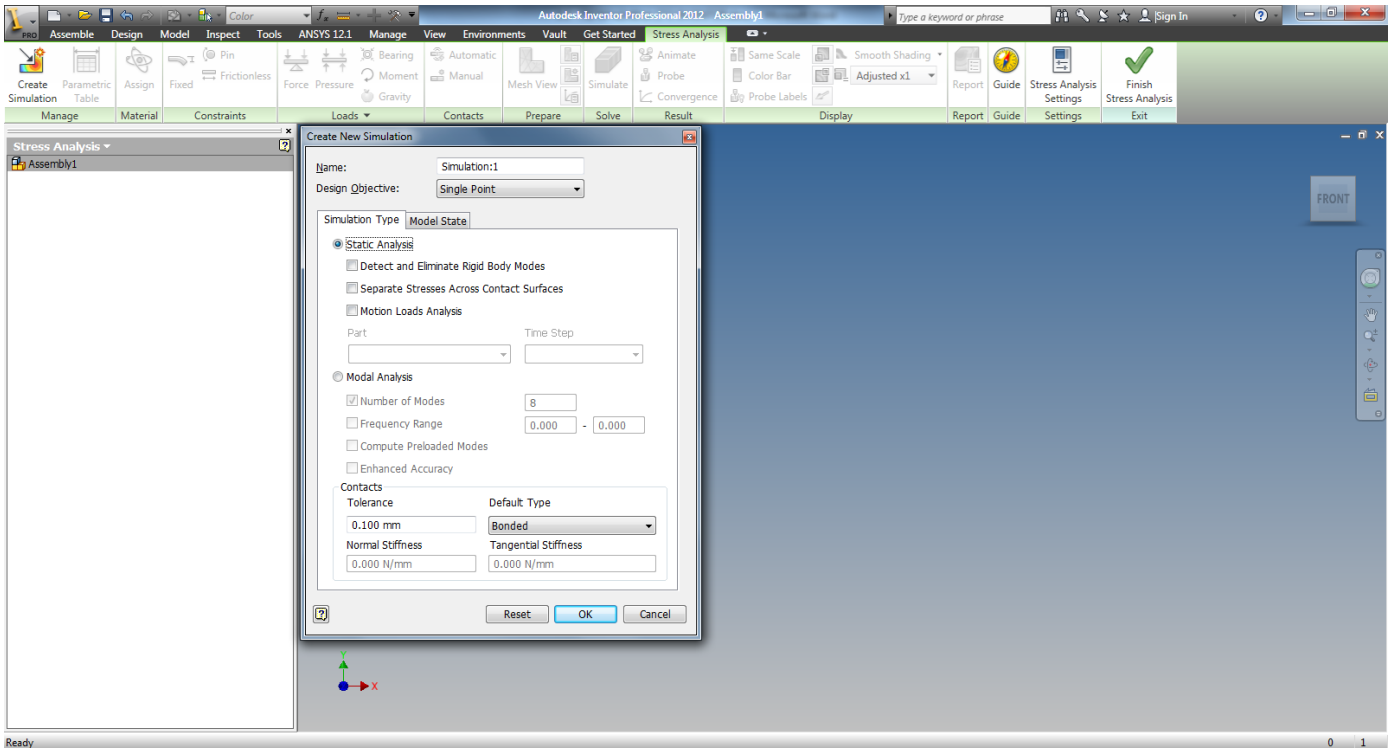
Διάφορα είδη στοιχείων

Αποτελεί από τα σημαντικότερα βήματα της διαδικασίας, μιας και στην ουσία επιδιώκεται μια χρυσή τομή. Πλέγμα με πάρα πολλά μικρά στοιχεία, καταλήγει σε μια λύση με περισσότερη ακρίβεια, αλλά πιο χρονοβόρα, μιας και ο υπολογιστής έχει πολύ περισσότερες εξισώσεις να υπολογίσει. Γενικά ισχύει ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των στοιχείων και των κόμβων, ακόμα μεγαλύτερος να γίνεται ο βαθμός του πολυωνύμου της συνάρτησης μορφής προς επίλυση.

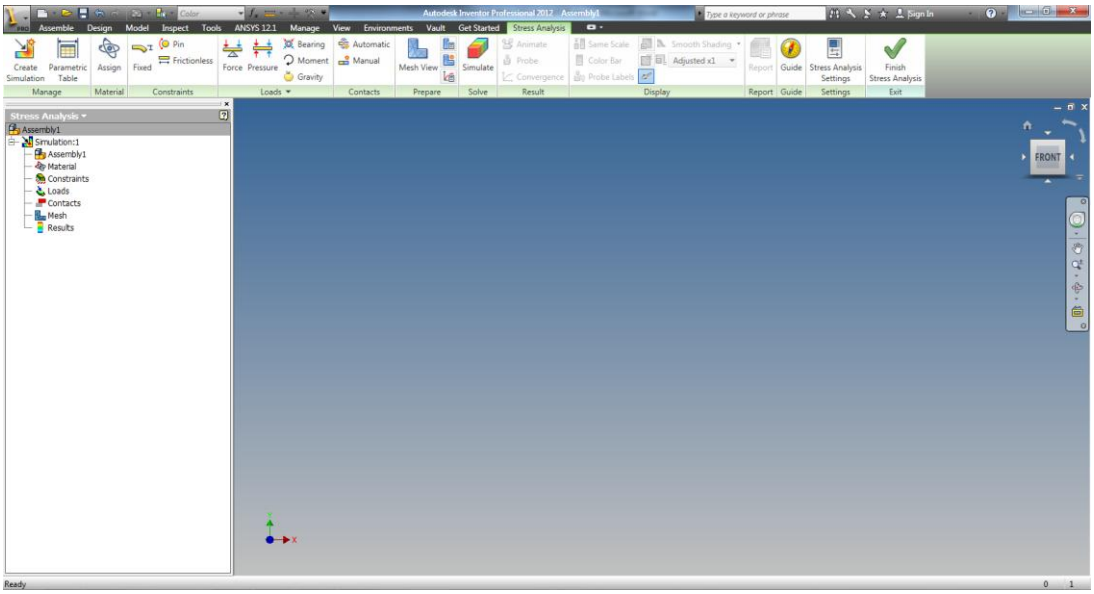
<u>Στάδιο 7:</u> Πλέον το μοντέλο έχει ορισθεί πλήρως και είναι έτοιμο προς επίλυση από τον υπολογιστή. Επόμενο βήμα αποτελεί μετά η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, και ενδεχομένως η επανάληψη τις διαδικασίας με διαφορετικές παραμέτρους, για την επίτευξη των στόχων που απαιτούνται.

5.3 ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟ INVENTOR

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια εισαγωγή στις βασικές λειτουργίες του περιβάλλοντος Stress Analysis, με την λογική πορεία που αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο για την ανάλυση προβλημάτων πεπερασμένων στοιχείων. Έτσι ενεργοποιώντας το περιβάλλον, έχουμε την παρακάτω εικόνα στην οποία, για να ξεκινήσει μια νέα μελέτη, πατάμε στο Create Simulation.

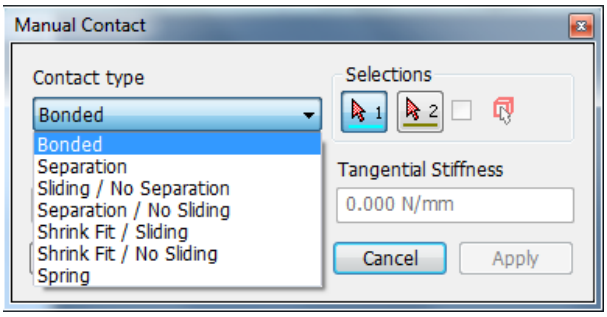


Στο παράθυρο αυτό εισάγεται το όνομα της ανάλυσης που πρόκειται να υπολογιστεί. Υπάρχει η επιλογή Single Point ή Parametric. Στο τελευταίο γίνεται μια σειρά προσεγγίσεων με διαφορετικές τιμές για κάποιες μεταβλητές με σκοπό την εύρεση της βέλτιστης λύσης. Παρακάτω ο χρήστης επιλέγει εάν θέλει να γίνει στατική ανάλυση (και ορίζει κάποιες παραμέτρους της, όπως εισαγωγή δυνάμεων από το περιβάλλον του Dynamic Simulation, ή θέλει να γίνει ανάλυση με σκοπό την εύρεση των ιδιοσυχνοτήτων της κατασκευής. Στο model state επιλέγεται ο τρόπος αναπαράστασης του πλαισίου, εάν θα φαίνονται όλα τα εξαρτήματα και πως. Πατώντας οκ ξεκινάει η νέα μελέτη, με ενεργοποιημένες τις αντίστοιχες εντολές



Η εντολή parametric table αφορά την περίπτωση που διερευνώνται διαφορετικές τιμές για μεταβλητές, με σκοπό την εύρεση της βέλτιστης λύσης. Ενεργοποιώντας την εντολή Assign, όπως είναι και το όνομα της ομάδας εντολών, ο χρήστης ορίζει τα υλικά της κατασκευής του. Έπειτα ακολουθεί η ομάδα Constraints, που περιλαμβάνει εντολές που ορίζουν τους βαθμούς ελευθερίας του συστήματος και τους τρόπους που στηρίζεται η κατασκευή. Ακολουθεί η ομάδα Loads, στην οποία ανήκουν όλες οι εντολές που 'φορτίζουν' την κατασκευή, δηλαδή οι διάφορες εξωτερικές δυνάμεις, ροπές και φορτία που ενεργούν πάνω τις. Ανάμεσά τους και η δύναμη της βαρύτητας.

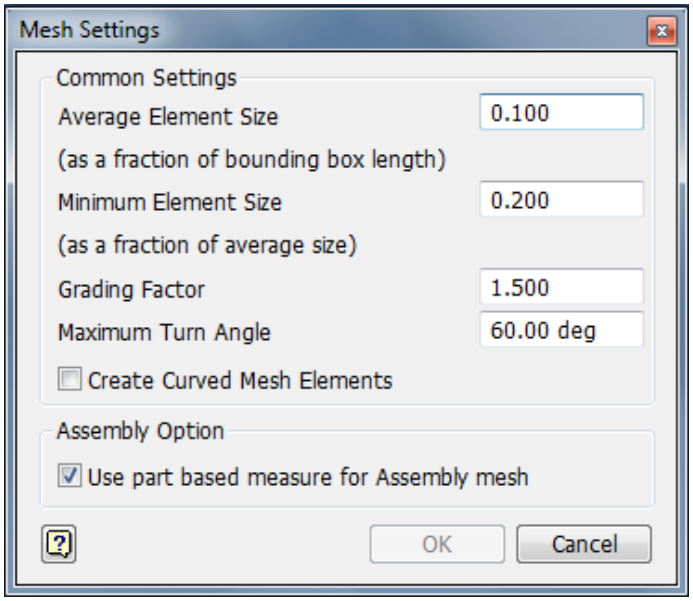
Μετά βρίσκεται η ομάδα με τις εντολές για τους εσωτερικούς περιορισμούς. Εδώ η διαδικασία ενεργοποίησής τους είναι η εξής: Πρώτα τρέχουμε την εντολή Automatic, με την οποία το Inventor, ερμηνεύει μέσω αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης τους διάφορους χωροταξικούς περιορισμούς που έχουμε δώσει κατά την φάση του σχεδιασμού, σαν τρόπους αλληλεπίδρασης μεταξύ των διαφόρων πεπερασμένων στοιχείων. Εν συνεχεία ο χρήστης ελέγχει και τροποποιεί αυτούς τους περιορισμούς εάν δεν είναι σωστοί. Μπορεί με χρήση της εντολής Manual να εισάγει μόνος του, επιπλέον περιορισμούς, με σκοπό την καλύτερη και σωστότερη ανάλυση. Πιο συγκεκριμένα εμφανίζεται το εξής παράθυρο:



Οι επιλογές που έχει εδώ πέρα ο χρήστης είναι :

- **Bonded:** Οι δύο επιλεγμένες επιφάνειες είναι κολλημένες μεταξύ τους
- **Separation:** Οι δύο επιλεγμένες επιφάνειες, μπορούν να αποσπαστούν, χωρίς όμως η μία να εισέλθει στην άλλη
- **Sliding / No Separation:** Οι επιφάνειες μπορούν να κυλίσουν η μία πάνω στην άλλη, αλλά δεν μπορούν να αποσπαστούν
- **Separation / No Sliding:** Οι επιφάνειες μπορούν να αποσπαστούν αλλά όχι να κυλίσουν μεταξύ τους
- **Shrink Fit / Sliding – No Sliding:** Οι επιφάνειες βρίσκονται σε επαφή (η μία μέσα στην άλλη) και μπορούν να αποσπαστούν. Ανάλογα την επιλογή, μπορούν και να κυλίσουν ή όχι
- **Spring:** μεταξύ των επιφανειών αναπτύσσονται δυνάμεις όπως εάν υπήρχε ελατήριο ανάμεσά τους.

Ομάδα Prepare: Εδώ οι εντολές αφορούν την διακριτοποίηση της κατασκευής σε πεπερασμένα στοιχεία. Υπάρχει η επιλογή γραφικής απεικόνισης του συνόλου των στοιχείων, ενώ ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει τα εξής σύμφωνα με την παρακάτω εικόνα:



I. Average Element Size: Εδώ ορίζεται το μέσο μέγεθος ενός στοιχείου σαν κλάσμα των συνολικών διαστάσεων του εκάστοτε κομματιού (εάν πρόκειται για Assembly) ή και ολόκληρης
II. Minimum Element Size: Ορίζεται σαν κλάσμα της παραπάνω παραμέτρου το ελάχιστο μέγεθος στοιχείου.
III. Grading Factor: Αφορά την συνέχεια του πλέγματος που υπάρχει σε γειτονικά στοιχεία, και ορίζει ότι μπορούν για παράδειγμα σε μία ακμή ενός στοιχείου να εφάπτονται ακμές άλλων 1.5 στοιχείων.
IV. Maximum Turn Angle: Ορίζει την μέγιστη γωνία που μπορούν να έχουν οι ακμές ενός στοιχείου

Το παρακάτω κουτάκι επιτρέπει την δημιουργία καμπυλών στοιχείων σε γεωμετρίες που υπάρχει καμπυλότητα. Η τελευταία επιλογή επιτρέπει την δημιουργία στοιχείων με βάση το μέγεθος του εκάστοτε κομματιού και όχι ολόκληρης της κατασκευής. Υπάρχει ακόμα η εντολή Local Mesh Control που επιτρέπει στον χρήστη την δημιουργία πλεγμάτων με διαφορετικές ρυθμίσεις από το υπόλοιπο σώμα για καλύτερα αποτελέσματα.

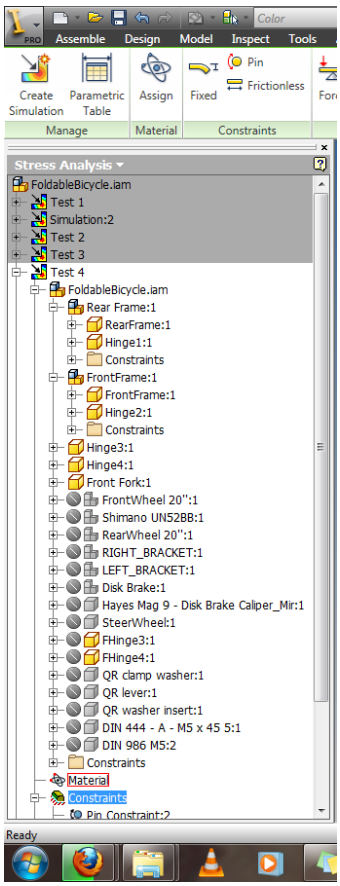
Έχοντας ορίσει τα παραπάνω με όποια σειρά θέλει ο χρήστης, έχει ολοκληρώσει τα στάδια που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, και είναι έτοιμος να τρέξει την ανάλυση επιλέγοντας την εντολή Simulate.

Τέλος σειρά έχει η επεξεργασία των αποτελεσμάτων της μελέτης. Τα αποτελέσματα μπορούν αναπαρασταθούν γραφικά, επιλέγοντας τι ακριβώς ενδιαφέρει τον μελετητή. Μπορεί να δει τον έλεγχο σύμφωνα με το κριτήριο Von Misses, την μετατόπιση ή τον συντελεστή ασφάλειας της κατασκευής. Προσφέρονται πάνω αριστερά τα στοιχεία της μελέτης, από κάτω μια χρωματιστή κλίμακα με τις μέγιστες τιμές του εκάστοτε κριτηρίου, από τα οποία ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να δει που βρίσκονται αυτές οι τιμές. Έχει την δυνατότητα ακόμα να μετρήσει σε οποιοδήποτε σημείο του πλαισίου θελήσει αυτός, τα αποτελέσματα για το συγκεκριμένο σημείο. Ακόμα μπορεί να παρασταθεί υπό την μορφή video η συμπεριφορά της κατασκευής σύμφωνα με αυτές τις ρυθμίσεις.

Τέλος μπορεί να δημιουργήσει μια αναφορά της μελέτης έτοιμη, για αποστολή σε κάποιον χωρίς να χρειάζεται να έχει το Inventor, η προς εκτύπωση για οποιαδήποτε χρήση.

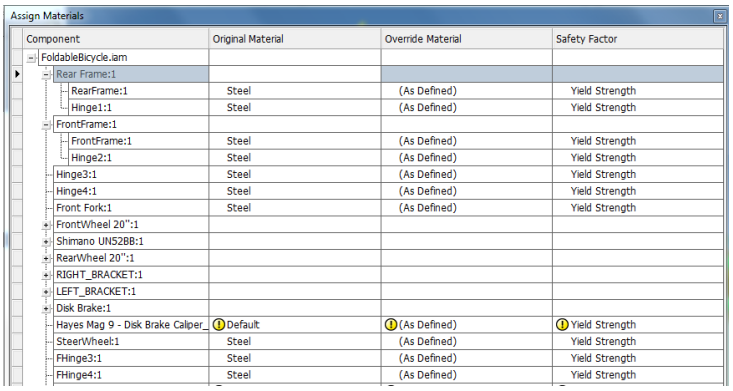
5.4 ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΣΩ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟ INVENTOR

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει η στατική ανάλυση του πλαισίου, για κάθε ένα από τα τεστ που αναφέρθηκαν. Καθώς η διαδικασία παραμένει η ίδια για τα τεστ, Θα γίνει αναλυτική αναφορά για το πρώτο τεστ, και στη συνέχεια θα αναφερθούν και τα υπόλοιπα. Έτσι για κάθε τεστ που θα γίνει, ορισμένες παράμετροι είναι κοινές. Ξεκινώντας το Stress Analysis, ο πρώτος κοινός παράγοντα είναι να ορισθούν ποια κομμάτια του σχεδιασμένου πλαισίου, δεν θα συμπεριληφθούν στην ανάλυση.



Όπως φαίνεται και στην εικόνα δίπλα, τα μόνα μέρη που είναι ενεργοποιημένα, είναι το πίσω μέρος του πλαισίου (Rear Frame), το μπροστινό (Front Frame) και οι άξονες που ανήκουν στην κατασκευή της κύριας άρθρωσης του ποδηλάτου (Hinge3 & Hinge4). Σε κάποια τεστ θα συμπεριληφθεί στην ανάλυση και το μπροστινό πιρούνι (Front Fork)

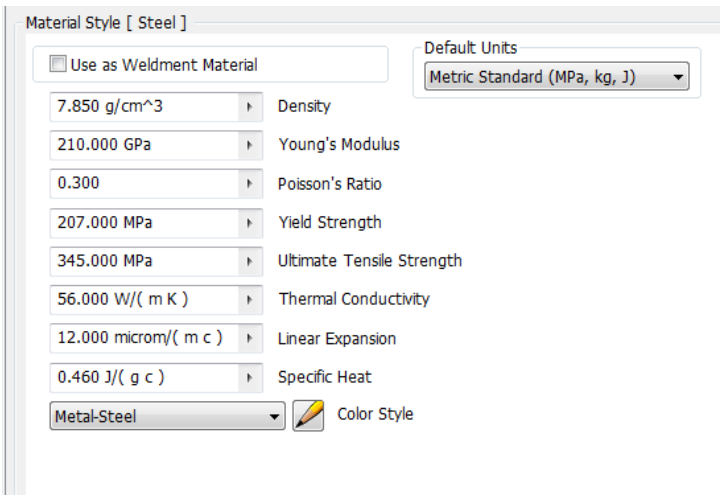
Για όλα τα τεστ, το υλικό για όλα τα κομμάτια θα θεωρηθεί κοινό, και θα είναι μαύρος χάλυβας, ποιότητας St37, το οποίο φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



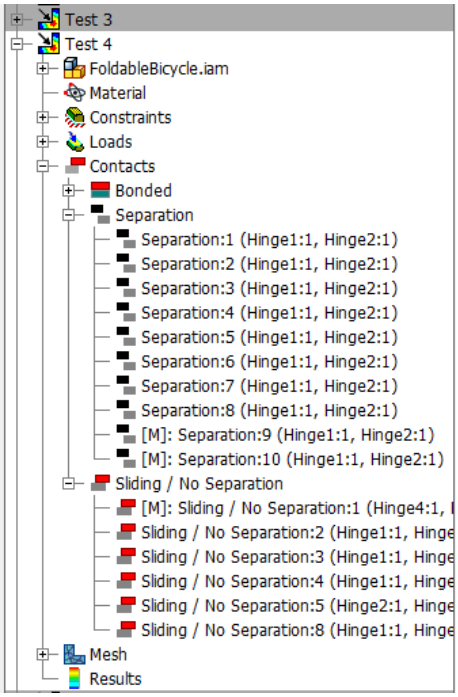
Assign Materials

Component	Original Material	Override Material	Safety Factor
FoldableBicycle.iam			
Rear Frame:1			
RearFrame:1	Steel	(As Defined)	Yield Strength
Hinge1:1	Steel	(As Defined)	Yield Strength
FrontFrame:1			
FrontFrame:1	Steel	(As Defined)	Yield Strength
Hinge2:1	Steel	(As Defined)	Yield Strength
Hinge3:1	Steel	(As Defined)	Yield Strength
Hinge4:1	Steel	(As Defined)	Yield Strength
Front Fork:1	Steel	(As Defined)	Yield Strength
FrontWheel 20":1			
Shimano UN52BB:1			
RearWheel 20":1			
RIGHT_BRACKET:1			
LEFT_BRACKET:1			
Disk Brake:1			
Hayes Mag 9 - Disk Brake Caliper_	Default	(As Defined)	Yield Strength
SteerWheel:1	Steel	(As Defined)	Yield Strength
FHinge3:1	Steel	(As Defined)	Yield Strength
FHinge4:1	Steel	(As Defined)	Yield Strength

Οι ιδιότητες του Steel που φαίνεται είναι:

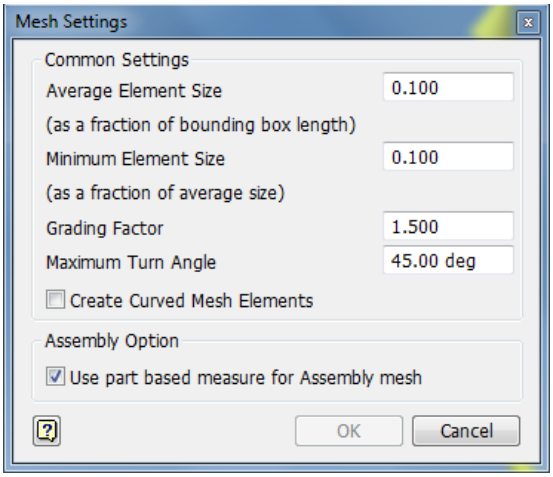


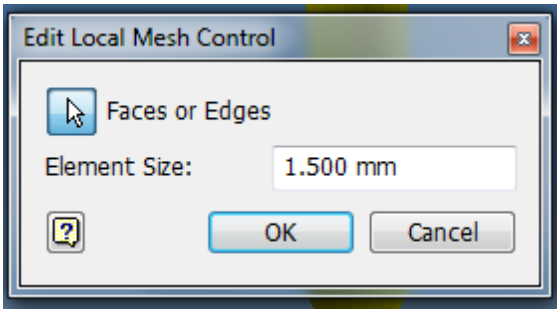
Ακόμα ένας κοινός παράγοντας για όλα τα τεστ αποτελεί το στάδιο 3 (σύμφωνα με το κεφάλαιο 5.2), δηλαδή ο ορισμός των εσωτερικών περιορισμών της γεωμετρίας. Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, πρώτα πρέπει να γίνει από το Inventor η αυτόματη επιλογή των περιορισμών (Automatic Contacts), και έπειτα ο χρήστης να ελέγξει εάν αυτά είναι σωστά, αλλά και να προσθέσει δικούς του περιορισμούς. Η επιλογή που κάνει το πρόγραμμα όταν εισάγει ένα constraint είναι Bonded, δηλαδή οι συγκεκριμένες επιφάνειες είναι κολλημένες μεταξύ τους. Κάτι τέτοιο όμως δεν οδηγεί σε ρεαλιστικά αποτελέσματα, έτσι η διαδικασία που ακολουθήθηκε, ήταν να απενεργοποιηθούν όλα τα Contacts, και έπειτα να ελεγχθούν ένας ένας, και σε περίπτωση που είναι σωστοί ενεργοποιούνται ξανά, σε άλλη περίπτωση τροποποιούνται και ενεργοποιούνται, ή παραμένουν ανενεργοί. Αυτό φαίνεται και από την διπλανή εικόνα:



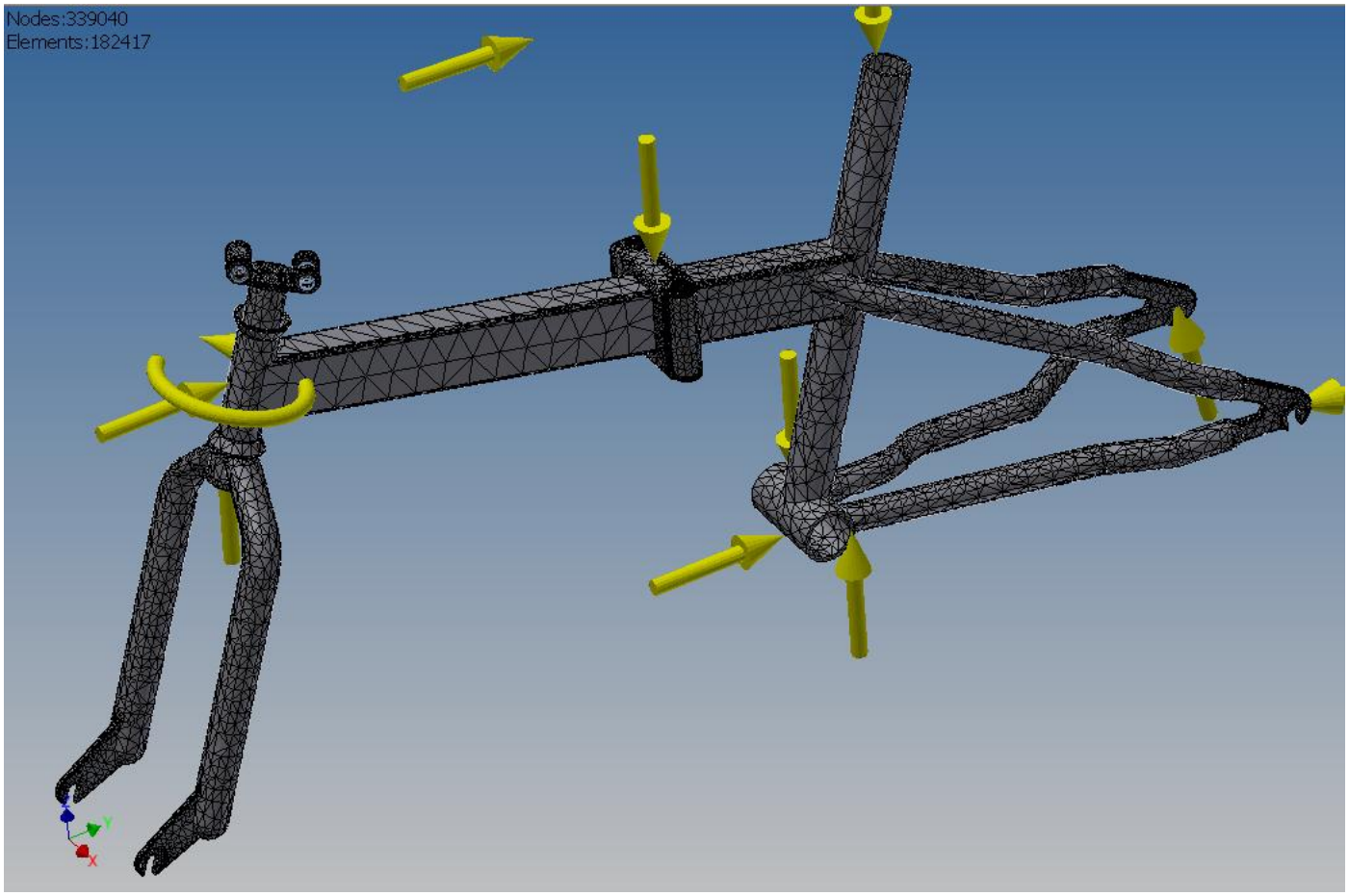
(Τα Bonded contacts δεν φαίνονται, καθώς ήταν πάρα πολλά)

Ο τελευταίος κοινός παράγοντας που υπάρχει σε όλες τις αναλύσεις είναι το πλέγμα της κατασκευής. Οι ρυθμίσεις του πλέγματος στις οποίες τελικά καταλήξαμε είναι οι παρακάτω, που είναι κοινές για όλη την γεωμετρία, με εξαίρεση πιο πυκνό πλέγμα, γύρω από την περιοχή της κύριας άρθρωσης.





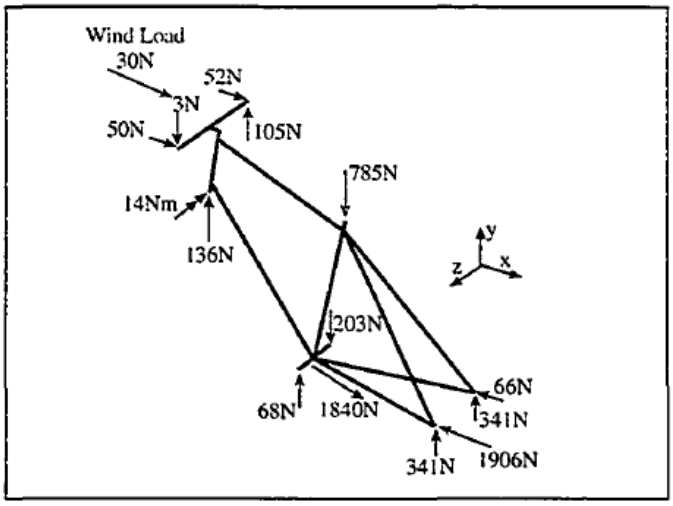
Και προκύπτει η παρακάτω εικόνα με ολόκληρο το πλαίσιο. Πάνω αριστερά αναφέρονται ο αριθμός των στοιχείων και των κόμβων.



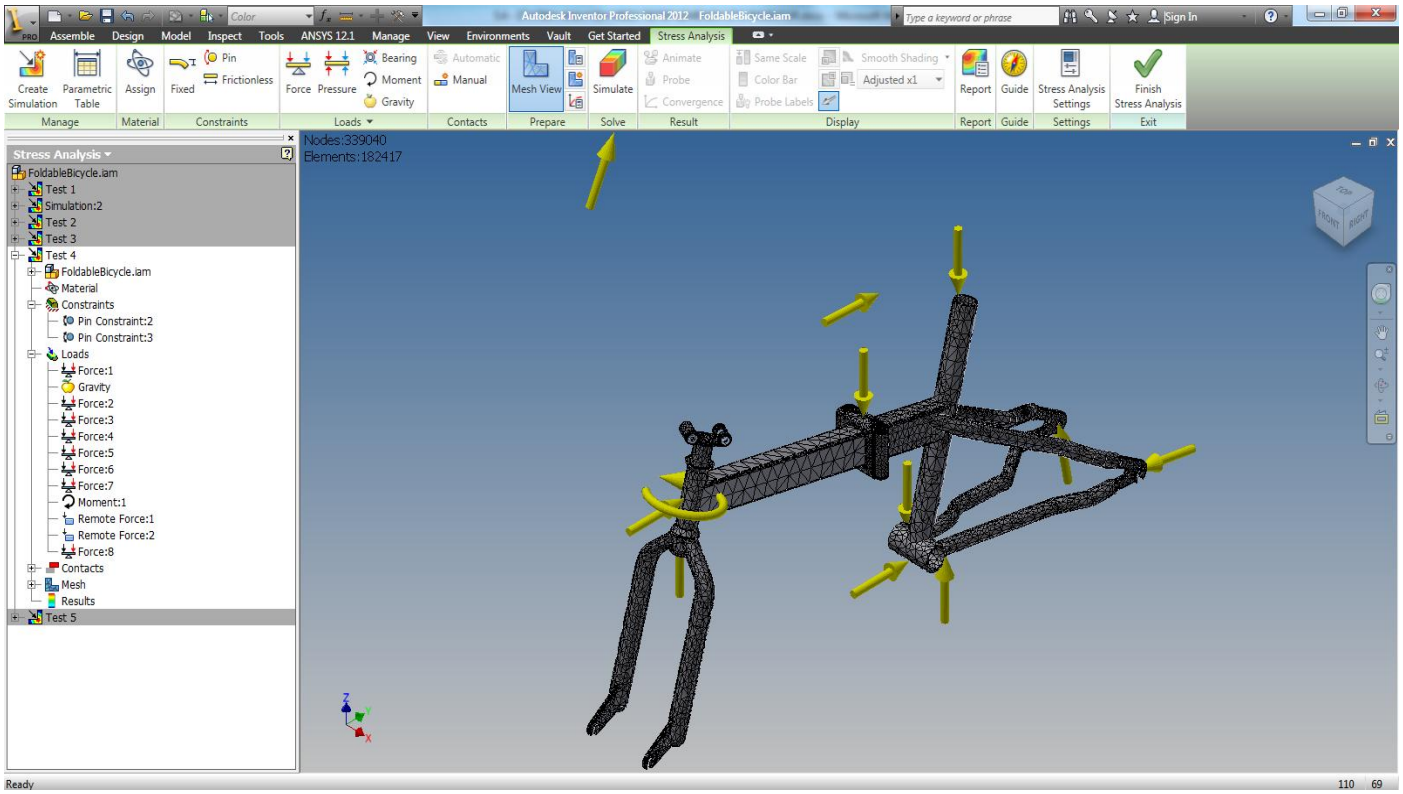
Πλέον εδώ ξεκινάει η διαφορετικότητα κάθε μελέτης.

Στατική ανάλυση πλαισίου – Τεστ 1

Ανακεφαλαιώνοντας τα προηγούμενα, στη συγκεκριμένη ανάλυση ενεργούν οι παρακάτω δυνάμεις



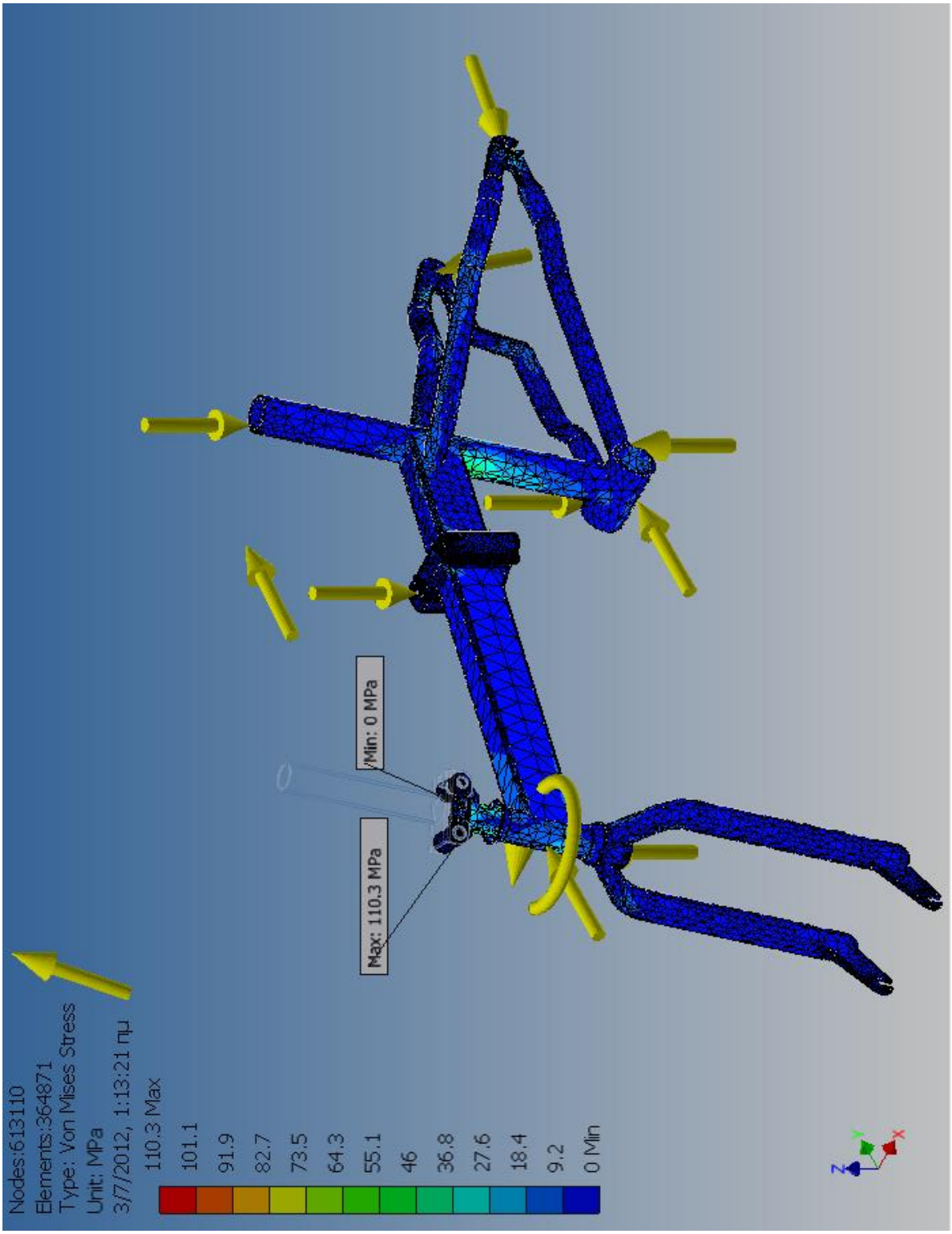
Για να μπορέσει να ολοκληρωθεί η προετοιμασία για την έναρξη της μελέτης από το πρόγραμμα, πρέπει να εισαχθούν τα σημεία στήριξης του πλαισίου για το πρώτο τεστ, και οι διάφορες δυνάμεις που ενεργούν σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι επειδή δεν θα γίνει ανάλυση του τιμονιού και δεν συμπεριλαμβάνεται στην μελέτη, θα εισαχθούν οι αντίστοιχες δυνάμεις σαν απομακρυσμένες δυνάμεις (Remote Forces), ενώ θα ληφθεί υπόψιν και η βαρύτητα.



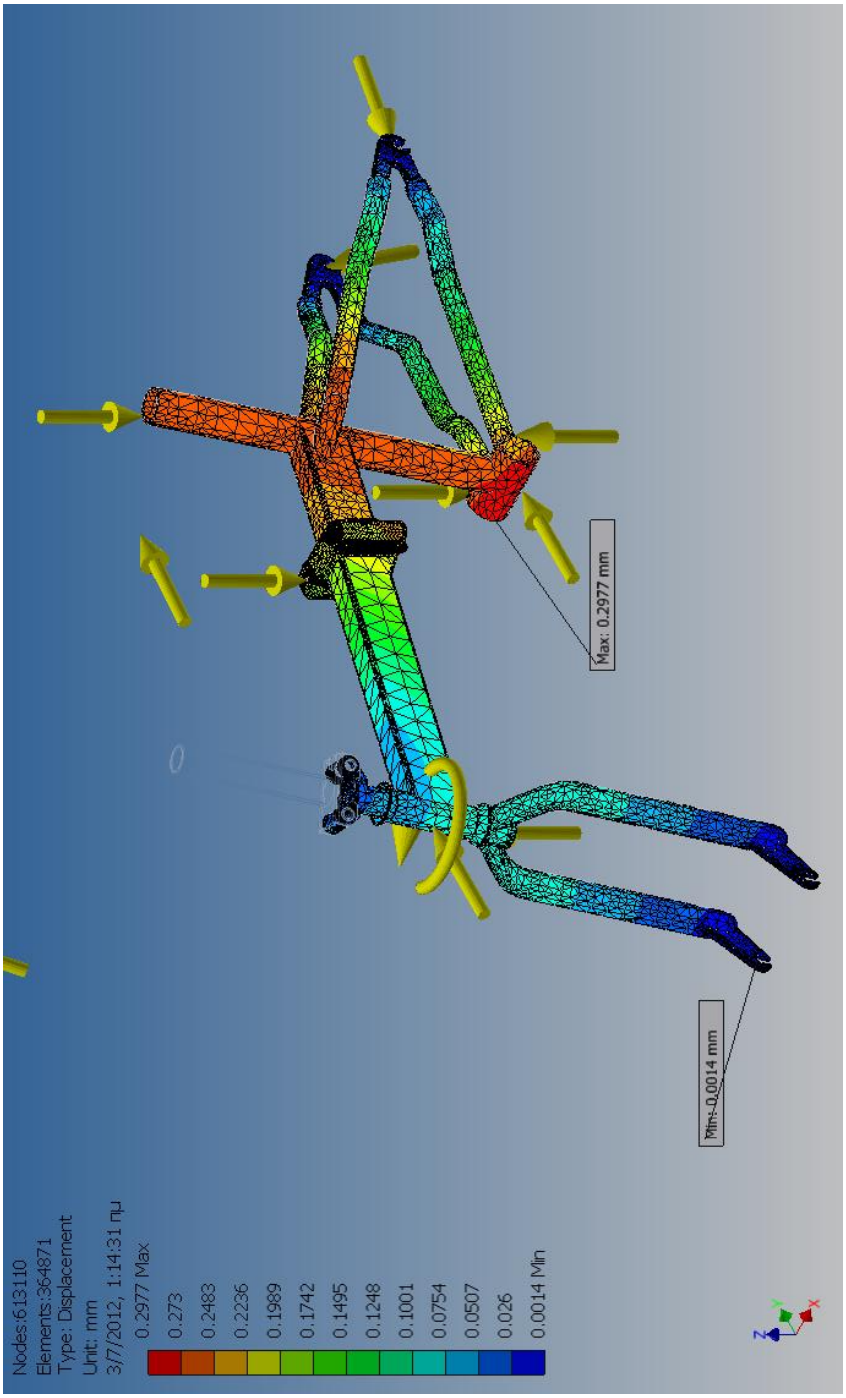
Τέλος ενεργοποιείται η εντολή Simulate και ξεκινάει η μελέτη από το πρόγραμμα, το οποίο ελέγχει αρχικά εάν υπάρχει κάποιο πρόβλημα, όπως για παράδειγμα το μοντέλο να μην είναι ορισμένο πλήρως.

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα:

Κατά Von Misses:



Μετατόπιση:

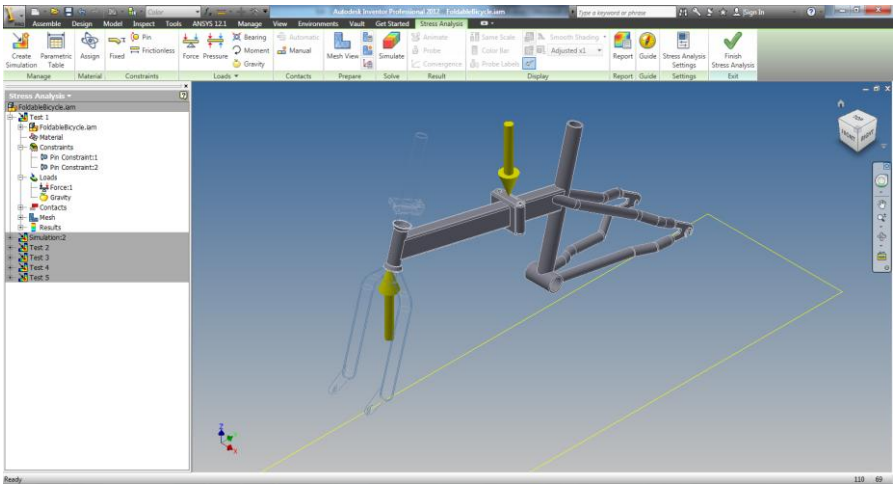


Από τα αποτελέσματα γίνεται κατανοητό ότι το πλαίσιο δεν φαίνεται να αντιμετωπίζει πρόβλημα αντοχής. Η μεγαλύτερη τάση που εμφανίζεται είναι 110,3 MPa, αρκετά μακριά από το όριο διαρροής των 235 MPa για ST37. Το σημείο που εμφανίζεται είναι το μπρακέτο της άρθρωσης που χρησιμεύει, για την αναδίπλωση του τιμονιού. Εάν κριθεί απαραίτητο είναι δυνατό να αυξηθεί το πάχος της λάμας από το οποίο κατασκευάστηκε.

Από την άλλη, η μετατόπιση είναι παραπάνω από αποδεκτή. Η μέγιστη τιμή αγγίζει το όριο των 0.0014 mm, στο σημείο της Μεσαίας τριβής, κάτι που ήταν αναμενόμενο.

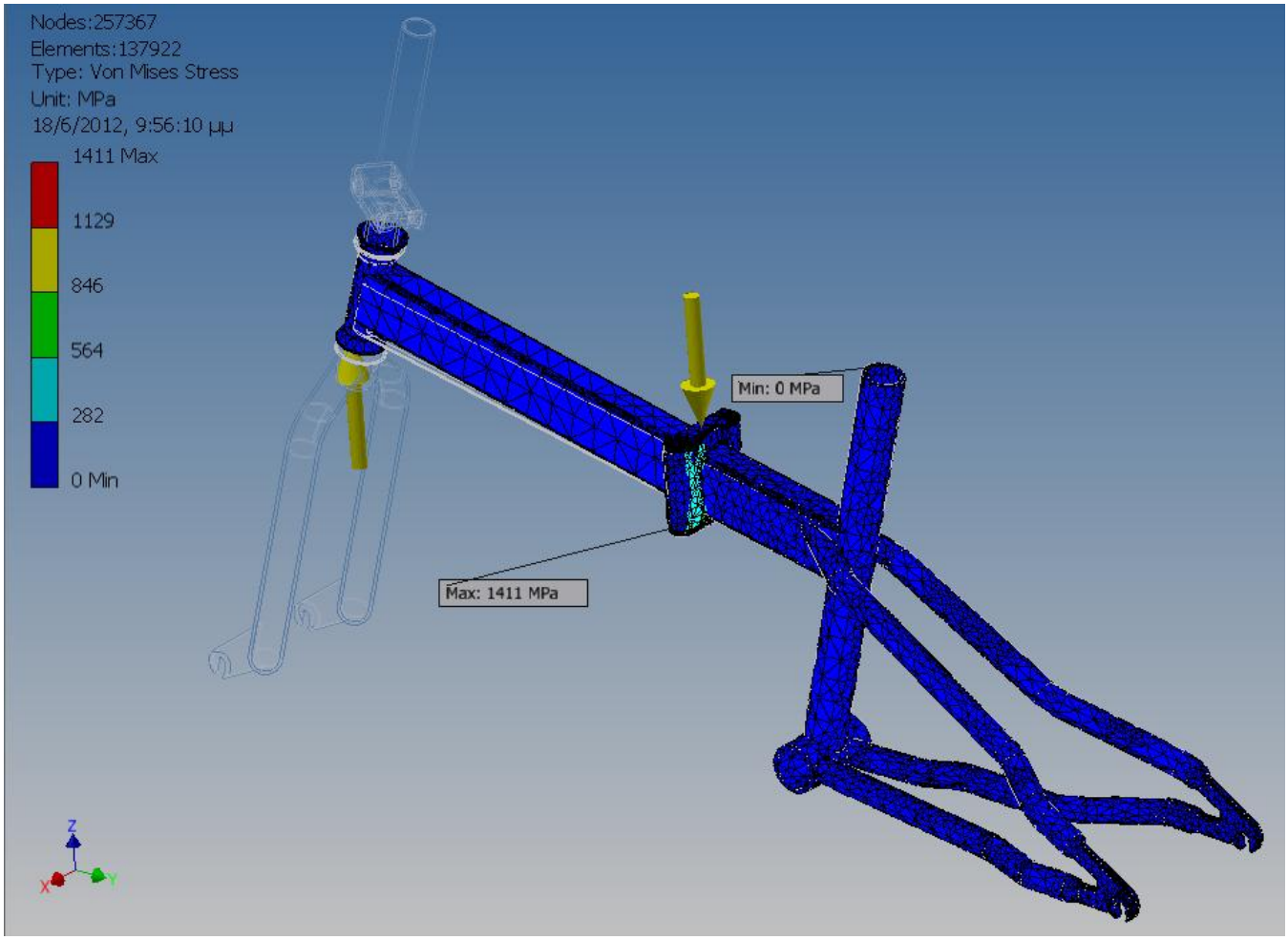
Στατική ανάλυση πλαισίου – Τεστ 2

Εδώ το πλαίσιο στηρίζεται στο σημείο της μεσαίας τριβής, και των Chain stays, ενώ ενεργούν οι δυνάμεις της βαρύτητας, και μια δύναμη 1000N που προκλήθηκε από ανωμαλίες του δρόμου. Καταχωρούνται τα δεδομένα που έχουν απομείνει.

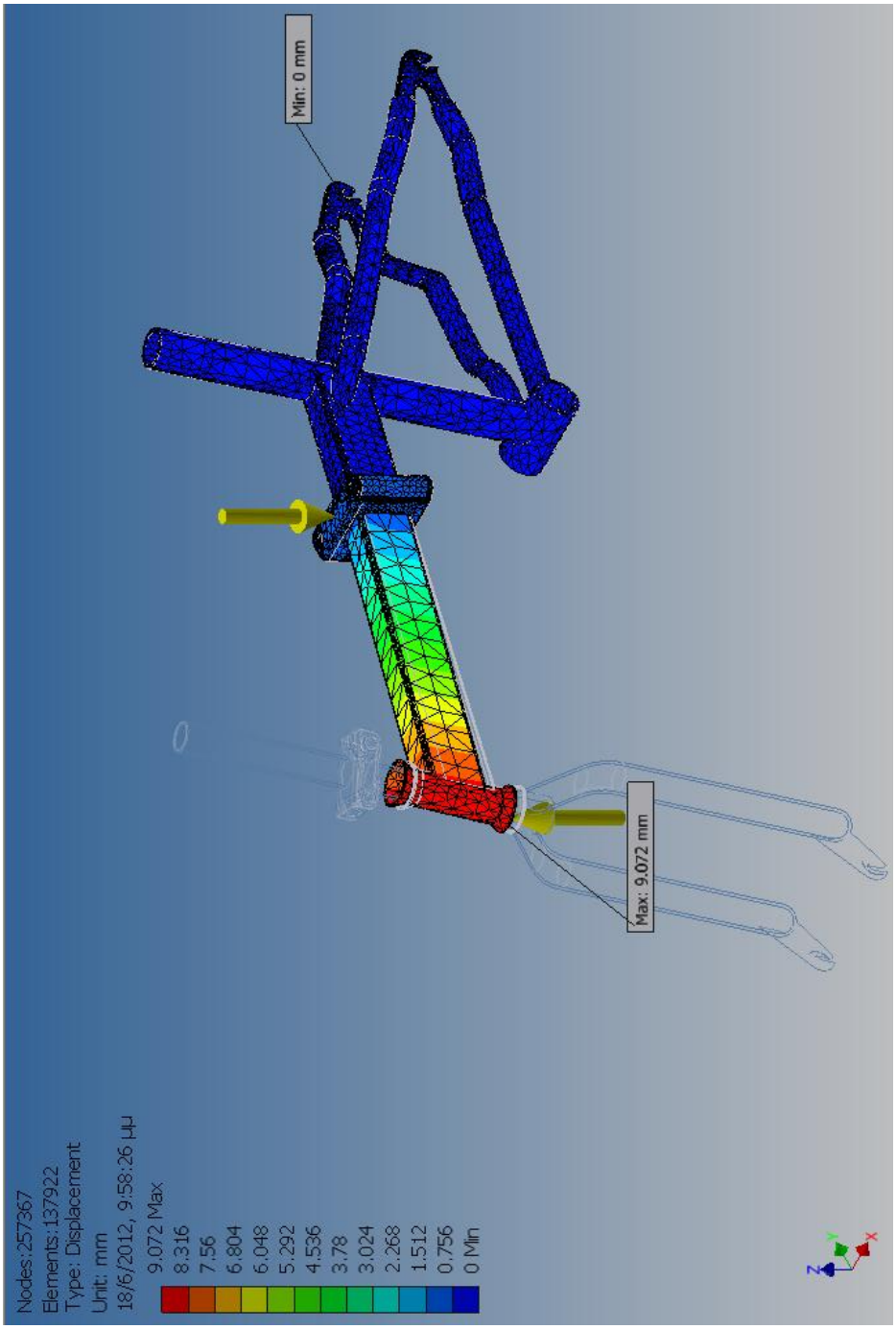


Με το Simulate, γίνεται η ανάλυση και προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Κατά Von Misses:



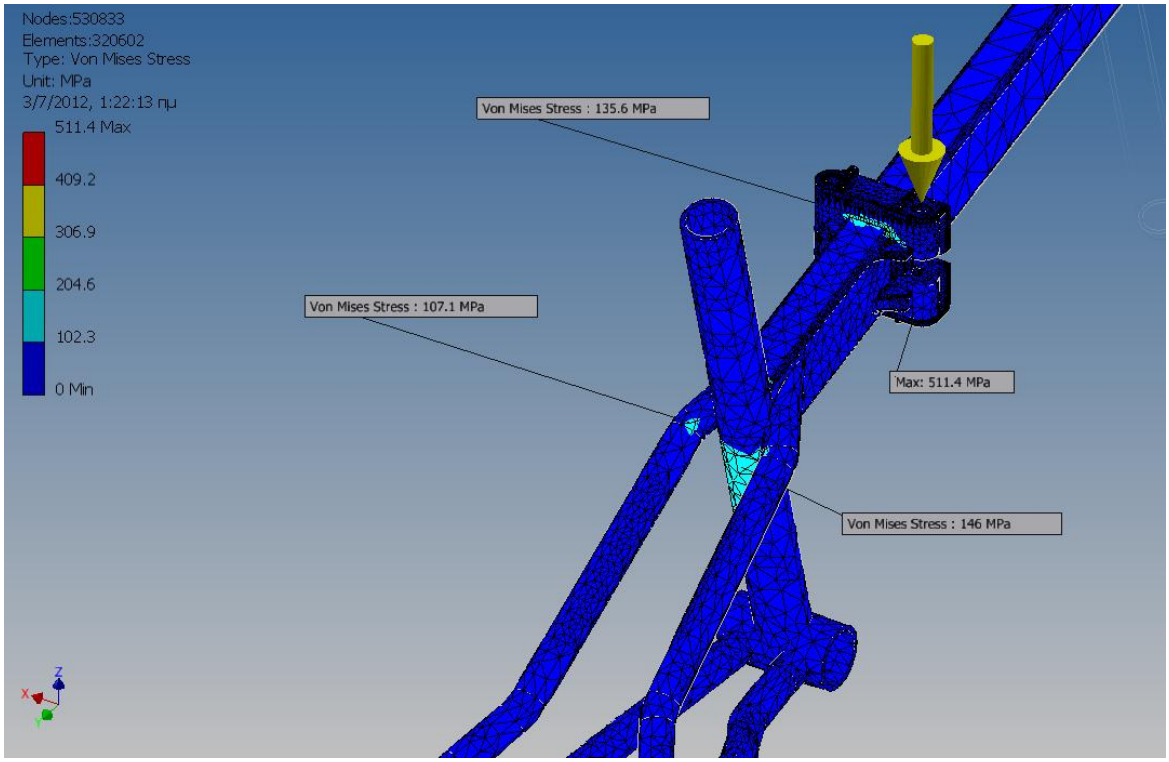
Μετατόπιση:



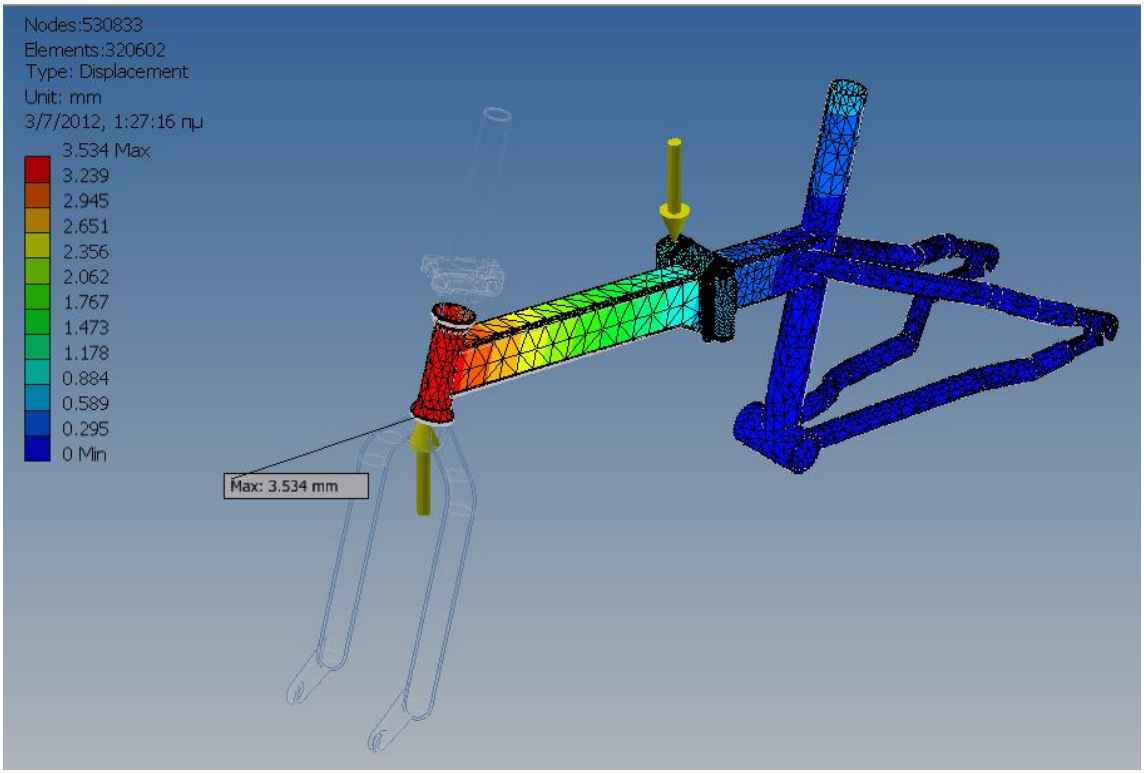
Εδώ παρατηρείται ότι υπάρχει ένα πρόβλημα συγκέντρωσης τάσεων στο σημείο που υπάρχει ο μηχανισμός δίπλωσης του ποδηλάτου. Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι αναπτυσσόμενες τάσεις είναι αρκετά πάνω από το όριο διαρροής του ST37. Για τον λόγο αυτό, έγιναν επαναληπτικά τεστ με αναθεωρήσεις στον σχεδιασμό του μηχανισμού και εισαγωγή νεύρων δυσκαμψίας, ενώ τελικά επιλέχτηκε τα κομμάτια που είχαν πρόβλημα, να κατασκευαστούν από κράμα Χρωμιο-Μολυβδένιου (4140 με όριο διαρροής στα 655MPa). Το συγκεκριμένο κράμα όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια, χρησιμοποιείται αρκετά στην ποδηλατική βιομηχανία, λόγω της καλής αντοχής του σε κρούση. Η μέγιστη τάση των 1411MPa είναι με την αλλαγή στον σχεδιασμό, πέφτει στα 511.4 MPa. Με εξαίρεση αυτό το σημείο, όλες οι υπόλοιπες τάσεις είναι αρκετά κάτω ακόμα και από το όριο του ST37, το οποίο αντικαταστάθηκε. Παράλληλα, η συνολική μετατόπιση έπεσε στα 3.5mm.

Αναθεωρημένα Αποτελέσματα:

Κατά Von Misses:

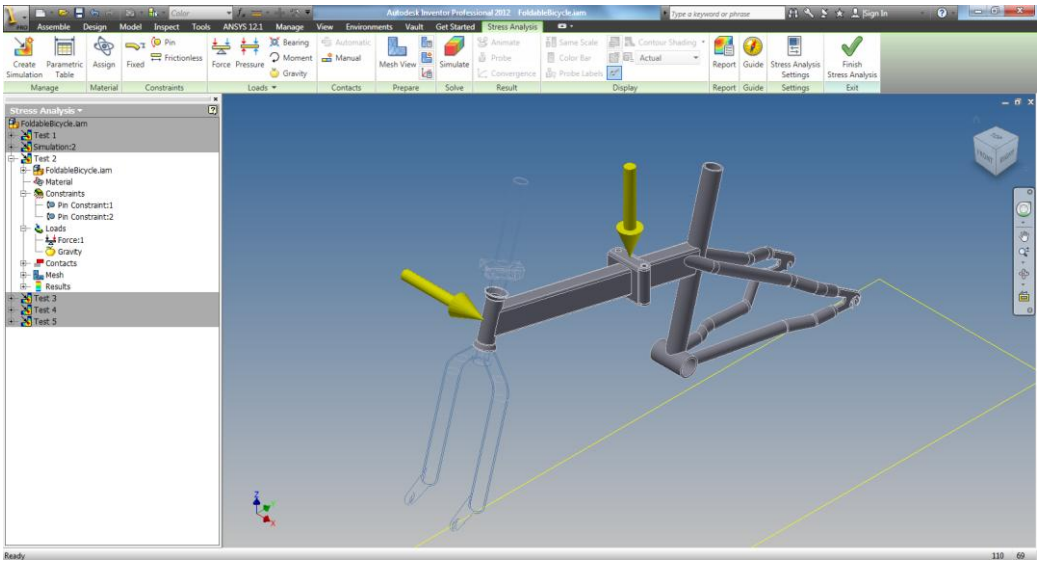


Νέα Μετατόπιση:



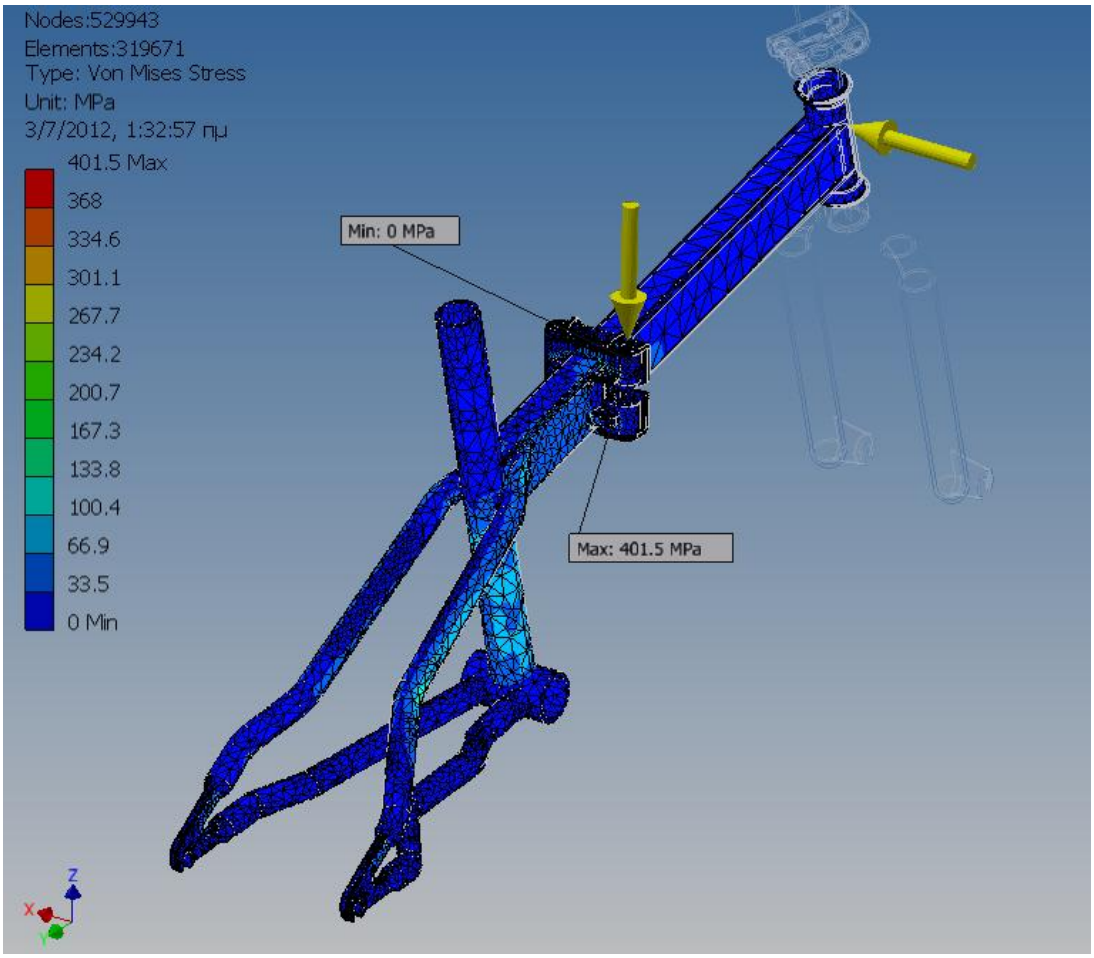
Στατική ανάλυση πλαισίου – Τεστ 3

Προσομοιώνοντας καταπονήσεις έντονης ποδηλασίας, εμφανίζεται μια δύναμη στον μπροστινό σωλήνα (Head Tube), κάθετη στο επίπεδο του πλαισίου δύναμη, μέτρου 600N. Και εδώ υπάρχουν αρθρώσεις στο σημείο της μεσαίας τριβής και των Chain stays.

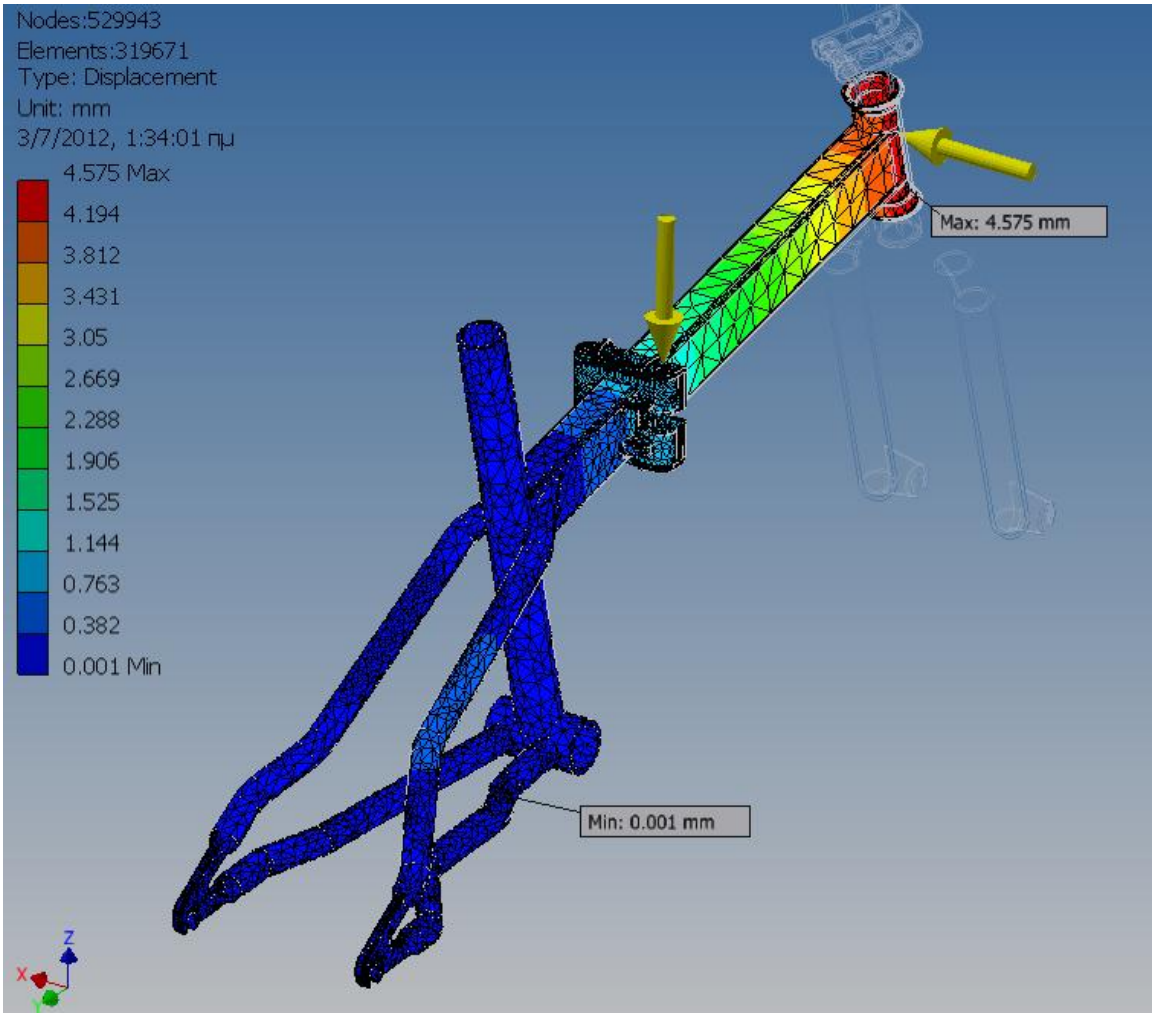


Και προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Κατά Von Misses:



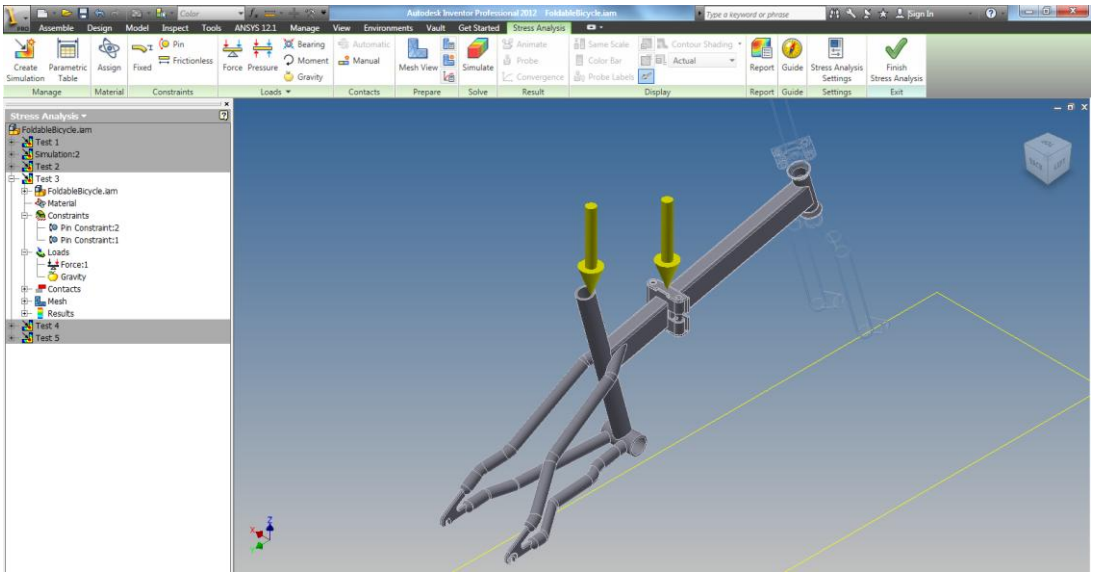
Μετατόπιση:



Εδώ παρατηρείται όπως θα ήταν λογικό μέγιστη τάση στο σημείο της άρθρωσης που υπάρχει το ειδικό κλείστρο. Πάλι το σύνολο των τάσεων είναι άνω του ορίου για ST37, κάτι που δικαιώνει την απόφαση της αλλαγής του μετάλλου στο συγκεκριμένο σημείο. Η μετατόπιση τεστ αυτό, αγγίζει τα 4,5 mm στο τιμόνι. Δεδομένου ότι το πλαίσιο αυτό στερείται πλευρικής ακαμψίας, λόγω της άρθρωσης, έναντι κάποιου αυτοτελούς πλαισίου, η τιμή αυτή μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική.

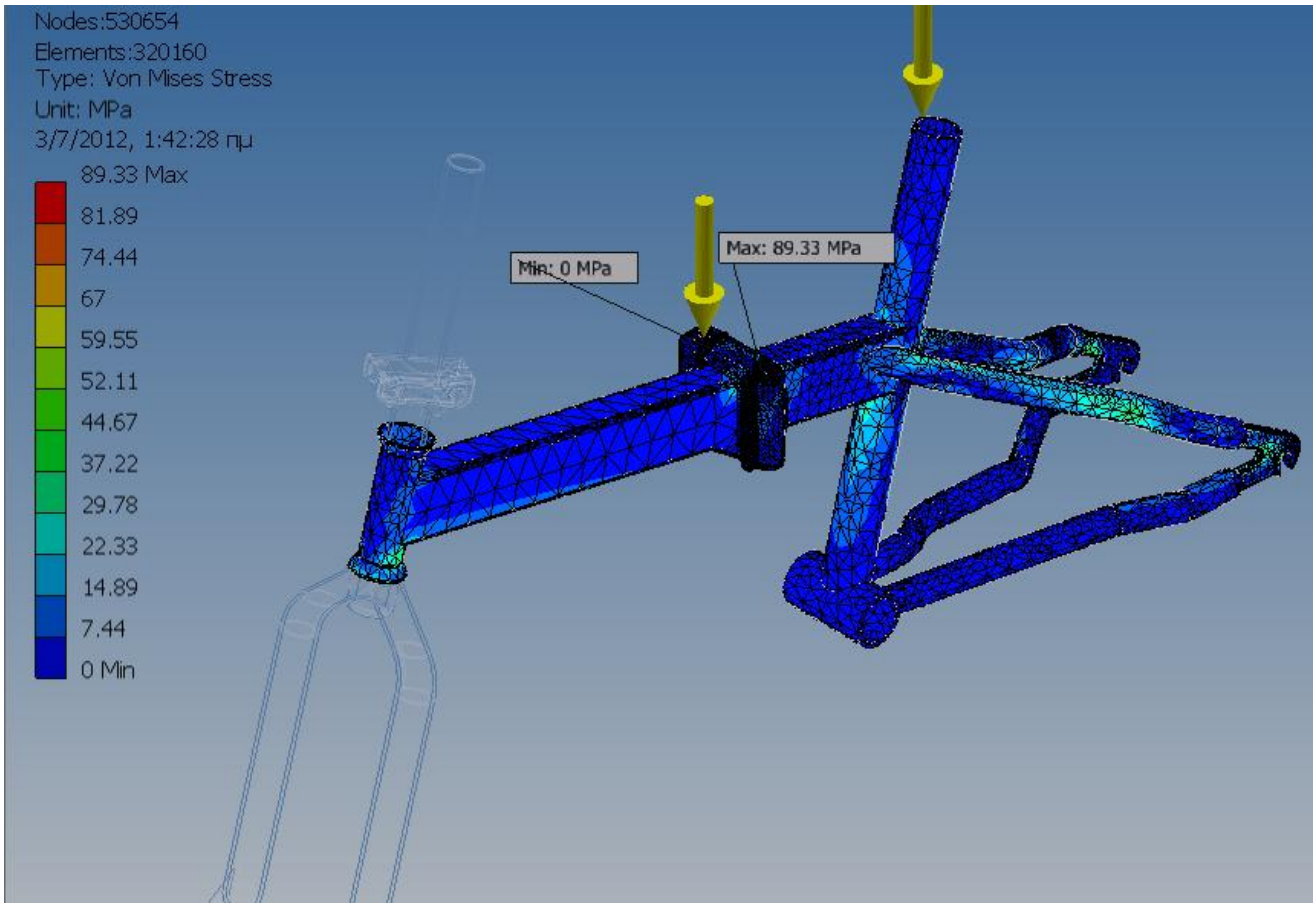
Στατική ανάλυση πλαισίου – Τεστ 4

Σύμφωνα με το κεφάλαιο 5.1, το πλαίσιο στηρίζεται στα άκρα του Head Tube και των Chain stays, ενώ ενεργεί μια κάθετη δύναμη 1000N και της βαρύτητας. Έτσι:

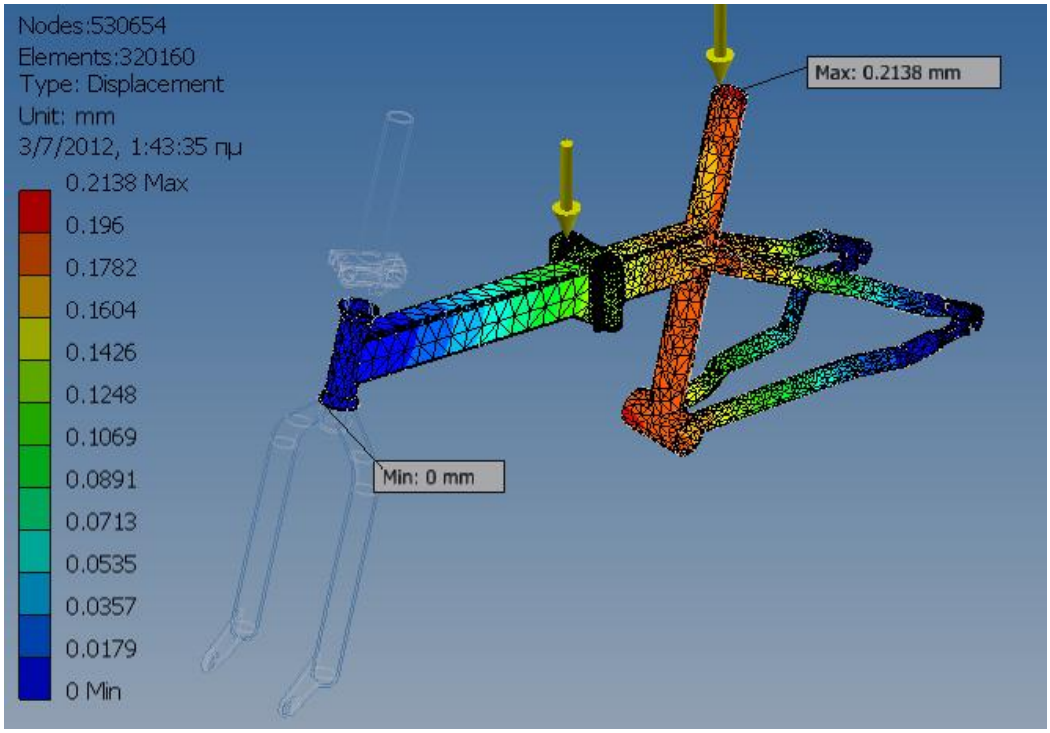


Και έχουμε τα αποτελέσματα:

Κατά Von Misses:



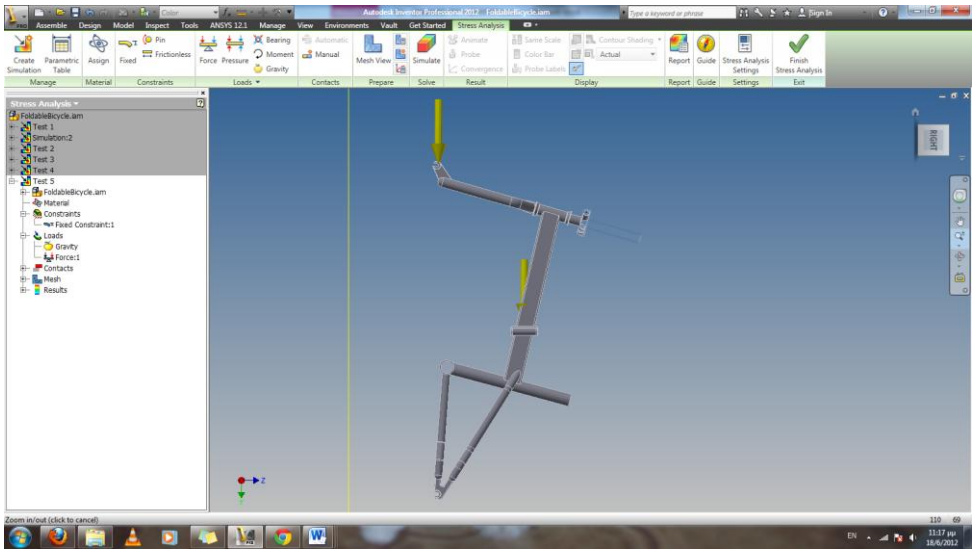
Μετατόπιση:



Στο συγκεκριμένο τεστ εμφανίζεται μια απειροελάχιστη μετατόπιση, γεγονός που φανερώνει ότι κατά την πρόσκρουση ανωμαλιών στον πίσω τροχό, η δόνηση μεταφέρεται στο σώμα του ποδηλάτη. Κάτι τέτοιο δεν είναι επιθυμητό, και λύσεις που θα μπορούσαν να προταθούν είναι η μείωση του πάχους των Seat stays, ή χρήση αποσβεστήρα στον πίσω τροχό, κάτι που όμως θα αυξήσει το κόστος του πλαισίου, και πλέον πρέπει να σχεδιαστεί από την αρχή, με διαφορετική φιλοσοφία και νέους μηχανισμούς, κάτι που δεν συνίσταται.

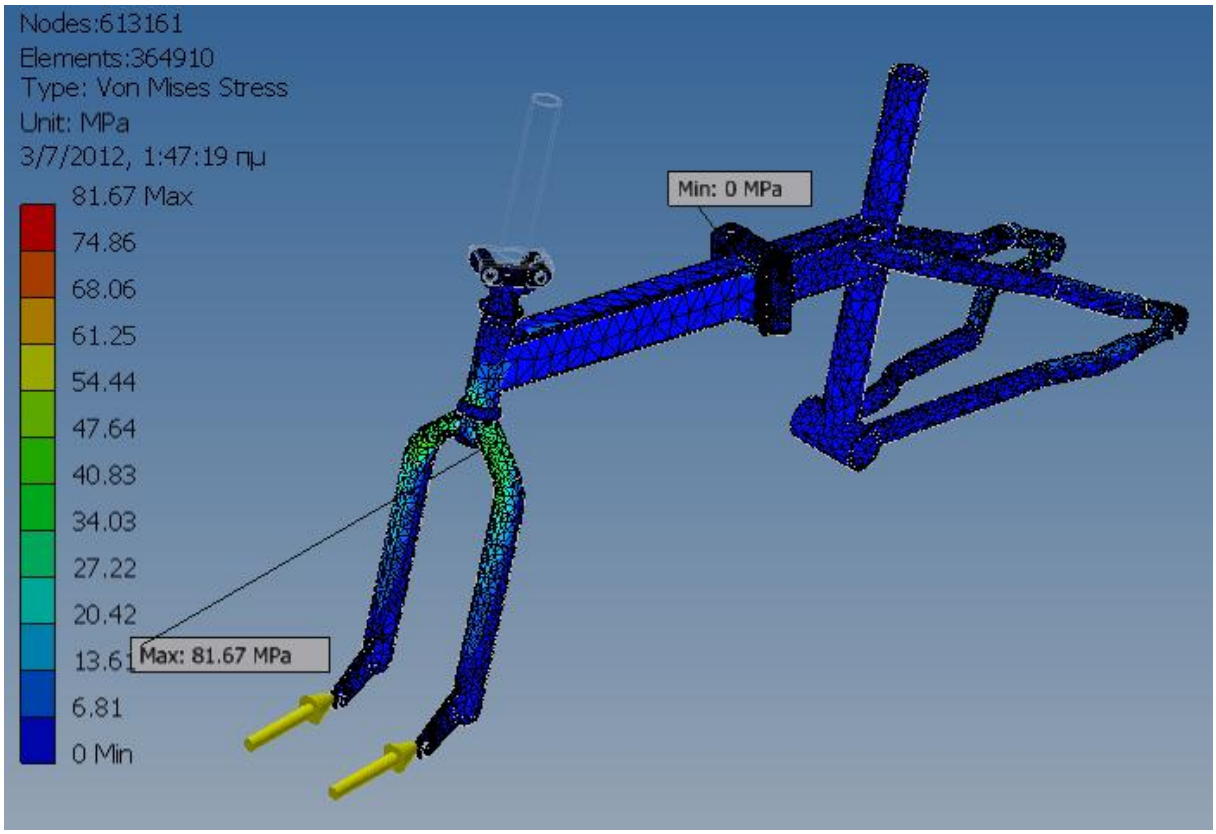
Στατική ανάλυση πλαισίου – Τεστ 5

Στο συγκεκριμένο τεστ το πλαίσιο στερεώνεται κάθετα, ενώ επαφίεται στο σημείο του μπροστινού τροχού, ένα βάρος μάζας 22.5Kg. Στο τεστ αυτό όπως και το πρώτο συμπεριλαμβάνεται η ανάλυση του μπροστινού πιρουνιού του πλαισίου.

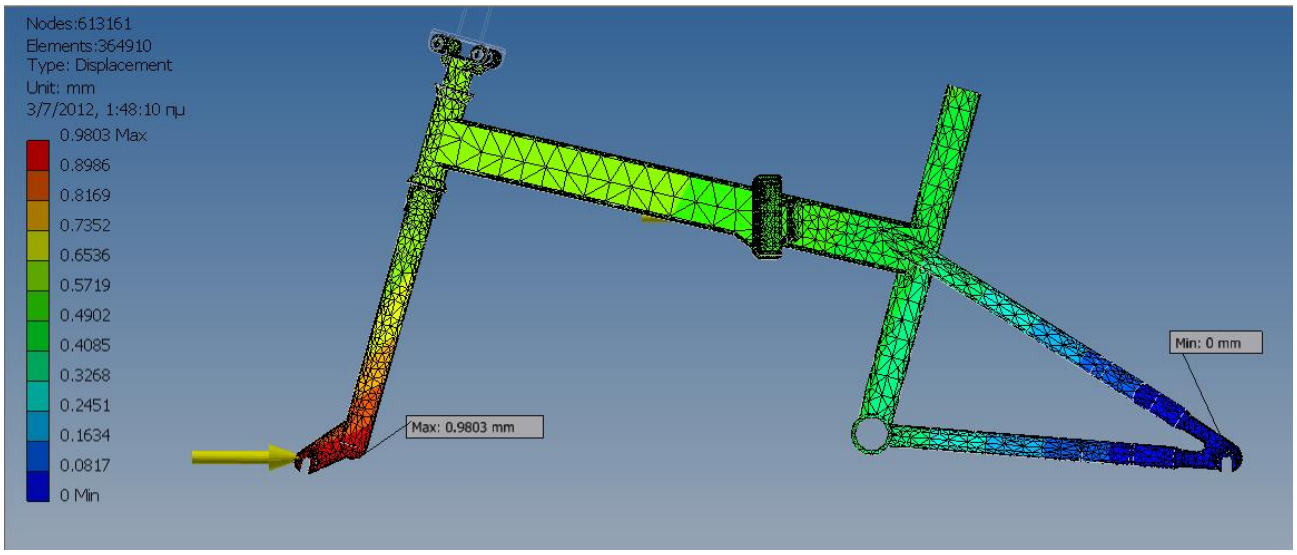


Και έχουμε τα αποτελέσματα:

Κατά Von Misses:



Μετατόπιση:



Στο τελευταίο τεστ που υποβλήθηκε το πλαίσιο, και το οποίο προτείνεται από την Ευρωπαϊκή ένωση, το μετρούμενο μέγεθος που ήταν η μετατόπιση του μπροστινού τιμονιού παρέμεινε εντός των αποδεκτών ορίων.

6.0 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

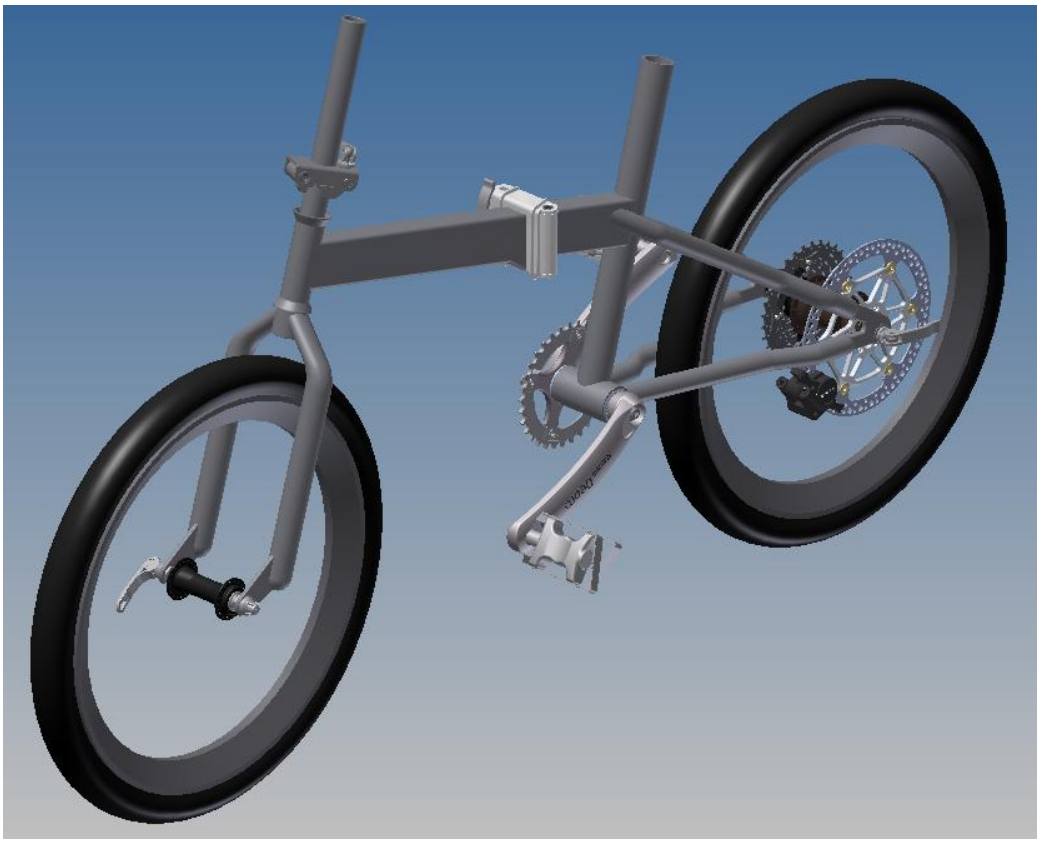
Στόχος της παρούσας διπλωματικής ήταν ο σχεδιασμός ενός νέου αναδιπλούμενου πλαίσιου ποδηλάτου πόλης. Έπειτα από μια σύντομη αναφορά στην ιστορία του ποδηλάτου και τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα ποδήλατο, έγινε ανάλυση των χαρακτηριστικών διαστάσεων, και το πώς αυτά επηρεάζουν την οδηγική του συμπεριφορά αργότερα, μιας και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, και στην ουσία πρέπει να γίνει η χρυσή τομή ανάμεσά τους, έχοντας πάντα κατά νου τι ακριβώς είναι αυτό που σχεδιάζεται. Μιας και τα υλικά κατασκευής έχουν μεγάλη σημασία, έγινε μια ανάλυση των διαφόρων υλικών που υπάρχουν διαθέσιμα, τα θετικά και τα αρνητικά στοιχεία του καθενός. Έπειτα, με βάση τα State of the art, ποδήλατα που υπάρχουν στην αγορά και ακολουθώντας τον τρόπο σκέψης που διδάχτηκε στο μάθημα «Σχεδιασμός Νέων Βιομηχανικών Προϊόντων», αποκτήθηκε μια βάση για την αρχή του πλαισίου. Απομονώθηκαν τα θετικά χαρακτηριστικά από τα πλαίσια που αναλύθηκαν και έγινε προσπάθεια να ενσωματωθούν στο υπό σχεδιασμό πλαίσιο ποδηλάτου.

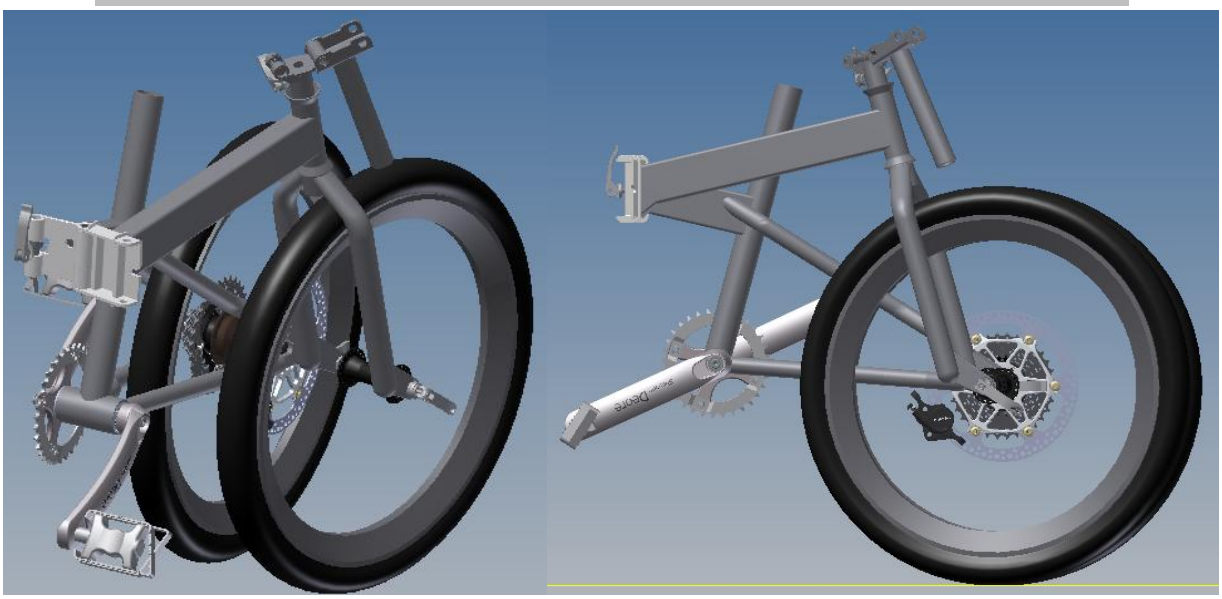
Από τα παραπάνω προέκυψαν οι βασικές διαστάσεις του πλαισίου και ξεκίνησε ο σχεδιασμός στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Inventor. Μετά το πέρας του σχεδιασμού, στο πλαίσιο, γίνονται προσομοιώσεις της διαδικασίας λύσης – αρμογής του, ώστε να βρεθούν τυχόν προβλήματα που μπορεί να υπάρχουν.

Επόμενο στάδιο, φυσικά τα τεστ στατικής μελέτης. Το πλαίσιο υποβλήθηκε σε μια σειρά μελετών στατικής αντοχής, προσπαθώντας να προβλεφτεί η συμπεριφορά του κάτω από συνθήκες λειτουργίας. Κάποια από τα τεστ αυτά, προτείνονταν και από νόρμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αν και το πλαίσιο, δεν φάνηκε να έχει κάποιο πρόβλημα αντοχής, μιας και οι τάσεις που αναπτύχθηκαν ήταν κατά πολύ κάτω του ορίου διαρροής, ενδέχεται αναλόγως τον κατασκευαστή, να γίνουν τροποποιήσεις, για την βελτίωση των αποδόσεών του.

Κατά την διάρκεια των τεστ φάνηκαν αδυναμίες στον σχεδιασμό του σκελετού και τάσεις που ήταν άνω των ορίων. Με τις κατάλληλες ενέργειες, και πιο συγκεκριμένα αναθεώρηση σχεδιασμού των κομματιών, προσθήκη νεύρων δυσκαμψίας, και τελικά αλλαγή του υλικού χρήσης, το τελικό πλαίσιο είναι σύμφωνο με όλα τα τεστ που τέθηκαν, και μπορεί να προχωρήσει στο στάδιο της κατασκευής.

Το τελευταίο, μπορεί να αποτελέσει μάλιστα, και αντικείμενο μελλοντικών διπλωματικών, ενώ όλη η παρούσα εργασία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία μιας νέας γενιάς ποδηλάτων κατασκευασμένων στην Ελλάδα, και ενδεχομένως μιας νέας βιομηχανίας, ικανής να είναι ανταγωνιστική παγκοσμίως, κάτι που χρειάζεται αυτούς τους δύσκολους καιρούς. Τα θετικά χαρακτηριστικά αυτού του πλαισίου, είναι ότι είναι αρκετά απλό, σχεδιασμένο ώστε να γίνεται εύκολη η παραγωγή του και με ελάχιστο κόστος, από υλικά που υπάρχουν ευρέως στην αγορά, με μόνη εξαίρεση το κράμα Χρώμιο-μολυβδαίνιου, το οποίο είναι μεν πιο ακριβό, αλλά η χρήση του είναι μονόδρομος στο συγκεκριμένο σημείο. Συνολικό Βάρος πλαισίου, χωρίς τα εξαρτήματα είναι στα 6.9 Kg, κάτι που το φέρνει σε πλεονεκτική θέση έναντι των υπαρχόντων, ενώ οι διαστάσεις του διπλωμένο κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με του ανταγωνισμού (Μ-70 Χ Π-37 Χ Υ-68 [cm]).





7.0 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. *Wikipedia.* [Ηλεκτρονικό] www.wikipedia.org.

2. *Folding Cyclist.* [Ηλεκτρονικό] www.foldingcyclist.com.

3. **Παναγιώτης, Καρμογιάννης.** *Σχέδιο-μελέτη Κατασκευής Πλαστικού Ποδήλατου.* Διπλωματική Ε.Μ.Π. - Επιβλέπων Καθηγητής Δ. Μανωλάκος : s.n., 2010.

4. *E-Bikes and urban transportation: Emergine Issues and unresolved questions.* **Rose, Geoffrey.** 2011, Springer Science & Business Media.

5. **Papadopoulos, Jim. M.** *Bicycle and motorcycle balance and steer dynamics.* Cornell University : s.n., 1990.

6. **Ζώης, Διονύσης.** *Μοντελοποίηση και στατικός έλεγχος σκελετών ποδηλάτου.* Διπλωματική Ε.Μ.Π. - Επιβλέπων Καθηγητής Δ. Μανωλάκος : s.n., 2011.

7. **Rosa, Michael J Kolin & Denis M. de la.** *The Custom Bicycle.* 1979.

8. *Sporting Composites.* s.l. : Elsevier Science Ltd., 2005, Reinforced Plastics.

9. **Alan, Mick.** A begginers Guide to commuting : Choosing the right Bike sizing and adjustment. *Cyclorama.* [Ηλεκτρονικό] www.cyclorama.net.

10. **Αγγελοπούλου, Παναγιώτα.** *Εφαρμογές εμβιομηχανικής στην αγωνιστική ποδηλασία.* Διπλωματική Ε.Μ.Π. - Επιβλέπων καθηγητής Δ. Μανωλάκος : s.n., 2011.

11. **Calfee.** Technical White Paper. *Calfee Design.* [Online] www.calfeedesign.com.

12. **Lizotte, Patrick L.** *Stress Analysis & Fabrication of Composite Monocoque Bicycle Frames.* McGill University of Montreal : s.n., 1996.

13. *Sporting Materials : Bicycle Frames.* **Mahon, Mc.** s.l. : Elsevier Science Ltd., 2001, Encyclopedia of Materials : Science and Technology.

14. **Καθηγητές Παπάζογλου, Παπαδημητρίου.** *Επιστήμη και τεχνική των συγκολλήσεων.* Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο : s.n., 1994.

15. *Bike frame races carbon consumer goods forward.* **Nelson, Ron.** 2003, Reinforced Plastics.

16. **Καρλής, Νικόλαος.** *Τεχνικές σχεδιασμού της φόρμας αυτοκινήτου με υπολογιστή.* Διπλωματική Πανεπιστημίου Πατρών - Επιβλέπων καθηγητής: Θ. Χόνδρος : s.n., 2008.

17. **Καθηγητής, Σαραβάνος Δ.** *Εισαγωγή στην μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων .* Πανεπιστήμιο Πατρών : s.n., 2004.

18. **Καθηγητές Τσαμασφύρος, Θεοτόκογλου.** *Μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων Ι.* Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο : Εκδόσεις Συμμετρία, 2005.

19. **Sutherland, Howard.** *Sutherland's Handbook for Bicycle Mechanics.* 6Th. s.l. : Sutherland Publications, 1995.

20. *Hopetech.* [Ηλεκτρονικό] www.hopetech.com.

21. *Slow Twitch.* [Ηλεκτρονικό] www.slowtwitch.com.