

ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ  
ΤΟΜΕΑ (Α.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ)  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΜΕΛΕΤΗ, ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ  
ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ (ΜΗΧΑΝΙΚΟ) ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ ΛΑΔΕΝΗΣ ΒΑΣΙΛΗΣ  
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΔΡ. ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

## Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	1
Εισαγωγή.....	6
To Project .....	6
Μεθοδολογία Ανάπτυξης νέου προϊόντος NPD μέσα στο ευρύτερο πλαίσιο ανάπτυξης κύκλου ζωής προϊόντος PLM .....	8
Βελτιστοποίηση διαδικασίας NPD και μηχανολογικών μελετών .....	9
Ανάπτυξη νέου προϊόντος - μηχανολογικός σχεδιασμός και παραγωγή διακεκριμένων τεχνολογικών μηχανολογικών και μηχανητρονικών προϊόντων .....	10
Κατηγορίες προϊόντων .....	10
Κατηγορίες επιχειρήσεων ανάπτυξης νέων προϊόντων .....	11
Μεθοδολογίες ανάπτυξης αναλόγως τον τύπο προϊόντος και επιχείρησης .....	11
Αρχές σχεδιασμού μελέτης ανάπτυξης νέου προϊόντος .....	11
Το μοντέλο V .....	12
Προδιαγραφές Requirements .....	12
<b>Systems Engineering Μηχανολογικός σχεδιασμός με συστημική προσέγγιση</b> .....	13
Ολοκληρωμένη διαχείριση Ποιότητας σχεδιασμού .....	14
Μεθοδολογία Πρακτικές Μεθοδολογία σχεδιασμού .....	15
Οργάνωση και μηχανοργάνωση .....	17
Στάδια επιστροφής κέρδους από μια μηχανολογική μελέτη .....	19
Modular σχεδιασμός .....	19
Εξαγωγή τεχνογνωσίας δεδομένων και μεθοδολογιών .....	19
Σχεδιασμός Συστήματος .....	20
Προσδιορισμός χρόνου εκτέλεσης και πόρων .....	20
Καταγραφή Προγραμματισμός και κατακερματισμός εργασιών .....	21
Εργασίες 21	
Χρονοδιάγραμμα .....	22
Ταξινόμηση και εκτίμηση χρόνου ολοκλήρωσης εργασιών Διάγραμμα Gant – μείωση χρόνου εργασιών 22	
Λογισμικό .....	22
Πηγές άντλησης δεδομένων και πληροφοριών.....	23
Στάδιο 0 Γένεση ιδέας .....	24
Έρευνα Marketing για τα χαρακτηριστικά του προϊόντος.....	24
Συμπεράσματα .....	26
Καθορισμός αρχικών προδιαγραφών, μελέτη Marketing .....	26
Μελέτη ανταγωνισμού .....	26
Συγκριτική μελέτη και αξιολόγηση μέσω αποθήκευσης ενέργειας.....	29

Ειδική ενέργεια .....	31
Αξολόγηση και ταξινόμηση χαρακτηριστικών και κρίσιμα χαρακτηριστικά .....	31
Συμπεράσματα .....	31
Αναθεωρημένος πίνακας προδιαγραφών για το όχημά μας.....	31
Παρατηρήσεις Συμπεράσματα.....	31
Θεωρία αποθήκευση ενέργειας στην ύλη είδη ενέργειας .....	32
Θεωρητική σύγκριση ειδών ενέργειας και μεθόδων αποθήκευσης .....	32
Μηχανική ενέργεια .....	35
Αποθήκευση δυναμικής ενέργειας μέσω της ελαστικής παραμόρφωσης της ύλης.....	35
Σύγκριση αποθήκευσης ελαστικής ενέργειας με άλλες μεθόδους .....	42
Συμπεράσματα .....	43
Gate 0 Έλεγχος ιδέας.....	43
Μελέτη Μηχανισμού αποθήκευσης μηχανικής ενέργειας.....	43
Νέος Στόχος.....	43
Ανάλυση συστήματος .....	43
Μελέτη ελατηρίου .....	43
Επιλογή των κρίσιμων Προδιαγραφών για την μελέτη του ελατηρίου.....	44
Αναζήτηση μέγιστης ειδικής ενέργειας .....	45
Μακροσκοπική μελέτη .....	45
Ανάλυση Requirements παραγόντων και σχέσεων συστήματος σε πρώτους παράγοντες .....	45
Επιλογή υλικού και καταπόνησης.....	45
Εξέταση φάσης υλικού σε σχέση με τους άξονες και την φορά καταπόνησης .....	45
Υλικά με αλλαγής φάσης .....	46
Μελέτη σεναρίου αρνητικής πίεσης (υποπίεσης) υγρού με αλλαγή φάσης .....	47
Μελέτη υλικών με αλλαγή χημικής σύστασης κατά την μεταβολή έργου .....	47
Μελέτη με χρήση μίγματος υγρών ή σύνθετης ουσίας.....	47
Σύνθετη καμπύλη ατμοποίησης.....	48
Υπολογισμός συνολικής ενέργειας .....	48
Αναλογία μερών υγρών .....	48
Συμπεράσματα .....	48
Θεωρητική Διερεύνηση χημικής αντίδρασης με χρήση μηχανικής ενέργειας.....	48
Χημική σύνθεση υλικού .....	49
Υλικό.....	50
Επιλογή υλικού και δομής.....	50
Επιλογή υλικού και δομής Θεωρία .....	50
Υλικό       50	
Δομή Υλικού .....	60

Θεωρητική μελέτη ελατηρίων .....	69
Βήματα σχεδιομελέτης .....	69
Ανάλυση Επίλυση προβλήματος Βήματα .....	70
Μηχανισμός αποθήκευσης ενέργειας .....	70
Ποιότητα απόδοσης ισχύος .....	70
Βαθμός απόδοσης.....	71
Κύκλα φόρτισης αποφόρτισης ελατηρίων και παραγόμενο έργο.....	72
Μορφή .....	74
Σχεδιομελέτη Μορφής σώματος ελατηρίου .....	74
Μήκος σώματος και τύλιγμα .....	78
Μηχανισμός αντιστήριξης .....	91
Μελέτη χρήσης του μηχανισμού αντιστήριξης για την μεγιστοποίηση της αποθηκευμένης ενέργειας. 91	
Μορφή Μηχανισμού του ελατηρίου .....	91
Θερμική συμπεριφορά και τα ταχύτητα ρυθμός καταπόνησης απώλειες.....	93
Σύνοψη κριτηρίων σχεδιασμού και αξιολόγησης.....	93
2 <sup>ο</sup> Στάδιο Σχεδιασμού βελτιστοποίηση Σύγκριση λύσεων σχεδιομελέτης και επιλογή τελικής λύσης 93	
Επιλογή υλικών διαστασιολόγηση και υπολογισμός ενέργειας για να επιλέξουμε μόνο ένα ελατήριο. Βάσει κοινών κριτηρίων γενικών.....	94
Συμπεράσματα Θεωρητικής μελέτης σχεδιασμού .....	94
Επίλογος.....	94
Αποτίμηση αποτελεσμάτων έρευνας.....	94
Συμπεράσματα.....	94
Στάδιο 1 Αρχική μελέτη Preliminary Investigation.....	94
Μελέτη συστήματος ποδηλάτου .....	94
Νέος Στόχος Project .....	94
Μελέτη και ανανέωση Προδιαγραφών Requirements.....	94
Βήματα μηχανολογικής μελέτης μεθοδολογία (Θεωρητικό υπόβαθρο) .....	108
Παραλαβή Requirements.....	108
Δημιουργία Προδιαγραφών.....	108
Μελέτη συστήματος.....	108
Μελέτη υποσυστημάτων .....	109
Μελέτη τεμαχίου part.....	109
Μελέτη assembly .....	110
Αξιολόγηση δυσκολίας ρίσκου χρόνου και κόστους ανάπτυξης νέου προϊόντος, .....	110
Παραλαβή προδιαγραφών.....	110

Επιλογή κατάλληλης μεθόδου μεταφοράς.....	111
Επιλογή υλικού.....	111
Διαστασιολόγηση τελειοποίηση μορφής και έλεγχος.....	111
Επανάληψη βημάτων και σύγκριση για την επίτευξη βέλτιστου αποτελέσματος.....	111
Gate 1 Έλεγχος αρχικής μελέτης.....	111
Στάδιο 2 Αναλυτική μελέτη.....	111
σχεδιομελέτη του προϊόντος.....	111
Σχεδιομελέτη ποδηλάτου.....	112
Μοντελοποίηση κατασκευής.....	112
Μοντελοποίηση και μεθοδολογία μοντελοποίησης και επίλυσης προβλημάτων Θεωρία.....	112
Τι είναι μοντέλο.....	112
Καθορισμός λεπτομερών προδιαγραφών επιμέρους υποσυστημάτων είσοδοι έξοδοι.....	116
Μελέτη συστήματος CVT μετατροπής και μετάδοσης κίνησης.....	117
Ανάλυση υποσυστήματος μηχανισμού μετατροπής μετάδοσης.....	118
Σύστημα πέδησης.....	118
Καθορισμός προδιαγραφών καταγραφή αναγκών.....	118
Επιλογή και Σχεδιομελέτη κιβωτίου ταχυτήτων.....	119
Μοντελοποίηση κιβωτίου ταχυτήτων.....	120
Σχεδιασμός και διαστασιολόγηση.....	120
σύστημα μετάδοσης κίνησης.....	120
Μπροστινή αντλία.....	122
Μοντέλο υπολογισμού της πίεσης αξονικής εμβολοφόρου αντλίας με δυνατότητα μεταβλητής παροχής.....	124
Σκοπός.....	124
Περιγραφή.....	124
Συμπεράσματα.....	133
Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας Τελικό στάδιο σχεδίασης ελατηρίου.....	134
Σχεδιομελέτη μηχανισμού ελατηρίου.....	134
Καταμερισμός λειτουργιών.....	135
Ανάλυση μοντέλο και σύστημα.....	135
Σχεδιασμός και διαστασιολόγηση ελατηρίου.....	137
Σύστημα Φόρτισης.....	138
Δημιουργία τυποποίησης πρότυπης θύρας φόρτισης για μεταφορά μηχανικής ενέργειας.....	139
Καθορισμός προδιαγραφών και απαιτήσεων.....	139
Σχεδιομελέτη θύρας φόρτισης.....	139
Σχεδιασμός και κατασκευή συσκευής οικιακής φόρτισης με παροχή ηλεκτρικού από δίκτυο.....	140
Χειριστήρια ελέγχου.....	141

Συστήματα ασφαλείας.....	141
Ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά συστήματα.....	142
Σκελετός ποδηλάτου .....	144
Οδική συμπεριφορά .....	144
Ασφάλεια .....	145
Παθητική ασφάλεια Αερόσακοι πλάγιας και πλαγιομετωπικής κρούσης.....	145
Περιγραφή του τρόπου λειτουργίας των πλαϊνών αερόσακων .....	146
Πεδίο ανίχνευσης.....	147
Ενεργητική ασφάλεια .....	148
Κάμερα και οθόνη .....	148
Κόρνα     148	
Φλάς και φώτα.....	148
Ηχεία ειδοποίησης .....	148
Σύνδεση Bluetooth.....	149
Δυνατότητα ενημέρωσης λογισμικού.....	149
Υλικά κατασκευής .....	149
Σχεδιασμός.....	149
Ελαστικά.....	149
Αισθητική .....	149
Χρωματικοί συνδυασμοί.....	152
Θόρυβος και ακουστική.....	153
Ηλεκτρολογικό διάγραμμα και συνδεσμολογία.....	153
Gate 3 Έλεγχος Αναλυτικής μελέτης .....	154
Επίλογος .....	154
Παράρτημα.....	154
Βιβλιογραφία .....	154

## Εισαγωγή

Σε αυτή την εργασία έχουμε σαν σκοπό την διερεύνηση μιας νέας μεθόδου αποθήκευσης ενέργειας για την χρήση της για την κίνηση οχημάτων. Σε αυτή την μελέτη θα συγκρίνουμε όλες τις γνωστές μεθόδους αποθήκευσης ενέργειας και θα προσπαθήσουμε να διερευνήσουμε την καλύτερη δυνατή μέθοδο για να αναπτύξουμε το νέο μας προϊόν. Θα έχει προηγηθεί μια μελέτη Marketing ώστε να οριοθετηθούν οι ελάχιστες προδιαγραφές - στόχος, του προϊόντος ώστε αυτό να μπορεί να είναι ανταγωνιστικό και εμπορικά εκμεταλλεύσιμο. Η πτυχιακή χωρίζεται σε μέρη τα οποία έχουν επιλεγεί κατά σειρά την οποία πρέπει να ακολουθήσουμε για την ανάπτυξη του νέου μας προϊόντος.

## Το Project

Από εταιρία κατασκευής ποδηλάτων μας δίδεται η εντολή μελέτης για την κατασκευή ποδηλάτου με υποβοήθηση.

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας Προδιαγραφών του Project.

### Τίτλος Project

Ποδήλατο με υποβοήθηση

### Περιγραφή

Ζητείται η έρευνα, μελέτη και σχεδιασμός νέου, πρότυπου προϊόντος, ποδηλάτου με υποβοήθηση. Το προϊόν θα πρέπει να είναι ανταγωνιστικό στην κατηγορία των ηλεκτρικών ποδηλάτων. Ζητείται η διερεύνηση εναλλακτικής προσέγγισης από τις υπάρχουσες υλοποιήσεις ηλεκτρικών ποδηλάτων για την διαφοροποίηση του προϊόντος από την αγορά, με διερεύνηση αντίστοιχων ανταγωνιστικών πλεονεκτημάτων. Παρακάτω δίδονται οι ελάχιστες προδιαγραφές που πρέπει να πληρούνται για την αποδοχή. Εφόσον το project κριθεί επιτυχές θα ζητηθεί και η κατασκευή πρωτοτύπου για επίδειξη και δοκιμή.

Αρχικός Πίνακας Προδιαγραφών από πελάτη

Όνομα προδιαγραφής	Περιγραφή	Σχόλια
Χρόνος εκτέλεσης	1 έτος	
Λειτουργίες του προϊόντος		
Δυνατότητες κίνησης	Με χρήση μόνο πεντάλ Με χρήση μόνο υποβοήθησης Με συνδυασμό πεντάλ και υποβοήθησης	
Ασφάλεια	Διερεύνηση δυνατότητας αύξησης της ενεργητικής και παθητικής ασφάλειας του οχήματος	Επιθυμητό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα
Φωτισμός	Εξοπλισμός με φωτισμό πορείας, στόπ , και αλλαγής πορείας (φλάς)	
Επιπλέον εξοπλισμός	Ενημερωτική οθόνη αναβάτη για την στάθμη ενέργειας και την ταχύτητά του.	
Γενικά Χαρακτηριστικά		

Εξωτερική μορφή - σχεδιασμός	Ελκυστικός σχεδιασμός για κοινό 18-40 ετών με σπορ χαρακτήρα	
Εναλλακτικές Διαμορφώσεις	Δυνατότητα κατασκευής παραλλαγών σε διαφορετικούς χρωματικούς συνδυασμούς	
<b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>		
Βάρος	<35kg	
Μέγιστο συνολικό φορτίο (περ. αποσκευών)	110kg	
Αυτονομία	>50km/πλήρη φόρτιση	
Χρόνος φόρτισης	Μικρότερος από τις μπαταρίες λιθίου <3 ώρες	
Τρόπος φόρτισης	Δυνατότητα φόρτισης με χρήση οικιακής πρίζας ρεύματος	
Μέγεθος πλαισίου	Ζητείται η δυνατότητα παραγωγής 3 μεγεθών πλαισίων μικρό/μεσαίο/μεγάλο	
Ισχύς μηχανισμού υποβοήθησης	250W	Απαιτείται για την έγκριση κυκλοφορίας σε Ευρωπαϊκές χώρες
Μέγιστη ταχύτητα ποδηλάτου με τον μηχανισμό υποβοήθησης	50km/h	Απαιτείται για την έγκριση κυκλοφορίας σε Ευρωπαϊκές χώρες
Ανάρτηση	Επιθυμητή αλλά όχι απαραίτητη	
Πέδηση	Βάσει των νόμιμων τυπικών προδιαγραφών και ανταγωνισμού	
Αξιοπιστία	Εγγυημένη λειτουργία τουλάχιστον για τρία χρόνια ή 1.000 κύκλους φόρτισης ή 50.000 km	
Συντήρηση	Κατά το δυνατόν ελάχιστη και με χρήση τυποποιημένων αναλωσίμων, για τον ανταγωνισμό με ηλεκτρικά ποδήλατα	
<b>Κατασκευαστικές και παραγωγικές απαιτήσεις</b>		
Ποσότητα κατασκευής	Δυνατότητα κατασκευής με ευελιξία στην ποσότητα κατασκευής ανάμεσα σε 100-1000 τεμ./έτος για κάθε παραλλαγή μεγέθους	
Κόστος κατασκευής	Μέχρι 900€/τεμ. στην ελάχιστη ποσότητα κατασκευής	
Δυνατότητες παραγωγής εξοπλισμός/εγκαταστάσεις/τεχνογνωσία	Δυνατότητα χρήσης απλής τεχνολογίας για την κατασκευή με χρήση	



	υπάρχοντος εξοπλισμού* χωρίς εξειδικευμένο εξοπλισμό.	
	Δυνατότητα παραγωγής τεμαχίων και μερών από τρίτους κατασκευαστές εντός της χώρας.	
	Χρήση κατά το δυνατόν έτοιμων τυποποιημένων εξαρτημάτων για μείωση του κόστους κατασκευής.	
	Εύκολη συναρμολόγηση κάνοντας χρήση της γραμμής συναρμολόγησής της εταιρίας ή τρίτων για εξειδικευμένα μέρη.	
<b>Νομικές και λοιπές συμμορφώσεις</b>		
	Πλήρη νομική συμμόρφωση με κοινοτικές και εθνικές απαιτήσεις για πώληση και κυκλοφορία σε Ευρωπαϊκές χώρες.	
<b>Πιστοποιήσεις</b>	Δυνατότητα λήψης όλων των απαραίτητων πιστοποιήσεων για την πώλησή του προϊόντος CE	

Πίνακας 1.1 Αρχικές προδιαγραφές πελάτη

\*Μας έχει δοθεί από την εταιρία λίστα του εξοπλισμού της και των παραγωγικών δυνατοτήτων της.

## Μεθοδολογία Ανάπτυξης νέου προϊόντος NPD μέσα στο ευρύτερο πλαίσιο ανάπτυξης κύκλου ζωής προϊόντος PLM

Σε αυτή την παράγραφο θα κάνουμε μια συνοπτική θεωρητική περιγραφή της μεθοδολογίας που θα ακολουθήσουμε στα επόμενα κεφάλαια.

### Εισαγωγή περιγραφή έργου

Το σημαντικότερο κομμάτι της μελέτης μας είναι η δημιουργία μιας νέας μπαταρίας αποθήκευσης μηχανικής ενέργειας. Λόγω ότι δεν υπάρχουν παρόμοιες προηγούμενες μελέτες πάνω στην συγκεκριμένη τεχνολογία, είναι ωφέλιμο κατά την μελέτη μας και τον σχεδιασμό μας να ξεκινήσουμε από αυτό και μετέπειτα για τους υπόλοιπους μηχανισμούς του ποδηλάτου μας. Για να έχουμε ένα μέτρο σύγκρισης εάν το προϊόν είναι ανταγωνιστικό και ποιες είναι οι ελάχιστες απαιτήσεις μας, θα αρχίσουμε με μια μελέτη marketing πάνω στις απαιτήσεις των οχημάτων για αποθήκευση ενέργειας αλλά και μια συγκριτική μελέτη μεταξύ των εναλλακτικών μεθόδων αποθήκευσης ενέργειας. Έπειτα θα αναδιαμορφώσουμε τις προδιαγραφές μας και θα προχωρήσουμε σε μια γενική αναζήτηση για να επιλέξουμε την μέθοδο με την οποία θα αποθηκεύσουμε ενέργεια.

Εάν το στάδιο αυτό κριθεί επιτυχές θα προχωρήσουμε τον σχεδιασμό μας στο υπόλοιπο του ποδηλάτου μας. Συνεχίζουμε από το κιβώτιο ταχυτήτων το οποίο είναι το δεύτερο σημαντικότερο στοιχείο της κατασκευής μας λόγω της ιδιαιτερότητας της μετάδοσης κίνησης ..... Έπειτα

μελετάμε έναν ένα τους επιμέρους μηχανισμούς από τους οποίους αποτελείται το ποδήλατό μας όπως τους έχουμε κατηγοριοποιήσει στην σχεδιομελέτη μας.

Τελευταίο τοποθετούμε το πλαίσιο το οποίο θα φιλοξενήσει όλους τους παραπάνω μηχανισμούς ώστε να έχουμε γνώση των φορτίων και των σημείων σύνδεσης με τους μηχανισμούς.

### **Ανάπτυξη νέου προϊόντος Ποδήλατο με εναλλακτική αποθήκευση μηχανικής ενέργειας.**

Μορφή της μελέτης καθορισμός συνθηκών

Στην παρακάτω μελέτη λαμβάνουμε υπόψιν στον σχεδιασμό μας ότι γίνεται από μία μικρή ομάδα. Η παρούσα μελέτη ταιριάζει με τις ανάγκες ανάπτυξης νέων προϊόντων στην χώρα μας και γι' αυτό επιλέχθηκε αντιπροσωπευτικά.

Οι παραπάνω συνθήκες λαμβάνονται υπόψιν σαν από τις δυσκολότερες για την ανάπτυξη νέου προϊόντος, ενώ αξιοσημείωτο είναι ότι δεν υπάρχει παρόμοια μελέτη στην διεθνή βιβλιογραφία για την μεθοδολογία ανάπτυξης νέου προϊόντος (τεχνολογικού μηχανολογικού ή μηχαντρονικού προϊόντος) μέσω μιας start-up ή μικρής επιχείρησης.

#### **Αποτυχία**

Είναι γνωστό ότι το μεγαλύτερο ποσοστό εισαγωγής και ανάπτυξης νέων προϊόντων οδηγείται στην αποτυχία

Τρείς είναι οι λόγοι που μπορούν να οδηγήσουν σε αποτυχία

Λάθος ιδέα

Λάθος στην υλοποίηση

Είται τελικά δεν έγινε η υλοποίηση είτε δεν ανταποκρίθηκε στις απαιτήσεις είτε καθυστέρισε πολύ

Λάθος στην προώθηση

Η λάθος προώθηση περιλαμβάνει κακιά εκτίμηση του ανταγωνισμού όπου μπορεί να συμπίσει σε κακό timing περίοδο της αγοράς κτλ.

Αδυναμία παραγωγής της σωστής ποσότητας δηλαδή ή παραγωγή μεγάλης ποσότητας η οποία πρέπει να προωθηθεί είτε αδυναμία παραγωγής οπότε καθυστέρηση εισχώρησης στην αγορά

Είναι ωφέλιμο λοιπόν να μπορέσουμε να ελαχιστοποιήσουμε τους παράγοντες και να ελέγξουμε την διαδικασία

### **Βελτιστοποίηση διαδικασίας NPD και μηχανολογικών μελετών**

Για την βελτιστοποίηση την επιτάχυνση και την μείωση του κόστους μηχανολογικού σχεδιασμού πρέπει να γίνουν τα εξής

Επίτευξη επικοινωνίας και αυτόματου συγχρονισμού μεταξύ επιχειρηματικών και μηχανολογικών διαδικασιών

Ενοποίηση και επικοινωνία μεταξύ όλων των μηχανολογικών διαδικασιών

Για την επίτευξη των παραπάνω χρειάζεται μια ενιαία γλώσσα η οποία θα είναι κοινώς αποδεκτή και θα μπορούν να εκτελεστούν όλες οι λειτουργίες από μέσα

Βιβλιοθήκες και πηγές πληροφοριών

Βιβλιοθήκη με σχεδιαστικά εργαλεία και σχεδιαστικές παραμέτρους και στανταρ γεωμετρία τεμαχίων

Γνωσιακή Βάση δεδομένων για marketability και κοστολόγηση

Ψηφιακή βιβλιοθήκη με τεχνικά στάνταρντς Πρότυπα

Στάνταρντς ποιότητας και περιβάλλοντος

Στρατηγικές management

Στάνταρντς multidisiplinary

Technical spec / Bench marking on Similar design

Δημιουργία βιβλιοθηκών με επαναχρησιμοποιούμενα στοιχεία

Αυτοματοποίηση γνώσης και κανονισμών

Αυτοματοποίηση βημάτων και ελέγχων

Επιτάχυνση μεθόδων με έτοιμα προφίλ

Τυποποίηση διαδικασιών και μεθόδων επικοινωνίας

Δραστική αλλαγή στην μεθοδολογία σχεδιασμού.

Εργαλεία μελέτης σχεδιασμού και παραγωγής

Βάσεις δεδομένων

Στοιχεία μηχανών

Προμηθευτές

Μερική τυποποίηση της μεθοδολογίας NPD

## **Ανάπτυξη νέου προϊόντος - μηχανολογικός σχεδιασμός και παραγωγή διακεκριμένων τεχνολογικών μηχανολογικών και μηχαντρονικών προϊόντων**

### **Κατηγορίες προϊόντων**

Προϊόντα μικρής τεχνογνωσίας ή απλά προϊόντα

Περίπλοκα σύνθετα προϊόντα

Εξειδικευμένα προϊόντα

Τεχνολογίες και ευρεσιτεχνίες Τεχνογνωσία

Ημιτελή προϊόντα

Συμπληρωματικά προϊόντα

Τεχνολογικά

Υπηρεσίες

Λογισμικό σαν υπηρεσία SaaS

Μηχανολογικά Μηχατρονικά Ηλεκτρονικά Χημικά Βιοτεχνολογία

Χαρακτηριστικά προϊόντων - υπηρεσιών

Τιμή πώλησης

Λειτουργίες ανάγκες που ικανοποιεί

### **Κατηγορίες επιχειρήσεων ανάπτυξης νέων προϊόντων**

Νέες ή μικρές επιχειρήσεις

Επιχειρήσεις με παρεμφερές αντικείμενο με ανάπτυξη σε νέο τομέα μεσαίες επιχειρήσεις

Μεγάλες έμπειρες επιχειρήσεις

### **Μεθοδολογίες ανάπτυξης αναλόγως τον τύπο προϊόντος και επιχείρησης**

Η διαδικασία σχεδιασμού νέου προϊόντος

Αξιολόγηση κινδύνων και επιτυχίας σχεδιασμού νέων προϊόντων

Κριτήρια αξιολόγησης και πολιτικές αξιολόγησης λήψης αποφάσεων και εξόδου

Πελατοκεντρική ανάπτυξη

Συνεργατική ταυτόχρονη ανάπτυξη με ομάδες

### **Αρχές σχεδιασμού μελέτης ανάπτυξης νέου προϊόντος**

Μείωση της επαναλαμβανόμενης εργασίας με χρήση βιβλιοθηκών και μερών

Μείωση του κόστους ανάπτυξης γκάμας προϊόντων με χρήση αρθρωτού σχεδιασμού

Αυτοματοποίηση και επικοινωνία μεταξύ εργασιών και ατόμων

Στρατηγικός σχεδιασμός και έλεγχος πορείας και ποιότητας

Αξιοποίηση μερών της διαδικασίας για την επίτευξη κέρδους και μείωση του ρίσκου και του κόστους.

## Το μοντέλο V

Το μοντέλο V περιγράφει την διαδικασία και τις ενέργειες για την ολοκλήρωση ανάπτυξης ενός προϊόντος.

Αναζήτηση εναλλακτικών Formulation

Αξιολόγηση Analysis

Επιλογή Interpretation

Μοντελοποίηση του συστήματος

## Προδιαγραφές Requirements

Ένα από τα αρχικά αλλά και πιο σημαντικά βήματα κατά την μελέτη και σχεδιασμό ενός προϊόντος είναι η προσεκτική πλήρης και ακριβής καταγραφή των προδιαγραφών του προϊόντος. Εάν δεν γίνει σωστή αρχική προετοιμασία και οι προδιαγραφές αλλάξουν σημαντικά κατά την φάση του σχεδιασμού αυτό θα δημιουργήσει καθυστερήσεις και αυξημένα κόστη ανάπτυξης, ενώ ο κακός ή ελλιπής ορισμός τους στην μερική ή πλήρη αποτυχία του προϊόντος.

Σύντομη ιστορική αναδρομή στην ανάπτυξη νέων προϊόντων.

Διαδικασία ανάπτυξης νέου προϊόντος	Καινοτομικά στοιχεία	Βασικά μοντέλα Ανάπτυξης νέου προϊόντος	Κύρια στοιχεία της διαδικασίας	Δημιουργοί
Πρώτη γενιά	<ul style="list-style-type: none"><li>Γραμμική διαδικασία</li><li>Τεχνολογικά προωθούμενη</li><li>Μακροπρόθεσμο στρατηγικό πλαίσιο</li><li>Το τμήμα έρευνας και ανάπτυξης αποφασίζει για τις μελλοντικές τεχνολογίες</li><li>Μη διασύνδεση και συμμετοχή ανάμεσα στην στρατηγική μεταξύ της επιχείρησης και του τμήματος έρευνας και ανάπτυξης.</li><li>Οι λειτουργικές προτεραιότητες ποικίλουν ανάλογα τις συνθήκες</li><li>Φτωχή εφαρμογή μετρήσεων επιτυχίας</li></ul>	Ανάπτυξη σε φάσεις	Γραμμική διαδικασία από την ιδέα στην αγορά Καθοδηγούμενη από την τεχνολογία Ανάμεσα σε 4 με 10 φάσεις	Rothwell 1994 Freeman, Clark & Soete 1992 Roussel, Saad & Erickson 1991 Jenkins, Forbes, Burrani & Benerjee 1997
Δεύτερη γενιά	<ul style="list-style-type: none"><li>Γραμμική διαδικασία</li><li>Καθοδηγούμενη από την αγορά</li><li>Μερικώς στρατηγικό πλαίσιο</li><li>Χωρίς ενσωμάτωση μεταξύ τμήματος ανάπτυξης και έρευνας και επιχειρησιακής στρατηγικής</li><li>Διαχωρίζεται μεταξύ των τύπων έρευνας και ανάπτυξης</li><li>Διαχείριση βάσει αποφάσεων διοίκησης και σχέσης μεταξύ του τμήματος E&amp;A.</li><li>Διαμορφωμένες ομάδες μελών ίδιας κλίμακας για αξιολόγηση</li></ul>	Πελατοκεντρικό μοντέλο	Γραμμική διαδικασία Το τμήμα έρευνας και ανάπτυξης καθοδηγείται από τις ανάγκες της αγοράς Το τμήμα έρευνας και ανάπτυξης αλληλοεπιδρά	Mowery & Rosenberg 1978 Rothwell & Soete 1983 Rothwell 1994 Roussel, Saad & Erickson 1991 Jenkins, Forbes, Burrani & Benerjee 1997

Τρίτη γενιά	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Γραμμική διαδικασία</li> <li>• Ολικό στρατηγικό πλαίσιο</li> <li>• Φιλοσοφία συνεργασίας</li> <li>• Βρόγχοι επαναπληροφόρησης</li> <li>• Εκτεταμένες διαδικασίες επικοινωνίας</li> <li>• Ενσωμάτωση μέσω χρήσης εσωτερικών και εξωτερικών δικτύων</li> </ul>	Ολικός Σχεδιασμός	Γραμμική ανάπτυξη καθοδηγούμενη από τις ανάγκες της αγοράς Ξεκινά η μερική ενσωμάτωση μεταξύ επιχειρησιακής στρατηγικής και τμήματος έρευνας και ανάπτυξης Μερική ανάπτυξη λειτουργικών τμημάτων Βελτιωμένη εσωτερική και εξωτερική επικοινωνία Μεγαλύτερη έμφαση στην φάση του σχεδιασμού του προϊόντος	Coghlan, Coughlan & Brennan 2004 Rothwell 1994 Rothwell & Zegveld 1985 Roussel, Saad & Erickson 1991 Roussel, Daas & Erickson 1991 Baker & Sinkula 2005
Τέταρτη γενιά	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Παράλληλη ανάπτυξη</li> <li>• Ολικό στρατηγικό πλαίσιο</li> <li>• Φιλοσοφία συνεργασίας</li> <li>• Εκτεταμένη διαδικασία επικοινωνίας</li> <li>• Πλήρης ενσωμάτωση στην επιχείρηση</li> <li>• Ενσωμάτωση προμηθευτών</li> </ul>	Σύστημα σταδίων/διόδων	Παράλληλη ανάπτυξη Τα στάδια είναι πολύ-λειτουργικά Σημεία λήψης αποφάσεων μεταξύ σταδίων ανάπτυξης Πλήρης ενσωμάτωση του συστήματος μέσα στις λειτουργίες της εταιρίας Ταχύτερος χρόνος του προϊόντος στην αγορά	Rothwell 1994 Cooper 1991 Cooper & Kleindschmidt 1993 McGrath, Anthony & Shapiro 1992 Jenkins et al 1997
Πέμπτη γενιά	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ολιστικό στρατηγικό πλαίσιο</li> <li>• Παράλληλη ανάπτυξη</li> <li>• Φιλοσοφία συνεργασίας</li> <li>• Πλήρης και αποτελεσματική διαδικασία επικοινωνίας</li> <li>• Ενσωμάτωση συστημάτων</li> <li>• Χρήση υπολογιστών στην ανάπτυξη και την μοντελοποίηση</li> <li>• Επεκταμένη δικτύωση</li> </ul>	Συστήματα ενσωμάτωσης και διασύνδεσης μοντέλων	Πλήρως ενσωματωμένη παράλληλη ανάπτυξη με την ελαστικότητα και ευελιξία μεταξύ των σταδίων Δυνατοί δεσμοί μεταξύ πελατών και προμηθευτών Χρήση γνωσιακών συστημάτων όπως της εξομοίωσης και της μοντελοποίησης Χρήση των υπολογιστών στην σχεδίαση και την μοντελοποίηση με εργαλεία όπως το CAD Συννεργασία	Cooper 1990 Cooper 1994 Rothwell 1994 Jenkins et al 1997 Crawford 1992 Dahl & Pedersen 2004 Bstieler 2006 Baker & Sinkula 2005

Πίνακας 1.2 Γενιές ανάπτυξης προϊόντων Μετάφραση από Πηγή 'New Product Development on STBFs' Peter W. Beven 2007

Πέμπτη γενιά NPD

## Systems Engineering Μηχανολογικός σχεδιασμός με συστημική προσέγγιση

Να εξηγήσω για την μεθοδολογία συνοπτικά και τις γλώσσες και μεθόδους που χρησιμοποιούνται. SysML, και προγράμματα PLM για την οργάνωση και ανάπτυξη

Διάγραμμα Gant προγραμματισμός εργασιών

Αξιολόγηση πορείας προγράμματος και στρατηγικές εξόδου.

Go/Kill/Hold/Recycle-repeat/Change path

Go Εφόσον πληρούνται οι προδιαγραφές για την συνέχιση της διαδικασίας η διαδικασία συνεχίζει κανονικά

**Kill** Εάν εντοπιστεί απόκλιση των στόχων ή προβλήματα τα οποία υποδεικνύουν ότι το project έχει μειωμένες ή μηδενικές πιθανότητες να προχωρήσει στην αγορά τότε δίνεται εντολή τερματισμού της διαδικασίας για την προληπτική μείωση του κινδύνου

**Hold** Στην περίπτωση που για εξωτερικού ή άλλους παράγοντες υποδικνύεται να γίνει προσωρινή παύση του προγράμματος τότε η διαδικασία μπορεί να τεθεί σε παύση

**Recycle** Εάν τα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά ή εάν αλλάξει κάποια προδιαγραφή την τελευταία στιγμή τότε μπορεί να δοθεί εντολή επανάληψης της διαδικασίας

**Change path** Αναλόγως των αποτελεσμάτων της διαδικασίας αλλά και εξωτερικών παραγόντων μπορεί να δοθεί εντολή αλλαγής πορείας. Η αλλαγή πορείας μπορεί να σημαίνει ότι είτε το project κλείνει σε αυτό το σημείο που βρίσκεται ώστε να γίνει εμπορικά εκμεταλεύσιμο σαν ημιπροϊόν ή τεχνολογία ή ευρεσιτεχνία, είτε η αλλαγή πορείας με σκοπό την δημιουργία ενός διαφορετικού προϊόντος από αυτό που έχει σχεδιαστεί από την αρχή με πιθανή ιοθέτηση και συνδιασμό ή προσαρμογή και άλλης τεχνολογίας .

Σχεδιασμός 4<sup>η</sup> γενιά σχεδιασμού Περιγραφή

Σχεδιασμός για παραγωγή

Σχεδιασμός μονάδας συναρμολόγησης

Σχεδιασμός καλουπιών

Σχέδια και πρόγραμμα για τα CNC για τις κατεργασίες

Πρόγραμμα παραγωγής

## **Ολοκληρωμένη διαχείριση Ποιότητας σχεδιασμού**

Ποιότητα σχεδιασμού σημαίνει ότι θέτουμε κάποια κριτήρια ποιότητας για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών που μας ενδιαφέρουν ... Η αξιολόγηση η διαδικασία η το αποτέλεσμα

Χρονικά ποιοτικά χρονοδιάγραμμα στόχοι η τήρηση αρχείου η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων και οι μηχανισμοί οργάνωσης συστήματος ορισμός οριακών τιμών μέτρησης αξιολόγησης ελέγχου διόρθωσης κτλ. σωστή οργάνωση

Η διαδικασία της ποιότητας σχεδιασμού μας εξασφαλίζει μέσω ενός οργανωτικού πλαισίου ελέγχου ότι το προϊόν μιας διαδικασίας πληροί κάποιες ελάχιστες προϋποθέσεις που έχουμε θέσει σαν όρια ποιότητας

Είναι μια διαδικασία που δρα προληπτικά έλεγχος επανασχεδιασμός αρχείο μνήμη

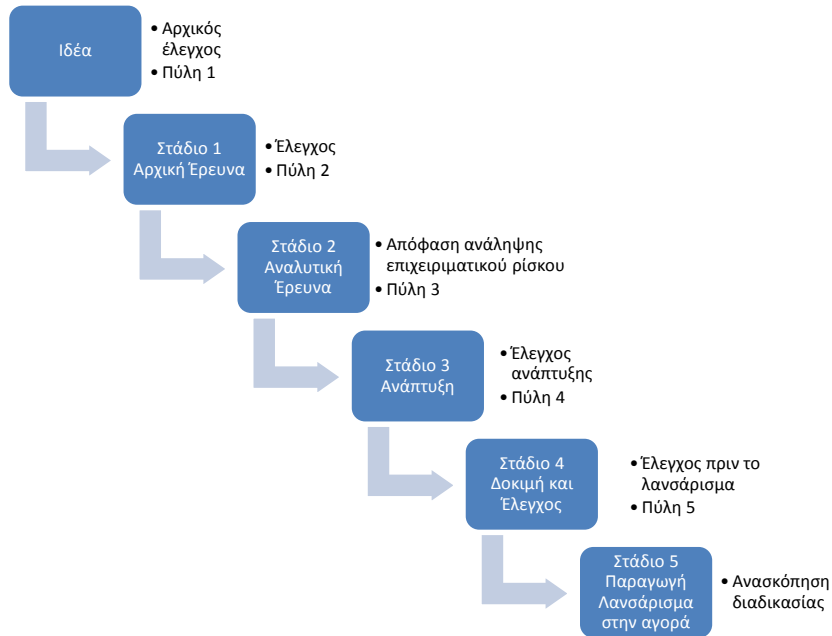
Μας εξασφαλίζει δηλαδή μια ελάχιστη ποιότητα προϊόντος ενώ μειώνει τα κόστη διορθώνοντας τυχόν προβλήματα έγκαιρα και επιταχύνει την διαδικασία εξασφαλίζει διασφαλίζει

Επίσης κρατάει αρχείο όπου μπορεί να αναφέρεται και προσπαθεί να βελτιώνει τυχόν προβλήματα μέσω του ανασχεδιασμού και της συνεχούς βελτίωσης

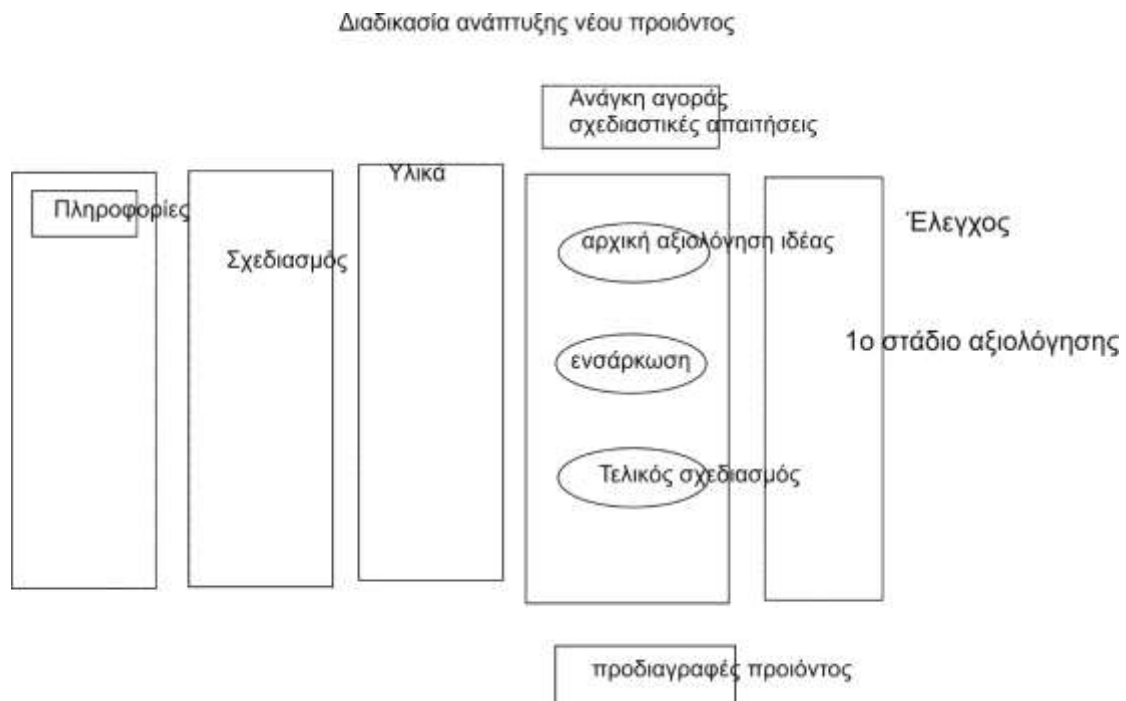
## Μεθοδολογία Πρακτικές Μεθοδολογία σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός θα γίνει με την μέθοδο design intent ώστε να είναι εύκολη η παραμετροποίηση του σχεδίου κατά την εκπόνηση της μελέτης.

Κατά τον σχεδιασμό στο CAD θα γίνει εξαγωγή και σύνδεση όλων των σημαντικών μεταβλητών του σχεδίου σε Excel και σύνδεση με το πρόγραμμα μοντελοποίησης LMS.AMESIM



Σχήμα 1.1 Στάδια ανάπτυξης νέου προϊόντος





Σχήμα 1.2 Πληροφορίες κατά τα στάδια ανάπτυξης νέου προϊόντος

Οικολογικό αποτύπωμα

Μέθοδοι παραγωγής και απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή ανά τεμάχιο

Υλικά κατασκευής

Ασφάλεια

Εργονομία

Πρότυπα

Ευκολία συναρμολόγησης και επισκευής

Συμβατότητα με τυποποιημένα ανταλλακτικά

Ανάλυση μεθοδολογίας Project

### Ποιότητα σχεδιασμού και μεθοδολογία ανάπτυξης νέου προϊόντος

Προσδιορισμός ανοχών σχεδίασης

Μελέτη ποιότητας πειραμάτων και μετρήσεων

Κλάσεις κρισιμότητας

Μελέτη ασφάλειας



Σχήμα 1.3 Εσωτερικές ομάδες παραγόντων που επηρεάζουν την προστιθέμενη αξία ενός προϊόντος

**Προστιθέμενη αξία**

Πρόκειται τελικά για το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα που έχει το προϊόν το οποίο εκφράζεται σε δύο όρους:

Καινοτομία

Πρόκειται για τα χαρακτηριστικά αυτά του προϊόντος για τα οποία υπάρχει η ανάγκη στην αγορά είναι μοναδικά ή συγκριτικά καλύτερα και δεν τα παρέχει ο ανταγωνισμός.

Χαμηλή τιμή

Πρόκειται για την δυνατότητα παραγωγής ενός προϊόντος με τα ίδια χαρακτηριστικά ενός αντίστοιχου του ανταγωνισμού αλλά με μικρότερο κόστος παραγωγής.

Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά των παραπάνω χαρακτηριστικών τόσο μεγαλύτερο είναι η προστιθέμενη αξία του και το περιθώριο κερδοφορίας του προϊόντος όσον αφορά τον σχεδιασμό του. Βεβαίως εκτός του σχεδιασμού, σημαντικό ρόλο παίζουν, η αγοραστική δύναμη, το μέγεθος της αγοράς, στρατηγικές αποφάσεις, η ποσότητα παραγωγής και πολλά άλλα τα οποία δεν θα αναλυθούν γιατί είναι εκτός του σκοπού της μελέτης μας.

Λειτουργία και χαρακτηριστικά

## Οργάνωση και μηχανοργάνωση

Αρχές οργάνωσης

Traceability Versioning History Backup

Δυνατότητα αναζήτησης

Χειριστή

Μέρους του συστήματος ή σύστημα

Ιστορικό

Αντίγραφα ασφαλείας

Καθορισμός ονομάτων σχεδίων και τεμαχίων αρίθμηση εκδόσεων αλλαγών

Καθορισμός format αποθήκευσης

Σύστημα

Καθορισμός parts και assemblies

Επιλογή parts που θα σχεδιαστούν από την αρχή , που θα αντιγραφούν και που θα τα πάρουμε έτοιμα από κάποια βιβλιοθήκη

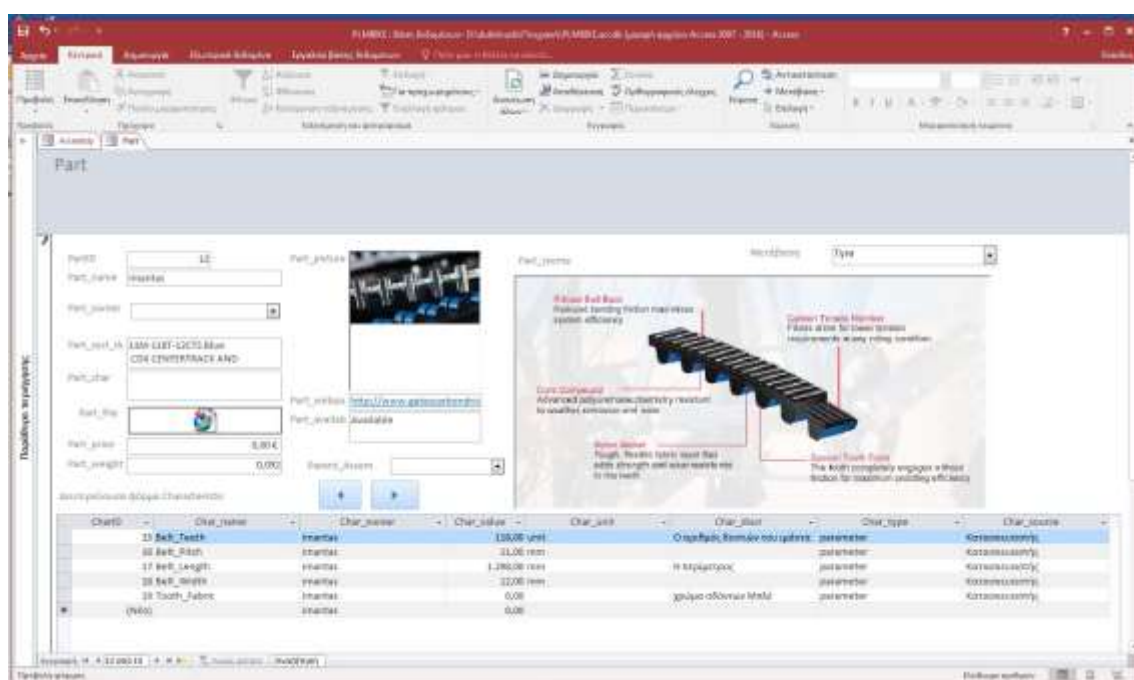
Βιβλιοθήκες σχεδίων Εσωτερική εταιρική, από προμηθευτές, από συνεργάτες, από γενικές τυποποιημένες βιβλιοθήκες, από ιστοσελίδες με άλλους χρήστες

Για τις ανάγκες οργάνωσης και μηχανοργάνωσης οι εταιρίες κάνουν χρήση εξειδικευμένου λογισμικού για την ανάπτυξη προϊόντων. Η κατηγορία αυτών των προϊόντων ονομάζεται PLM και

περιλαμβάνουν όλες τις λειτουργίες που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη και διαχείριση του κύκλου ζωής του προϊόντος.

Όλα τα πακέτα PLM στην αγορά όπως το Siemens Teamcenter, Dassault Systemes Delmia , PTC Windchill , και άλλων κατασκευαστών είναι προϊόντα εμπορικά με ιδιαίτερα υψηλές τιμές. Ο μοναδικός κατασκευαστής δωρεάν λογισμικού PLM είναι η εταιρία ARAS με το INNOVATOR. Πρόκειται για μια ώριμη πρόταση η οποία δεν έχει τα χαρακτηριστικά μεγάλων κατασκευαστών αλλά παρέχει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον με αρκετά εργαλεία ικανό για μικρά και μεσαία project. Το ARAS INNOVATOR χρησιμοποιείται και από μεγάλες εταιρίες όπως η Airbus σαν συμπληρωματικό προϊόν για την μείωση του κόστους του λογισμικού.

Για την δικιά μας περίπτωση επειδή θέλαμε μια πιο ευέλικτη λύση δημιουργήσαμε μια δικιά μας βάση δεδομένων μέσα από την οποία θα εκτελέσουμε την εργασία μας.



Εικόνα 1.1 Βάση δεδομένων σε Access (καρτέλα Part) για την διευκόλυνση του σχεδιασμού μας.

Για την διευκόλυνση του σχεδιασμού μας δημιουργήσαμε μια βάση δεδομένων για την δομημένη συγκέντρωση έλεγχο και ενημέρωση των δεδομένων του σχεδιασμού μας.

Στην εικόνα βλέπουμε για παράδειγμα την καρτέλα Part όπου μέσα της έχουμε καταχωρήσει τα στοιχεία κάθε αντικειμένου από τα οποία αποτελείται το ποδήλατό μας.

Κάνοντας χρήση της βάσης δεδομένων θα έχουμε την δυνατότητα να συγχρονίσουμε μέσω πινάκων τα τέσσερα πακέτα λογισμικού μαθηματικό, μοντελοποίησης, σχεδίασης και πεπερασμένων με κοινές μεταβλητές που θα ενημερώνονται αυτόματα ανάμεσά τους.

Αναλόγως της πηγής της γεωμετρίας θα σημειώνεται ότι είναι η τελική και ότι μπορεί να την συμπεριλάβουμε στον πίνακα υλικών και στις μηχανικές προσομοιώσεις. Πίνακες δεδομένων σχεδίων.

Θα σημειώνεται για την γεωμετρία ότι μπορεί να είναι ενδεικτική η τελική ή υπό ανάπτυξη

## Για τα σχέδια που θα κάνουμε εμείς

- 1 Προσχέδια με βασική γεωμετρία και διαστάσεις
- 2 Ονοματοδοσία και καθορισμός μεταβλητών και διαστάσεων και γεωμετρίας
- 3 Μεγέθη, κέντρα, επίπεδα αναφοράς, κρίσιμες διαστάσεις, ανοχές, κλίσεις, επιφάνειες
- 4 Βοηθητικά σκίτσα για την δημιουργία γεωμετρίας
- 5 Καθορισμός μεθόδου σχεδιασμού

### Μέθοδοι σχεδιασμού

- NX Realize shape
- Overbuilding
- Exact modeling
- Direct modeling

Σύνδεση κύριων σχεδιαστικών μεταβλητών με σχέσεις και excel για εξωτερική σύνδεση

Δημιουργία επιδιωκόμενου σχεδίου μορφής με δυνατότητα παραμετροποίησης

Σύνδεση και συγχρονισμός λογισμικού και εξαγωγή αποτελεσμάτων

Ονομασία αρχείων

Εκδόσεις Versioning

Φάκελοι

Γι αυτό τον λόγο για κάθε στοιχείο θα πρέπει να έχουμε ένα πίνακα ο οποίος να περιλαμβάνει τα στοιχεία

Ημερομηνία χειριστής Έκδοση

## Στάδια επιστροφής κέρδους από μια μηχανολογική μελέτη

Ακόμα και μια μη ολοκληρωμένη ή επιτυχής μελέτη μπορεί να αποφέρει κέρδος

Κέρδος από αποτεθείσα τεχνογνωσία

Από ανακάλυψη νέων τεχνολογιών Εξαγωγή ευρεσιτεχνιών

Από την δημιουργία του προϊόντος

Από την δημιουργία δεδομένων

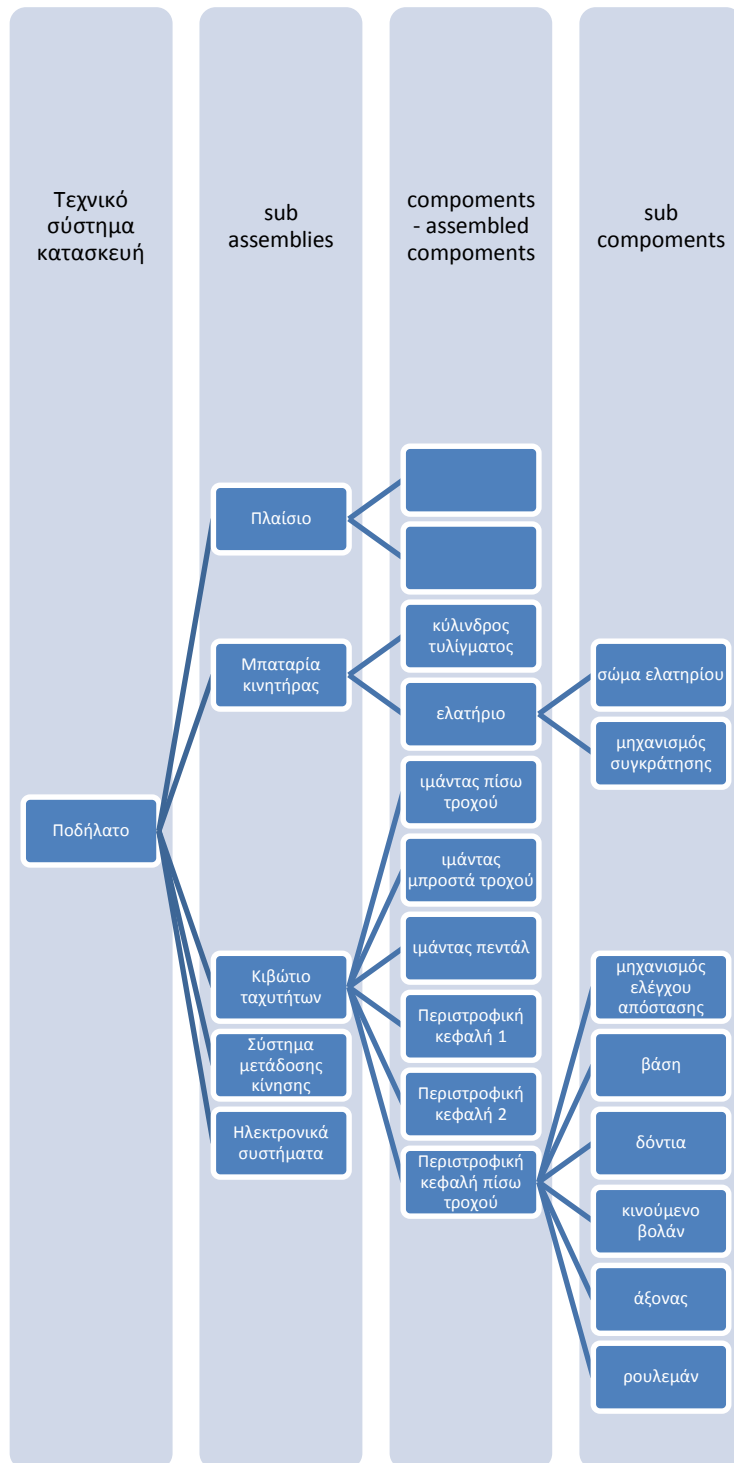
## Modular σχεδιασμός

Ο modular σχεδιασμός απευθύνεται στην μεθοδολογία σχεδιασμού κατά την οποία τα επί μέρους υποσυστήματα σχεδιάζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η επανάχρηση υποσυστημάτων ή μερών

## Εξαγωγή τεχνογνωσίας δεδομένων και μεθοδολογιών

Η εξαγωγή γνώσης η διαχείριση των επί μέρους μερών και σημεία αξιολόγησης

## Σχεδιασμός Συστήματος



Σχήμα 1.4 Ανάπτυξη συστήματος ποδηλάτου

## Προσδιορισμός χρόνου εκτέλεσης και πόρων

Παράγοντες	Τιμές
Στόχος	
καταληκτική ημερομηνία ολοκλήρωσης του project	30 Σεπτεμβρίου 2014
χρόνος του project	200 ημέρες
διαθέσιμες εργατοώρες	450
διαθέσιμο κεφάλαιο για την ολοκλήρωση του project	1000€
δυνατότητα ανεύρεσης περαιτέρω κεφαλαίου επενδύσεων και χορηγών	Ναι
Οι διαθέσιμοι πόροι είναι οι εξής (συνοπτικά)	Εξοπλισμένο εργαστήριο μηχανικών δοκιμών Εξοπλισμένο εργαστήριο τριβολογικών δοκιμών
Απαιτούμενες γνώσεις	Μηχανική του απαραμόρφωτου στερεού Μηχανική των υλικών παραμορφώσιμου στερεού Φυσική (μηχανική φυσική) Μαθηματικά I Τριβολογία Τεχνολογία υλικών Σχεδιασμός κατασκευών Στοιχεία μηχανών CAD-CAE

Πίνακας 1.3 Προδιαγραφές για την εκπλήρωση του project

## Καταγραφή Προγραμματισμός και κατακερματισμός εργασιών

Το σημαντικότερο αλλά και πιο αβέβαιο κομμάτι της μελέτης μας είναι εάν και κατά πόσο είναι δυνατόν να αποθηκεύσουμε μια αξιόλογη ποσότητα ενέργειας με αποδοτικό τρόπο ενέργεια κάνοντας χρήση των ελαστικών δεσμών μεταξύ των ατόμων.

Περιγραφή για τον αφαιρετικό τρόπο μελέτης σχεδιασμού

Ακολουθούμενη μεθοδολογία οργάνωσης εργασιών NPD.

### Εργασίες

Σύλληψη ιδέας

Έρευνα και θεωρητική μελέτη

Μελέτη σχεδιασμού

Σχεδιασμός

Επιλογή υλικών

Μελέτη Marketing για τις προδιαγραφές του προϊόντος

Σχεδιομελέτη για την επιλογή μεθόδου αποθήκευσης ενέργειας

Σχεδιομελέτη μηχανισμού αποθήκευσης ελατηρίου

Σχεδιομελέτη ελατηρίου

Μελέτη επιλογής υλικού

Μαθηματική μοντελοποίηση και διαστασιολόγηση

Σχεδιασμό λύσης και ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων.

Πείραμα με κατασκευή δείγματος

Σχεδιασμός πειραματικής διαδικασίας

Σχεδιασμός πειραματικής ιδιοσυσκευής

Έρευνα για υλικά σε αγορά και παραγγελία

Κατασκευή δείγματος

Ανάλυση και σύγκριση αποτελεσμάτων πειράματος και υπολογισμών. Ανάλυση ακρίβειας υπολογισμών.

Επανασχεδιασμός εάν είναι απαραίτητο με τις κατάλληλες διορθώσεις. Τελική διαστασιολόγηση , κοστολόγηση

Κατασκευή λειτουργικού πρωτοτύπου

Δοκιμή και Εξαγωγή συμπερασμάτων

Σχεδιομελέτη κιβωτίου ταχυτήτων CVT

Καταγραφή απαιτήσεων και υπολογισμοί για την κατασκευή κιβωτίου για χρήση με τον μηχανισμό ελατηρίου.

Επιλογή υλικών

Σχεδιασμός σε CAD και ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία

Συμμόρφωση με πρότυπα

Καταγραφή

Υπολογισμός κόστους κατασκευής

Καταγραφή εξοπλισμού κατασκευής

Στάδια κατασκευής Συναρμολόγηση

## Χρονοδιάγραμμα

**Ταξινόμηση και εκτίμηση χρόνου ολοκλήρωσης εργασιών Διάγραμμα Gant – μείωση χρόνου εργασιών**

Επισυνάπτεται αρχείο διαγράμματος Gant

## Λογισμικό

Για τις ανάγκες σχεδιασμού των μηχανισμών του ποδηλάτου και του ηλεκτρικού διαγράμματος θα κάνουμε χρήση του Siemens NX 10

Για τις ανάγκες δοκιμών με πεπερασμένα στοιχεία θα κάνουμε χρήση του pre-processor

Siemens NX για τα συνεργαζόμενα σε συνδυασμό με την μηχανή πεπερασμένων στοιχείων Ansys για τα μεμονωμένα μέρη.

Για τον σχεδιασμό των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων θα κάνουμε χρήση του προγράμματος Multisim και τα σχέδια της πλακέτας με το Utiboard ενώ το λογισμικό θα το δημιουργήσουμε με το NI LabVIEW

Οι πειραματικές δοκιμές

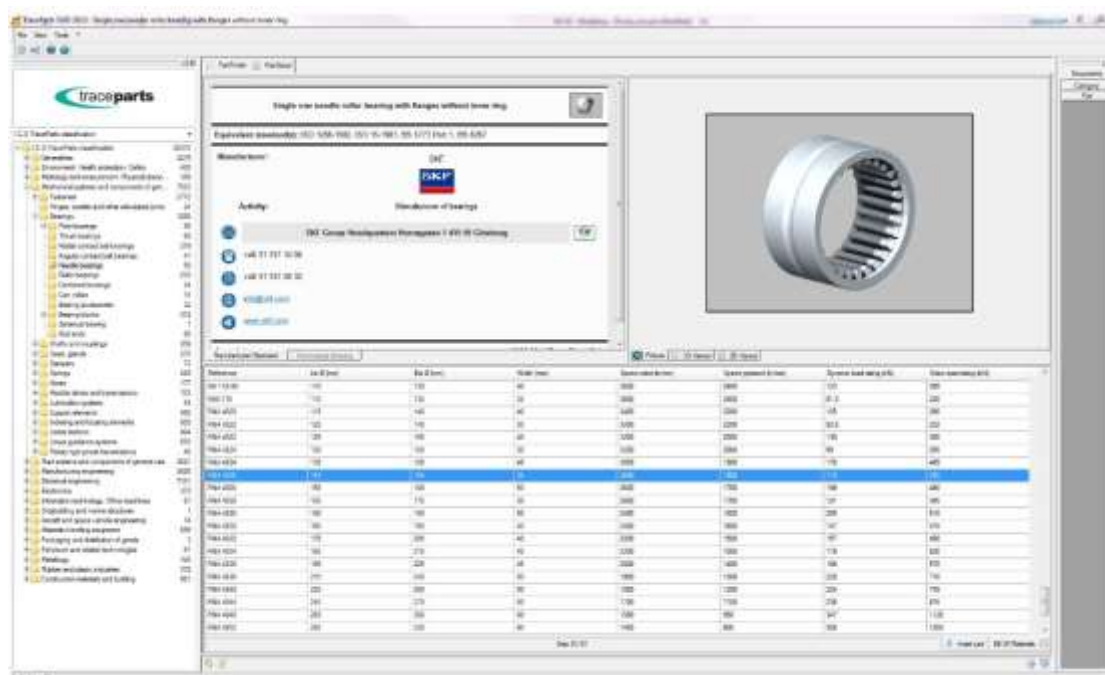
Οι μαθηματικοί υπολογισμοί και πράξεις με πίνακες θα γίνουν με την βοήθεια του Mat lab και η απεικόνισή του με το Simulink και του συστήματος με την χρήση της γλώσσας Modelica από την υλοποίηση του Maplesim

LMS Imaginelab Amesim

Το περιβάλλον εργασίας του μενού του ποδηλάτου θα το δημιουργήσουμε με την βοήθεια του Microsoft Visual studio 2013

Για την δημιουργία των απεικονίσεων θα κάνουμε χρήση του Corel Draw X7

Εδώ θα θέλαμε να αναφέρουμε ότι σε οποιοδήποτε σημείο της εργασίας μας όπως ονόματα μεταβλητών κτλ., κάνουμε χρήση της Αγγλικής είναι για να αποφύγουμε ασυμβατότητες και προβλήματα του λογισμικού με την Ελληνική γλώσσα.



Εικόνα 1.2 Απεικόνιση του περιβάλλοντος εργασίας του προγράμματος Tracerparts για την αναζήτηση ανταλλακτικών με τρισδιάστατο μοντέλο από επίσημους καταλόγους κατασκευαστών. Η εικόνα δείχνει την επιλογή ενός βελονοειδούς εδράνου κύλισης από τον κατάλογο της SKF.

## Πηγές άντλησης δεδομένων και πληροφοριών

Πηγές για πρότυπα

Πηγές για νομοθεσία

Πηγές για τυποποιημένα προϊόντα



Πηγές για πληροφορίες υλικών

Βιβλιοθήκη σχεδίων

[www.traceparts.com](http://www.traceparts.com)

Κατάλογοι προμηθευτών

[www.traceparts.com](http://www.traceparts.com)

## Στάδιο 0 Γένεση ιδέας

Το αρχικό στάδιο μελέτης και ανάπτυξης ενός νέου προϊόντος, ξεκινάει από την γέννηση και εξερεύνηση της αρχικής ιδέας. Η αρχική ιδέα θα πρέπει να είναι σε θέση να περιγράψει σύντομα την ανάγκη την οποία έχει ανακαλύψει και με πιο τρόπο πρόκειται να την καλύψει. Η γέννηση νέων ιδεών γίνεται είτε λόγω τυχαίας σύλληψης είτε μέσω κάποιας οργανωμένης διαδικασίας αναζήτησης. Ο ρόλος μας είναι από την στιγμή της σύλληψης της ιδέας να την αναλύσουμε, να την αναπτύξουμε και τελικά να την αξιολογήσουμε εάν είναι ικανή για να προχωρήσουμε στην υλοποίησή της.

## Έρευνα Marketing για τα χαρακτηριστικά του προϊόντος

Κάθε τύπος οχήματος αναλόγως της χρήσης του (αυτοκίνητα πόλης, спор οχήματα, φορτηγά, πλοία, μαχητικά αεροσκάφη κτλ.) έχει διαφορετικές ανάγκες και διαφορετικές αναλογίες αποθηκευμένης ενέργειας, βάρους και παρεχόμενης ισχύος. Όσο μεγαλύτερες οι ανάγκες σε ισχύ

Τα οχήματα τα οποία είναι σχεδιασμένα για την μεταφορά φορτίων όπως φορτηγά, πλοία ή οχήματα υψηλών επιδόσεων και τα αεροσκάφη έχουν αυξημένες ανάγκες αποθήκευσης και κατανάλωσης ενέργειας με μικρό βάρος. Υπάρχουν όμως και οχήματα όπως τα επιβατικά πόλης τα οποία αντιπροσωπεύουν περίπου το ήμισυ της παγκόσμιας κατανάλωσης σε ενέργεια για μετακίνηση, τα οποία έχουν μεγαλύτερα περιθώρια επιλογών όσον αφορά το βάρος και την ισχύ και την εμβέλεια.

Στον παρακάτω πίνακα κάνουμε μια σύγκριση δύο τύπων οχημάτων πόλης.

Τύπος οχήματος	Βενζινοκίνητο δίκυκλο μικρής κατηγορίας 50cc	Ηλεκτροκίνητο ο δίκυκλο Ποδήλατο με μπαταρία λιθίου	Αυτοκίνητο πόλης 1600cc βενζίνης	Ηλεκτροκίνητο ο αυτοκίνητο πόλης (αντίστοιχης ισχύος)	Πειραματικό δίκυκλο με αποθήκευση μηχανικής ενέργειας (αντίστοιχης ισχύος του ηλεκτρικού)
Κατανομή βάρους για Πλαίσιο/ μηχανισμό αποθήκευσης/ μηχανισμό μετάδοσης/ μηχανισμό μετατροπής ενέργειας	60/5/10/25	65/15/5/15	45/5/15/35	40/50/5/5	45?/40?/5?/10?
Αναλογία βάρους οχήματος προς το βάρος					

μεταφερόμενου φορτίου					
Κατανομή κόστους κατασκευής Κόστος υλικών / Κόστος επεξεργασίας και συναρμολόγησης					
Τεχνογνωσία/ Εξοπλισμός					-/-
Ενέργεια που σπαταλάται για την παραγωγή του προϊόντος					
Ρύποι/ αναλώσιμα υλικά/ σπάνια υλικά / ανακυκλώσιμο					
Αποθηκευμένη ενέργεια					
Ισχύς εξόδου στον τροχό	3kW	0.250kW	70kW	70kW	0.250kW
Αναλογία κόστους κατασκευής ανά kW ισχύως Και κόστους κατασκευής ανά kW αποθηκευμένης ενέργειας					
Τελική ταχύτητα	60	25	160	160	25
Απόδοση	20%	90%	20%	85%	
Ειδική ενέργεια Περιλαμβάνει την ενέργεια του οχήματος προ το συνολικό βάρος του					
Ειδική ισχύς Περιλαμβάνει την ισχύ εξόδου στους τροχούς προς το συνολικό βάρος του					
Ειδικός όγκος Όγκος συνόλου μηχανισμών κίνησης και αποθήκευσης ενέργειας ανά μονάδα βάρους					
Αυτονομία	150km	80km			
Χρόνος φόρτισης					
Αξιοπιστία/ Μέση Διάρκεια ζωής					
Δυνατότητα απορόφησης της ενέργειας φρεναρίσματος					
Κατανάλωση ενέργειας σε κατάσταση ετοιμότητας					

Απώλειες ενέργειας από μακροχρόνια στάση					
Ασφάλεια					
Άλλα χαρακτηριστικά					
Συμπεράσματα					

Πίνακας 2.1 Σύγκριση χαρακτηριστικών μεταξύ οχημάτων πόλης με διαφορετικές τεχνολογίες.





Οι τιμές αφορούν μέσες τιμές και είναι κατά προσέγγιση αντιπροσωπεύοντας τον μέσο όρο των κατηγοριών. Σκοπός μας είναι να λάβουμε μια συγκριτική εκτίμηση των μεγεθών.

### Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω εκτιμάμε ότι με την μηχανική μέθοδο αποθήκευσης ενέργειας έχουμε μεγαλύτερα περιθώρια για το βάρος το κόστος και την χωρητικότητα του οχήματός μας γιατί τα οποία θα μελετήσουμε στην συνέχεια της μελέτης μας.

## Καθορισμός αρχικών προδιαγραφών, μελέτη Marketing

### Μελέτη ανταγωνισμού

Κατασκευαστής / Μοντέλο	Haibike / Xduro FS RX 27.5"	Volton / Alation 500	Smart / E-bike	Kalkhoff / Tasman Tour C8 Premium
Εικόνα				
Τιμή €	4.500	2.000	2200	3.000
Τύπος πλαισίου	Forward / Trail, Mountain	Forward / Urban, Trail		Upright / Commuting, Urban
Εμφάνιση/ χαρακτηριστικά	Σπορ	Υβριδικό πόλης - σπορ	Υβριδικό πόλης - σπορ	Πόλης
Κλάση υποβοήθησης	Pedal Assist (Class 1)	Throttle on Demand (Class 2)	Class 3: Speed Pedelec	Pedal Assist (Class 1)
Εγγύηση	5 Year Frame, 2 Year Motor and Battery	1 Year Frame, Motor, Battery and Electronics	at least 80% residual capacity over 2 years and 500 full cycles guaranteed	3 Year Frame, 2 Year Motor and Battery
Θέση στην αγορά (παγκόσμια)	1ο σε πωλήσεις στην κατηγορία του	1ο σε πωλήσεις στην κατηγορία του	2ο σε πωλήσεις στην κατηγορία του	1ο σε πωλήσεις στην κατηγορία του
Αγορά κυκλοφορίας	Ευρώπη, ΗΠΑ	Ευρώπη, ΗΠΑ	Ευρώπη, ΗΠΑ	Ευρώπη, ΗΠΑ
Έτος παρουσίασης	2014	2014	2014	2014
Αξιολογήσεις	10/10	9.5/10	9.3/10	10/10
Τύπος κινητήρα / ισχύς	Mid-Mounted Geared Motor / 350 watt / 550 watt	Rear-Mounted Geared Hub / 500 watt	brushless BionX electric rear-wheel hub motor/ 250 W nominal*	Mid-Mounted Geared Motor / 250 watt

Εταιρία κατασκευής κινητήρα/ροπή	Bosch Gen 2 with Shift Detection / 60 Newton meters	Suzhou/ -	brushless BionX electric rear-wheel hub motor/ 35 Nm	Impulse / 40 Newton meters
Μπαταρία	36 volt / 11 ah / 396 wh	48 volt / 11 ah / 528 wh	423 Wh / 48 V	36 volt / 11 ah / 396 wh
Κατασκευαστής μπαταρίας/τύπος	Samsung / Lithium-ion	Samsung / Lithium-ion	-	Impulse / Lithium-ion
Εκτιμώμενος Χρόνος φόρτισης/εμβέλεια	3.5 hrs / 35 to 65 miles (56.33 to 104.61 kilometers)	4 hrs / 35 to 45 miles (56.33 to 72.42 kilometers)	(0–100%) approx. 5 hours (20–80%) approx. 3 hours	4 hrs / 50 to 70 miles (80.47 to 112.65 kilometers)
Οθόνη/ενδείξεις	Bosch Intuvia, Removable Backlit Grayscale LCD / Speed, 4 Assist Levels, Battery Voltage, Odometer, Estimated Range, Clock, Max Speed, Average Speed, Trip Time / Independent Button Pad with Tactile Button Feedback	J-LCD King Meter / Speed, Odometer, Battery Capacity, Assist Level / Independent Button Pad	BionX	LED Console / 3 Levels of Assist and Walk Mode, Battery Level
Επιλογές οδήγησης/μέγιστη ταχύτητα	Advanced Pedal Assist (Combined Torque, Cadence and Speed Measured 1,000 Times Per Second), (Eco 50%, Tour 120%, Sport 190%, Turbo 275%) / 20 mph (32.19 km/hour)	Cadence Sensing Pedal Assist, Twist Throttle / 20 mph (32.19 km/hour)	SRAM I-Motion 3 (integrated 3-speed hub gear system)/ 50 km/hr	Torque Sensing Pedal Assist / 20 mph (32.19 km/hour) (15 mph in Europe)
Βάρος κινητήρα	3.99 kg	-	-	-
Βάρος μπαταρίας	2.49 kg	-	3.3kg	-
Συνολικό βάρος	21.77 kg	24.04 kg	26.1kg	21.77 kg
Τύποι πλαisiού/Μεγέθη	Mid-Step / 15.74 in (39.98 cm), 17.71 in (44.98 cm), 19.68 in (49.99 cm), 21.65 in (54.99 cm)	High-Step / 20 in (50.8 cm)	Medioum	Step-Thru / 17.71 in (44.98 cm), 19.68 in (49.99 cm), 21.65 in (54.99 cm)
Υλικό πλαisiού/Χρωματικές επιλογές	Aluminum 6061, Tour, 4-Bar Linkage System, Gravity Casting Interface, Hydroformed Tubes / Black with White and Neon Blue Accents, Black with Neon Yellow and White Accents	Hydro-Formed 6061 Aluminum Alloy / White, Black with Red Accents	Aluminium	Aluminum Alloy
Μπροστινό πηρούνι	Rock Shox Reba SL Tapered, Poploc, Air Suspension with	SR Suntour XCR Suspension with Lockout	Smart design	Verso III Magnesium TNL Suspension Fork

	Damping, 120 mm Travel, 15 mm Thru Axle / Fox CTD LV, 120 mm Frame Travel, 142/ 12 mm Axle			
Μετάδοση	Αλυσίδα	Αλυσίδα	Ιμάντας Gates carbon toothed belt 118 T Belt pulley – front: Gates CDC 50T Belt pulley – rear: Gates CDC 22T	Αλυσίδα
Ταχύτητες / Επιλογέας	10 Speed 1x10 SRAM Shadow Plus, 11-36T / Shimano SLX M 670, Rapidfire, I-Spec on Right Bar	7 Speed 1x7 Shimano Acera, 44T / Shimano SIS Index on Right Bar	SRAM I-Motion 3 (integrated 3-speed hub gear system)	8 Speed 1x8 Shimano Nexus Premium, Internally Geared Hub / Grip Twist on Right Bar
Υποδοχές	-	-	-	Rear Rack Bosses, Fender Bosses
Πεντάλ	-	Wellgo Aluminum Alloy Platform	Ergon PC2	-
Ζάντες/ ακτίνες	XLC EVO Disc / DT Swiss Industry 2.0 mm	Mid-V Aluminum Alloy Double Walled / Heavy Gauge	-	Concept with Eyelets
Βάση τιμονιού/χειρολαβές	XLC Sport with Locking Rings	-/Dual Density	smart design /Ergon GP1 / smart design	Transx Threaded, Adjustable / Humbert Stuttgarter
Φρένα	Shimano M615 Hydraulic Disc, 203 mm Front Rotor and 180 mm Rear Rotor	Tektro Novella Mechanical Disc with 160 mm Rotors and Integrated Motor Cut-Off	Magura MT4, hydraulic disc brakes, ø 180 mm, with recuperation function	Magura HS11 Hydraulic Rim Brakes
Σέλα/σωλήνας σέλας	Xduro Light MTB / Xduro Aluminum	Velo Comfort / Truvativ	smart design	Selle Royal Freedom, Gel / Integrated Shock Absorber
Ελαστικά/Τροχοί	Schwalbe Nobby Nic Performance, 27.5" x 2.25" / 27.5 in (69.85 cm) / Foldable	Kenda, 26" x 2" / 26 in (66.04 cm) / Puncture Resistant	Continental EcoContact Plus, 26" X 1.75"	Continental Eco Contact Plus, 700c / 28 in (71.12 cm)
Λοιπά χαρακτηριστικά και επιπρόσθετος εξοπλισμός	Winner of the 2014 Interbike E-Bike of the Year Award	Bell on Right Bar, Front and rear Plastic Polymer Fenders, Front and Rear LED Lights / Oversized Headset for Improved Strength, Multi-Tool Included for Assembly, Free Shipping, Novatec Alloy MTB Hubs	Βραβείο καλύτερου σχεδίου ISA Awards 2014	Chain Guard, Shimano Dynamo Hub Powering Front and Rear Busch and Muller Lyt LED Lights, SKS Chromoplastic Fenders, Kalkhoff Bolt on Aluminum Carry Rack with Pannier Blockers, Kickstand

Πίνακας 2.2 Πίνακας σύγκρισης ανταγωνιστικών προϊόντων

\*Τα τεχνικά στοιχεία και οι τιμές έχουν ληφθεί από τους κατασκευαστές.

\*\*Η μελέτη marketing προδιαγραφών και ανταγωνισμού είναι απλοποιημένη για της ανάγκες της εργασίας μας και ενδεικτική. Η πραγματική μέθοδος ανάλυσης για χρήση σε εταιρίες διαφέρει και είναι εκτός του σκοπού της εργασίας μας.

### Συγκριτική μελέτη και αξιολόγηση μέσω αποθήκευσης ενέργειας

Επιλογή μεθόδων αποθήκευσης ενέργειας για χρήση σε οχήματα.

Ιδιότητα - χαρακτηριστικό	Ποσότητα	Μονάδα μέτρησης	Βαρύτητα
<b>Ειδικά χαρακτηριστικά</b>			
Αποθηκευόμενη ενέργεια ανά μονάδα βάρους Specific energy		Mj/kg	
Πυκνότητα ενέργειας Energy Density		Mj/L	
Ειδική ισχύς		W/kg	
Κόστος κατασκευής ανά κιλοβατώρα		Wh/US\$	
<b>Γενικά χαρακτηριστικά</b>			
Διάρκεια ζωής Σε κύκλους φόρτισης Σε χρόνια ζωής			
Απώλειες ενέργειας ανά το έτος (Ικανότητα διατήρησης ενέργειας στον χρόνο)			
Ασφαλή λειτουργία			
Ασφαλής αποθήκευση			
Δυνατότητα λειτουργίας σε εύρος θερμοκρασιών -20 c° έως +70 c°			
Βαθμός απόδοσης φόρτισης - αποφόρτισης		%	
Χρόνος φόρτισης ταχύτητα φόρτισης Για 100% πλήρη φόρτιση	3-8 ώρες		
Ποιότητα απόδοσης ισχύος %Απόκλιση Τύπος απόκλισης γραμμικός ή μη Συχνότητα απόκλισης Κλίση ροπής παροχής μειούμενη ή σταθερή α Κλίση ισχύος παροχής μειούμενη ή σταθερή α		Σταθερή Μειούμενη Κυμαινόμενη	
Δυνατότητα διαμόρφωσης τελικού σχήματος (όγκος)		Καλή/μέτρια /περιορισμένη	
Δυνατότητα υπολογισμού εναπομένουσας ενέργειας			

Πίνακας 2.3 πίνακας προδιαγραφών για μπαταρίες οχημάτων

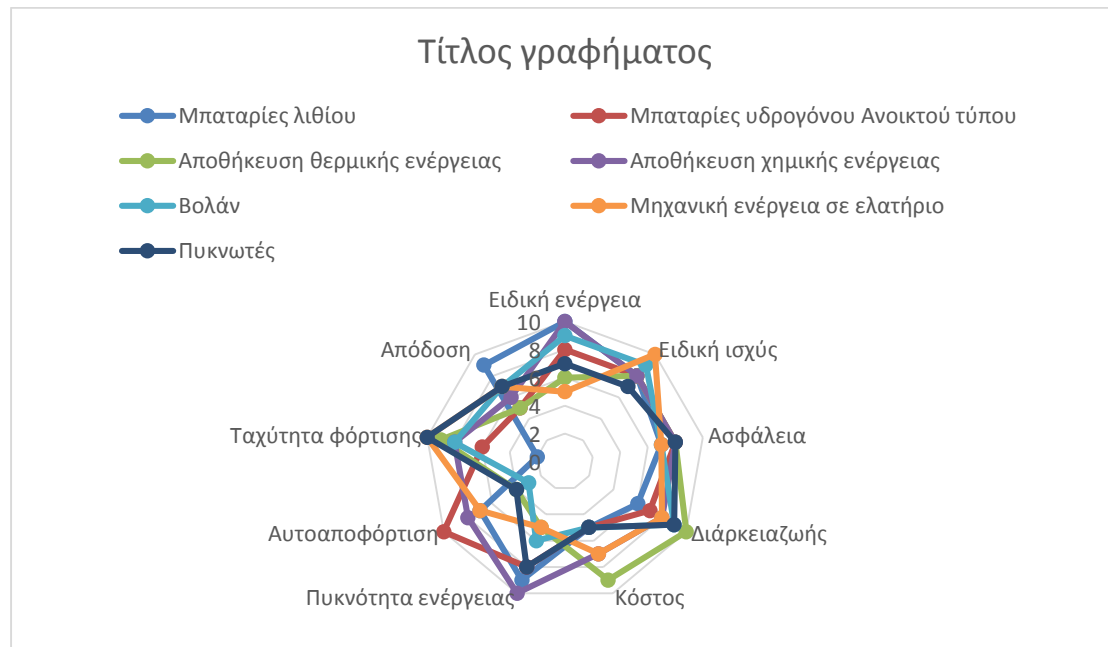
Η σειρά των ιδιοτήτων θα μπει ανάλογα με την βαρύτητα τους , σημασία τους

Να εξηγήσω ένα - ένα τα χαρακτηριστικά και την σημασία τους

- η αποθηκευόμενη ενέργεια ανά μονάδα βάρους

- Και το κόστος κτήσης ανά κιλοβατώρα
- Η διάρκεια ζωής

Διάγραμμα αστέρα Για τα επιθυμητά χαρακτηριστικά της μπαταρίας



Εικόνα 2.1 Διάγραμμα σύγκρισης χαρακτηριστικών διαφορετικών τεχνολογιών

	Μπαταρίες λιθίου	Μπαταρίες υδρογόνου Ανοικτού τύπου	Αποθήκευση θερμικής ενέργειας	Αποθήκευση χημικής ενέργειας	Βολάν	Μηχανική ενέργεια σε ελατήριο	Πυκνωτές
Ειδική ενέργεια	10	8	6	10	9	5	7
Ειδική ισχύς	8	8	8	8	9	10	7
Ασφάλεια	7	8	8	8	7	7	8
Διάρκεια ζωής	6	7	10	8	9	8	9
Κόστος	5	5	9	7	5	7	5
Πυκνότητα ενέργειας	9	8	5	10	6	5	8
Αυτοαποφόρτιση	7	10	4	8	3	7	4
Ταχύτητα φόρτισης	2	6	9	8	8	10	10
Απόδοση	9	5	5	6	7	7	7
Σύνολο	63	65	64	73	63	66	65

Πίνακας 2.4 Αξιολόγηση χαρακτηριστικών διαφορετικών τεχνολογιών (1 για χειρότερο 10 για καλύτερο)

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι οι μπαταρίες λιθίου αποτελούν την πρώτη επιλογή για τους κατασκευαστές γιατί διαθέτουν την μεγαλύτερη ειδική ενέργεια και την μεγαλύτερη απόδοση σε σχέση με τις άλλες μεθόδους. Παρόλα αυτά παρατηρούμε ότι η μέθοδος αποθήκευσης μηχανικής και χημικής ενέργειας έχουν συνολικά καλύτερη αξιολόγηση για τον λόγο ότι φορτίζουν πολύ ταχύτερα και έχουν σχετικά χαμηλότερο κόστος και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Αυτό μας προωθεί

στο να μελετήσουμε καλύτερα τις εναλλακτικές αυτές λύσεις. (Τα στοιχεία για την αποθήκευση για την χημική και μηχανική ενέργεια είναι προσεγγιστικά και λαμβάνονται από υπολογισμούς και μελέτη στα παρακάτω κεφάλαια.)

## Ειδική ενέργεια

Για να είμαστε όμως πιο αντικειμενικοί στην σύγκρισή μας επειδή μιλάμε για οχήματα τα οποία σαν έξοδο θέλουν κινητική ενέργεια θα πρέπει να συγκρίνουμε την απόδοση διαιρώντας με το βάρος του κινητήρα και του κιβωτίου ταχυτήτων αφού ανάλογα την λύση σε άλλες περιπτώσεις έχουμε συνολικά βα..... (Ειδική συνολική ενέργεια ανά kg)

### Σημείωση

Λόγω του ότι οι πραγματικές αποδόσεις είναι πολύ διαφορετικές από τις θεωρητικές αναλόγως των συνθηκών και της υλοποίησης δεν έχει νόημα να κάνουμε αναλυτική περιγραφή για την σύγκριση αλλά μόνο μια εμπειρική σύγκριση με τις σημερινές τεχνολογίες έτσι ώστε να αποκτήσουμε ένα μέτρο σύγκρισης.

### Αξιολόγηση και ταξινόμηση χαρακτηριστικών και κρίσιμα χαρακτηριστικά

Πίνακας αξιολόγησης χαρακτηριστικών

Χαρακτηριστικό		

### Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω βλέπουμε ότι είναι ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας για τους πελάτες η ταχύτητα φόρτισης του οχήματος η οποία συμβάλει στην ευκολία χρήση, η ευκολία ανεύρεσης σταθμού φόρτισης, το κόστος του, το κόστος χρήσης, η αξιοπιστία, και σε δεύτερο βαθμό οι επιδόσεις και η αυτονομία. Επίσης για την απόφαση επιλογής αγοράς σημαντικό ρόλο παίζουν η εμφάνιση του προϊόντος.

### Αναθεωρημένος πίνακας προδιαγραφών για το όχημά μας.


### Παρατηρήσεις Συμπεράσματα

Όπως παρατηρήσαμε από τον πίνακα χ.χ κάνοντας σύγκριση μεταξύ των εναλλακτικών μεθόδων αποθήκευσης ενέργειας, τα κριτήρια για τα χαρακτηριστικά της κάθε μεθόδου δεν είναι ίδια αλλά χρειάζεται ένας αναλογικός υπολογισμός βάσει του τελικού αποτελέσματος (normalization to function) για να έχουμε ένα πραγματικό αντικειμενικό μέτρο σύγκρισης.



Έτσι λοιπόν για την περίπτωση των μπαταριών με ελατήρια

Παρατηρούμε ότι με την μέθοδο αποθήκευσης σε ελατήρια τα κριτήρια του κόστους και του βάρους είναι πιο ελαστικά σε σχέση με εναλλακτικές μεθόδους γιατί δεν υπάρχει ανάγκη μηχανισμού μετατροπής (κινητήρα) το οποίο μας οδηγεί σε αυξημένα όρια κόστους παραγωγής/kwh και βάρους/kWh για χρήση σε οχήματα πόλης. Δύο άλλα πλεονεκτήματα είναι η άμεση εκκίνηση και οι ελάχιστες απαιτήσεις και η μεγάλη απόδοση για την ανάκτηση της ενέργειας φρεναρίσματος.

## Θεωρία αποθήκευση ενέργειας στην ύλη είδη ενέργειας

Είδη ενέργειας και δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας τύπος όλα σε πίνακα και περιγραφές υλοποιήσεις δυνατότητες

Πίνακας ενέργειας σε κάθε επίπεδο ύλης μικροσκοπικά και μακροσκοπικά

Και αντιστοίχιση με το αντίστοιχο είδος ενέργειας

Σύγκριση μεγέθους αποθήκευσης ενέργειας Σε σχέση με καύσιμα και πυρηνική ενέργεια και αναλώσιμα καύσιμα

## Θεωρητική σύγκριση ειδών ενέργειας και μεθόδων αποθήκευσης

Κάνοντας μια αναζήτηση εναλλακτικών μεθόδων αποθήκευσης ενέργειας, παρακάτω θα κάνουμε μια λίστα των ειδών ενέργειας και των αντίστοιχων υλοποιήσεών τους.

Πίνακας ειδών ενέργειας

Είδος ενέργειας	Υλοποίηση για αποθήκευση ενέργειας	Γενικά στοιχεία	Γενικά χαρακτηριστικά
Θερμική ενέργεια			
Χημική ενέργεια			
Χημική θερμική ενέργεια			
Ηλεκτρική ενέργεια	Κάνοντας χρήση πυκνωτών μεγάλης χωρητικότητας		
<b>Χημική ηλεκτρική</b>	Η ευρύτερα αναπτυσσόμενη ερευνώμενη και χρησιμοποιούμενη μέθοδος από όλες τις άλλες		
<b>Μαγνητική ενέργεια</b>	Η αποθήκευση μαγνητικών πεδίων έχει μελετηθεί για την αποθήκευση ενέργειας		
Ελαστική μηχανική ενέργεια			
Δυναμική ενέργεια	Η δυναμική ενέργεια είναι η ενέργεια που κατέχει ένα αντικείμενο λόγω της θέσης του σε ένα πεδίο δυνάμεων. Ένα τέτοιο		

	<p>πεδίο μπορεί να είναι το βαρυτικό όπου η δυναμική ενέργεια υπολογίζεται από την κάθετη απόσταση επί την μάζα. Άλλα πεδία είναι η ελαστική δυναμική ενέργεια που συναντάμε στα ελατήρια και η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια ενός ηλεκτρικού πεδίου. Θεωρητικά η μέση μοριακή ελαστική ενέργεια υπολογίζεται στο 1Mj/kg. Παρακάτω θα μελετήσουμε την ελαστική ενέργεια και κατά πόσο μπορούμε να αποθηκεύσουμε ενέργεια κάνοντας χρήση των ελαστικών ιδιοτήτων των σωμάτων.</p>		
Κινητική ενέργεια	<p>Κινητική ενέργεια είναι η ενέργεια που αποδίδουμε σε ένα σώμα για να το θέσουμε σε κίνηση. Η κινητική ενέργεια αποθηκεύεται μέσα στην μάζα του κινούμενου σώματος. Στην κλασική μηχανική η κινητική ενέργεια ενός ευθύγραμμου κινούμενου σώματος ισούται με το μισό της μάζας επί το τετράγωνο της ταχύτητας <math>E_k = \frac{1}{2} mu^2</math> . Η κινητική ενέργεια υπάρχει σε όλα τα επίπεδα της ύλης, μικροσκοπικά και μακροσκοπικά. Την μικροσκοπική κινητική ενέργεια την μελετάνε οι επιστήμες της στατιστικής θερμοδυναμικής και της φυσικής και δεν είναι επί του θέματός μας.</p>		
Πυρηνική ενέργεια	<p>Μέχρι σήμερα δεν έχει αναφερθεί μέθοδος για να αποθηκεύουμε πυρηνική ενέργεια. Όλες οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σήμερα καταναλώνουν πόρους Έχει μελετηθεί διεξοδικά στο παρελθόν αλλά λόγω των πολλών προβλημάτων</p>		

	<p>που περιείχε όπως η ασφάλεια, η ρύπανση από τα απόβλητα, το κόστος αλλά και το μέγεθος του αντιδραστήρα δεν επιτρέπουν την χρήση του σε οχήματα. Μια εναλλακτική οδός ερευνάται κάνοντας χρήση αντιδραστήρων χαμηλής θερμοκρασίας όπως οι γεννήτριες ραδιοϊσοτόπων ή τρίτου χωρίς όμως μέχρι τώρα ικανοποιητικά αποτελέσματα ως προς την απόδοση περίπου 5%, το κόστος αλλά και οι μεγάλες θερμικές απώλειες από την συνεχή λειτουργία του αντιδραστήρα με απόρριψη της θερμότητας όταν το όχημα δεν λειτουργεί, δημιουργώντας έτσι περιβαλλοντικά προβλήματα που το καθιστούν ακατάλληλη λύση. Μέχρι και το 2014 ο μικρότερος γνωστός αντιδραστήρας είναι ο Ρωσικός ELENA με ισχύ 68 kWe.</p>		
<b>Υβριδικές λύσεις και συνδυασμοί</b>	<p>Πολλοί είναι οι συνδυασμοί που μπορούν να γίνουν για τα διάφορα είδη ενέργειας των μεθόδων και των συστημάτων, με ενδιαφέροντα αποτελέσματα κάθε φορά. Σε αυτή την μελέτη, όπως αναφέρει και ο τίτλος της, θα προτιμήσουμε να αφιερωθούμε στην εξερεύνηση των δυνατοτήτων αποθήκευσης μηχανικής ενέργειας.</p>		

Πίνακας 2.4 Σύγκριση ειδών ενέργειας και μεθόδων αποθήκευσης

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι μέχρι σήμερα δεν έχουμε καταφέρει να αποθηκεύσουμε ενέργεια σε επίπεδο μικρότερο των ατομικών δεσμών με αντιστρεπτή και επαναλαμβανόμενη διαδικασία.

Από τις παραπάνω μεθόδους βεβαίως δεν ενδεικνύονται όλες για την αποθήκευση ενέργειας σε οχήματα. Παρακάτω θα εξετάσουμε κάθε μια από αυτές.

## Μηχανική ενέργεια

Η μηχανική ενέργεια αποτελείται από την κινητική και την δυναμική ενέργεια. Σε πολλά μηχανικά συστήματα αυτές οι δύο ενέργειες συνυπάρχουν και μετατρέπονται από την μια μορφή στην άλλη.

### Αποθήκευση κινητικής ενέργειας

Όπως είπαμε προηγουμένως κάθε σώμα το οποίο κινείται έχει αποθηκευμένο μέσα του κινητική ενέργεια. Υπάρχουν δύο είδη κίνησης η ευθύγραμμη και η περιστροφική. Όπως καταλαβαίνουμε για να αποθηκεύσουμε ενέργεια σε ένα σώμα το οποίο κινείται ευθύγραμμα είναι ασύμφορο αφού θα θέλαμε για τεράστια ευθύγραμμη διαδρομή για την κίνησή του. Η περιστροφική κίνηση όμως αποτελεί λύση. Για τον λόγο αυτό έχουν κατασκευαστεί τα βολάν (flywheels).

Για ένα αποδοτικό βολάν προσπαθούμε να αποθηκεύσουμε όσο περισσότερη ενέργεια μπορούμε ανά μονάδα βάρους. Όσο το βολάν επιταχύνει, αυξάνει την γωνιακή του ταχύτητα  $\omega$  και αποθηκεύει περισσότερη ενέργεια. Εάν το βολάν περιστραφεί με ταχύτητα της οποίας η φυγόκεντρος δύναμη είναι μεγαλύτερη της αντοχής του υλικού τότε το βολάν θα καταστραφεί. Το όριο λοιπόν για την μέγιστη αποθήκευση ενέργεια καθορίζεται από την αντοχή του υλικού.

Θέλοντας λοιπόν να υπολογίσουμε την μέγιστη ενέργεια που μπορούμε να αποθηκεύσουμε σε ένα βολάν, θα πρέπει να υπολογίσουμε αρχικά την φυγόκεντρο δύναμη και μετά το υλικό

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα βολάν σχήματος κυλινδρικού δίσκου ακτίνας  $R$  και πάχους  $t$ , περιστρεφόμενο με γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ . Η ενέργεια που αποθηκεύεται στο βολάν ισούται με:

$$U = \frac{1}{2} J \omega^2 \quad (\chi \cdot \chi \chi)$$

$$J = \left(\frac{\pi}{2}\right) \rho R^4 t$$

Όπου  $J$  είναι το κέντρο βάρους του δίσκου του βολάν και  $\rho$  η πυκνότητα του υλικού που είναι κατασκευασμένο.

## Αποθήκευση δυναμικής ενέργειας μέσω της ελαστικής παραμόρφωσης της ύλης.

Διαφόρων μορφών ελατήρια χρησιμοποιούνται εδώ και αιώνες για αποθήκευση ενέργειας.

Ανεξαρτήτως του μηχανισμού του σχεδιασμού και του τρόπου που αποθηκεύεται η ενέργεια σε οποιοδήποτε ελατήριο ή ελαστικό σώμα, το κοινό χαρακτηριστικό είναι ότι η ελαστική ενέργεια αποθηκεύεται στην ύλη. Για να αξιολογήσουμε λοιπόν εάν μια μέθοδος αποθήκευσης ενέργειας είναι κατάλληλη και ανταγωνιστική για την χρήση της σε αυτοκίνητα έχουμε πεί ότι είναι η αποθηκευόμενη ενέργεια ανά μονάδα βάρους.

Παρατήρηση

Παρότι τα ελατήρια λογίζονται σαν μηχανισμοί οι οποίοι αποθηκεύουν δυναμική ενέργεια και την παραδίδουν σαν κινητική στην πραγματικότητα στην λειτουργία τους συμπεριλαμβάνονται και θερμοδυναμικά φαινόμενα. Η θερμοδυναμική έχει στενή σχέση με την λειτουργία των ελατηρίων και τα θα θερμοδυναμικά φαινόμενα επιρεάζουν σημαντικά τα χαρακτηριστικά τους, όπως θα δούμε παρακάτω.

Υπολογισμός ενέργειας ελατηρίου

Ενέργεια=Σθένος\* μετατόπιση

Σημαντικό ρόλο έχει η δύναμη  $f$  η οποία ανάλογα με τον τύπο του ελατηρίου δεν παραμένει σταθερή κατά την εκτόνωση

Ευθύγραμμη εκτόνωση

$$U = \int f dx$$
$$U = \frac{1}{2} k * x * dx$$

Περιστρεφόμενη

$$U = \int T d\omega$$
$$U = T * d\omega$$

Υπολογισμός ενέργειας τροφοδοτούμενου ελατηρίου

Ενέργεια σε συμπίεση υγρά αέρια

Υλοποιήσεις για αποθήκευση ελαστικής ενέργειας

Υλη και κατάσταση

Αφού λοιπόν κύριος παράγοντας είναι η ύλη θα πρέπει αρχικά να εξετάσουμε την κατάστασή της. Τέσσερις είναι οι γνωστές καταστάσεις της ύλης, στερεό, υγρό, αέριο και πλάσμα. Το πλάσμα είναι μια ασταθής κατάσταση δύσκολα εκμεταλλεύσιμη για τις ιδιότητές της ακατάλληλη για την χρήση μας. Τα υγρά επίσης είναι σχεδόν ασυμπίεστα και αυτό τα κάνει επίσης ακατάλληλα για αποθήκευση ελαστικής ενέργειας. Πιθανόν στο μέλλον η τεχνολογία υλικών να μας αποκαλύψει και συμπίεσιμα συνθετικά υγρά ίσως με κάποιο μίγμα αερίων τα οποία να αξίζουν περεταίρω μελέτης.

**Αποθήκευση ενέργειας σε αέρια**

Υπάρχουν 2 τύποι συστημάτων εκπονούμενων αερίων:

Τα ανοικτά και τα κλειστά συστήματα

Τα κλειστά συστήματα περιλαμβάνουν δεξαμενές όπου φυλάσσεται το εκτονωμένο αέριο οι οποίες καταλαμβάνουν πολύ επιπλέον χώρο λόγω του πολύ μεγάλου όγκου εκτόνωσης και προσθέτουν στην κατασκευή επιπλέον βάρος και κόστος.

Το δεύτερο μειονέκτημα τους είναι ότι η διαφορά πίεσης είναι περιορισμένη και συνήθως μικρότερη από την διαφορά πίεσης στα ανοικτά συστήματα

Αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα την χαμηλή απόδοση συγκριτικά με άλλες λύσεις και καθιστούν αυτά τα συστήματα λιγότερο ελκυστικά

Στα ανοικτά συστήματα, το εκτονωμένο αέριο αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα, κάτι που σημαίνει ότι περιοριζόμαστε δραματικά στην επιλογή και χρήση των αερίων που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε από την άποψη της περιβαλλοντικής μόλυνσης και του κόστους. Τα αέρια έχουν πολύ μικρή ειδική ενέργεια και ακόμα και σε ακραίες πιέσεις δεν είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστικά σε σχέση με τα σημερινά αυτοκίνητα βενζίνης όσον αφορά την αυτονομία. Για παράδειγμα, αέρας πεπιεσμένος σε φιάλη ανθρακονημάτων στα 30 MPa περιέχει περίπου 0.5Mj/kg σαν καθαρό υλικό χωρίς να συμπεριλάβουμε το βάρος της φιάλης, όταν μια μπαταρία λιθίου έχει 0,36-0,95 MJ/kg στην τελική της μορφή σαν μπαταρία. Ένα άλλο μεγάλο μειονέκτημα τους είναι οι μεγάλες θερμικές απώλειες ενέργειας κατά την συμπίεσή τους. Ακόμα και με συμπίεση πολλών σταδίων για να προσεγγίσουμε την ισόθερμη συμπίεση με εξειδικευμένα μηχανήματα δεν μπορούμε να έχουμε απόδοση μεγαλύτερη του 50%.

### **Αποθήκευση ενέργειας σε στερεά**

θα κάνουμε μια θεωρητική μελέτη για να δούμε της δυνατότητες της μεθόδου αυτής.

Έστω λοιπόν ότι έχουμε ένα ελατήριο το οποίο καταπονείται ομοιόμορφα.

Για να μην έχουμε μόνιμη παραμόρφωση του ελατηρίου η καταπόνηση θα πρέπει μην είναι μεγαλύτερη του ορίου της ελαστικής περιοχής  $\sigma < \sigma_f$ .

Είδη καταπόνησης

Τα στερεά ελατήρια ανεξαρτήτως του σχήματός τους μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες καταπόνησης. Ελατήρια με εφελκιστικό ή θλιπτικό φορτίο, ελατήρια καταπονούμενα σε κάμψη και ελατήρια καταπονούμενα σε στρέψη.

Από τις τρεις παραπάνω καταπονήσεις ο εφελκυσμός παρουσιάζει την μεγαλύτερη πυκνότητα ενέργειας γιατί στις άλλες δύο περιπτώσεις καταπονήσεων ( κάμψη και στρέψη) το υλικό δεν φορτίζεται κατά το μέγιστο σε όλο τον όγκο του.

Στην τριαξονική καταπόνηση μόνο τα φαινόμενα της συμπίεση ή της υποπίεσης εμφανίζονται.

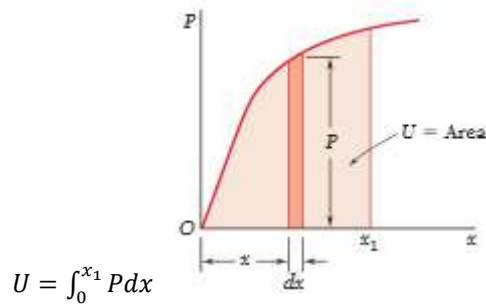
Ενέργεια ελαστικής καταπόνησης

Ανάλογα τον αριθμό των αξόνων στον χώρο που γίνεται η καταπόνηση μονοαξονική, δυαξονική, τριαξονική έχουμε:

Για μονοαξονική καταπόνηση

Ενέργεια εφελκυσμού

Η ενέργεια εφελκυσμού υπολογίζεται από το εμβαδό που σχηματίζεται



Εικόνα 2.1 διάγραμμα που εμφανίζει τον τρόπο υπολογισμού της ενέργειας

### Ενέργεια παραμόρφωσης για τριαξονική καταπόνηση

Προηγουμένως αναφερθήκαμε στην εφελκυστική ενέργεια σωμάτων στην κατάσταση μονοαξονικής καταπόνησης. Στην περίπτωση της τριαξονικής καταπόνησης ενός σώματος για να υπολογίσουμε την αποθηκευόμενη ενέργεια σε ένα σώμα χρειαζόμαστε έξι μεταβλητές  $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  για την δύναμη στον κάθε άξονα και  $\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$  για τον καθορισμό των ροπών σε κάθε άξονα.

Στην περίπτωση της ελαστικής παραμόρφωσης ενός ισότροπου σώματος, εάν κάθε μια από τις έξι σχέσεις δύναμης-επιμήκυνσης είναι γραμμικές τότε μπορούμε να εκφράσουμε την πυκνότητα ενέργειας με τον εξής τύπο:

$$u = \frac{1}{2}(\sigma_x \varepsilon_x + \sigma_y \varepsilon_y + \sigma_z \varepsilon_z + \tau_{xy} \gamma_{xy} + \tau_{yz} \gamma_{yz} + \tau_{zx} \gamma_{zx}) \quad (\text{N}\cdot\text{m})$$

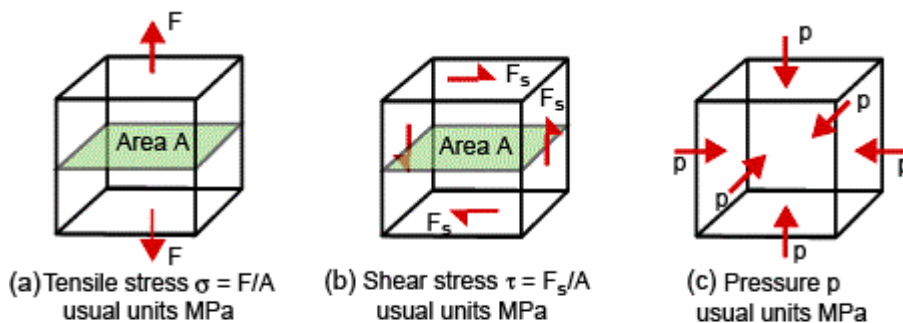


Figure 2. (a) Tensile stress. (b) Shear stress. (c) Hydrostatic pressure.

Εικόνα 2.2 Τα τρία είδη καταπόνησης σε στοιχειώδη μάζα εικόνα από βιβλίο Ashby Materials 2004

Η παραπάνω σχέση μπορεί να εκφραστεί και σε μια πιο γενική μορφή για την δύναμη παραμόρφωσης για ένα δεδομένο σημείο ενός ελαστικού ισότροπου σώματος.

$$u = \frac{1}{2E} [\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - 2\nu(\sigma_x \sigma_y + \sigma_y \sigma_z + \sigma_z \sigma_x)] + \frac{1}{2G} (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2) \quad (\text{N}\cdot\text{m})$$

Εάν οι άξονες υπολογισμού στο συγκεκριμένο σημείο συμπίπτουν με τους άξονες του σώματος τότε οι διαμητικές τάσεις μηδενίζονται απλοποιώντας την σχέση (χ.χ) στην

$$u = \frac{1}{2E} [\sigma_a^2 + \sigma_b^2 + \sigma_c^2 - 2\nu(\sigma_a \sigma_b + \sigma_b \sigma_c + \sigma_c \sigma_a)] \quad (\text{N}\cdot\text{m})$$

Όπου τα  $\sigma_a, \sigma_b$  και  $\sigma_c$  είναι οι βασικές δυνάμεις που εφαρμόζονται για το δεδομένο σημείο.

Σε αυτό το σημείο θα προσπαθήσουμε να διαχωρίσουμε την ενέργεια ανά όγκο του υλικού η οποία οφείλεται στην παραμόρφωση ή στην αλλαγή μορφής του υλικού. Με αυτό τον τρόπο θα διαχωρίσουμε την πυκνότητα ενέργειας εφελκυσμού  $u$  στο συγκεκριμένο σημείο σε δύο μέρη, ένα μέρος  $u_c$  το οποίο σχετίζεται με την αλλαγή του όγκου του υλικού (συμπύεση) και ένα μέρος το οποίο σχετίζεται με την αλλαγή της μορφής του  $u_d$  στο ίδιο σημείο. Έτσι έχουμε:

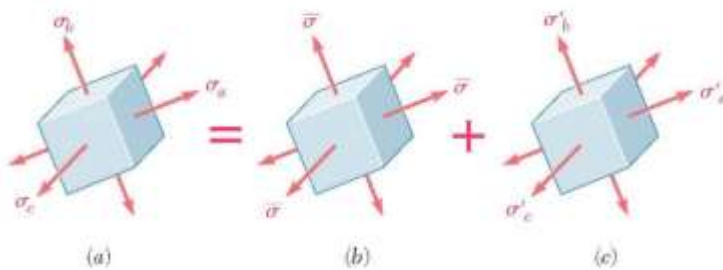
$$u = u_c + u_d(x,x)$$

Για να διευκολυνθούμε στην διατύπωσή μας θα εισάγουμε την μεταβλητή της μέσης δύναμης  $\bar{\sigma}$

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma_a + \sigma_b + \sigma_c}{3}(x,x)$$

και να θέσουμε

$$\sigma_a = \bar{\sigma} + \sigma'_a \quad \sigma_b = \bar{\sigma} + \sigma'_b \quad \sigma_c = \bar{\sigma} + \sigma'_c(x,x)$$



Εικόνα 2.3 Mechanics of Materials 6<sup>th</sup> ed. F.Beer McGraw-Hill 2012

Όπου, η κατάσταση της δύναμης μπορεί να υπολογιστεί από την προσθήκη των καταστάσεων b και c της εικόνας (χ.χ). Παρατηρούμε ότι η δύναμη που εφαρμόζεται στην εικόνα (χ.χb) τείνει να μεταβάλλει τον όγκο του υλικού αλλά όχι την μορφή του, αφού όλες οι επιφάνειες της στοιχειώδους μάζας καταπονούνται κάτω από την ίδια δύναμη  $\bar{\sigma}$ . Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι

$$\sigma'_a + \sigma'_b + \sigma'_c = 0(x,x)$$

Το οποίο μας δείχνει ότι κάποιες από τις δυνάμεις που φαίνονται στην εικόνα χ.χc είναι εφελκυστικές και κάποιες θλιπτικές. Η κατάσταση αυτή μας υποδυκνύει ότι οι δυνάμεις τείνουν να αλλάξουν την μορφή του αντικειμένου όχι όμως τον όγκο του.

Να δώ μήπως να τα βάλω στο δεύτερο στάδιο όπου γίνεται η ανάλυση.

Να κοιτάξω και να βάλω υπολογισμούς με πίνακες stress tensors για τον υπολογισμό ενέργειας.

Λόγω των εξιδικευμένων δεδομένων των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών για τον υπολογισμό των και επειδή δεν υπάρχουν διαθέσιμα σε καμία πηγή είμαστε αναγκασμένοι να προχωρήσουμε σε εργαστηριακές μετρήσεις.

Θερμοδυναμική να βάλω τους τύπους



Σε αντίθεση με τα στερεά τα οποία αντιστέκονται στην αλλαγή του σχήματός τους τα υγρά και τα αέρια έχουν σαν δύναμη επαναφοράς μόνο την δύναμη της συμπίεσης

Για τα υγρά η ενέργεια που αποθηκεύεται είναι

Για τα αέρια

Στην περίπτωση των αερίων βέβαια παρατηρούμε ότι περιλαμβάνονται και θερμοδυναμικά φαινόμενα τα οποία επιρεάζουν την τελική ποσότητα ενέργειας που παραλαμβάνουμε.

### **Παρατηρήσεις**

Την δυαξονική καταπόνηση μπορούμε εύκολα να την υπολογίσουμε από τον τύπο της τριαξονικής καταπόνησης εάν δεν θέσουμε δύναμη σε έναν από τους τρεις άξονες.

Η πλειοψηφία των ελατηρίων καταπονούν το σώμα σε ένα ή δύο άξονες. Η τριαξονική καταπόνηση στα στερεά όπως η συμπίεση των αερίων είναι δυσκολότερο να επιτευχθεί σχεδιαστικά.

Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

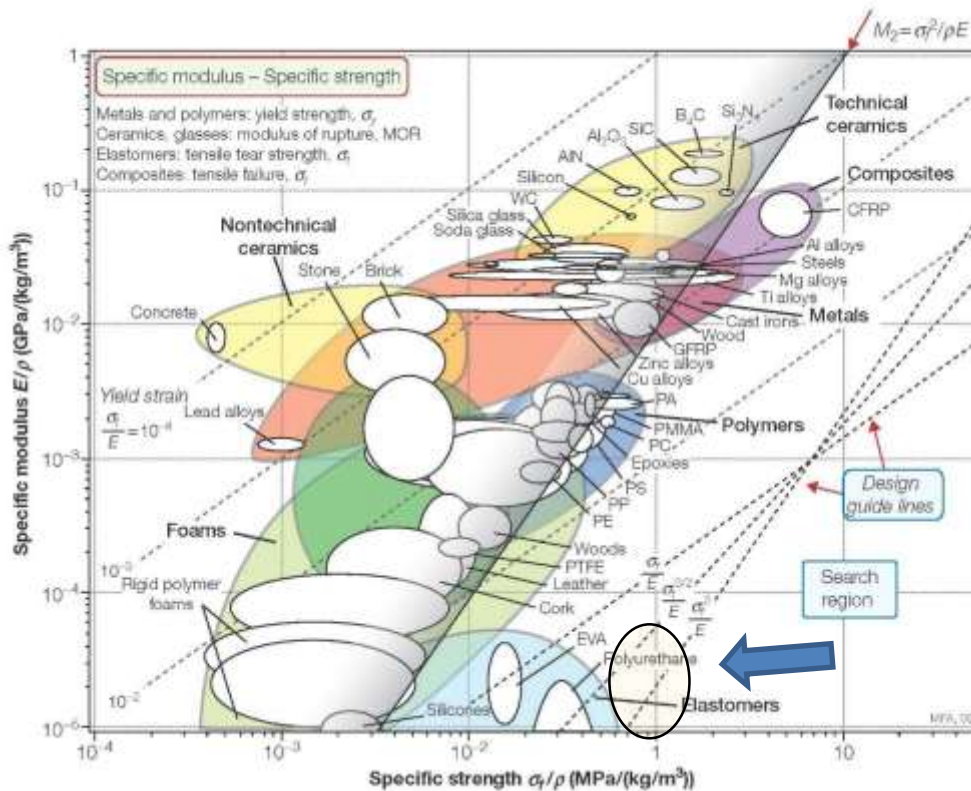
Όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη επαναφοράς τόσο μεγαλύτερη είναι η αποθηκευόμενη ενέργεια.

Όσο μεγαλύτερη είναι η επιμήκυνση τόσο μεγαλύτερη

Στην τριαξονική καταπόνηση μπορούμε να αποθηκεύσουμε μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας από την μονοαξονική.

Σε κάθε είδος από τα γνωστά μας ελατήρια ανεξαρτήτως σχεδιασμού μία είναι η κύρια καταπόνηση η οποία δέχονται, οι τυχόν άλλες είναι σημαντικά μικρότερες. Για λόγους απλότητας λοιπόν σαν αρχική εκτίμηση θα ψάξουμε να εντοπίσουμε

Έχοντας σαν κύριο κριτήριο την αποθηκευόμενη ενέργεια ανά μονάδα βάρους θέτουμε ότι:



Σχήμα 2.1 Διάγραμμα επιλογής υλικού κατασκευής ελατηρίου με κριτήριο επιλογής την ειδική ενέργεια Πηγή διαγράμματος υλικών Ashby materials εκδ. 2011

Από το διάγραμμά μας παρατηρούμε να ξεχωρίζουν τα εξής υλικά

Υλικό	Ειδική ενέργεια (kj/kg)	Σχόλια
Ti alloys	0,9-2,6	Καλύτερο από το ατσάλι αλλά ακριβό
CFRP	3,9-6,5	Καλύτερο από το ατσάλι αλλά ακριβό
GFRP	1,0-1,8	Καλύτερο από το ατσάλι λιγότερο ακριβό από το CFRP
Ατσάλι ελατηρίων	0,4-0,9	Μικρή απόδοση, λόγω της υψηλής πυκνότητας
Ξύλο	0,3-0,7	Για το μικρό του βάρος και κόστος είναι ένα κοινό υλικό για ελατήρια
Νάυλον	1,3-2,1	Μέτρια απόδοση, φτηνό, αλλά μεγάλες απώλειες*
Λάστιχο	18-45	Πολύ καλύτερη απόδοση από τις παραπάνω επιλογές αλλά με μεγάλες απώλειες *
Ελαστομερές πολυουρεθάνη	30-62	Η καλύτερη επιλογή, με 30 φορές περίπου περισσότερη απόδοση από την πλειοψηφία των ελατηρίων που κατασκευάζονται από ατσάλι, αλλά με μεγάλες απώλειες*

Πίνακας 2.5 Πίνακας σύγκρισης υλικών για ελατήριο

Τα παραπάνω αποτελέσματα μας δείχνουν ότι το κοινώς χρησιμοποιούμενο ατσάλι για ελατήρια δεν είναι η καλύτερη επιλογή λόγω κυρίως της πολύ μεγάλης πυκνότητάς του. Παρατηρούμε ότι ελαστομερή υλικά όπως το λάστιχο και η ελαστομερές πολυουρεθάνη έχουν σημαντικά καλύτερες αποδόσεις. \*Βεβαίως θα πρέπει να γίνει αναλυτικότερη μελέτη των υλικών αυτών για τις

προδιαγραφές λειτουργίας τους αφού για παράδειγμα τα πολυμερή όπως το ναύλον παρουσιάζουν προβλήματα ερπυσμού και δεν είναι κατάλληλα για χρήση σε συνεχή φόρτιση ενώ τα ελαστομερή έχουν μεγάλο βαθμό υστέρησης και μεγάλες απώλειες ενέργειας λόγω ότι η ελαστική συμπεριφορά τους οφείλεται στο φαινόμενο αλλαγής εντροπίας με αποτέλεσμα θερμικές απώλειες ενέργειας κατά την φόρτιση και αποφόρτιση όπως και για παράδειγμα όταν δονούνται πχ. στις λακκούβες του δρόμου.

Παρατηρώντας το διάγραμμα υλικών βλέπουμε ένα μεγάλο κενό στην πάνω αριστερή και στην κάτω δεξιά γωνία. Τα δύο αυτά κενά μας υποδηλώνουν ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμα υλικά με τον συγκεκριμένο συνδυασμό δυνατοτήτων. Αυτή είναι μια πρόκληση για την τεχνολογία υλικών να συμπληρώσει αυτά τα κενά με νέα υλικά. Στο κάτω αριστερό μέρος του διαγράμματος έχουμε δημιουργήσει ένα φανταστικό σύνολο (μπλε βέλος) στο οποίο δεν υπάρχουν υλικά με αυτές τις ιδιότητες μέχρι στιγμής. Ο λόγος που το τοποθετήσαμε είναι για να μελετήσουμε την δυνατότητα της αύξησης της ειδικής ελαστικής ενέργειας που μπορούμε να αποθηκεύσουμε σε υλικό σε περίπτωση που υπήρχε η δυνατότητα να δημιουργήσουμε υλικά με παρόμοιες δυνατότητες για την χρήση τους για αποθήκευση ενέργειας. Το σύνολο αυτό βρίσκεται πολύ κοντά στις ιδιότητες των ελαστομερών και των αφρών και πιθανόν να μπορούσαμε να δημιουργήσουμε ένα τέτοιο σύνθετο υλικό αλλά αυτό είναι κάτι που θα προσπαθήσουμε να μελετήσουμε στην συνέχεια. Σε αυτό το σημείο εάν κάνουμε μια προσέγγιση της αποθηκευόμενης ενέργειας αυτού του φανταστικού υλικού από το διάγραμμα μπορούμε να εκτιμήσουμε ότι έχουμε την δυνατότητα να αποθηκεύσουμε από 80 έως 350 kJ/kg. Εάν το υλικό μπορούσε να έχει χαμηλό κόστος θα μπορούσε να αποτελέσει πραγματικά μια δελεαστική πρόταση για την κατασκευή μπαταριών. Οι παραπάνω υπολογισμοί έγιναν κάνοντας χρήση μονοαξονικής καταπόνησης (πχ. εφελκυσμός στην ελαστική περιοχή).

Σκοπός των παραπάνω υπολογισμών ήταν να αποκτήσουμε μια γενική πρώτη εκτίμηση για να συγκρίνουμε τις μεθόδους αυτές. Οι παραπάνω υπολογισμοί είναι προσεγγιστικοί και μπορεί να διαφέρουν σημαντικά από τις πραγματικές υλοποιήσεις. Τα παραδείγματα είναι ιδιαίτερα απλοποιημένα χωρίς να περιλαμβάνουν τους παράγοντες του σχεδιασμού, τους συντελεστές ασφαλείας, τους μηχανισμούς που περιέχονται αυτά τα υλικά, βοηθητικοί μηχανισμοί κτλ. Οι ιδιότητες των υλικών είναι υπολογισμένες προσεγγιστικά κάνοντας χρήση ενός γενικού πίνακα υλικών.

### Σύγκριση αποθήκευσης ελαστικής ενέργειας με άλλες μεθόδους

Παρακάτω παραθέτουμε ένα συγκριτικό πίνακα για συγκρίνουμε τις δημοφιλέστερες μεθόδους αποθήκευσης ενέργειας.

	Ειδική ενέργεια (kJ/kg)	Σχόλια
Βενζίνη	20,000	Παρότι έχουμε μακράν μεγαλύτερη συγκέντρωση ενέργειας, τα καύσιμα είναι ένα αναλώσιμο περιορισμένο υλικό, ενώ έχουμε και το μειονέκτημα ότι ανακτάμε περίπου μόνο το 20% της ενέργειά του με τις σημερινές μεθόδους.
Βολάν	Μέχρι 400	
Μπαταρίες λιθίου	Μέχρι 950	
Fuel cells υδρογόνου		
Ελατήρια	250	
Συμπιεσμένα αέρια		

Πίνακας 2.6 Πίνακας σύγκρισης μεθόδων αποθήκευσης ενέργειας και ειδικής ενέργειας για οχήματα

Οι παραπάνω εκτιμήσεις βέβαια μπορεί να διαφέρουν αρκετά μέχρι την υλοποίησή τους.

Όπως παρατηρούμε από τον παρακάτω πίνακα συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των προηγούμενων υπολογισμών μας με άλλες εναλλακτικές λύσεις παρατηρούμε ότι τα ελατήρια κατατάσσονται από τις λιγότερο δελεαστικές μεθόδους με σημαντικά μικρότερη χωρητικότητα.

### **Συμπεράσματα**

Παρόλες τις ανταγωνιστικότερες λύσεις του παραπάνω πίνακα, κάνοντας μια έρευνα στο διαδίκτυο, παρατηρήσαμε ότι η διεθνής επιστημονική κοινότητα μέχρι σήμερα, έχει δείξει περιορισμένο ενδιαφέρον στην μελέτη αποθήκευσης ενέργειας, μέσω της ελαστικότητας των υλικών και στα υπερρεαλιστικά υλικά για αποθήκευση ενέργειας. Συνοψολογίζοντας την δυναμική για εξέλιξη που αναφερθήκαμε στην προηγούμενη παράγραφο, θα επιλέξουμε να ερευνήσουμε αναλυτικότερα παρακάτω τις δυνατότητες της μεθόδου αυτής.

## **Gate 0 Έλεγχος ιδέας**

Δίνοντας στην διοίκηση τα αποτελέσματα της μελέτης μας, δίνεται η εντολή να ερευνήσουμε αναλυτικότερα το θέμα. Για αυτό τον λόγο θα κάνουμε μια ερευνητική εργασία πάνω στην ελαστική αποθήκευση μηχανικής ενέργειας.

## **Μελέτη Μηχανισμού αποθήκευσης μηχανικής ενέργειας**

### **Νέος Στόχος**

Μελέτη μηχανισμού αποθήκευσης μηχανικής ενέργειας μέσω της ελαστικής παραμόρφωσης της ύλης, με σκοπό την διερεύνηση παροχής εναλλακτικής ανταγωνιστικής λύσης για την αποθήκευση ενέργειας.

### **Ανάλυση συστήματος**

Το σύστημα του μηχανισμού αποθήκευσης ενέργειας, αποτελείται από δύο υποσυστήματα:

- Το καταπονούμενο σώμα (ελατήριο)
- Τον μηχανισμό συγκράτησης (ώστε το καταπονούμενο σώμα να βρίσκεται σε ισορροπία)

### **Μελέτη ελατηρίου**

Η μελέτη του ελατηρίου θα γίνει σε τρία στάδια. Αρχικά θα αναζητήσουμε το υλικό στο οποίο θα αποθηκεύσουμε την ενέργεια. Μετά θα αναζητήσουμε την βέλτιστη μορφή του και τον τρόπο καταπόνησης. Τέλος θα μελετήσουμε τον μηχανισμό που θα συγκρατεί και καταπονεί το ελατήριο. Η μελέτη του υλικού θα γίνει μακροσκοπικά και μικροσκοπικά ώστε να κατανοήσουμε σε βάθος τις ιδιαιτερότητες της κάθε λύσης.

Στο παρακάτω διάγραμμα έχουμε αναλύσει



Σχήμα 3.1 Ανάλυση του προβλήματος στους βασικούς παράγοντες για την ευκολότερη διερεύνησή του

#### Στόχος αναζήτησης βέλτιστης λύσης Κριτήρια αριστοποίησης

Ως προς την μεγιστοποίηση της κύριας μεταβλητής ειδική ενέργεια με τήρηση των λοιπών προδιαγραφών μέσα στα όρια

### Επιλογή των κρίσιμων Προδιαγραφών για την μελέτη του ελατηρίου

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρουμε ταξινομημένα τα κρίσιμότερα χαρακτηριστικά τα οποία θα λάβουμε σαν κριτήριο για την μελέτη μας.

Κλάση σημαντικότητας					Κρισιμότητα
1	Ειδική ενέργεια				κρίσιμη
2	Κόστος				Υψηλή
3	Πυκνότητα ενέργειας	E/V	>350	Kj/m <sup>3</sup>	
4	Κύκλοι φόρτισης				
5	Απόδοση				
6	Απώλειες				
7	Ασφάλεια				
8	Αξιοπιστία				

Πίνακας 3.1 κρίσιμες προδιαγραφές ελατηρίου.

	Ελαστική ενέργεια σε ένα άξονα	Ελαστική ενέργεια σε δύο άξονες	
Ειδική ενέργεια		E=	PVlnV2/V1

Πυκνότητα ενέργειας			
---------------------	--	--	--

Πίνακας 3.2 τρόπος υπολογισμού και σύγκριση ενέργειας σε ένα, δύο και τρεις άξονες καταπόνησης

### Αναζήτηση μέγιστης ειδικής ενέργειας

Άθροισμα συνόλου για την βέλτιστη λύση συνόλου

$$E_{max} = \frac{\text{Συνολική μέγιστη ενέργεια } E}{\text{Συνολικό βάρος}}$$

Βέλτιστο Συνολικό max

Δήλωση εσωτερικών μεταβλητών και requirements για τους υπολογισμούς και την Σχεδιομελέτη

### Μακροσκοπική μελέτη

Ανάλυση κρίσιμων Requirements σε παράγοντες

Ειδική ενέργεια= Εσυν/m

$$E_{συν} = \int_{E_{ox}}^{E_{1x}} k_x dx + \int dy + \int dz = max$$

### Ανάλυση Requirements παραγόντων και σχέσεων συστήματος σε πρώτους παράγοντες

### Επιλογή υλικού και καταπόνησης

Επειδή όπως μας υποδεικνύει ο τύπος της ενέργειας πρέπει να μεγιστοποιηθούν τα μεγέθη της επιμήκυνσης και δύναμης επαναφοράς, θα ξεκινήσουμε την ανάλυση και αναζήτησή μας από την αναζήτηση του υλικού μας και μετά με τα αποτελέσματα του υλικού θα υπολογίσουμε την μορφή του ελατηρίου μας.

### Η κατάσταση της ύλης για τον μηχανισμό καταπόνησης και το υλικό καταπόνησης

Βάσει λοιπόν της κατάστασης της ύλης έχουμε:

### Εξέταση φάσης υλικού σε σχέση με τους άξονες και την φορά καταπόνησης

	Σε ένα άξονα		Σε δύο άξονες		Σε τρεις άξονες	
Στερεό	+	-	+	-	+	-
Υγρό	+	-	+	-	+	-
Αέριο	+	-	+	-	+	-

Πίνακας 3.3 Ανάλυση πιθανών συνδυασμών φόρτισης-κατάστασης υλικού και αξόνων καταπόνησης

Όπου:

(+) για θετική μετατόπιση συμπίεση, θλίψη

(-) για αρνητική μετατόπιση εφελκυσμός, υποπίεση

### Στερεά

Καταπόνηση σε ένα άξονα

Αναλόγως της μορφής και του άξονα καταπόνησης μπορούμε να αποθηκεύσουμε ενέργεια

Καταπόνηση σε δύο άξονες

Η καταπόνηση στερεών σε δύο άξονες μπορεί να επιτευχθεί για παράδειγμα σε κελύφη

Καταπόνηση σε τρεις άξονες

Πρακτικά είναι δύσκολη η καταπόνηση στερεών σε τρεις άξονες. Μπορούμε όμως να δεχτούμε ότι καταπονώντας ένα στερεό υλικό υπό περιπτώσεις μπορούμε να το καταπονήσουμε σε τρεις άξονες με τον τρίτο όμως άξονα να γίνεται έμμεσα η καταπόνησή του και όχι στον βαθμό που θα έχουν οι υπόλοιποι.

Τα στερεά θα πρέπει να εξεταστούν ως προς την μορφή τους

### **Υγρά**

Τα υγρά λαμβάνουν το σχήμα του χώρου που περιέχονται οπότε είναι δυνατή η καταπόνησή τους μόνο σε τρεις άξονες.

*Καταπόνηση σε τρεις άξονες*

Για θετική μετατόπιση συμπίεση τα υγρά έχουν πολύ μικρή μεταβολή του όγκου τους οπότε είναι ακατάλληλα για αποθήκευση ενέργειας

Για αρνητική μετατόπιση πιθανόν να μπορούμε να εκμεταλλευτούμε το φαινόμενο αλλαγής φάσης όπου αέρια μετατρέπονται σε υγρά για δεδομένη θερμοκρασία ανάλογα την πίεσή τους. Θα εξετάσουμε αυτό το ενδεχόμενο παρακάτω.

### **Αέρια**

Τα αέρια λαμβάνουν την μορφή του χώρου που περιέχονται οπότε είναι δυνατή η καταπόνησή τους μόνο σε τρεις άξονες.

*Καταπόνηση σε τρεις άξονες*

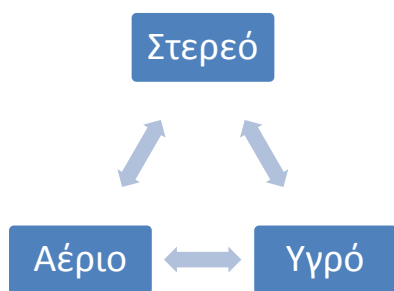
Με συμπίεση των αερίων μπορούμε να αποθηκεύσουμε ενέργεια

Με την υποπίεση των αερίων έχουμε κάποιους περιοριστικούς παράγοντες ως προς την αποθήκευση ενέργειας. Αρχικά η μέγιστη διαφορά υποπίεση που μπορούμε να επιτύχουμε είναι από τα pascal .....

Εάν συμπεριλάβουμε ότι έχουμε μεγάλες θερμικές απώλειες και ότι οι μηχανισμοί αντλίες υποπίεσης έχουν μεγάλο κόστος με μεγάλο βάρος μικρή απόδοση και είναι δύσκολο να φτάσουμε σε τιμές κοντά στο μηδέν.

Είναι μια μη συμφέρουσα λύση, γι αυτό και την απορρίπτουμε.

## **Υλικά με αλλαγής φάσης**



Σχήμα 3.2 Αλλαγή φάσης υλικού

## Μελέτη σεναρίου αρνητικής πίεσης (υποπίεσης) υγρού με αλλαγή φάσης

Μακροσκοπική μελέτη

Από την θερμοδυναμική γνωρίζουμε ότι η θερμοκρασία ατμοποίησης ενός υγρού εξαρτάται από την πίεσή του.

Εάν έχουμε ένα υλικό σε δοχείο το οποίο σε θερμοκρασία περιβάλλοντος βρίσκεται σε υγρή μορφή και με την μείωση της πίεσης το μετατρέπαμε σε αέριο τότε η ενέργεια που θα χρειαστεί υπολογίζεται:

$$E=dn$$

Έστω ότι έχουμε ένα κύλινδρο με έμβολο γεμάτο με υγρό σε ισορροπία

Εάν τραβήξουμε το έμβολο για να μεγαλώσουμε τον όγκο του κυλίνδρου τότε δημιουργούμε αρνητική πίεση στο εσωτερικό.

Η αρνητική πίεση θα τείνει να μετατρέψει το υγρό σε αέριο.

Η δύναμη αντίστασης για την μετατροπή του υγρού σε αέριο

Το πρόβλημα εδώ έγκειται ότι η σχέση πίεση μετατόπιση έχει πολύ ιδιαίτερη συμπεριφορά

Αρχικά η μετατόπιση είναι πολύ μικρή και διαφορά πίεσης μεγάλη και μετά το αντίθετο

### Μελέτη υλικών με αλλαγή χημικής σύστασης κατά την μεταβολή έργου

Σε αυτή την περίπτωση θα μελετήσουμε την συμπεριφορά ουσιών οι οποίες με την προσθήκη ή άντληση έργου αλλάζουν χημική σύσταση.

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι εξώεργες και ενδόεργες αντιδράσεις όπου η ελεύθερη ενέργεια Gibbs υπό σταθερή πίεση ...

### Μελέτη με χρήση μίγματος υγρών ή σύνθετης ουσίας

Σε αυτή την παράγραφο θα μελετήσουμε το ενδεχόμενο χρήσης δύο ή περισσότερων υγρών, ή το ενδεχόμενο χρήσης κάποιας σύνθετης υγρής ουσίας.

Εάν τα δύο διαφορετικά υγρά συνυπάρχουν μέσα στο δοχείο τότε κατά την μείωση της πίεσης θα έχουμε ατμοποίηση του κάθε υγρού σε διαφορετικά στάδια. Ας δούμε παρακάτω πώς αυτό το φαινόμενο μπορεί να επηρεάσει την απόδοση του μηχανισμού.



## Σύνθετη καμπύλη ατμοποίησης

### Υπολογισμός συνολικής ενέργειας

### Αναλογία μερών υγρών

### Συμπεράσματα

## Θεωρητική Διερεύνηση χημικής αντίδρασης με χρήση μηχανικής ενέργειας

Μέχρι τώρα στην χημεία έχει εξεταστεί το φαινόμενο της ενθαλπίας δεσμών. Θερμοχημικά φαινόμενα ενδόθερμα και εξώθερμα. Στην περίπτωση μας θα θέλαμε να διερευνήσουμε θεωρητικά την δυνατότητα πρόκλησης χημικών αντιδράσεων όχι με θερμική ενέργεια αλλά με την παροχή μηχανικής ενέργειας.

Παλμική παροχή ενέργειας σε ουσία για την δημιουργία ή διάσπαση χημικών δεσμών.

Ας θεωρήσουμε δύο μεμβράνες στις οποίες ανάμεσά τους περιέχεται ουσία ρευστού. Οι μεμβράνες θα έχουν την δυνατότητα να πάλλονται με συγκεκριμένη συχνότητα. Το υλικό το οποίο παρεμβάλλεται ανάμεσα στις μεμβράνες μπορούμε να του μεταφέρουμε κινητική ενέργεια μέσω της κίνησης των μεμβρανών και δυναμική μέσω της αλλαγής πίεσης.

Έστω τώρα ότι έχουμε τα εξής δύο φαινόμενα

Εάν το υλικό που περιλαμβάνεται ανάμεσα στις μεμβράνες συμπιεστεί απότομα τότε θα έχουμε τον σχηματισμό

Ταχύτητα παλμού των μεμβρανών.

Η ταχύτητα παλμού των μεμβρανών θα εξαρτάται από δύο φαινόμενα.

Την συχνότητα συντονισμού του υλικού και την ταχύτητα διάδοσης της χημικής διεργασίας.

**Για όλα τα παραπάνω κάναμε μια απλή θεωρητική διερεύνηση. Λόγω ότι το αντικείμενο αυτό ανήκει στον τομέα της χημείας και είναι εκτός του πεδίου γνώσεων μας δεν έχουμε την δυνατότητα να προχωρήσουμε παραπάνω την διερεύνησή του. Παρόλα αυτά θα προτρέπαμε την περαιτέρω διερεύνηση πιθανών δυνατοτήτων στο μέλλον.**

Ατομική δομή υλικού

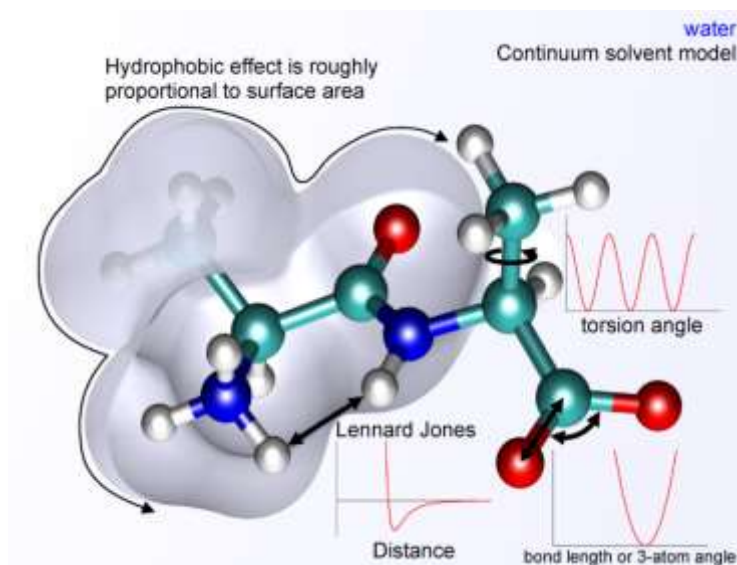
Μικροδομή υλικού

Επιλογή υλικού

Μακροσκοπική μελέτη

## Μικροσκοπική μελέτη Υλικού

Σε αυτή την παράγραφο θα κάνουμε μια γενική ανάλυση της συμπεριφοράς των υλικών σε μικροσκοπικό επίπεδο.



Σχήμα 3.3 Χημική δεσμοί και συμπεριφορά πηγή Wikipedia

$$E = E_{\text{bonds}} + E_{\text{angle}} + E_{\text{dihedral}} + E_{\text{non-bonded}},$$

$$E_{\text{non-bonded}} = E_{\text{electrostatic}} + E_{\text{van der Waals}}$$

The following functional abstraction, known as a potential function or [force field](#) in Chemistry, calculates the molecular system's potential energy ( $E$ ) in a given conformation as a sum of individual energy terms.

$$E = E_{\text{covalent}} + E_{\text{noncovalent}}$$

where the components of the covalent and noncovalent contributions are given by the following summations:

$$E_{\text{covalent}} = E_{\text{bond}} + E_{\text{angle}} + E_{\text{dihedral}}$$

$$E_{\text{noncovalent}} = E_{\text{electrostatic}} + E_{\text{van der Waals}}$$

## Χημική σύνθεση υλικού

## Υλικό

### Επιλογή υλικού και δομής

#### Επιλογή υλικού και δομής Θεωρία

Αρχική επιλογή

Λεπτομερής επιλογή

Τελική επιλογή

Επιλογή υλικού βάσει συνδυασμών για την μεταφορά ή αποθήκευση ενέργειας σε ένα μηχανισμό

Στην περίπτωση που έχουμε την ανάγκη επιλογής πολλαπλών υλικών για το σύστημά μας μπορούμε να εργαστούμε ως εξής

Κατασκευή πίνακα συνδυασμών κατάστασης υλικού

Στερεό υγρό αέριο

Από τον πίνακα μπορούμε να λάβουμε όλους τους δυνατούς συνδυασμούς

Αποκλεισμός ακατάλληλων συνδυασμών

Αξιολόγηση εναπομεινάντων συνδυασμών

---

Υλικό ελατηρίου

Υλικό Μηχανισμού του ελατηρίου

Θα κάνω πρώτα μια αφαιρετική θεωρητική μελέτη για υλικά 4 τύπων

Στερεά με δυνατότητα μεγάλης αποθήκευσης ενέργειας με μεγάλη παραμόρφωση

Στερεά με δυνατότητα μεγάλης αποθήκευσης ενέργειας με μικρή παραμόρφωση

Ρευστά με δυνατότητα μεγάλης αποθήκευσης ενέργειας

Η Δομή Υλικών θα αποφασίσει ποιο υλικό σύνθετο ή απλό θα μπει σε κάθε περίπτωση

#### Υλικό

Requirements Προδιαγραφές υλικού

Πίνακας εισόδου παραμέτρων και μεταβλητών συστήματος



Σχήμα 3.4 Ανάλυση υλικού σε παράγοντες για την διευκόλυνση ανάλυσης του προβλήματος

Για το υλικό και την μικρομορφή του υλικού καθώς και τις μεθόδους επεξεργασίας και παραγωγής, θα γίνει μια γενική μελέτη και αναφορά ενώ δεν θα γίνει έρευνα σχεδιασμού ή βελτιστοποίησης επί του παρόντος λόγω έλλειψης γνώσεων για το συγκεκριμένο πεδίο, το οποίο ανήκει στους τεχνολόγους μηχανικούς υλικών. Βεβαίως η μικρομορφή και το υλικό του ελατηρίου είναι ένας τομέας που έχει πολλά περιθώρια βελτίωσης για την κατασκευή ελατηρίων υψηλών επιδόσεων.

### **Το περιβάλλον λειτουργίας**

Εύρος θερμοκρασιών -10+70

### **Κόστος υλικού και κόστος κατασκευής**

Το κόστος κατασκευής μιας μπαταρίας μηχανικής ενέργειας μπορεί να αναλυθεί σε τρεις κυρίους παράγοντες

Το κόστος των υλικών

Το κόστος κατασκευής και επεξεργασίας του ελατηρίου αλλά και του μηχανισμού

Διαδικασία κατασκευής, ενέργεια, περιπλοκότητα, εξοπλισμός, βήματα στάδια και εργατοώρες.

### **Ειδικό κόστος χρήσης**

Το ειδικό κόστος χρήσης αναφέρεται στο κόστος που έχουμε για να κατασκευάσουμε την συσκευή προς την ενέργεια που έχουμε παραλάβει από την συσκευή κατά την διάρκεια ζωής της. Η σχέση αυτή μας δίνει σαν αποτέλεσμα το ειδικό κόστος χρήσης το οποίο προστίθεται με το κόστος της ενέργειας επί την απόδοση για να υπολογίσουμε το κόστος χρήσης της συσκευής αλλά και την απόσβεση της αγοράς της συσκευής. Είναι δύο πολύ σημαντικοί παράγοντες αφού αποτελούν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα για μία συσκευή έναντι ανταγωνιστικών λύσεων.

### **Ασφάλεια Περιβαλλοντικά κριτήρια**

Το υλικό που θα επιλέξουμε θα πρέπει να είναι μη τοξικό και ασφαλές σε επαφή με τον άνθρωπο

Περιβαλλοντικά κριτήρια

Το υλικό μας θα πρέπει να μπορούμε να το ανακυκλώσουμε

### Συνολική ωφέλιμη απόδοση

Η συνολική ωφέλιμη απόδοση είναι ένα οικολογικό και οικονομικό κριτήριο αξιολόγησης της απόδοσης της κατασκευής όπου συγκρίνουμε την αναλογία της ενέργειας που έχουμε καταναλώσει για να παράξουμε το προϊόν συν την ενέργεια από τις μέσες απώλειες της απόδοσης της συσκευής κατά την διάρκεια ζωής της προς την ενέργεια που έχουμε παραλάβει από την συσκευή

Συνολική ωφέλιμη απόδοση  $n$

Ενέργεια που καταναλώσαμε για να παράγουμε την συσκευή  $E_k$

Ενέργεια που απώλεσε η συσκευή κατά την διάρκεια ζωής της  $E_a$

Ενέργεια που παραλάβουμε από την συσκευή  $E_e$

$$n = \frac{E_e}{E_k + E_a} (\chi \cdot \chi)$$

Έτσι λοιπόν μπορούμε να συγκρίνουμε διαφορετικές λύσεις ως προς την απόδοση αλλά και την κάθε λύση εάν η ενέργεια που μας προσφέρει είναι μεγαλύτερο από την ενέργεια που καταναλώσαμε.

### Διάρκεια ζωής

Η διάρκεια ζωής

### Σε κύκλους φόρτισης

### Σε χρόνια ζωής

Γήρανση- αντοχή στον χρόνο

Λόγω ότι όλοι οι τύποι ελατηρίων αναφέρονται στην ελαστική καταπόνηση υλικού παρόλες τις σχεδιαστικές διαφορές τους Η διάρκεια ζωής τους κρίνεται από τους εξής κοινούς παράγοντες:

- Από το υλικό
- Την δύναμη φόρτισης
- Την ύπαρξη ή μη εσωτερικών τάσεων
- Τους κύκλους φόρτισης
- Την θερμοκρασία λειτουργίας
- Οι κατασκευαστικές ατέλειες επιφάνειας και σώματος

Εκτός αυτών για κάποιους τύπους ελατηρίων επίσης σημασία έχουν:

- Η τριβή
- Η θερμοκρασία λειτουργίας

### Απώλειες ενέργειας

(Ικανότητα διατήρησης ενέργειας στον χρόνο)

Εφόσον το ελατήριο συγκρατείται σε ισορροπία με τον μηχανισμό του και δεν υπάρχει το φαινόμενο ερπυσμού δεν υπάρχουν απώλειες ενέργειας.

Υστέρηση

Θερμικές απώλειες

Ερπυσμός

### **Χρόνος φόρτισης ρυθμός φόρτισης**

Η ταχύτητα της φόρτισης εξαρτάται από δύο παράγοντες. Τον ρυθμό που έχουμε την δυνατότητα να παρέχουμε ενέργεια στην μπαταρία και τον μέγιστο ρυθμό που μπορεί η μπαταρία μας να απορροφήσει ενέργεια. Ο ρυθμός με τον οποίο μπορούμε να παρέχουμε ενέργεια δεν μας ενδιαφέρει αφού εξαρτάται από την πηγή. Ο ρυθμός όμως ο οποίος μπορεί να απορροφήσει η μπαταρία μας είναι καθοριστικός για την ταχύτητα φόρτισης της μπαταρίας. Θέλοντας να ανταγωνιστούμε τα βενζινοκίνητα οχήματα τα οποία έχουν μέσο χρόνο πλήρους γεμίματος τα 10 λεπτά

Παράγοντες που επηρεάζουν τον μέγιστο ρυθμό φόρτισης:

Η καταπόνηση που δέχεται το υλικό

Οι απώλειες που έχει σε σχέση με τον ρυθμό φόρτισης και η επιρροή της θερμοκρασίας

Εξάρτηση ή όχι της χωρητικότητας της μπαταρίας σε σχέση με τον χρόνο φόρτισης.

Ο σχεδιασμός του μηχανισμού

### **Ρυθμός αποφόρτισης**

Επειδή κανένα υλικό δεν αποφορτίζει στιγμιαία αλλά χρειάζεται κάποιο χρόνο για την πλήρη αποφόρτισή του θα πρέπει να μελετήσουμε τους παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό αποφόρτισης με σκοπό να μπορούμε να παραλάβουμε την μέγιστη απόδοση από την αποφόρτιση του υλικού.

Στον ρυθμό αποφόρτισης καθοριστικό παράγοντα έχουν:

Το υλικό κατασκευής και ο βαθμός υστέρησης

Η διαφορά δύναμης του μηχανισμού αποφόρτισης

Ο σχεδιασμός του ελατηρίου

Εάν λοιπόν δημιουργήσουμε ένα ελατήριο με μεγαλύτερη δύναμη εξόδου θα έχουμε μεγαλύτερη διαφορά δυνάμεων και μικρότερο ρυθμό εκτόνωσης.

### **Θεωρία Υλικό**

Υλικό δομή υλικού

Προσπάθεια αύξησης της επιμήκυνσης του υλικού

Από την έρευνά μας για υλικά παρατηρούμε ότι υπάρχει μια έλλειψη για υλικά τα οποία να έχουν μεγάλη ελαστική επιμήκυνση

Ίνες και πλέξη

Μοριακοί δεσμοί

Μικροδομή υλικού

Σύνθετο υλικό ελατηρίων

Ενέργεια θλίψης και εφελκυσμού και ολίσθησης

Διεύθυνση δύναμης

Ισότροπα και ανισότροπα υλικά

### Ατέλειες και ποιότητα παραγωγής

Λόγω ότι το προϊόν μας προορίζεται για μαζική παραγωγή

### Ατέλειες ύλης και επιφανείας

Ενώ κατά την θεωρητική μας μελέτη κάνουμε χρήση μιας ιδανικής ύλης η οποία είναι ομοιογενής και συνεχής, στην πραγματικότητα η ύλη μας

### Μικροσκοπική μελέτη

Όπως είναι γνωστό η ελαστική ενέργεια της ύλης πηγάζει από την δύναμη συγκράτησης των ατόμων μεταξύ τους. Για την καλύτερη σχεδίαση ενός ελατηρίου λοιπόν κρίνουμε απαραίτητο να αποσαφηνίσουμε τους παράγοντες που το επηρεάζουν.

Η δύναμη η οποία συγκρατεί τα άτομα μεταξύ τους οφείλεται στις επί μέρους εξής δυνάμεις:

Τύπος δεσμού	Παράδειγμα	Bond Stiffness S (N/m)	Young's Modulus E (GPa)
Ομοιοπολικοί	Άνθρακα- Άνθρακα	50 – 180	200 – 1000
Μεταλλικοί	Όλα τα μέταλλα	15 – 75	60 – 300
Ιονικοί	Αλουμίνα, $Al_2O_3$	8 – 24	32 – 96
Υδρογόνου	Πολυαιθυλένιο	6 – 3	2 – 12
Van der Waals	κεριά	0.5 – 1	1 – 4

Πίνακας 3.4 Δύναμη δεσμών και μέτρο ελαστικότητας Young Πηγή Ashby materials 2004

Να εξηγήσω πώς επηρεάζεται το βάρος η πυκνότητα και η ελαστικότητα και η αντοχή του υλικού

Αναλόγως των στοιχείων από τα οποία αποτελεί

Δομή

Υπολογισμός ενέργειας

Αλυσίδες κρύσταλλοι κτλ.

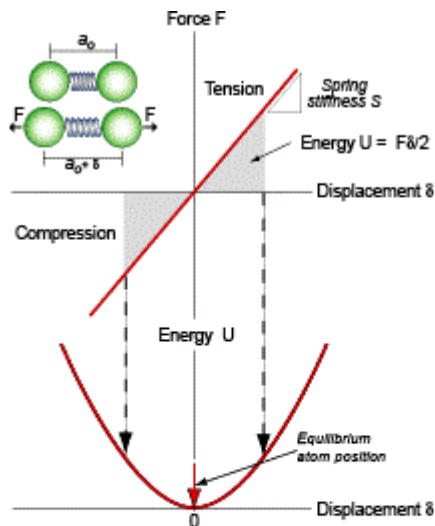


Figure 3. Stretching or compressing an atomic bond raises its energy. Its resistance to stretch is its stiffness,  $S$ .

Σχήμα 3.5 Η ενέργεια στους δεσμούς πηγή Ashby Materials 2004

Διάγραμμα

Όπως παρατηρούμε από το παραπάνω διάγραμμα η δύναμη συγκράτησης μεταξύ των ατόμων μεταβάλλεται συναρτήσει της απόστασης

Το παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζει την ελαστική ενέργεια σε στερεά και υγρά

Στα αέρια λόγω της πολύ μεγάλης απόστασης που έχουν τα άτομα μεταξύ τους μεγάλη σημασία έχει και ο παράγοντας της κινητικής ενέργειας όπου παρουσιάζονται έντονα και τα θερμοδυναμικά φαινόμενα.

Η ενέργεια στην ύλη Μικροσκοπική ανάλυση

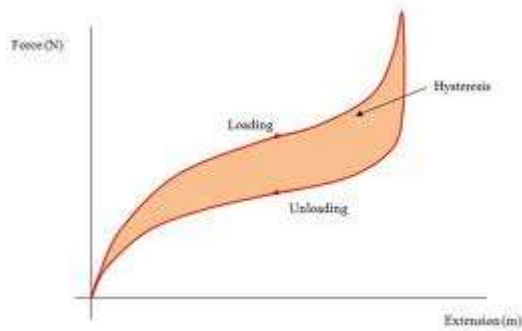
Προ φορτισμένα ελατήρια εσωτερικές τάσεις υλικού

Όπως παρατηρούμε από την παραπάνω εικόνα εάν είχαμε ένα υλικό το οποίο αποθηκεύεται σε μια προ φορτισμένη κατάσταση τότε θα είχαμε την δυνατότητα να αποθηκεύσουμε διπλάσια ενέργεια.

Εσωτερικές τάσεις υλικού

Υστέρηση





Σχήμα 3.6 Υστέρηση υλικών πηγή Ashby Materials 2004

Είδη καταπονήσεων

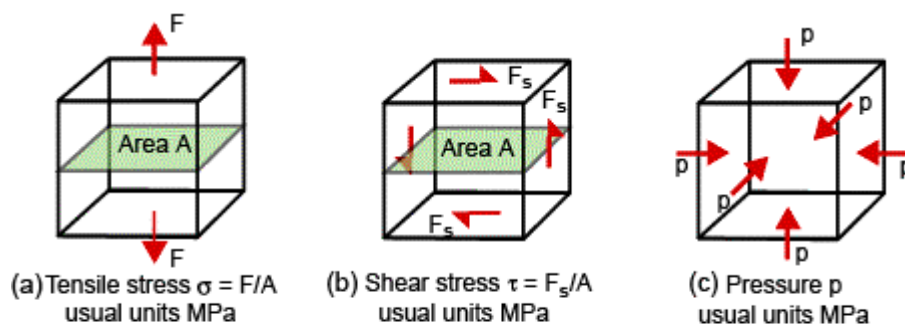


Figure 2. (a) Tensile stress. (b) Shear stress. (c) Hydrostatic pressure.

Σχήμα 3.6 Τα τρία είδη καταπόνησης σε στοιχειώδη μάζα εικόνα από βιβλίο Ashby Materials 2004

Ενέργεια στην τριαξονική καταπόνηση θα γίνει μια πιο αναλυτική μελέτη σε σχέση με την εισαγωγή όπου θα αναλυθούν και τα όρια της ύλης όπως η μάζα των πυρήνων η οποία μας περιορίζει στην συμπιεστότητα του αερίου.

Στο επίπεδο

Στον χώρο

Περιορισμοί

Διαφορά αποροφούμενης ενέργειας στο υλικό ανάλογα την καταπόνηση και ανάλογα τις διαστάσεις και την ομοιογένεια της καταπόνησης.

**Θερμοδυναμικά και θερμικά φαινόμενα απώλειες ενέργειας**

**Μακροσκοπική μελέτη**

**Πιθανοί συνδυασμοί καταστάσεων ύλης για ελατήριο**

Συνδυασμοί κατάστασης

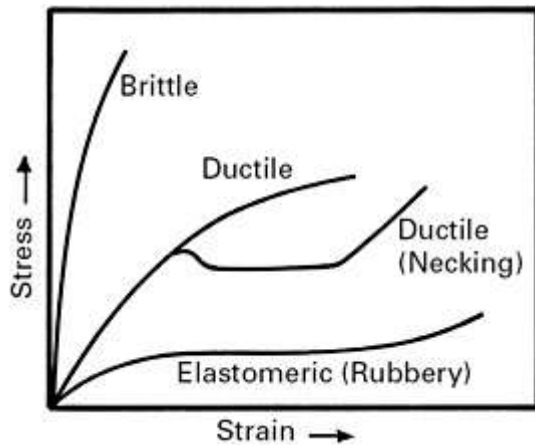
Υλικά αλλαγής φάσης

Συνδυασμοί υλικών ελατηρίου καταπονούμενου σώματος

	Στερεό	Υγρό	Αέριο
Στερεό	Στερεό-Στερεό	Υγρό-Στερεό	Αέριο-Στερεό
Υγρό	Στερεό-Υγρό	Υγρό-Υγρό	Αέριο-Υγρό
Αέριο	Στερεό-Αέριο	Υγρό-Αέριο	Αέριο-Αέριο

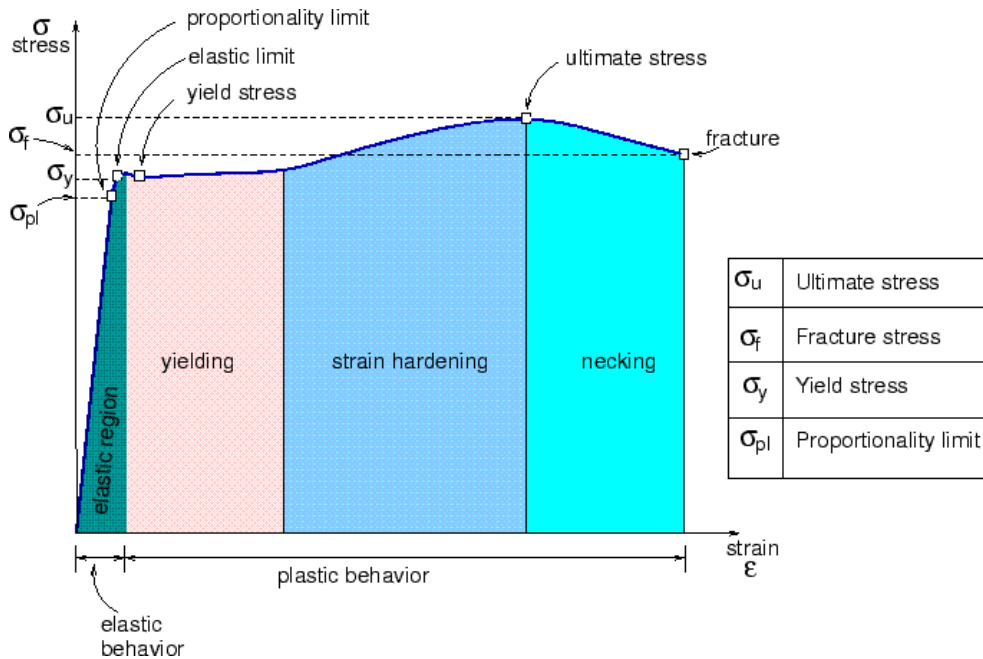
Πίνακας

Υλικό με αλλαγή φάσης και μίγμα φάσεων υλικού υπό μεγάλη πίεση και σταθερή θερμοκρασία σύγκριση και διαγράμματα αποθηκευμένης ενέργειας



Σχήμα 3.7 Σύγκριση συμπεριφοράς διαφορετικών κατηγοριών υλικών στον εφελκυσμό

Σύγκριση των εμβαδών και της ενέργειας στην ελαστική παραμόρφωση



Σχήμα 3.8 Διάγραμμα εφελκυσμού με τις αντίστοιχες περιοχές κατάστασης του υλικού. Πηγή Google pictures

Να σχολιάσω πώς θα μπορούσαμε να εκμεταλλευτούμε την περιοχή της πλαστικής παραμόρφωσης yielding για να αποθηκεύσουμε ενέργεια. Όπως για παράδειγμα την αύξηση της ελαστικής

παραμόρφωσης και μείωση της πλαστικής ή χρήση υλικού με πλαστική παραμόρφωση για να καταπονεί υλικό σε ελαστική παραμόρφωση.

Σύνθετα υλικά

Σχεδιασμός ύλης

Αντοχή υλικών Περιορισμοί

Υπολογισμός ενέργειας στα υλικά

Καταπονήσεις και κατανομή

Κόπωση συντελεστής ασφαλείας διαρροή ατελειών επιφανείας θερμοκρασία λειτουργίας και επιρροή χαρακτηριστικών

Πίνακας ιδιοτήτων υλικών ελατηρίων ως προς τις 3 διαστάσεις αντίσταση δύναμη ροπές και διανύσματα

### **Ομογενή ετερογενή και σύνθετα υλικά ενός ή 2 καταστάσεων ύλης**

Ατομικές δυνάμεις

Οι Δυνάμεις και η ενέργεια στην ύλη

Μικροσκοπική ανάλυση κατανομή δυνάμεων σε ομογενή υλικά ενός στοιχείου

Εικόνα συστοιχία ατόμων σε στερεό υγρό αέριο

Θεωρητικός υπολογισμός αποθηκευόμενης ενέργειας σε ατομικό επίπεδο σε 1,2,3 διαστάσεις και η διαφορά τους

Εφελκυσμός θλίψη στρέψη διάτμηση ολίσθηση και αποκόλληση στοιβάδας

Μακροσκοπικά ο συνδυασμός της ολίσθησης και της αποκόλλησης μας δίνουν το σύνολο των μηχανικών καταπονήσεων στην ύλη.

Σύγκριση με την εσωτερική ενέργεια στην θερμοδυναμική

### **Κατανομή δυνάμεων Διανυσματική ανάλυση**

Ομοιογένεια κατανομής τάσεων και αντοχής υλικών ως προς 3 διαστάσεις

Από τετράδιο να μεταφέρω

Καταπονήσεις και σύνθεση καταπονήσεων

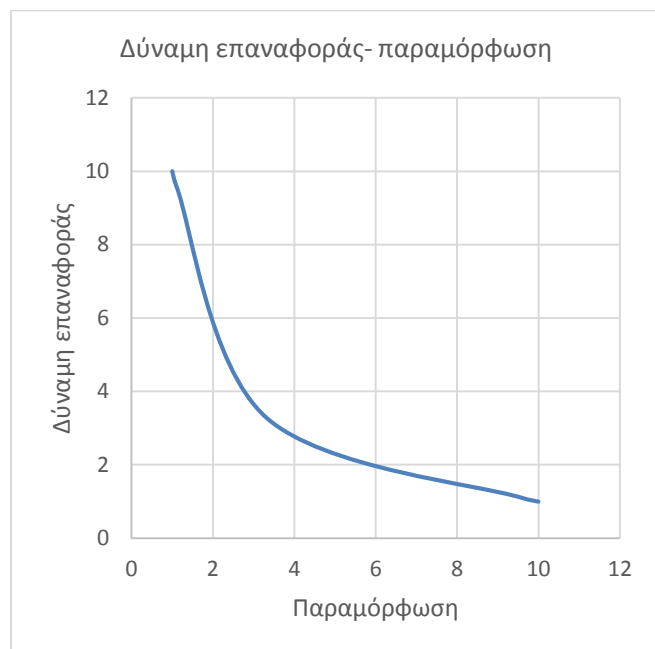
Ύλη, κατάσταση και υλικά και μηχανικές και θερμοδυναμικές ιδιότητες

Λόγω ότι η ενέργεια που θέλουμε να αποθηκεύσουμε έχουμε σκοπό να την αποθηκεύσουμε μέσα στις ελαστικές ιδιότητες της ύλης ο σημαντικότερος παράγοντας που θα επηρεάζει την μορφή του ελατηρίου θα είναι η ίδια η ύλη.

Από την ομοιογένεια της ύλης

Κατάσταση ύλης στερεό υγρό αέριο

Χαρακτηριστικά υλικών σε σχέση με την σκληρότητα την ελαστικότητα την δυνατότητα έλασης και λυγισμού πχ. τα πιο σκληρά υλικά συμπεριφέρονται ελαστικά σε πολύ μικρά πάχη Να το αναλύσω αυτό και μαθηματικά και με μηχανική σχεδιαστικά γιατί γίνεται αυτό



Σχήμα 3.9 Διάγραμμα μεταβολής δύναμης επαναφοράς και παραμόρφωσης για σταθερή ποσότητα ενέργειας.

Δύναμη επαναφοράς / Παραμόρφωση

Αναλόγως των δεσμών της ύλης η δύναμη επαναφοράς και η παραμόρφωση εξαρτώνται άμεσα. Τα πολύ σκληρά υλικά παρουσιάζουν μικρή παραμόρφωση (ψαθυρά) ενώ τα μαλακά μεγάλη παραμόρφωση αλλά μικρή δύναμη επαναφοράς. Θέλοντας να επιλέξουμε το υλικό με την μέγιστη ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας θα πρέπει να βρούμε ένα υλικό το οποίο να μας προσφέρει

Πυκνότητα / δύναμη επαναφοράς

Κατά αντίστοιχο τρόπο μεταβάλλονται η πυκνότητα και δύναμη επαναφοράς. Για υλικά με μεγαλύτερες πυκνότητες έχουμε μεγαλύτερη δύναμη επαναφοράς και μικρότερη παραμόρφωση.

### **Υψηλή αλλαγής Χημικής σύστασης με μηχανική ενέργεια.**

Μια εναλλακτική λύση για να αυξήσουμε την υποθηκευόμενη ενέργεια μέσα στην ύλη είναι να κάνουμε χρήση των υψηλών και των χαμηλών πιέσεων για να αλλάξουμε την χημική σύσταση στην ύλη. Έστω λοιπόν ότι έχουμε για παράδειγμα ένα μίγμα στοιχείων τα οποία σε χαμηλή πίεση σχηματίζουν ένα χημικό δεσμό με  $x$  όγκο και σε υψηλή πίεση σχηματίζουν ένα άλλο χημικό δεσμό με  $x/2$  όγκο. Η διαδικασία αυτή θα πρέπει να είναι αναστρέψιμη δηλαδή να μπορούμε να αλλάζουμε ανάμεσα στις δύο χημικές συστάσεις μέσω της αλλαγής της πίεσης. Με αυτή την μέθοδο αυξάνουμε την αποθηκευμένη ενέργεια μέσα στο υλικό αφού κάνουμε ταυτόχρονα χρήση της δυναμικής ενέργειας από την ελαστική καταπόνηση αλλά και της χημικής ενέργειας από τους δεσμούς της

αντίδρασης. Η τεχνική αυτή επίσης δύναται να μας μειώσει την τελική πίεση που χρειάζεται για να αποθηκευτεί το υλικό μέρος της ενέργειας της πίεσης πλέον θα αποροφάται στους δεσμούς του υλικού. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι με την αλλαγή της χημικής σύνθεσης του υλικού κατά την συμπίεση θα απορροφάται θερμική ενέργεια ενώ κατά την εκτόνωση θα αποβάλλεται κάτι που θα βοηθάει στο ισοζύγιο θερμικής ενέργειας που θα αποβάλλει το αέριο κατά την συμπίεσή του ή που θα παραλαμβάνει κατά την εκτόνωσή τους αυξάνοντας έτσι σημαντικά την απόδοση.

Αναλόγως της χημικής σύνθεσης όσο μεγαλύτερη είναι η μεταβολή του όγκου ανάμεσα στις δύο χημικές καταστάσεις και όσο περισσότερη ενέργεια χρειάζεται για να πραγματοποιηθεί τόσο μεγαλύτερη θα είναι η αποθηκευμένη ενέργεια στο υλικό.

Ο εκτονωμένος με τον συμπυκνωμένο όγκο θα έχουν όγκο σημαντικά μικρότερο από αυτόν του όγκου εκτόνωσής των αερίων για να έχουμε την δυνατότητα να το λειτουργήσουμε σε κλειστό σύστημα. Αυτό μας καθοδηγεί στην αναζήτηση πιθανόν κάποιου υγρού.

Η συγκεκριμένη μέθοδος μας επιτρέπει να αποθηκεύσουμε μεγαλύτερες ποσότητες ενέργειας

Μια αντίστοιχη περίπτωση γίνεται στην θερμοδυναμική με τα υλικά αλλαγής φάσης.

Ας εξετάσουμε την δυνατότητα να αποθηκεύσουμε ενέργεια μέσα από αυτή την διαδικασία.

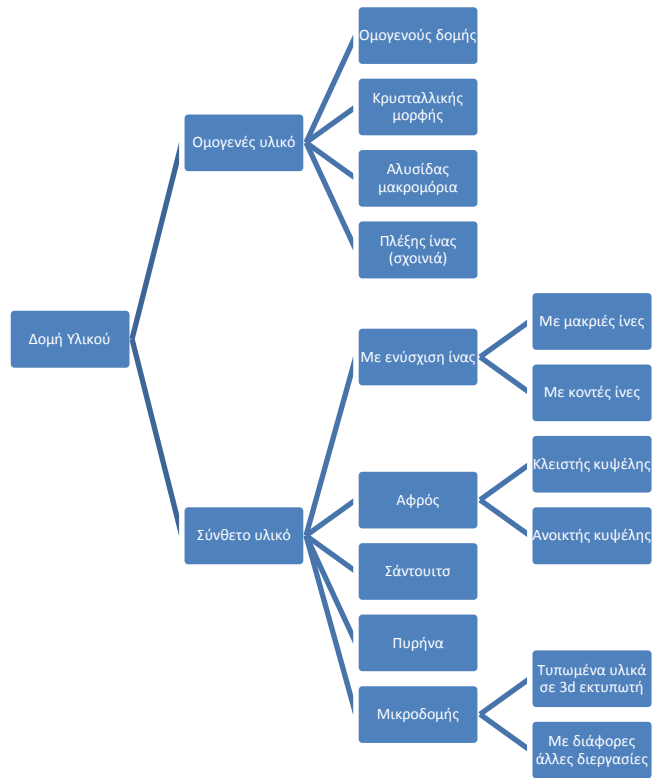
Θερμοδυναμικές απώλειες κατά την συμπίεση και την εκτόνωση υπολογισμός έργου κύκλα διεργασίας

***Συνδυασμός λύσεων***

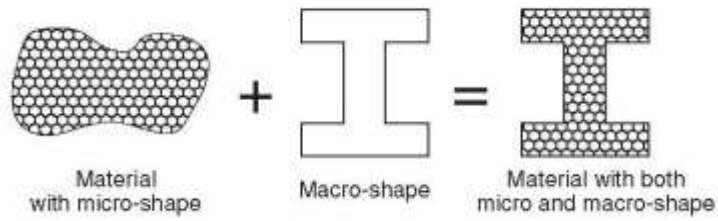
***Αξιολόγηση και Επιλογή λύσης***

***Σύνοψη αποτελεσμάτων συμπεράσματα***

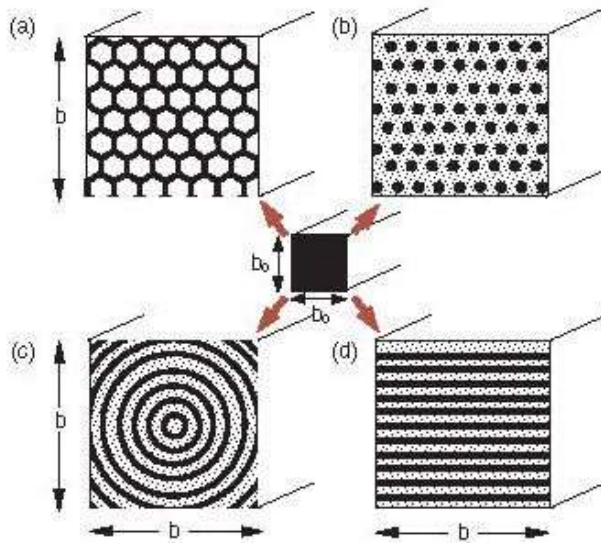
**Δομή Υλικού**



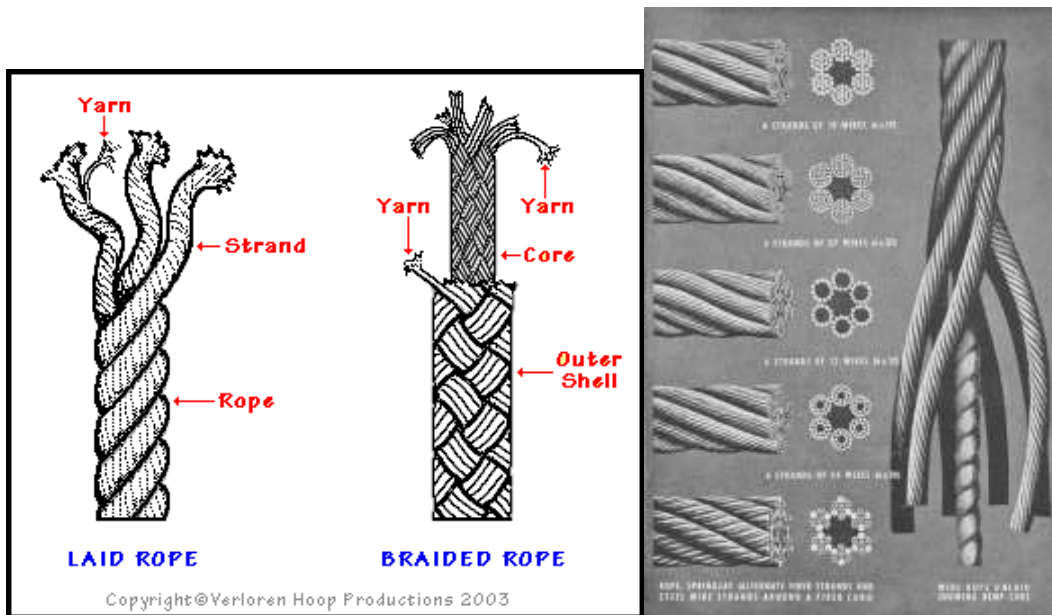
Σχήμα 3.10 Ανάλυση εναλλακτικών επιλογών δομής υλικού



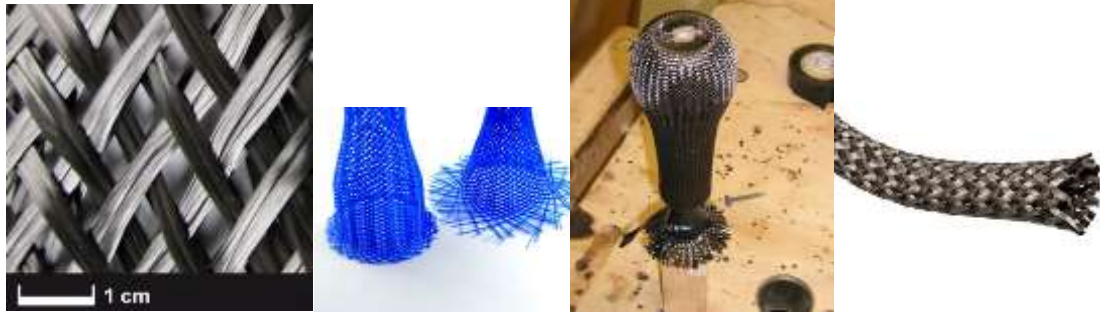
Σχήμα 3.11 Σχηματική επεξήγηση μικροδομής και μακροδομής υλικού πηγή Ashby Materials 2004



Σχήμα 3.12 4 συνήθεις δομές σύνθετων υλικών α. Κυψελωτή β με ενίσχυση ίνας c με ομόκεντρα στρώματα d σάντουιτς πηγή Ashby Materials 2004



Σχήμα 3.13 αριστερή εικόνα οι δύο κατηγορίες πλέξης σχοινίων σύστροφα και πλέξης, δεξιά εικόνα διάφορες παραλλαγές σύστροφων και ασύστροφων σχοινίων με και χωρίς πυρήνα. πηγή Google pictures



Εικόνα 2.4 κάλτσες νημάτων πηγή Google pictures

Με τεχνική πλέξης (σχοινιά)

Συνδυαστικά σχέδια σχοινιά και κάλτσες

Συνδυασμοί πλέξης πυρήνα

Με αφρώδες πυρήνα

Κατανομή δυνάμεων σε σύνθετα υλικά

Αφροί και σπόγγοι

Αλυσίδες spandex, πολυουρεθάνες πολυμερή μακρομόρια

Διαμορφώσεις υλικών ίνες φύλλα κτλ. ανθρακονήματα υαλονήματα κτλ.

Θραύση κόπωση διαρροή ατελειών

Με ομοιόμορφη και ανομοιόμορφη κατανομή υλικού στην διατομή

Δομή υλικού τομής

Συμπαγές μονό μίγμα κρύσταλλος κράμα κτλ.

Διάτρητο

Με στρώματα υλικών αξονικά ή με φύλλα στρώσεις σάντουιτς

Με κελιά κυψέλες αφρώδη υλικά

Με ίνες

Καθορισμός των χαρακτηριστικών της ύλης που θέλουμε για τον σχεδιασμό μας

Διεύθυνση δύναμης

Ενός υλικού

Υβριδικά Συνδυασμοί 2 υλικών



## Σχεδιασμός

	Με κάλτσα ανθρακονήματος	Με ελατήριο σύσφιξης πύρηννα	
	Με συμπαγή κυλινδρική δέσμη	Με σωληνοειδή δέσμη	
	Με νάilon σχοινί εμποτισμένο με πολουρεθάνη Μήτρα και ίνα	Σχοινί μόνο ίνα χωρίς μήτρα	
	Με χημική δομή υλικών	Πυρήνας	
	Με μικροδομή υλικών	Πυρήνας με εξωτερική πλέξη	
		Συνδυασμοί πυρήνων με πλέξη	

Πίνακας 3.5 Πίνακας διερεύνησης πιθανών συνδυασμών δομής υλικού

### Υλικά υβριδικών

Σχεδιασμός γεωμετρίας εσωτερικού σώματος ελατηρίου και δια τομής

### Υπολογισμός ενέργειας στα σύνθετα υλικά

Παρόλες τις πολλές εναλλακτικές λύσεις της δομής του υλικού μπορούμε να κάνουμε μια γενική διατύπωση όπου θα μπορούμε να υπολογίζουμε προσεγγιστικά την αποθηκευόμενη ενέργεια στο σύνθετο υλικό

Για τα σύνθετα υλικά που αποτελούνται από 2 ή περισσότερες προσμίξεις η θεωρητικά μέγιστη αποθηκευόμενη ενέργεια ισούται με το κατά αναλογία άθροισμα της ενέργειας που μπορεί να αποθηκεύσει το κάθε υλικό.

### Επίπεδα καταπόνησης

Επειδή είδαμε ότι τα επίπεδα καταπόνησης είναι σημαντικά για τον υπολογισμό της αποθηκευμένης ενέργειας παρακάτω θα εξετάσουμε τις συνηθέστερες περιπτώσεις

Αφροί ανοικτής κυψέλης, κλειστής κυψέλης, κυψέλης συγκεκριμένης δομής και σχήματος ή ινώδης κυψέλη.

Αφροί συνδυασμένοι με υγρό, αέριο, στερεό τα κελιά

Αφροί με συνθετικό σώμα μικροίνες

Σύνθετα υλικά ίνας μήτρας

Σάντουιτς

Πυρήνα

Μεμβράνης

Τρισδιάστατης εκτύπωσης και συνθετικής δομής

Σε κάθε μια από τις περιπτώσεις υλικών που αναφέρουμε παραπάνω οι παράγοντες που επηρεάζουμε είναι οι εξής:

Αλλαγή των επιπέδων καταπόνησης και των καταπονήσεων

Καλύτερη κατανομή των καταπονήσεων στο σώμα μέσω των εσωτερικών χωροδουκτιωμάτων που σχηματίζονται

Υπολογισμός σύνθετης δύναμης καταπόνησης

Συντελεστής γεωμετρίας παραμόρφωση και βαθμός καταπόνησης

Συνοχή και δεσμοί μεταξύ των υλικών και επίπεδο συνοχής σε σχέση με το επίπεδο καταπόνησης.

### **Υπολογισμός πυκνότητας σύνθετου υλικού**

Είναι πολύ εύκολο να υπολογίσουμε την πυκνότητα του σύνθετου υλικού. Με απλή κατά αναλογία προσθήκη των επιμέρους πυκνοτήτων των υλικών που αποτελείται το σύνθετο υλικό.

### **Η δομή του υλικού συμβάλει στην βελτίωση της απόδοσης;**

Συνοπλοποιώντας όλα τα παραπάνω τελικά η δομή του υλικού συμβάλει στην βελτίωση της απόδοσης;

### **Θεωρία δομής ύλης**

Σε αυτή την παράγραφο θα μελετήσουμε την δομή που θα έχει το υλικό της διατομής.

Η δομή περιλαμβάνει την μικροσκοπική και μακροσκοπική δομή, το σχήμα και την διαμόρφωση του υλικού ή τον συνδυασμό υλικών και την ανάλυση των δυνάμεων και καταπονήσεων που επιδέχονται.

Από την αρχική μας μελέτη για την ανεύρεση υλικού καταλήξαμε σε ένα απρόσμενο υποψήφιο υλικό, τα ελαστομερή. Παρότι η πλειοψηφία της βιομηχανίας χρησιμοποιεί ατσάλι ελατηρίων από την έρευνα υλικού που κάναμε παρατηρήσαμε ότι τα ελαστομερή έχουν περίπου 30 φορές μεγαλύτερη ικανότητα να αποθηκεύσουν ενέργεια. Τα ελαστομερή σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά είχαν δραματικά μεγαλύτερη απόδοση για τους εξής λόγους:

Τα ελαστομερή έχουν σημαντικά χαμηλότερη πυκνότητα λόγω της δομής της ύλης αλλά κυριότερα λόγω των ελαφρύτερων ατόμων από τα οποία αποτελείται. Βασικά τους στοιχεία ο άνθρακας με μοριακό βάρος 12 και το υδρογόνο με μοριακό βάρος 1, δίνουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα έναντι του σίδηρου με μοριακό βάρος 56.

Παρότι

### **Συμπεριφορά ελαστομερών**

Η διαφορά των ελαστομερών σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά βρίσκεται στο ότι η ενέργεια που αποθηκεύουν δε οφείλεται στην αποθήκευση ενέργειας στους ελαστικούς δεσμούς αλλά στην αλλαγή εντροπίας.

Διάγραμμα εφελκυσμού και σύγκριση με άλλα υλικά εικόνα

Όπως παρατηρούμε και από το κριτήριο επιλογής μας

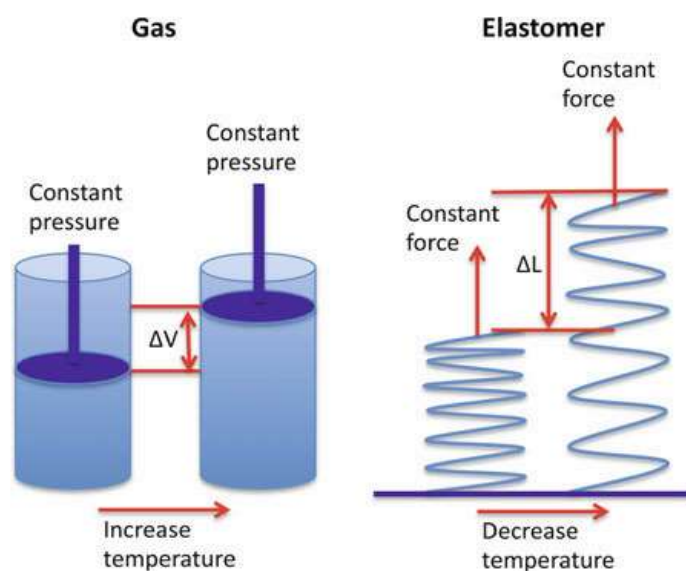
Στόχος μας είναι να βρούμε ένα υλικό το οποίο να έχει μικρή πυκνότητα , μεγάλο ποσοστό επιμήκυνσης , και μια λογική δύναμη επαναφοράς

Παίρνοντας σαν παράδειγμα την συμπεριφορά των ελαστομερών θα προσπαθήσουμε να φτιάξουμε ένα μηχανικό ανάλογο. Έστω λοιπόν

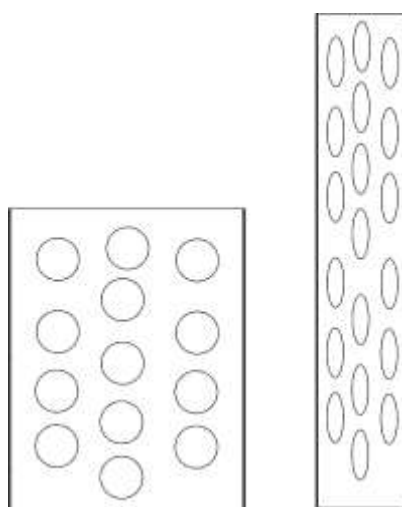
Παρατηρούμε λοιπόν τα εξής χαρακτηριστικά

Για την μείωση της πυκνότητας γίνεται χρήση ενός υλικού που παρέχει ισχυρούς δεσμούς για την δημιουργία του στερεού σε συνδυασμό με ένα αέριο το υδρογόνο για την μείωση του βάρους αλλά και την αποθήκευση ενέργειας.

Το δεύτερο χαρακτηριστικό των ελαστομερών είναι



Σχήμα 3.14 Σύγκριση συμπεριφοράς αερίων και πολυουρεθάνης σε καταπόνηση πηγή Polyurethane material properties



Σχήμα 3.15 Αναπαράσταση πρότασης δομής υλικού

Στο μηχανικό ανάλογο που βλέπουμε στην παραπάνω εικόνα έχουμε ένα αφρώδες υλικό κλειστής κυψέλης. Στο εσωτερικό μπορεί να βρίσκεται ένα αέριο κάτω από συγκεκριμένη πίεση. Όταν το υλικό είναι σε ηρεμία η γεωμετρία των κυψελών τείνει να λάβει το σχήμα με τον μέγιστο όγκο δηλαδή σφαιρικό. Όταν θα του ασκούμε εφελκυστική δύναμη το στερεό θα παραμορφώνεται, παραμορφώνοντας παράλληλα και τις κυψέλες που περιέχει μικραίνοντας έτσι τον όγκο τους και συμπιέζοντας το αέριο. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την αποβολή θερμικής ενέργειας. Κατά την εκτόνωση του στερεού για να επιστρέψει σε κατάσταση ισορροπίας το αέριο θα απορροφά θερμότητα

Αφρώδες υλικό με κυψέλες κενού.

Μια εναλλακτική λύση είναι η κατασκευή ενός αφρώδους υλικού κλειστής κυψέλης όπου στο εσωτερικό των κυψελών θα υπάρχει κενό

$1\text{atm}=101.325\text{kPa}$

Σε αυτή την περίπτωση θα κάνουμε συνδυασμένη χρήση της υποπίεσης ενός κυψελωτού υλικού και του υλικού των κυψελών. Το σχετικό κενό έχει σχεδόν μηδενική πυκνότητα και αυτό μας οδηγεί στην δυνατότητα κατασκευής ακόμα ελαφρύτερου ελατηρίου. Σημαντικό ρόλο στον σχεδιασμό έχει η μορφή της κυψέλης του υλικού. Σκοπός μας είναι κατά την φόρτιση του υλικού να δημιουργούμε παραμόρφωση της κυψέλης με παράλληλη μείωση της εσωτερικής πίεσης. Αυτό σημαίνει ότι ο όγκος της κυψέλης κατά την φόρτιση θα πρέπει να μεγαλώνει

Σχεδιομελέτη μορφής κυψέλης

Και στις δύο περιπτώσεις αφρώδων υλικών μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι λόγω των πιέσεων του αερίου εσωτερικά των κυψελών υπάρχει το πρόβλημα διαρροής μέσω του πορώδους του υλικού. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την περιορισμένη διάρκεια ζωής αλλά και την μείωση της απόδοσης του υλικού. Γι αυτό τον λόγο θα πρέπει να γίνει επιλογή υλικών τα οποία να περιορίζουν την διαφυγή αερίων, αλλά και να οριστεί μια μέγιστη πίεση λειτουργίας

Αυτοί οι δύο παράγοντες μας περιορίζουν στην επιλογή υλικών και εύρους λειτουργίας.

Θερμικές απώλειες

Σχεδιαστικοί περιορισμοί

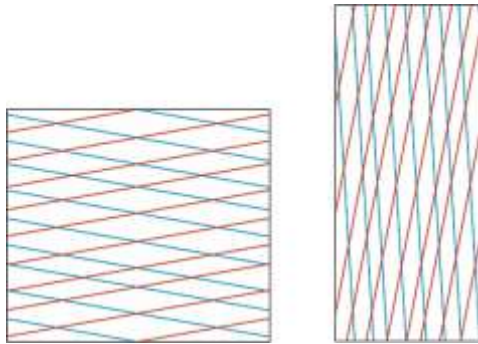
Λόγω της περιορισμένης παραμόρφωσης του σχήματος της κυψέλης θα έχουμε και περιορισμένη διαφορά πίεσης

Το κλειστό σύστημα κυψέλης έχει μικρότερη διαφορά πίεσης από τα ανοικτά συστήματα κάτι που οδηγεί σε σημαντική μείωση της χωρητικότητας.

Συνδυασμός ελαστικής ενέργειας υλικού και εντροπίας αερίου.

Ο παραπάνω σχεδιασμός μας δίνει το πλεονέκτημα να συνδυάσουμε την καταπόνηση ενός σκληρού στερεού με

Σύνθετο υλικό πλέξης μήτρας ίνας



Σχήμα 3.16 Αναπαράσταση Συμπεριφοράς της πλέξης των νημάτων κατά την επιμήκυνση του υλικού.

Για να κατανεύσουμε καλύτερα τις δυνάμεις

### **Πάχος υλικού και η επιρροή του στην αντοχή ίνες μεμβράνες**

Πολλά υλικά όταν έχουν μορφή πολύ λεπτού πάχους εμφανίζουν κάποιες ιδιαίτερα βελτιωμένες ιδιότητες. Για παράδειγμα οι νανοσωλήνες άνθρακα ενός στρώματος έχουν σχεδόν την ίδια αντοχή με τους νανοσωλήνες άνθρακα 2 ή περισσότερων στρωμάτων. Ένα άλλο παράδειγμα είναι τα πολυμερή τα οποία όταν τα μακρομόριά τους ευθυγραμμίζονται σε ίνες (πχ. Deneema) ή μεμβράνες παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη αντοχή στον εφελκυσμό. Αυτό οφείλεται σε τέσσερις κυρίως παράγοντες

Κατευθυντικότητα της δύναμης

Μετάδοση της δύναμης μέσω των ομοιοπολικών δεσμών

Γίνεται καλύτερη κατανομή της δύναμης

Δεν έχουμε ατέλειες μορφής

Δεν έχουμε επίπεδο ολίσθησης

Κάποια υλικά έχουν διαφορετικές ιδιότητες ανά επίπεδο λόγω του προσανατολισμού των δεσμών και εμείς εκμεταλλευόμαστε αυτό το επίπεδο

Αν και στην πρώτη περίπτωση η δύναμη συγκράτησης των μορίων του άνθρακα πηγάζει από τους ισχυρούς ετεροπολικούς δεσμούς του όπως πχ και στο Kevlar, ενώ στα πολυμερή η δύναμη συγκράτησης πηγάζει από τους λιγότερο ισχυρούς δεσμούς Van Der Waals το αποτέλεσμα είναι ότι έχουμε μια διαμόρφωση υλικού με αυξημένες μηχανικές ιδιότητες

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των ινών και των μεμβρανών είναι ότι το υλικό αποκτά ευλυγισία και αντοχή αφού η καταπόνησή του πλέον γίνεται μόνο μονοαξονικά.

Διάταξη δεσμών και αλυσίδων

Δομές ύλης Ίνες μονής στοιβάδας

Τα υλικά τα οποία αποτελούνται από μονή στιβάδα δεσμών όπως οι νανοσωλήνες άνθρακα μονής στοιβάδας ή κάποια συμπλέγματα πρωτεϊνών εμφανίζουν ιδιαίτερη αντοχή ως προς τον κύριο άξονά τους.

Ίνες πολλαπλής στοιβάδας

Συγκριτικά τα ινώδη υλικά με πολλαπλές στοιβάδες εμφανίζουν εφελυστική αντοχή παρόμοια με τα υλικά μονής στοιβάδας

Μεμβράνες μονής στιβάδας

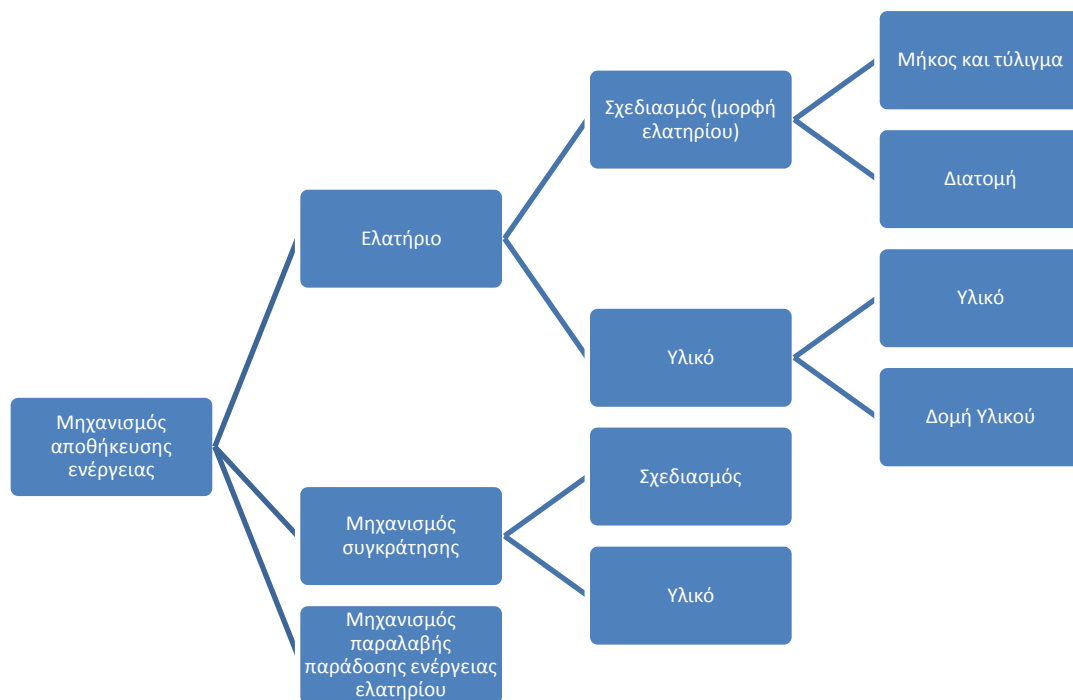
Μεμβράνες πολλαπλής στιβάδας

## Θεωρητική μελέτη ελατηρίων

Σε αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με την εκτενέστερη μελέτη των ελατηρίων.

Έχοντας φτιάξει τον πίνακα προδιαγραφών για τα χαρακτηριστικά της μπαταρίας μας στο προηγούμενο κεφάλαιο, τώρα θα αναλύσουμε τους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση του συστήματός μας.

Για την αποτελεσματικότερη μελέτη των ελατηρίων αρχικά επιβάλλεται μια θεωρητική ανάλυση ώστε να καθοριστούν οι κρίσιμες αυτές μεταβλητές οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν κατά την διαδικασία της σχεδιομελέτης του ελατηρίου.



Σχήμα 3.17 Ανάλυση συστήματος αποθήκευσης ενέργειας σε παράγοντες

## Βήματα σχεδιομελέτης

### Εισαγωγή περιγραφή βήματα μελέτη

#### Αξιολόγηση

Η θεωρητικά μέγιστη ελαστική ενέργεια που μπορούμε να αποθηκεύσουμε στην ύλη εξαρτάται από το υλικό.

#### Αξιολόγηση απόδοσης σχεδιασμού

Η απόδοση του σχεδιασμού υπολογίζεται από την αναλογία της αποθηκευμένης ενέργειας προς την μέγιστη ενέργεια που μπορεί να αποθηκεύσει ο μηχανισμός. Για ένα θεωρητικά ιδανικό σχεδιασμό όπου το υλικό φορτίζεται και αποφορτίζεται κατά τον μέγιστο βαθμό και παραλαμβάνουμε όλο το έργο σε μηχανική ενέργεια χωρίς απώλειες θα έχουμε σαν μέγιστο συντελεστή το 1

### Συνολική αξιολόγηση

Η συνολική αξιολόγηση του μηχανισμού αποθήκευσης ενέργειας θα προκύπτει από το πηλίκο της αξιολόγησης του σχεδιασμού και του υλικού.

Ως προς το κριτήριο της μέγιστης ενέργειας

Σχεδιασμός\*υλικό= τελική βαθμολογία

Η Τελική βαθμολόγηση θα προκύπτει από την μέθοδο αξιολόγησης των μέσων αποθήκευσης ενέργειας που έχουμε αναπτύξει στο προηγούμενο κεφάλαιο.

### Ανάλυση Επίλυση προβλήματος Βήματα

Είσοδος	Μηχανισμός αποθήκευσης ενέργειας	Έξοδος	Στόχος
Υλικό Περιορισμοί Χαρακτηριστικά Επιδόσεις Βάρος Επιμήκυνση Δύναμη επαναφοράς Υστέρηση Κόστος	Ελατήριο	Περιορισμοί Εύρος δύναμης Παροχή ρυθμός φόρτισης αποφόρτισης Ενέργεια Βαθμός απόδοσης	
Μορφή Καταπόνηση Ομοιομορφία φόρτισης	Μηχανισμός συγκράτησης		

Πίνακας 3.6 Ανάλυση εισόδων και εξόδων μηχανισμού αποθήκευσης ενέργειας

Τελευταίος θα μελετηθεί ο μηχανισμός συγκράτησης, αφού ο σχεδιασμός του εξαρτάται άμεσα από τον σχεδιασμό του ελατηρίου.

## Μηχανισμός αποθήκευσης ενέργειας

### Ποιότητα απόδοσης ισχύος

%Απόκλιση

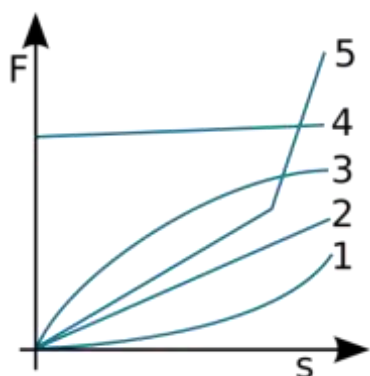
Τύπος απόκλισης γραμμικός ή μη

Συχνότητα απόκλισης

Κλίση ροπής παροχής μειούμενη ή σταθερή α

Κλίση ισχύος παροχής μειούμενη ή σταθερή α

### Συμπεριφορά και ποιότητας φόρτισης αποφόρτισης ελατηρίων



Σχήμα 3.18 Σύγκριση διαφορετικών τρόπων εκτόνωσης ενός ελατηρίου ανάλογα το υλικό και το σχήμα του

Χαρακτηριστικά ελατηρίων: 1 σταδιακά αυξανόμενης δύναμης, 2 γραμμικό ,σταδιακά μειούμενης δύναμης, 4 σχεδόν σταθερής δύναμης, αυξανόμενης με χαρακτηριστικό σημείο καμπής (γόνατο)

Η ποιότητα εξόδου εξαρτάται από το υλικό αλλά και τον σχεδιασμό

Η σχέση της ποιότητας εξόδου με την αποθηκευόμενη ενέργεια.

### Μεταβολή της δύναμης επαναφοράς κατά την επαναφορά και ο συντελεστής κ

Καμπύλη φόρτισης  $k \cdot \delta x$  και διάγραμμα ροπών δύναμης και επιμήκυνσης

Εικόνα τρία διαφορετικά διαγράμματα για υλικά όλκιμα ψαθυρά ελαστομερή

Εικόνα ειδικό διάγραμμα σύνθετου υλικού επιμήκυνση αντοχή

Παρατηρούμε δηλαδή ότι για την ίδια δύναμη

Σύγκριση ενέργειας ελαστικής από εμβαδό διαγραμμάτων και σύγκριση πλαστικής με την ελαστική. Εξέταση μεθόδων μετατόπισης και αύξησης της ελαστικής και μείωσης της πλαστικής

### Βαθμός απόδοσης

Ο μηχανισμός

Η ταχύτητα φόρτισης αποφόρτισης θερμικές απώλειες

Οι τριβές

Η διαφορά θερμοκρασίας φόρτισης και αποφόρτισης

### Απόδοση μηχανισμού ελατηρίου και ελατηρίου

Κάνοντας χρήση μιας παραλλαγής του 2<sup>ου</sup> νόμου της θερμοδυναμικής παρατηρούμε ότι

(Εικόνα χ.χ)

Επίπεδο υψηλής φόρτισης – επίπεδο χαμηλής φόρτισης= παραλαμβάνουσα ενέργεια

Το επίπεδο χαμηλής φόρτισης εξαρτάται:



Από την εναπομένουσα δύναμη λόγω ανικανότητας του μηχανισμού να απορροφήσει όλη την ενέργεια

Από τις απώλειες λόγω πλαστικής παραμόρφωσης – μη ιδανικής ελαστικής συμπεριφοράς

Από τις θερμικές απώλειες λόγω εσωτερικής τριβής

Από τις απώλειες λόγω εξωτερικής τριβής (απώλειες μηχανισμού)

Θεωρούμε ότι η θερμοκρασία κατά την φόρτιση και αποφόρτιση είναι σταθερή.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι είναι αδύνατο να έχουμε απόδοση 100%

### **Κύκλα φόρτισης αποφόρτισης ελατηρίων και παραγόμενο έργο**

Πειραματικά Βαθμός υστέρησης απώλειες πραγματική αποθηκευόμενη και αποδιδόμενη ενέργεια

Υπολογισμός μοντέλο για τον υπολογισμό της συνολικής ενέργειας και της απόδοσης.

Σύνοψη και Καθορισμός κρίσιμων παραγόντων

### **Καταπονούμενο σώμα και μηχανισμός συγκράτησης**

Όταν ένα ελατήριο είναι σε κατάσταση φόρτισης χρειάζεται ένας μηχανισμός ο οποίος να το συγκρατεί

Σε κάθε περίπτωση μορφή και σχήμα ή υλικό ισχύει ένας γενικός κανόνας :

Πάντα υπάρχουν 2 τεμάχια ύλης ίδια ή διαφορετική με σχεδιασμό τέτοιο ώστε το ένα μέρος να συμπιέζεται και το άλλο να αποσυμπιέζεται ώστε να έρχονται σε ισορροπία

Για λόγους ασφαλείας το μέρος το οποίο συγκρατεί το καταπονούμενο υλικό θα πρέπει να είναι ισχυρότερο για την αποφυγή θραύσης και απότομης εκτόνωσης του φορτισμένου σώματος.

Η διαφορά αυτών των δύο μας δίνει την χωρητικότητα του μηχανισμού ελατηρίου σε ενέργεια

Γενικά υπάρχουν 2 συστήματα ελατηρίων ως προς την καταπόνηση

1 Αυτά τα οποία υπάρχει το καταπονούμενο σώμα (ελατήριο) και ο μηχανισμός που το συγκρατεί στην θέση της φόρτισης

2 Αυτά τα οποία το καταπονούμενο σώμα καταπονείται με αντίθετες δυνάμεις έτσι ώστε η διαφορά τους να χρειάζεται να συγκρατείται από τον μηχανισμό

Στην περίπτωση που και ο μηχανισμός που καταπονείται λειτουργεί σαν ελατήριο τότε έχουμε μεγαλύτερη αποθήκευση ενέργειας ανά μονάδα βάρους γιατί εκμεταλλευόμαστε καλύτερα το σύνολο των υλικών μας

### **Καταπονήσεις είδη**

	Εφελκυσμός	Θλίψη	Λυγισμός	Κάμψη	Στρέψη	διάτμηση
Εφελκυσμός						
Θλίψη						
Λυγισμός						
Κάμψη						
Στρέψη						
διάτμηση						

Πίνακας 3.7 Πιθανοί συνδυασμοί καταπονήσεων

Στρέψη κάμψη εφελκυσμό ή θλίψη

Για μεγάλα μήκη μόνο κάμψη ή στρέψη

### Να το συνδέσω με το κείμενο φυσική μηχανολογική μελέτη

Βαθμός φόρτισης καταπόνησης ομοιομορφία

Τεχνικές αύξησης του βαθμού καταπόνησης

Κατανομή δυνάμεων Διανυσματική ανάλυση

Αντίθετες δυνάμεις

Ομοιογένεια κατανομής τάσεων και αντοχής υλικών ως προς 3 διαστάσεις

Αρχικά μια καταγραφή ομαδοποίηση και ανάλυση των ειδών ελατηρίων για τα κοινά τους χαρακτηριστικά

Ελατήριο	Εφαρμογή δύναμης
Ελικοειδές	Γωνία*απόσταση*(στρέψη+κάμψη)+θλίψη

Πίνακας

Και άθροισμα ενέργειας καταπόνησης μηχανισμού συγκράτησης και καταπονούμενου υλικού δηλαδή

Αέριο σε πίεση σε φιάλη αέριο τριαξονική καταπόνηση και φιάλη διαξονική καταπόνηση σύνολο 5 άξονες αποθήκευσης ενέργειας.

	Σώμα	Μηχανισμός
	1	1
	2	2
	3	3

Πίνακας υπολογισμός συνολικών αξόνων καταπόνησης υλικού και μηχανισμού

Σώματα με αντίθετες καταπονήσεις συστήματα

Στην στρέψη και την κάμψη το σώμα μας καταπονείται με αντίθετες καταπονήσεις

### **Τεχνικές μετατροπής δύναμης και απόστασης μεταβολής**

#### **Για υγρά και αέρια**

Εμβαδό πίεσης επιφανείας διαδρομή

#### **Για στερεά**

Γενικά σχεδιαστικοί μηχανισμοί και γεωμετρίες για την αλλαγή δύναμης απόστασης

Γεωμετρικά

Με αλλαγή γωνίας βίδα κεκλιμένο επίπεδο

Με αλλαγή ροπής Διαφορά ακτίνας Μοχλός

Με αλλαγή απόστασης

Με συντονισμό

Με πολύσπαστο

ρόμβοι τρίγωνα πλέξεις χιαστί

Εναλλακτικές λύσεις γεωμετρίας

Με εμβαδά όπως πίεση ρευστά

Συνδυασμό όλων των παραπάνω λύσεων

Τεχνικές αύξησης της μετατόπισης

Παρατηρούμε ότι για την αύξηση της επιμήκυνσης του μεταλλικού ελατηρίου χρησιμοποιείται η μέθοδος του φορτίου υπό γωνία

Δηλαδή δεν εκμεταλλευόμαστε πάντα ένα συγκεκριμένο φαινόμενο Πχ.

Κυψελοειδή στερεού αερίου ή συμπίεσιμου υγρού

Μελέτη σύνθετων γεωμετριών όπως συρματόσχοινα κάλτσα ανθρακονήματος κτλ

Συντελεστής ασφαλείας	1,2
Εύρος ροπής	
Εύρος ισχύος	
Ομοιομορφία φόρτισης	
Ποσοστό φόρτισης	
Ποσοστό υλικού που είναι φορτισμένο Και τρόπος κατανομής	
Κέντρο βάρους	
Διαφορά αφόρτιστου υλικού	
Διαφορά δυναμικού	
Μήκος ελατηρίου	
Επιφάνεια διατομής	
Στοιχεία υλικού ελατηρίου	
Στοιχεία υλικού μηχανισμού	
Διαφορά όγκου	
Θερμοδυναμικές απώλειες	
Διαστάσεις καταπόνησης	

Πίνακας προδιαγραφών και κριτηρίων ελατηρίου

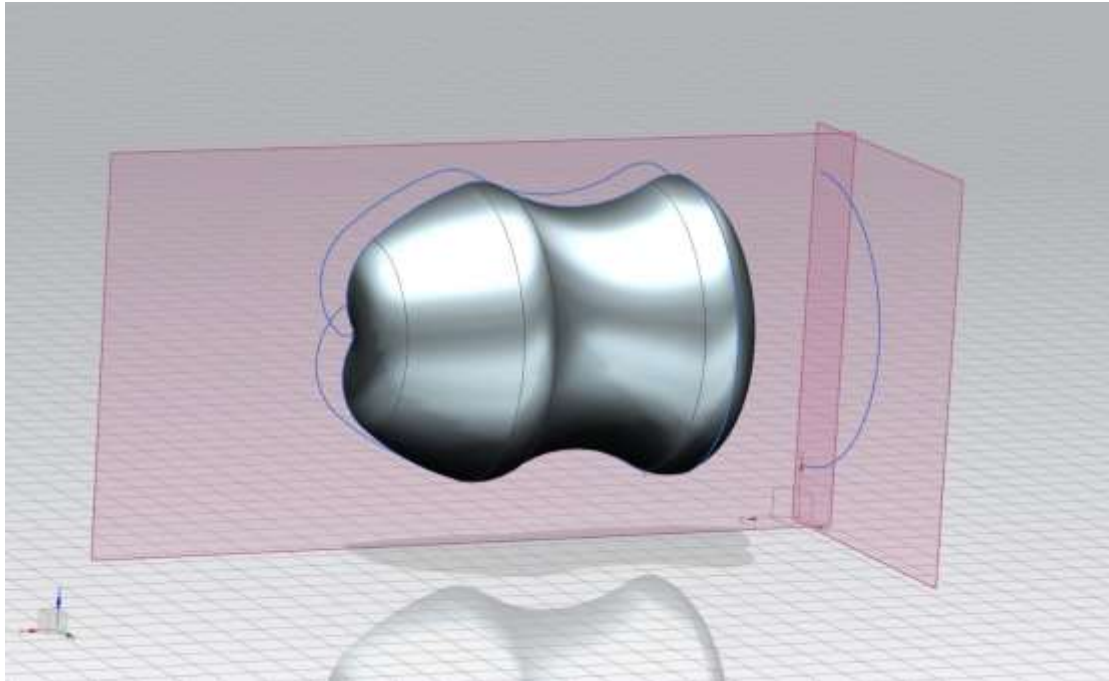
## Μορφή

### Σχεδιομελέτη Μορφής σώματος ελατηρίου

Η μέθοδος σχεδιασμού που θα ακολουθήσουμε χρησιμοποιεί την αφαιρετική λογική η οποία μας δίνει την δυνατότητα να εξετάσουμε κάθε δυνατή λύση ώστε να μην αποκλείσουμε κατά λάθος κάποια υποψήφια λύση.

### Σχήμα ελατηρίου Στερεού-Στερεού

Για να μπορέσουμε να εξετάσουμε στην Σχεδιομελέτη μας κάθε πιθανό σχήμα θα μπορούσαμε να κάνουμε χρήση δύο επιπέδων κάθετα στον χώρο.



Εικόνα 3.2 Τυχαίο σώμα και τα επίπεδα διατομής

Εάν υποθέσουμε ότι το κάθε ένα από τα επίπεδα έχει την δυνατότητα να κινηθεί κατά μήκος του τυχαίου σώματός μας τότε από την διατομή που προκύπτει μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε οποιοδήποτε σώμα.

Εάν προσπαθήσουμε να αναλύσουμε ένα οποιαδήποτε σώμα σε δύο επίπεδα θα μπορούσαμε να κατηγοριοποιήσουμε κάθε σώμα κάθε μορφής στις εξής 4 κατηγορίες του πίνακα

		Διατομή ZX	
		Σταθερή	Μεταβαλλόμενη
Διατομή ZY	Σταθερή	Σταθερή-Σταθερή	Σταθερή-Μεταβαλλόμενη
	Μεταβαλλόμενη	Μεταβαλλόμενη-Σταθερή	Μεταβαλλόμενη-Μεταβαλλόμενη

Πίνακας 3.8 συνδυασμών διατομής για τα δύο επίπεδα

Πίνακας να φτιάξω εικόνες για κάθε περίπτωση και να τις βάλω στα κελιά

Ο παραπάνω πίνακας μας δίνει τις 4 πιθανές κατηγορίες σχημάτων. Η δύο όμως από αυτές (σταθερή-μεταβαλλόμενη , μεταβαλλόμενη σταθερή) είναι στην πραγματικότητα ίδιες, αφού περιστρέφοντας το τυχαίο σώμα μας παράλληλα με τον άξονα Z έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα.

#### Σταθερή-Σταθερή Σχήματα με σταθερό προφίλ βάσης και σταθερή διατομής σώματος

Σε αυτή την περίπτωση περιλαμβάνονται μόνο δύο κατηγορίες σχημάτων οι κύβοι και τα ορθογώνια τραπέζια.

### **Σταθερή-Μεταβαλλόμενη, Μεταβαλλόμενη-Σταθερή Σχήματα με σταθερό προφίλ βάσης και μεταβαλλόμενη διατομής σώματος**

Σε αυτό το σύνολο περιλαμβάνεται μια μεγάλη οικογένεια σχημάτων όπως ο κύλινδρος, τα πολύεδρα και πολλά άλλα.

### **Μεταβαλλόμενη-Μεταβαλλόμενη Σχήματα με μεταβαλλόμενο προφίλ και μεταβαλλόμενη διατομή**

Σε αυτό το σύνολο περιλαμβάνεται ένας άπειρος αριθμός ακανόνιστων πιθανών σχημάτων αλλά και κανονικών όπως η σφαίρα, ο κώνος κτλ. Τα σχήματα αυτά είναι εκτός της μελέτης μας γιατί η ακανόνιστη μορφή της μίας από τις δύο διατομές

Σχήματα Σφαίρα κώνος κτλ σχήματα με μη σταθερό προφίλ βάσης και ανομοιόμορφη διατομή σώματος.

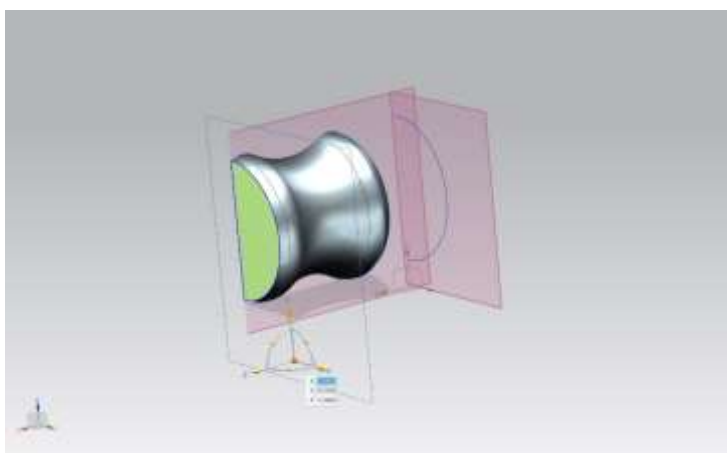
Τα σχήματα .....γιατί παρουσιάζουν ανομοιόμορφη συμπεριφορά κατά την καταπόνησή τους ενώ δημιουργούνται σημεία συγκέντρωσης τάσεων ή σημεία με ελλιπή φόρτιση λόγω της διαφορετικής διατομής κατά το μήκος τους.

### **Εσωτερική διατομή**

Τα σχήματα μπορούν να είναι είτε συμπαγή είτε με εσωτερική διαμόρφωση. Σε αυτή την παράγραφο μελετάμε αρχικά την εξωτερική διατομή. Σε επόμενη παράγραφο θα εξετάσουμε την πιθανή εσωτερική διαμόρφωση του ελατηρίου μας.

### **Διαδρομή επιπέδου**

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που καθορίζει την μορφή του σώματος είναι η διαδρομή που ακολουθεί κατά την κίνησή του το κάθε επίπεδο για την ανάγνωση της τομής του αντικειμένου.





Εικόνα 3.3 Διάφοροι τύποι διαδρομής των επιπέδων τομής και σχήματα που δημιουργούνται

Η σταθερή διατομή μπορεί να ακολουθεί ένα μονοπάτι το οποίο μπορεί να είναι ευθύγραμμο, κυρτό, εναλλασσόμενο ή με γωνίες.

#### Διαδρομές

Όταν το επίπεδο της αρχής συμπίπτει με το επίπεδο του τέλους δακτύλιοι δίσκοι

Όταν το επίπεδο της αρχής δεν συμπίπτει με το επίπεδο του τέλους.

Για να περιορίσουμε τα αποτελέσματα σε σχήματα με επιθυμητά χαρακτηριστικά, εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε δύο κανόνες για την κίνηση του επιπέδου μας:

- Η ελάχιστη απόσταση του άξονα περιστροφής δεν μπορεί να είναι μικρότερη της εφαιπόμενης της διατομής  
Δηλαδή σε κάθε περίπτωση δεν θα επιτρέπουμε την σημειακή περιστροφή του επιπέδου γύρω από κάποιο άξονα ο οποίος περνάει μέσα από την διατομή του κέντρου βάρους της διατομής γιατί σε αυτή την περίπτωση θα έχουμε σαν αποτέλεσμα αντικείμενα, τα οποία μπορούμε να δημιουργήσουμε με την μέθοδο της μετακίνησης των επιπέδων.
- Τα δύο επίπεδα μεταξύ τους θα πρέπει να είναι πάντα κάθετα μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι όταν το ένα επίπεδο ακολουθεί κάποια διαδρομή το δεύτερο επίπεδο θα ακολουθεί την πορεία του πρώτου διατηρώντας την καθετότητά του.

Κάνοντας χρήση της τεχνικής που μόλις αναλύσαμε καταλήγουμε σε ένα αρκετά περιορισμένο σύνολο σχημάτων που ικανοποιούν τις προδιαγραφές μας, ενώ μπορούμε να εκφράσουμε κάθε μορφή ελατηρίου που μας ενδιαφέρει κάνοντας χρήση μόνο δύο μεταβλητών. Την διατομή και την διαδρομή. Η διαδρομή με την σειρά της, αναλύεται στην κίνηση μέσα στον χώρο και το μήκος της. Στις παρακάτω παραγράφους θα εξετάσουμε αναλυτικότερα αυτές τις μεταβλητές και πως επηρεάζουν την συμπεριφορά των ελατηρίων.

#### Επιλογή αντικειμένων

Βεβαίως δεν είναι όλα τα σχήματα το ίδιο αποδοτικά για χρήση τους, σαν ελατήριο ενέργειας για αυτό τον λόγο θα θέσουμε κάποια επιπλέον κριτήρια για την επιλογή τους και την αξιολόγησή τους στις επόμενες παραγράφους.

#### **Σχήμα ελατηρίου Στερεού-Υγρού/Αερίου**

Σε αυτή την περίπτωση το εξεταζόμενο αντικείμενό μας δεν είναι το υγρό ή το αέριο αλλά η μορφή του κελύφους που θα το περιβάλλει.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες δοχείων ανάλογα την μορφή τους.

#### Παραμορφώσιμα κελύφη

Απαραμόρφωτα κελύφη

Παραμορφώσιμο (μεταβλητού όγκου) μεγάλης παραμόρφωσης και μη παραμορφώσιμο μικρής παραμόρφωσης.

Έχοντας σαν κριτήριο σχεδιασμού την μέγιστη αποθήκευση ενέργειας θα κάνουμε αρχικά μια διερεύνηση της βέλτιστης μορφής και μετά μια θεωρητική ανάλυση και σύγκριση των δύο λύσεων.

### Δοχεία χωρίς παραμόρφωση

Σε αυτή την περίπτωση κριτήριο μας είναι η μέγιστη αντοχή του δοχείου ώστε να μπορούμε να αποθηκεύσουμε το υλικό μας στην μέγιστη πίεση ή ελάχιστη υποπίεση

### Από βιβλίο beer σελ 478

Δοχεία χωρίς παραμόρφωση με εσωτερικά παραμορφώσιμο στερεό

Να αναφερθώ εδώ στην μελέτη με τα αέρια και την πολυουρεθάνη

### Δοχεία με παραμόρφωση

φυσούνας και αστέρα

Κύλινδρος

Μήκος και διάμετρος κυλίνδρου

### Διαφορά ενέργειας για τις δύο κατηγορίες.

### Μήκος σώματος και τύλιγμα

Πίνακας εισόδου

		Σχόλια Αλληλεξάρτηση μεταβλητών και επιρροή στην απόδοση
Σταθερές μεταβλητές	Διατομή	
Ελεύθερες μεταβλητές		
	Μήκος σώματος	
	Διαδρομή (τύλιγμα)	
Στόχος- Ζητούμενο		
Σχόλια κρίσιμοι παράγοντες		

Πίνακας

### Θεωρία

Διαστάσεις και μορφή ελατηρίου

Η συμπεριφορά ανεξαρτήτως μορφής ή καταπόνησης ή υλικού μπορεί να συνοψιστεί στην δυνατότητα του εκάστοτε σχήματος ύλης να μπορεί να καταπονείται είτε ευθύγραμμα είτε περιστροφικά

Την δύναμη και την

Ο συνδυασμός της μεταβολής με την δύναμη μας αποδίδουν το έργο το οποίο είναι και το ζητούμενό μας.

Ας δούμε λοιπόν πως οι παράγοντες δύναμη και μεταβολή επηρεάζονται κατά τον σχεδιασμό

### **Δύναμη επαναφοράς και παραμόρφωση στην Μονοαξονική καταπόνηση**

Για οποιοδήποτε υλικό, καταπόνηση ή μορφή ελατηρίου υπάρχουν δύο μεταβλητές οι οποίες είναι κοινές για όλα τα ελατήρια με μονοαξονική καταπόνηση

Έστω μια τυχαία μάζα ενός υλικού. Για οποιαδήποτε μορφή της μάζας για κάθε είδος καταπόνησης

Σε μάζες ανομοιόμορφης διατομής λαμβάνουμε σαν ισοδύναμη διατομή την μέση διατομή αλλά για λόγους απλότητας παρακάτω εργαζόμαστε με όγκους ομοιόμορφης διατομής.

Δύο είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την συμπεριφορά του υλικού

### **Το εμβαδό της διατομής που δέχεται κάθετα την καταπόνηση και το μήκος μορφή διατομής σταθερή διαδρομή σταθερή υλικό κοινό**

Όσο μεγαλύτερο είναι το εμβαδό τόσο μεγαλύτερη είναι και η δύναμη (δηλαδή γίνεται παράλληλη προσθήκη ελατηρίων) και μικρότερη η παραμόρφωση για την ίδια δύναμη, ενώ όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του σώματος τόσο μικρότερη είναι η δύναμη αλλά μεγαλύτερη η παραμόρφωση (προσθήκη σε σειρά ελατηρίων)

$(1/2K*\chi^2) + (1/2K*\chi^2)$  Να γράψω τους τύπους ελατήρια σε σειρά και παράλληλα

Πολύ μεγάλο εμβαδό σε σχέση με το ύψος μας δίνει πολύ μεγάλη δύναμη παραμόρφωσης και πολύ μικρή μεταβολή. Αντίθετα πολύ μεγάλο ύψος και πολύ μικρό εμβαδό μας δίνουν πολύ μικρή δύναμη παραμόρφωσης και πολύ μεγάλη μεταβολή. Οι δύο αυτοί ακραίοι συνδυασμοί είναι δύσκολο να μετατραπούν αποτελεσματικά σε έργο και έχουν σαν αποτέλεσμα χαμηλό βαθμό απόδοσης. Το σωστό λοιπόν είναι μια ισορροπημένη αναλογία δύναμης και παραμόρφωσης οι οποίοι με την σειρά του επηρεάζουν τον εμβαδό και το μήκος.

### **Αναλογία δύναμης μετατόπισης**

Μεγάλες δυνάμεις με πολύ μικρές μετατοπίσεις ή το αντίθετο είναι δύσκολο να γίνουν αποτελεσματικά εκμεταλλεύσιμες. Γι αυτό τον λόγο θα πρέπει να διαμορφώσουμε έτσι τον σχεδιασμό μας ώστε να μπορούμε να έχουμε αποτελεσματική μετατροπή του έργου.

Από το διάγραμμα υλικών παρατηρούμε ότι υπάρχουν πολλά υλικά με μεγάλη δύναμη εφελκυσμού αλλά όλα τα υλικά έχουν συγκριτικά πολύ μικρότερη επιμήκυνση. Αυτό μας υποδεικνύει ότι πρέπει κατά τον σχεδιασμό μας να λάβουμε υπόψιν μας πως μπορούμε να αυξήσουμε την επιμήκυνση.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το μέγιστο μήκος **περιορισμοί**

Παρασιτικές δυνάμεις αναδίπλωση τσακίσματα κτλ.





Εικόνα 3.4 Αναπαράσταση φαινομένου κύρτωσης ελατηρίου κατά την θλίψη

Όρια διαστάσεων και δύναμης καταπόνησης λόγω παραμόρφωσης μορφής λειτουργίας

Έχοντας μια σωστή ισορροπία ανάμεσα

### **Δύναμη επαναφοράς και παραμόρφωση στην Τριαξονική καταπόνηση**

Τριαξονική καταπόνηση σε στερεά

Τριαξονική καταπόνηση σε υγρά και αέρια

Η τριαξονική καταπόνηση μπορεί να είναι ομοιόμορφη πχ συμπίεση ή ανομοιόμορφη

Τα υγρά και τα αέρια λόγω της προσαρμογής του σχήματός τους καταπονούνται μόνο τριαξονικά και μάλιστα με κατανεμημένη ομοιόμορφη πίεση στις τρεις διαστάσεις.

Από την άλλη τα στερεά είναι πρακτικά δύσκολο να καταπονηθούν ομοιόμορφα και στους τρεις άξονες. Συνήθως η καταπόνηση γίνεται κυρίως στον ένα άξονα με τους άλλους δύο να έχουν σημαντικά μικρότερη καταπόνηση η οποία είναι πολλές φορές αμελητέα.

Κατά την τριαξονική ομοιόμορφη καταπόνηση για κάθε υλικό ή σχήμα όγκου σημασία έχει ο όγκος. Όσο πιο μεγάλος είναι ο όγκος του υλικού

Εδώ δηλαδή παρατηρούμε μια σταθερή αναλογία μεταβολής της πίεσης με την μεταβολή του όγκου

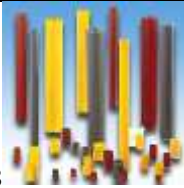

Αναλογία διαστάσεων σε ελατήρια στερεού υγρού ή αερίου


### **Ελατήρια Στερεού-Στερεού**

Το κύριο χαρακτηριστικό για την κατηγοριοποίηση των στερεών ελατηρίων είναι η μορφή τους. Από την προηγούμενη παράγραφο έχουμε περιορίσει τις επιλογές μας όσον αφορά την μορφή του ελατηρίου.

Μονοαξονική καταπόνηση

Καταπόνηση	Περιστροφική (στρέψη)	Ευθύγραμμη (θλίψη, εφελκυσμός, λυγισμός)	Σύνθετη (ευθύγραμμη και περιστροφική)
Εμβαδό περιφέρειας/ 2*εμβαδό βάσης			

<p>&lt;1/0,3</p>	<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p>
<p>1/1</p>	<p>4</p>	<p>5</p>	<p>6</p>
<p>1/2 -1/8</p>	<p>7</p> 	<p>8</p> 	<p>9</p>
<p>1/6-1/10</p>	<p>Στρέψη</p> 	<p>Λυγισμός</p>	
<p>1/10-1/20</p>			

Μεγαλύτερο από $>1/30$	<p>Κάμψη</p> 	<p>Κάμψη</p> 	

Πίνακας 3.9 Κατηγοριοποίηση ελατηρίων στερεού ανάλογα την μορφή τους

Υπάρχει και μια μεγάλη ποικιλία ελατηρίων τα οποία χρησιμοποιούνται για εφαρμογές όπως ασφάλειες κτλ. Στην παρούσα έρευνα δεν θα εξετάσουμε αυτά τα είδη ελατηρίων γιατί δεν πληρούν τις προδιαγραφές του μεγάλου μήκους επιμήκυνσης αφού είναι κατασκευασμένα για πολύ μικρές επιμηκύνσεις

Για τις περιπτώσεις των ελατηρίων τα οποία έχουν μικρή αναλογία μήκους σε σχέση με την επιφάνεια της διατομής τους οι διατάσεις που καταλαμβάνουν είναι μικρές και η δυνατότητα αλλαγής της μορφής τους είναι ασύμφορη ή αδύνατη

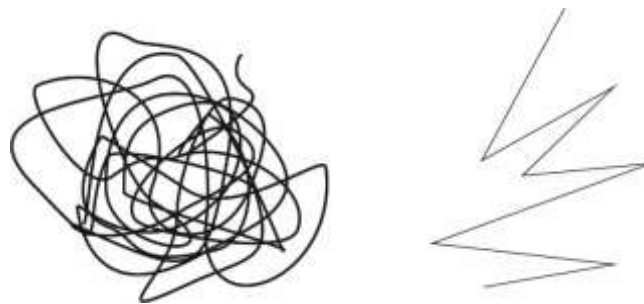
Στις περιπτώσεις όμως που το σώμα του ελατηρίου έχει πολύ μεγάλο μήκος τότε είναι ωφέλιμο το τυλίγμά τους με κάποιο τρόπο ώστε να καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο

### Τυλίγματα

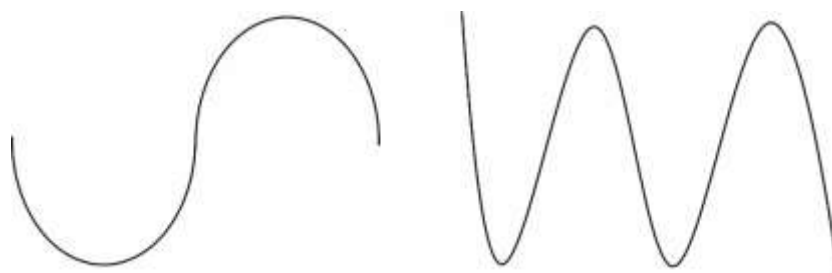
Όπως παρατηρήσαμε ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν ως προς την ποικιλομορφία της σχεδίασης τους τα ελατήρια με μεγάλο μήκος σώματος. Παρακάτω θα τα εξετάσουμε πιο αναλυτικά

### *Τύλιγμα ελατηρίου μορφή χαρακτηριστικά κριτήρια απόδοσης*

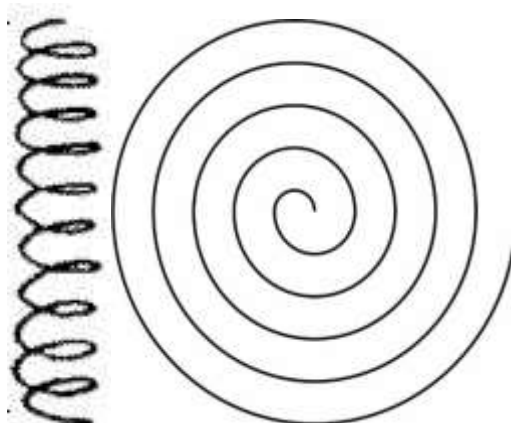
Μορφή τυλίγματος (καθορισμός διαδρομής)



Εικόνα 3.5 α διάφοροι τύποι τυλίγματος



Εικόνα 3.5β συνάρτηση ημιτόνου και ημικύκλια



Εικόνα 3.5γ σπιδράλ με και χωρίς κάρθετη μετατόπιση

Επιρροή της γεωμετρίας τυλίγματος και γεωμετρίας τυλίγματος

Πριν αναλύσουμε τις πιθανές γεωμετρίες τυλίγματος πρέπει πρώτα να θέσουμε κάποια κριτήρια επιλογής. Αφού για ένα μακρύ ελατήριο το σώμα του ελατηρίου οποιασδήποτε διατομής θα πρέπει με κάποιο τρόπο να τυλιχθεί το τύλιγμα θα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Να μην μπλέκει το ελατήριο. Δηλαδή το ελατήριο να μπορεί να φορτιστεί και αποφορτιστεί σε όλο το μήκος του με ευκολία.

Για την μεγιστοποίηση της αποθηκευμένης ενέργειας αλλά και για την σταθερή ποιότητα αποφόρτισης και καταπόνησης του ελατηρίου

Να γίνεται κατά το δυνατόν ομοιόμορφη καταπόνηση κατά το μήκος του ελατηρίου και ομοιόμορφη εξαγωγή της ισχύος. Έτσι λοιπόν ανομοιόμορφες γεωμετρίες τυλίγματος αλλά και απότομες αλλαγές της διαδρομής όπου γίνεται συγκέντρωση τάσεων και ανομοιόμορφη καταπόνηση δεν αποτελούν κατάλληλες λύσεις.

Να γίνεται όσο το δυνατόν καλύτερη καταπόνηση κατά την διατομή του ελατηρίου

Να μην υπάρχουν τριβές κατά την εκτόνωση του ελατηρίου. Οι τριβές είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την αξιοπιστία τις απώλειες ενέργειας αλλά και την ποιότητα της ισχύος εξόδου και θα πρέπει να αποφεύγονται κατά το δυνατό

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να αναφέρουμε ένα συνδυασμό σχεδιασμού ο οποίος θα μπορούσε να περιληφθεί στις επιλογές μας αλλά δεν τον έχουμε αναφέρει.

Σώμα ανομοιόμορφης ή κλιμακούμενης διατομής και απότομων αλλαγών διαδρομής.

Πρόκειται για ένα σχεδιασμό ο οποίος μας αποδίδει τα ίδια αποτελέσματα με αντίστοιχες λύσεις σταθερής διατομής αλλά είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστεί και να κατασκευαστεί.

Αν και δεν απορρίπτουμε τελείως την επιλογή αυτή θα την επανεξετάσουμε όταν θα θέλουμε να βελτιώσουμε την απόδοση του ελατηρίου.

Από τις παραπάνω λύσεις αποκλείσαμε

Τυλίγματα με ανομοιόμορφη καμπύλωση

Τυλίγματα με ομοιόμορφη καμπύλωση

Ελάχιστη και βέλτιστη ακτίνα καμπύλωσης

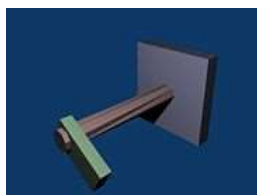
Για κάθε είδος τυλίγματος υπάρχουν

Ελάχιστο και βέλτιστο τύλιγμα

Το ελάχιστο τύλιγμα περιορίζεται από την μέγιστη καταπόνηση του υλικού για να μην καταστραφεί όπως αναλύσαμε στην προηγούμενη παράγραφο. Αυτό μας περιορίζει στον σχεδιασμό σαν την ελάχιστη ακτίνα τυλίγματος.

Το βέλτιστο τύλιγμα είναι η ακτίνα εκείνη η οποία φορτίζει κατά το μέγιστο το υλικό μας το οποίο είναι και ίσο με την ελάχιστη ακτίνα τυλίγματος και απευθύνεται μόνο στα τυλίγματα όπου το επίπεδο τυλίγματος που περνάει από τον άξονα του κυλίνδρου είναι ίδιο με το επίπεδο καταπόνησης.

Ελατήρια σε στρέψη



Εικόνα 3.6 Ελατήριο σε στρέψη




Όπως και οι υπόλοιπες μορφές ελατηρίων έχουν κάποιους περιορισμούς στις καταπονήσεις τους έτσι και τα ελατήρια σε στρέψη. Αναλόγως της διατομής του μήκους του υλικού και της δύναμης που εφαρμόζεται σε ένα ελατήριο στρέψης μπορεί να έχει παρακάτω χαρακτηριστικά

Ελατήρια στρέψης

Στρέψη ελαστικού υλικού

Τα ελαστικά υλικά μπορούν να συστραφούν πολλές φορές γύρω από τον εαυτό τους. Λόγω όμως των δυνάμεων που αναπτύσσονται μετά από μια γωνία περιστροφής αρχίζουν να έχουν την τάση να αναδιπλώνονται για να έρθουν σε μια μορφή χαμηλότερης ενεργειακά στάθμης. Αυτό το φαινόμενο

μας περιορίζει στην ποσότητα φόρτισης του ελατηρίου εκτός εάν πέρα από την στρέψη εφαρμόσουμε και εφελκυσμό.

	περιστροφική	ευθύγραμμη	Σύνθετη (περιστροφική και ευθύγραμμη)
			
			
			
			
	 με διπλό κυματισμό ως προς 2 άξονες		

Πίνακας 3.10 Εναλλακτικές διαμορφώσεις ελατηρίων

Πυκνότητα τυλίγματος βήμα ελεύθερη διαδρομή

Γωνία πλάτος διατομή αναλογία κενού χώρου προς ελατηρίου διαδρομή εκτόνωσης

Χαρακτηριστικά όγκου

Η πυκνότητα του τυλίγματος θέλουμε να είναι

Παραλλαγές

Ας δούμε τώρα κάποια κοινά χαρακτηριστικά των παραπάνω ελατηρίων



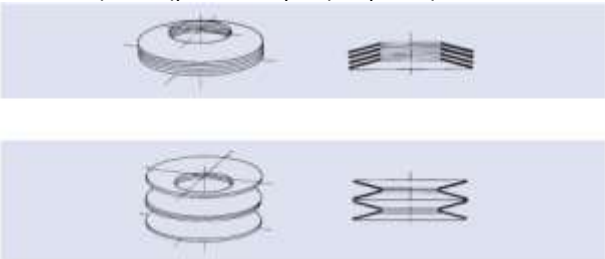

Ως προς την καταπόνηση

Ως προς τον όγκο

### Συνδυασμοί ελατηρίων

Υπάρχουν 2 τρόποι συνδυασμών ελατηρίων παράλληλα και σε σειρά

Συνδυάζοντας ελατήρια είτε παράλληλα είτε σε σειρά μπορούμε να μεταβάλουμε την τελική δύναμη επαναφοράς και την επιμήκυνση. Επίσης σε κάποιες κατηγορίες ελατηρίων οι οποίες έχουν μεγάλους κενούς όγκους μπορούμε να εκμεταλλευτούμε αυτούς τους όγκους πχ με έκκεντρα ελατήρια μειώνοντας έτσι τον όγκο του μηχανισμού. Είτε παράλληλα είτε σε σειρά προσθέτοντας ελατήρια προσθέτουμε ενέργεια. Το πρόβλημα είναι ότι η ειδική ενέργεια παραμένει σταθερή j/kg αφού έχουμε το ίδιο υλικό. Τα παραπάνω μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι συνδυασμοί ελατηρίων ενδείκνυνται μόνο για την περίπτωση που θέλουμε να αυξήσουμε την πυκνότητα ενέργειας του όγκου του μηχανισμού για συγκεκριμένους τύπους ελατηρίων ή την δύναμη επαναφοράς ή επιμήκυνσης όταν δεν είναι αυτό συνετό με κάποια άλλη μέθοδο.

παράλληλα	Σε σειρά
	
	Έκκεντρα σε σειρά
Ελικοειδές με διπλό ή πολλαπλό έλασμα Ελεύθερο ή ενωμένο Δισκοειδή ελατήρια σε σειρά ή παράλληλα	
	
	

Πίνακας 3.11 Εναλλακτικές διαμορφώσεις ελατηρίων

### Ελατήρια Στερεού- υγρού/αερίου

Σε αυτή την κατηγορία θα ερευνήσουμε συνδυασμούς μορφής και καταπόνησης ελατηρίου κάνοντας χρήση δύο υλικών.

Στην περίπτωση συνδυασμού Στερεού με υγρό θα κάνουμε χρήση του υγρού για την μεταφορά δύναμης παραμόρφωσης στο υλικό.

Με αυτό τον τρόπο θα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε γεωμετρικές καταπόνησης τις οποίες δεν είχαμε την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε στα ελατήρια στερεού.

Στην περίπτωση συνδυασμού ελατηρίου στερεού με αέριο θα έχουμε τις δυνατότητες μορφής που έχουμε με το υγρό ενώ ταυτόχρονα θα μπορούμε να αποθηκεύσουμε ενέργεια και στο πεπιεσμένο αέριο. Στην περίπτωση του αερίου θα περιοριστούμε στον ατμοσφαιρικό αέρα ο οποίος είναι ελεύθερα διαθέσιμος, και κατά την εκτόνωση μπορούμε να τον αποβάλουμε ελεύθερα στο περιβάλλον.

Κατά τον σχεδιασμό με πεπιεσμένο αέρα θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας τα εξής αδύναμα σημεία

Μεγάλες θερμοδυναμικές απώλειες κατά την συμπίεση και εκτόνωση του αερίου που μας οδηγούν σε χαμηλή απόδοση

Αναγκαστική αφύγρανση του αέρα που μας οδηγεί σε περεταίρω απώλειες

Σχεδιομελέτη ελατηρίου στερεού υγρού/αερίου

Σε αυτή την κατηγορία μπορούμε να συμπεριλάβουμε τις εξής μεθόδους για την καταπόνηση του υλικού

Το ρευστό καταπονεί στερεό κέλυφος εφελκυστικά

Το ρευστό καταπονεί το στερεό με συμπίεση

Σε αυτή την περίπτωση το ελατήριο μας θα αποτελείται από

Ελατήρια υποπίεσης

Ελατήρια πίεσης

Συνδυασμός ελαστικού κελύφους και κενού

Συνδυασμός σκελετού και κελύφους

Καμπύλη ενέργειας

Τα ελατήρια

	Με συμπίεσιμο υβριδικό υγρό	Με αέριο	Με συμπίεσιμο υγρό και μαλακό ελαστικό περίβλημα	Με συμπίεσιμο υγρό και σκληρό περίβλημα
1/1				
1/2 -1/8				
1/6-1/10				
1/10-1/20				
Μεγαλύτερο από >1/30				

### Αξιολόγηση

Καθορισμός μεθόδου σύγκρισης ελατηρίων



Σε αυτό το σημείο θα αξιολογήσουμε τις λύσεις που έχουμε βρει μέχρι στιγμής

Για την αντικειμενική αξιολόγηση ανάμεσα στα ελατήρια θα αγνοήσουμε προς το παρόν το υλικό το οποίο θεωρούμε ότι είναι το ίδιο για όλες τις περιπτώσεις κοινό στερεό για όλα τα στερεά και κοινό υγρό/αέριο για τα στερεού –υγρού/αερίου. Επίσης θα εξετάσουμε όλα τα ελατήρια χωρίς να συμπεριλάβουμε υπόψιν μας την μορφή τους γι' αυτό τον λόγο θα τα εξετάσουμε σαν μια στοιχειώδη μάζα η οποία δέχεται τις ίδιες καταπονήσεις με το ελατήριο. Επειδή το σχέδιο του μηχανισμού συγκράτησης επηρεάζεται και συσχετίζεται άμεσα από το σώμα και τις δυνάμεις τις οποίες συγκρατεί και επειδή ο μηχανισμός συγκράτησης αποτελεί σημαντικό στοιχείο του βάρους της κατασκευής, αλλά και στην περίπτωση που χρησιμοποιείται και αυτός για αποθήκευση ενέργειας, θα αξιολογήσουμε και σε αυτόν σε πόσα επίπεδα παραλαμβάνει τις δυνάμεις και πώς καταπονείται.

Να φτιάξω πίνακα SWOT για την επιλογή τους

Εσωτερικά δυνατά σημεία Μεγάλη αποθηκευόμενη ενέργεια σε μικρό όγκο	Εξωτερικά δυνατά σημεία • Δυνατότητα προσαρμογής σχήματος
Εσωτερικά αδύνατα σημεία • Απώλειες τριβής • Εσωτερικές τάσεις – παράπλευρες καταπονήσεις	Εξωτερικά αδύνατα σημεία • Μεγάλες δυνάμεις συγκράτησης • Κακή ποιότητα απόδοσης ροπής • Μεγάλο εύρος ροπής-στροφών • Μεγάλος όγκος εκτόνωσης

Πίνακας 3.12 Στοιχεία ανάλυσης SWOT

Ελατήριο	Τύπος υπολογισμού ενέργειας			Διάγραμμα εκτόνωσης	Αντιδράσεις στήριξης	Σχόλια	swot

Πίνακας 3.13 Αξιολόγηση τύπων ελατηρίων

Θεωρητικοί και μαθηματικοί υπολογισμοί προσεγγίσεις και σημεία που πρέπει να προσέξουμε

Γεωμετρική συγκέντρωση τάσεων

Ένας άλλος περιοριστικός παράγοντας κατά την κατά

### Ασφαλή λειτουργία

Ασφαλής αποθήκευση

Εδώ να αναλύσω τεχνικές όπου με χρήση σύνθετων νημάτων περιορίζουμε την διάδοση της θραύσης σχοινιά συρματόσχοινα ή εσωτερικά νήματα συντελεστές ασφαλείας

Επιλογή και αξιολόγηση

Αριθμός λύσης ελατηρίου	Εφελκιστικές δυνάμεις ανά άξονα			Διατμητικές δυνάμεις ανά άξονα			Συνολική βαθμολογία α (0-6)	Σχόλια	Αποτέλεσμα Ε εγκρίνεται Α απορρίπτεται
	x	y	z	xy	yz	zx			
1.1	1	1	1	1	1	1	6		E
1.1α									


Πίνακας 3.14 Αξιολόγηση λύσεων βάση του συνόλου των αξόνων καταπόνησης

### Σχεδιασμός Διατομής σώματος ελατηρίου

Θεωρία

Αναλογία πάχους προς καταπόνηση για συμπαγή ομοιόμορφα σώματα

Εξωτερικό περίγραμμα διατομής

Εσωτερικό περίγραμμα διατομής

### Διατομές σχήματα και τύποι διαστασιολόγησης

	Λυγισμός	στρέψη	Εφελκισμός
Εξωτερική Διατομή			
Κυκλική			
Οβάλ			
Μαργαρίτα			
Τετράγωνη			
Ορθογώνια			
Πολυεδρική			

Πίνακας 3.15 Σύγκριση σχήματος διατομής και καταπόνησης

Εσωτερική Διατομή			
Κυκλική			
Οβάλ			
Μαργαρίτα			
Τετράγωνη			
Ορθογώνια			
Πολυεδρική			
Σύνθετες			
Σύνθετη σωληνοειδής			

Πίνακας 3.16 Σχήμα εσωτερικής διατομής

Η επιλογή της εσωτερικής διατομής θα γίνει ανάλογα τις καταπονήσεις που δέχεται το σώμα και η αναλογία εσωτερικής εξωτερικής διατομής θα υπολογιστεί μαθηματικά

Συμπαγείς και μη διατομές

Διατομές όπως αστέρας, τρίγωνο κτλ παραλείπονται λόγω σημειακών συγκεντρώσεων τάσεων, τα οποία τα κάνουν ευάλωτα σε θραύση

### Αξιολόγηση

Επιλογή και Συνδυασμός διατομής με μορφή ελατηρίου από προηγούμενο βήμα

### Αναθεώρηση σχεδιασμού συνδυασμοί κτλ

Πρόχειρο σχέδιο

Παραπάνω έχουμε καταλήξει σε δύο κατηγορίες μηχανισμών

Η μία κατηγορία κάνει χρήση στερεών υλικών τα οποία καταπονούνται σε

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει στερεά υλικά για το κέλυφος και αέρια για το ελαστικό σώμα. Από την κατασκευή διακρίνουμε ότι για την μεγιστοποίηση της αποθηκευμένης ενέργειας το ελαστικό σώμα θα πρέπει να έχει κατά το δυνατόν μεγαλύτερη αναλογία καταπόνησης και

### **Μορφές καταπόνησης**

Για να μπορέσουμε να εισάγουμε ελαστική ενέργεια σε ένα σώμα θα πρέπει να το κάνουμε μεταφέροντας δύναμη πάνω του. Αναλόγως του τρόπου με τον οποίο θα ασκήσουμε δύναμη πάνω στο σώμα έχουμε τις γνωστές από την μηχανική καταπονήσεις

Για τα στερεά σώματα

Για τα υγρά και αέρια

Τα υγρά και τα αέρια δεν μπορούν να καταπονηθούν κατά τους παραπάνω τρόπους λόγω ότι δεν έχουν σταθερό σχήμα. Ο μόνος τρόπος καταπόνησης είναι η συμπίεση και η αποσυμπίεση

### **Διατομή σώματος κατανομή καταπονήσεων**

Όπως παρατηρούμε για τα στερεά σώματα για συμπαγείς διατομές

Άθροισμα των χαρακτηριστικών του ελατηρίου σε ένα τύπο

Διαφορά φορτισμένου και αποφορτισμένου όγκου

Κατά την ελαστική καταπόνηση των σωμάτων η ύλη

Η διαφορά του όγκου αλλάζει ανάλογα της κατάστασης της ύλης

Τα στερεά και τα υγρά είναι πρακτικά ασυμπίεστα, δηλαδή έχουν πολύ μικρή μεταβολή του όγκου τους

Διατομή και μέγεθος παραμόρφωσης περιορισμοί

Ανάλογα την γεωμετρία της διατομής και το είδος της καταπόνησης συναρτήσει με το υλικό μας δίνονται κάποια όρια στο μέγεθος της καταπόνησης ή την παραμόρφωση που μπορούμε να επιβάλουμε στο σώμα.

Η γεωμετρία και η καταπόνηση υπολογίζονται με το κέντρο βάρους ενώ το υλικό

Εδώ θα παρουσιάσουμε τις σχεδιαστικές λύσεις μας 3 λύσεις μία με πεπιεσμένο αέρα μία με ελατήριο b potog και μια με ελατήριο στρέψης τυλιγμένο σε κύλινδρο

1<sup>ο</sup> στάδιο επιλογής μηχανισμού ελατηρίου

Λειτουργικός σχεδιασμός συστήματος

## Μηχανισμός αντιστήριξης

Σε κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις παρατηρούμε ότι για την συγκράτηση του υλικού σε κατάσταση φόρτισης είναι αναγκαίος ένας μηχανισμός αντιστήριξης ικανός για να εξουδετερώνει τις δυνάμεις.

Στην περίπτωση των στερεών χρειαζόμαστε ένα κατάλληλο μηχανισμό αναλόγως του σχήματος του καταπονούμενου σώματος και του είδους της καταπόνησης.

Στην περίπτωση των αερίων και του υγρού με αλλαγή φάσης χρειαζόμαστε ένα δοχείο το οποίο με το κέλυφός του να περιβάλλει το υλικό.

## Μελέτη χρήσης του μηχανισμού αντιστήριξης για την μεγιστοποίηση της αποθηκευμένης ενέργειας.

Επειδή το βάρος του μηχανισμού στήριξης είδαμε ότι αποτελεί σημαντικό μέρος του συνολικού βάρους του μηχανισμού αποθήκευσης ενέργειας, θα κάνουμε μια προσπάθεια να μεγιστοποιήσουμε την αποθηκευόμενη ενέργεια.

Μηχανισμός στήριξης με ελαστική καταπόνηση και αποθήκευση ενέργειας

Σε αυτή την περίπτωση θα μελετήσουμε το ενδεχόμενο της ελαστικής καταπόνησης του μηχανισμού, για την αποθήκευση ενέργειας και σε αυτόν.

## Μορφή Μηχανισμού του ελατηρίου

- **Μηχανισμός**
  - Τρόπος αποθήκευσης πχ. τύλιγμα
  - Τρόπος εκτόνωσης σταδιακή ή συνεχής
  - Απόδοση μηχανισμού

### Συνδυασμοί μηχανισμών

#### Θεωρία

Αρχικά θα ξεκινήσουμε από την μελέτη του υλικού και πώς αυτό

#### Καταπονούμενο σώμα και μηχανισμός συγκράτησης

#### Σχέση ελαστικότητας και σκληρότητας καταπονούμενου σώματος και μηχανισμού

Συνολικό βάρος

Απόδοση

#### Μηχανισμός μετατροπής έργου

#### Ολική και σταδιακή εκτόνωση-φόρτιση ποσότητας ύλης

Επειδή στα ελατήρια η φόρτιση και η εκφόρτιση είναι η ίδια διαδικασία ανεστραμμένη θα τις εξετάσουμε μαζί

Για κάθε περίπτωση εκτόνωσης- φόρτισης από τις παραπάνω περιπτώσεις υπάρχουν δύο περιπτώσεις εκτόνωσης- φόρτισης

Η ολική και η σταδιακή εκτόνωση

Μήκος εκτονωμένου ελατηρίου

Όταν λέμε μήκος εκτονωμένου ελατηρίου αναφερόμαστε στην μάζα του ελατηρίου η οποία

Ρυθμός εκτόνωσης

### **Στην σταδιακή εκτόνωση**

Η σταδιακή εκτόνωση γίνεται όταν μέρος της φορτισμένης μάζας του υλικού εκτονώνεται ενώ το υπόλοιπο φορτισμένο υλικό παραμένει ως έχει. Χαρακτηριστικά της σταδιακής εκτόνωσης είναι το ποσό ενέργειας-μάζας που αποφορτίζεται σε κάθε βήμα και ο χρόνος στον οποίο γίνεται. Η σταδιακή εκτόνωση μπορεί να γίνει με ισόποσα μέρη μάζας ή άνισα καθώς και σε ίσους χρόνους (περιοδική) ή μεταβαλλόμενους. Τα χαρακτηριστικά της σταδιακής εκτόνωσης είναι ότι κατά την αποφόρτιση λαμβάνουμε

Η δύναμη παραμένει σταθερή

Ολικής μονοκόμματης αποφόρτισης

Σταδιακής τμηματικής αποφόρτισης

Συνεχούς

Επαναλαμβανόμενης

Ακραίες τιμές εκτόνωσης

Μέγιστο βήμα σταδιακής εκτόνωσης-φόρτισης

Ελάχιστο βήμα σταδιακής εκτόνωσης-φόρτισης

Χρονικά – ρυθμός

Λόγω της υστέρησης που παρουσιάζει το ελατήριο για να επιστρέψει στην αρχική του θέση εάν ο χρόνος εκτόνωσης είναι πολύ μικρός τότε θα παραλαμβάνουμε μόνο ένα μέρος της ενέργειας εκτόνωσης αφού το υπόλοιπο δεν έχει προλάβει ακόμα να αποφορτιστεί. Βεβαίως ανάλογα το υλικό την γεωμετρία την θερμοκρασία και την δύναμη καταπόνησης πολλές φορές το υλικό θέλει αρκετό χρόνο για να επιστρέψει στην αρχική του κατάσταση. Συνήθως η ενέργεια που έχει αποδεσμεύσει ως προς τον χρόνο που χρειάστηκε μειώνεται εκθετικά, οπότε μπορούμε να πούμε ότι ο χρόνος που θέλει το υλικό μας να εκτονώσει το 90% της ενέργειας του είναι μια καλή επιλογή.

Ποσοτικά μάζα

Για πολύ μικρά

### **Στην ολική εκτόνωση**

Στην ολική εκτόνωση η ενέργεια που εκτονώνεται απορροφάται ισόποσα και ταυτόχρονα από όλη την μάζα του φορτισμένου υλικού. Το χαρακτηριστικό

Μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι το πολύ μεγάλο εύρος της δύναμης εξόδου

Είναι ένα ανεπιθύμητο χαρακτηριστικό γιατί μηχανικά είναι δύσκολο να μετατρέψουμε και να εκμεταλλευτούμε αποδοτικά το αποδιδόμενο έργο.

Όπως παρατηρούμε θα μπορούσαμε να εκφράσουμε την ολική εκτόνωση σαν μέρος μιας σταδιακής εκτόνωσης. Έτσι αντί εάν θέσουμε το βήμα εκτόνωσης  $dx$  και τον χρόνο εκτόνωσης  $dt$  μπορούμε να υπολογίσουμε τον ρυθμό εκτόνωσης.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι είναι επιθυμητό το σύστημά μας να περιέχει ένα μηχανισμό σταδιακής εκτόνωσης της οποίας τα στάδια θα υπολογίσουμε αργότερα.

Για λόγους ομαλής εξόδου της ενέργειας και των υπολογισμών θα προτιμήσουμε το μέγεθος των σταδίων να είναι ίσο ο αριθμός των σταδίων εκτόνωσης να είναι ακέραιο υποπολλαπλάσιο του συνολικού μεγέθους

Συνεχής ή διακριτή εκτόνωση τρόπος ροής της ποσότητας ύλης

Όπως παρατηρούμε την συνεχή εκτόνωση μπορούμε να την υπολογίσουμε με τους τύπους της διακριτής εκτόνωσης για πολύ μικρή μεταβολή

Βεβαίως ανάλογα την σχεδίαση του ελατηρίου υπάρχουν ελατήρια που μπορούν να εκτονωθούν μόνο με ένα από τους δύο τρόπους και αυτό είναι χαρακτηριστικό του ελατηρίου. Παράδειγμα τα ελικοειδή ελατήρια  $A_{\text{motor}}$  και  $B_{\text{motor}}$  μπορούμε να τα φορτίσουμε αποφορτίσουμε μόνο με σταδιακή εκτόνωση.

Όγκος φορτισμένης και εκτονωμένης μάζας

### **Θερμική συμπεριφορά και τα ταχύτητα ρυθμός καταπόνησης απώλειες**

Πίνακας χαρακτηριστικών με τις μεταβλητές που θέλουμε να επηρεάσουμε λιγότερο και περισσότερο

Δύναμη ενέργεια βάρος όγκος

### **Σύνοψη κριτηρίων σχεδιασμού και αξιολόγησης**

Από τα παραπάνω μπορούμε να διεξάγουμε κάποια συμπεράσματα για να αξιολογήσουμε την απόδοση των ελατηρίων όσον αφορά την χωρητικότητα ανά μονάδα βάρους

### **2ο Στάδιο Σχεδιασμού βελτιστοποίηση Σύγκριση λύσεων σχεδιομελέτης και επιλογή τελικής λύσης**

Τώρα θα κάνουμε μια σύγκριση των λύσεων που καταλήξαμε από την κάθε μέθοδο και θα κάνουμε μια ανάλυση για την διεξαγωγή συμπερασμάτων.

Θα κάνουμε μια ακόμη προσπάθεια βελτιστοποίησης με τον συνδυασμό των δύο ιδεών

Τέλος θα κάνουμε μια αξιολόγηση και θα επιλέξουμε τον τελικό μας σχεδιασμό

Λύσεις προς αξιολόγηση

Έχοντας τώρα επιλέξει την γεωμετρία αλλά και το υλικό μπορούμε να υπολογίσουμε το διάγραμμα ισχύος και ροπής για την ποιότητα εξόδου του ελατηρίου. Είναι πολύ σημαντικό η ποιότητα εξόδου να κυμαίνεται μέσα σε κάποια όρια τα οποία έχουν περιγραφεί στον πίνακα προδιαγραφών για την ομαλή λειτουργία του οχήματος την δυνατότητα να εκμεταλλευτούμε καλύτερα την αποδιδόμενη ενέργεια αποφεύγοντας βαριά πολύπλοκα ακριβά και μη αποδοτικά κιβώτια ταχυτήτων.

Στο επόμενο στάδιο θα κάνουμε ένα έλεγχο για την ασφάλεια της κατασκευής και την διάρκεια ζωής της

### **Επιλογή υλικών διαστασιολόγηση και υπολογισμός ενέργειας για να επιλέξουμε μόνο ένα ελατήριο. Βάσει κοινών κριτηρίων γενικών**

Αριστοποίηση αναλογίας μήκους με δύναμης και καταπόνηση

## **Συμπεράσματα Θεωρητικής μελέτης σχεδιασμού**

Από την παραπάνω μελέτη καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

Σημείωση

Όλα τα παραπάνω έχουν σαν αποτέλεσμα αφενός την μείωση της μέγιστης ενέργειας φόρτισης και αποφόρτισης και αφετέρου είναι αδύνατο να προβλέψουμε με ακρίβεια την μέγιστη αποθηκευόμενη ενέργεια. Γι αυτό τον λόγο θα πρέπει να προχωρήσουμε την μελέτη μας στην φάση των πειραμάτων ώστε να λάβουμε και στατιστικά δεδομένα τα οποία θα μας δώσουν ένα πιο αντιπροσωπευτικές απαντήσεις για να

Επίσης θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν κατά την μελέτη μας και κάποιους παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση του ελατηρίου στο πραγματικό περιβάλλον

## **Επίλογος**

Παραπάνω κάναμε μια προσπάθεια κατηγοριοποίησης και αναζήτησης λύσεων για το πρόβλημά μας. Σαφώς και δεν καταφέραμε να αναλύσουμε κάθε δυνατή επιλογή και συνδυασμό για την ανεύρεση της καλύτερης δυνατής λύσης αφού λόγω της πολυπλοκότητας αλλά και του τεράστιου αριθμού λύσεων είναι δύσκολο να ερευνηθεί έστω και μεθοδολογικά η καλύτερη δυνατή λύση. Η λύση στην οποία καταλήξαμε είναι μια αξιόλογη πρόταση ή οποία μας προσφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα και θα χρησιμοποιηθεί για τον περαιτέρω σχεδιασμό της κατασκευής μας. Όπως είναι κατανοητό με την καλύτερη κατανόηση των φαινομένων ,την λεπτομερέστερη αναζήτηση και τον σωστό συνδυασμό χαρακτηριστικών σε μια άλλη εκτενέστερη μελέτη μας δίνουν τις ελπίδες για ανεύρεση προϊόντων με καλύτερα χαρακτηριστικά και τελικά βελτίωση της απόδοσης της κατασκευής μας.

### **Αποτίμηση αποτελεσμάτων έρευνας**

## **Συμπεράσματα**

## **Στάδιο 1 Αρχική μελέτη Preliminary Investigation**

### **Μελέτη συστήματος ποδηλάτου**

Γνωρίζοντας πλέον το είδος ενέργειας και αφότου έχουμε ερευνήσει τον μηχανισμό αποθήκευσης είμαστε τώρα έτοιμοι να προχωρήσουμε στην μελέτη του ποδηλάτου μας.

### **Νέος Στόχος Project**

Η κατασκευή ποδηλάτου με υποβοήθηση με χρήση του μηχανισμού αποθήκευσης μηχανικής ενέργειας.

### **Μελέτη και ανανέωση Προδιαγραφών Requirements**

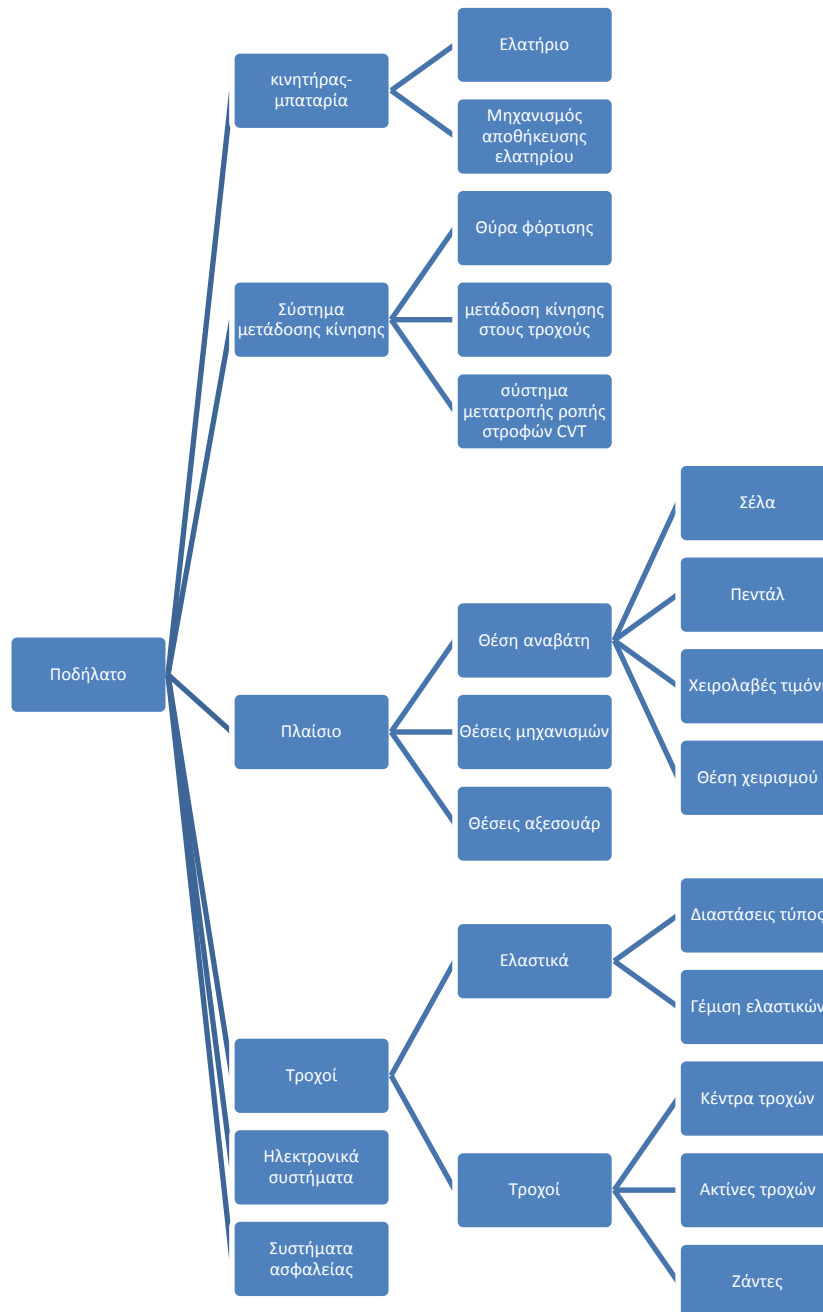
Ανάλυση συστήματος επίπεδα

Υπολογισμός βασικών μεγεθών

Δημιουργία μοντέλου

Διερεύνηση εναλλακτικών και σχεδιομελέτες και συνδυαστικές μελέτες

### 2.1 Ανάλυση κυρίων μερών οχήματος σε υποσυστήματα



Σχήμα 4.1 Ανάλυση συστήματος ποδηλάτου και συσχέτιση με ανταλλακτικά

Τύπος οχήματος	Ποδήλατο με υποβοήθηση
Κινητήρας-Μπαταρία	
Τύπος κινητήρα	Ελατήριο μηχανικής ενέργειας
Μέγιστη ισχύς (στον τροχό)	0.5 kW



Μέγιστη ροπή (στον τροχό)	35 Nm
<b>Μετάδοση</b>	
Σύστημα μετάδοσης	CVT (8:1)Ratio
Τελική μετάδοση	
εμπρός	Άξονας
πίσω	Ιμάντας Gates carbon toothed belt 118T
<b>Πλαίσιο</b>	
Υλικό	
Μέγεθος	M
Σκελετός	Χαλύβδινος σωλήνας
Σύστημα εμπρός ανάρτησης	Τηλεσκοπικό πιρούνι
Γωνία Κάστερ	26°
Ίχνος	76 χλστ.
Διαδρομή ανάρτησης εμπρός	95 χλστ.
Διαδρομή πίσω	76 χλστ.
Εμπρός φρένο	CVT
Πίσω φρένο	CVT
Κεντρικό φρένο	
<b>Τροχοί</b>	
κέντρα	
Ακτίνες	
Ζάντες	
Ελαστικά	
Εμπρός ελαστικό	70/90-17 (38P) Continental Eco Contact Plus, 26" x1.75"
Πίσω ελαστικό	80/90-17 (50P) Continental Eco Contact Plus, 26" x1.75"
<b>Διαστάσεις</b>	
Συνολικό μήκος	1.885 χλστ.
Συνολικό πλάτος	675 χλστ.
Συνολικό ύψος	1.040 χλστ.
Ύψος σέλας	770 χλστ.
Μεταξόνιο	1.200 χλστ.
Ελάχιστη απόσταση από το έδαφος	130 χλστ.
Βάρος	45 κιλά
Χωρητικότητα αποθηκευμένης ενέργειας	1.8Mj
Μέγιστο φορτίο αναβατών	100kg (περιλ. Αποσκευές)
Σύστημα πίσω ανάρτησης	Μονή ανάρτηση
Σύστημα πέδησης	
Εμπρός φρένο	Υδραυλικά CVT κιβώτιο
Πίσω φρένο	Υδραυλικά CVT κιβώτιο
Κεντρικό φρένο	
Αποθήκευση ενέργειας (πλήρη φόρτιση)	1,8Mj ή 0,5kWh
Μέγιστη εκτιμώμενη αυτονομία	50χλμ.
Ελάχιστη εκτιμώμενη αυτονομία για χρήση σε πόλη (με χρήση απορρόφησης ενέργειας φρεναρίσματος)	30χλμ.
Σύστημα φόρτισης	Θύρα GR1
Τροφοδοσία	Θύρα GR1, πεντάλ
Σύστημα μετάδοσης	αμφίδρομο CVT κιβώτιο τριών ανεξάρτητων εσόδων-εξόδων ηλεκτρονικά ελεγχόμενο.
Τελική μετάδοση	ηλεκτρονικά ελεγχόμενο στον πίσω άξονα
Βάρος	45-50kg
Διαστάσεις	

Συνολικό μήκος	1885mm
Συνολικό πλάτος	675mm
Συνολικό ύψος	1040mm
Ύψος σέλας	770mm
Μεταξόνιο	1200mm
Ελάχιστη απόσταση από το έδαφος	130mm
Επιδόσεις	
Τελική ταχύτητα	60klm/h
Επιτάχυνση 0-60χλμ.	7sec
Φρενάρισμα 60-0χλμ.	10m
Ελάχιστη διαδρομή στροφής	1800mm
Μέγιστο φορτίο	110kg

Πίνακας 4.1 Προδιαγραφές και χαρακτηριστικά του ποδηλάτου

Ύψος σέλας

Τροχοί

Ελαστικά

Τύπος ελαστικών

Διαστάσεις ελαστικών

Υπολογισμός Ελαστικών

Για το όχημα	
Συνολικό βάρος με τον μηχανισμό kg	
Συνολική αποδιδόμενη ενέργεια (Joule)	
Ροπή	
Ισχύς εξόδου (Watt)	1kw
Συνολικό βάρος οχήματος	100kg
Βάρος κινητήρα+μπαταρία	70kg
Βάρος μπαταρίας με μηχανισμό	60kg
Βάρος μπαταρίας χωρίς μηχανισμό	50kg

Πίνακας 4.2 Πίνακας προδιαγραφών μπαταρίας για το ποδήλατο

## Ανάλυση συστήματος

### Επίπεδο 1 Σύστημα Ποδήλατο

#### Ανάλυση διαδραστικότητας συστήματος ποδηλάτου με άλλα συστήματα

Το σύστημα του ποδηλάτου μας αλληλοεπιδρά με άλλα συστήματα. Είναι χρήσιμο να καταγράψουμε τα συστήματα με τα οποία αλληλοεπιδρά και πώς αυτό γίνεται έτσι ώστε να μπορέσουμε να

μελετήσουμε καλύτερα τις εισόδους – εξόδους και απαιτήσεις του συστήματός μας. Το ποδήλατο μπορεί κάθε φορά να αλληλοεπιδρά με ένα από τα παρακάτω συστήματα.

#### **Περιβάλλον χρήσης**

Το περιβάλλον χρήσης περιλαμβάνει τον **αναβάτη** και τις συνθήκες λειτουργίας του ποδηλάτου όπως το **οδικό δίκτυο** την **αλλοεπίδρασή του με τα άλλα οχήματα** τις **καιρικές συνθήκες εν ώρα λειτουργίας** κτλ.

Ανάλυση σεναρίων οδικού δικτιού

Συντελεστής τριβής δρόμου

Κλίση δρόμου

Ταχύτητα κυκλοφορίας

Συμπεριφορά σε χρήση με άλλα οχήματα

#### **Περιβάλλον στάσης – βραχυρόνιας φύλαξης**

Το περιβάλλον στάσης περιλαμβάνει την θέση παρκαρίσματος ή βραχυρόνιας φύλαξης του οχήματος. Σε αυτό περιλαμβάνονται και οι καιρικές συνθήκες κατά την φύλαξη, η διαδικασία για μετάβαση από χρήση σε στάση και αντίστροφα, ο χώρος (διαστάσεις, κλίση εδάφους, εξαερισμός κτλ.) στάσης φύλαξης, άλλα δεδομένα όπως προστασία από την κλοπή κτλ.

#### **Περιβάλλον ανεφοδιασμού – φόρτισης**

#### **Περιβάλλον μακροχρόνιας φύλαξης - αποθήκευσης και μεταφοράς**

Συνθήκες μεταφοράς

Το όχημά μας θέλουμε να έχει την δυνατότητα να μπορεί να μεταφερθεί συσκευασμένο με μέσα μεταφοράς πλοίο, τρένο, φορτηγό

Αντοχή σε πτώσεις και κραδασμούς εντός συσκευασίας

Αντοχή σε στοίβαξη

Αντοχή σε κρούση

Αντοχή σε καιρικές συνθήκες συσκευασίας υγρασία κτλ.

Μορφή της συσκευασίας

Η συσκευασία θέλουμε να έχει διαστάσεις τέτοιες ώστε το

Η συσκευασία θέλουμε να έχει την δυνατότητα στοίβαξης ώστε να γίνεται τοποθέτηση του προ

Το ύψος η αντοχή και ο αριθμός κιβωτίων για την κάθετη στοίβαξη θα καθορίζεται από το μέγιστο ύψος στοίβαξης σε τυπικό κοντέινερ 20 τόννων

Προδιαγραφές

### Περιβάλλον συντήρησης επισκευής

Στο περιβάλλον συντήρησης επισκευής θα πρέπει να γίνει μελέτη των συνθηκών των διαδικασιών των εργαλείων και των μέτρων προφύλαξης που πρέπει να ληφθούν υπόψιν για την συντήρηση του ποδηλάτου.

### Περιβάλλον απόρριψης - ανακύκλωσης

Το περιβάλλον απόρριψης ανακύκλωσης περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες και τους κανονισμούς κατά τους οποίους το ποδήλατο έχει φτάσει στο τέλος ζωής του και πρέπει πλέον να αποσυναρμολογηθεί και να ανακυκλωθεί.

Κάθε ένα από τα παραπάνω περιβάλλοντα – συστήματα διέπεται από κανονισμούς λειτουργίας νομικά πλαίσια καλές πρακτικές και τυποποιήσεις. Όλα τα προηγούμενα θα μας υποδείξουν τα όρια ή τον τρόπο με τον οποίο το σύστημά μας θα πρέπει να αλληλοεπιδρά ή να πληρεί.

Για τα παραπάνω περιβάλλοντα θα μελετήσουμε την κατάσταση του ποδηλάτου σε τρεις καταστάσεις, κατά την λειτουργία στο περιβάλλον, κατά την μετάβαση από την μία λειτουργία σε μια άλλη και τέλος την συμπεριφορά του ποδηλάτου σε περίπτωση βλάβης ή προβλήματος για καθένα από τα σενάρια αυτά. Η παραπάνω μελέτη θα μας αποδώσει τα σενάρια με τα οποία θα πρέπει να εξετάσουμε την κατασκευή μας και στα οποία θέλουμε να λειτουργεί υπό καθορισμένες συνθήκες και προδιαγραφές.

Η παραπάνω μελέτη θα μας οδηγήσει στην ανασκόπηση και ενημέρωση των προδιαγραφών.

Ανάλυση καταστάσεων και σεναρίων.

### Επίπεδο 2 Ανάλυση συστήματος ποδήλατο σε υποσυστήματα

Σε αυτή την φάση θα αναλύσουμε το σύστημά μας σε απλούστερα υποσυστήματα για την διευκόλυνση της μελέτης του.

Δυνατότητα εναλλακτικών αξιόλογων λύσεων και επιλογών σε περίπτωση αποτυχίας								
Διαθεσιμότητα τεχνογνωσίας σχεδιασμού								
Στοιχείο που θα μελετήσουμε εσωτερικά / που θα αναπτύξουμε με συνεργασία με τρίτους / που θα λάβουμε εξωτερικά την μελέτη								
Στοιχείο που θα αναλύσουμε σε υποσύστημα								
Στοιχείο που θα προμηθευτούμε έτοιμο								
Επίπεδο	Έκδοση	Όνομα συστήματος	Περιγραφή					
1	1	Project_MechBike	Ποδήλατο		•			
2	1	Mech_Battery	Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας		•	•		
2	1	CVT	Σύστημα μετατροπής – μετάδοσης		•	•		

2	1	Frame	Πλαίσιο		•	•			
2	1	Wheels	Τροχοί		•	•			
2	1	Elec	Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα		•	•			
2	1	light	Συστήματα φωτισμού – σήμανσης		•	•			
2	1	Safety	Συστήματα ασφαλείας		•	•			
			Σύνολο						

Πίνακας 4.3 Ανάλυση και αξιολόγηση του συστήματος επίπεδο 2

Ο διαχωρισμός του συστήματος γίνεται βάσει των λειτουργιών που επιδιώκουμε.

Σε αυτή την φάση θα πρέπει να προχωρήσουμε σε σχεδιομελέτη για να επιλέξουμε τον τρόπο με τον οποίο θα επιλύσουμε το πρόβλημά μας.

Για τον σκοπό αυτό θα πρέπει να διαχωρίσουμε τις απαιτήσεις και τις λειτουργίες που πρέπει να πληρεί το κάθε υποσύστημα ώστε να μπορέσουμε να αναπτύξουμε και να επιλέξουμε την κατάλληλη λύση.

Για την σωστή αξιολόγηση και επιλογή των βέλτιστων λύσεων αλλά και για μια συνεχή παρακολούθηση της πορείας επίλυσης του προβλήματος, κατά την ανάλυσή μας θα ακολουθήσουμε με μια σειρά μελετών οι οποίες έχουν σαν σκοπό την ευκολότερη κατεύθυνσή μας και τον έλεγχο της πορείας της μελέτης μέσω δεικτών.

Για την διευκόλυνση της μελέτης και του σχεδιασμού για απαιτήσεις και προδιαγραφές οι οποίες μοιράζονται μέσα στο σύστημα θα γίνεται μια κατανομή με δείκτες. Η κατανομή αυτή γίνεται με τρόπο εμπειρικό για να μας διευκολύνει για τον σχεδιασμό μας. Τα τελικά αποτελέσματα μπορεί να διαφέρουν.

Δείκτες κατανομής προδιαγραφών

#### **Κατανομή κοινόχρηστων χαρακτηριστικών και προδιαγραφών στο σύστημα**

Κατανομή κόστους

Κατανομή βάρους

Δείκτες για την διαχείριση του project

Επίσης θα γίνεται μια κατανομή δεικτών για την αξιολόγηση της πορείας και της ποιότητας του αποτελέσματος της μελέτης.

#### **Εκτίμηση δυσκολίας και ρίσκου διεκπεραίωσης**

Εκτίμηση επιπέδου τεχνογνωσίας

Επιλογή συστημάτων που θα μελετήσουμε ή που θα χρησιμοποιήσουμε έτοιμα ή που θα αναπτύξουμε με συνεργασία

Ταξινόμηση με την σειρά μελέτης και προγραμματισμός, έλεγχος για σύγχρονη μελέτη για την επιτάχυνση του σχεδιασμού.

#### **Επίπεδο 3 Ανάλυση υποσυστημάτων**

Τα υποσυστήματα τα οποία είναι ακόμη περίπλοκα για λύση, θα αναλυθούν σε άλλα απλούστερα. Θα πρέπει να γίνει αντιστοίχιση των προδιαγραφών που θα ικανοποιεί το κάθε υποσύστημα.

Σε αυτό το στάδιο δηλώνουμε την πρόθεσή μας σε πια σημεία του συστήματος πρόκειται να μελετήσουμε και σε πια θα κάνουμε χρήση έτοιμων λύσεων.

Σε παρακάτω στάδια υπάρχει η πιθανότητα να αλλάξουμε την επιλογή χρήσης έτοιμης λύσης εφ' όσον δεν μπορούμε να επιλύσουμε το πρόβλημα με αυτό τον τρόπο, λόγω σχεδιαστικών αλλαγών.

Parts και assemblies που βρίσκονται στο σύστημα

Parts που συμμετέχουν κοινόχρηστα στο σύστημα

Απαιτήσεις που συμμετέχουν στον σύστημα

Απαιτήσεις που είναι κοινόχρηστες στο σύστημα.

Δυνατότητα εναλλακτικών αξιόλογων λύσεων σε περίπτωση αποτυχίας				
Διαθεσιμότητα τεχνογνωσίας σχεδιασμού				
Στοιχείο που θα μελετήσουμε				
Στοιχείο που θα αναλύσουμε σε υποσύστημα				
Στοιχείο που θα προμηθευτούμε έτοιμο τυποποιημένο (ΕΤ)/θα κατασκευάσουμε εμείς (Κ)/θα κατασκευάσει τρίτος κατά παραγγελία (ΤΚΠ)				
Επίπεδο	Έκδοση	Όνομα συστήματος	Περιγραφή	
1	1	Project_MechBike	Ποδήλατο	Κ ●
2	1	Mech_Battery	Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας	Κ ● ●
2	1	CVT	Σύστημα μετατροπής – μετάδοσης	● ●
2	1	Frame	Πλαίσιο	● ●
2	1	Wheels	Τροχοί	● ●
2	1	Elec	Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα	● ●
2	1	light	Συστήματα φωτισμού – σήμανσης	● ●
2	1	Safety	Συστήματα ασφαλείας	● ●
<b>1</b>	<b>R1</b>	<b>Project_Mech_E_Bike</b>	<b>Ποδήλατο</b>	Κ
<b>1.1</b>	<b>R1</b>	<b>Mech_Battery</b>	<b>Σύστημα αποθήκευσης μηχανικής ενέργειας</b>	Κ
1.1.1	R1	Spring	Ελατήριο	Κ
1.1.2	R1	Spring_Hub	Μηχανισμός αποθήκευσης ελατηρίου	Κ
<b>1.2</b>	<b>R1</b>	<b>CVT</b>	<b>Σύστημα μετατροπής – μετάδοσης</b>	Κ
1.2.1	R1	CVT	Κεντρική μονάδα μετατροπής	
1.2.2	R1	Rear_Trans	Σύστημα μετάδοσης πίσω τροχού	
1.2.3_	R1	Front_Trans	Σύστημα μετάδοσης μπροστινού τροχού	
1.2.4	R1	Ch_Port	GP1_ Σύστημα φόρτισης	

			Πεντάλ	ET						
			Μπράτσο πεντάλ	ET						
			Βίδα πεντάλ	ET						
		Pedals	Πεντάλ							
		Πήρος	Πεντάλ							
<b>1.3</b>	<b>R1</b>	<b>Frame</b>	<b>Πλαίσιο</b>							
1.3.1	R1	Body								
1.3.2	R1	Front_Fork_System								
			Handlebars χειρολαβές							
			Handlebar Τιμόνι							
			Handlebar_Stem Βάση τιμονιού							
			Stem Βίδες βάσης τιμονιού							
			Headset Σετ κεφαλής							
			Καπάκι άνω σταυρός							
			Αποστάτης Σταυρού							
			Head_Bearing_Top							
			Head_Bearing_Down							
			Σταυρός							
			Βίδες Σταυρού							
			Μπουκάλα							
			Μπότα							
			Base_L Βάση Αριστερή							
			Base_R Βάση Δεξιά							
			Saddle κάθισμα							
			Seat Post Σωλήνα καθίσματος							
			Σφικτήρας καθίσματος							
<b>1.4</b>	<b>R1</b>	<b>Wheels</b>	<b>Τροχί</b>							
1.4.1	R1	Front_Wheel	Μπροστινός Τροχός							
1.4.1.1	R1	Tyre	Ελαστικό							
1.4.1.2	R1	Inner_Tube	Σαμπρέλα							
1.4.1.3	R1	Rim	Στεφάνη ζάντα							
			1.4.1.4_R1 Spokes Ακτίνες							
			1.4.1.4.1_R1 Spokes_in Ακτίνες Εσωτερικές							
			1.4.1.4.2_R1 Spokes_out Ακτίνες Εξωτερικές							
			1.4.1.4_R1 Hub							
			1.4.2_R1 Rear_Wheel Πίσω τροχός							
			1.4.2.1_R1 Tyre Ελαστικό							
			1.4.2.2_R1 Inner_Tube Σαμπρέλα							
			1.4.2.3_R1 Rim Στεφάνη ζάντα							
			1.4.2.4_R1 Spokes Ακτίνες							
			1.4.2.4.1_R1 Spokes_in Ακτίνες Εσωτερικές							
			1.4.2.4.2_R1 Spokes_out Ακτίνες Εξωτερικές							
			1.4.2.4_R1 Hub							
			1.5_R1 Elec Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα							
			Ηλεκτρικό κύκλωμα							
			Μηχανισμός παραγωγής ενέργειας							

			<b>1.6_P1 light Συστήματα φωτισμού – σήμανσης</b>							
			1.6.1 Φωτισμός πορείας							
			1.6.2 Φωτισμός αλλαγής πορείας φλάς							
			Φλάς Αριστερό καθίσματος							
			Φλάς Δεξί καθίσματος							
			Φλάς Αριστερό τιμονιού							
			Φλάς δεξί τιμονιού							
			Φωτισμός Αριστερό Πεντάλ							
			Φωτισμός Δεξί Πεντάλ							
			Κρύσταλλο με λέντ Πεντάλ							
			1.6.3 Φωτισμός φρεναρίσματος και νυχτερινής οδήγησης							
			1.7 Σύστημα προστασίας							
			Ανιχνευτές Αισθητήρες							
			Αερόσακος							
			Φιάλη CO2 αερόσακου							
			Σύνολο							

Πίνακας 4.4 Ανάλυση και αξιολόγηση του συστήματος Επίπεδο 3

#### Επίπεδο 4 Ανάλυση parts και χαρακτηριστικών

Εφόσον έχουμε αναλύσει το σύστημά μας από την Σχεδιομελέτη για κάθε υποσύστημα καταλήγουμε σε λύσεις οι οποίες αποτελούνται από parts.

Κάθε part θα συνοδεύεται από τα εξής στοιχεία

##### Μορφή

Διαστάσεις

Ανοχές

Σχέδιο

##### Υλικό

##### Επεξεργασία

Ποιότητα επιφάνειας

Φασεολόγιο

Αρχικό υλικό

Τρόπος και διαδικασία επεξεργασίας

Σχεδιομελέτη ανάπτυξη λύσεων

σκαριφήματα



1ο φιλτράρισμα Επιλογή λύσεων

Ανάλυση και αναλυτική μελέτη καταγραφή χαρακτηριστικών και μεταβλητών, δημιουργία μοντέλου

Λειτουργική ανάλυση, ανάλυση συμπεριφοράς, λογική και σενάρια, επιλογή μηχανισμών, ροή ενέργειας, διαμόρφωση μορφής

Έλεγχος λύσεων

Έλεγχος για συμβατότητα με τις προδιαγραφές

Αξιολόγηση λύσεων

Αξιολόγηση και διερεύνηση εναλλακτικών

Βελτιστοποίηση λύσεων

Επιλογή λύσεων

Έλεγχος σεναρίων σε περίπτωση βλάβης Failure analysis

Έλεγχος και σύνθεση συστήματος

Σε αυτή την φάση θα κάνουμε ένα έλεγχο σε κάθε επίπεδο

Επιλογή σύνθεσης και έλεγχος σύνθεσης

Βελτιστοποίηση σύνθεσης

Έλεγχος απλοποίησης

**Επιλογή μεθόδου μετάδοσης και διαμόρφωσης ισχύος στους τροχούς**

Για αυτή την μελέτη αναζητούμε την βέλτιστη μέθοδο μεταφοράς ισχύος από το ελατήριο στους τροχούς.

Προδιαγραφές

Διερεύνηση υδραυλικής μεθόδου μετάδοσης και διαμόρφωσης ισχύος

Καθορισμός δεδομένων

Επιλογή τύπου αντλίας

Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες αντλιών

Στην περίπτωσή μας λόγω μεγάλων πιέσεων και μικρών ροών καταλληλότερες είναι οι αντλίες

Από τον πίνακα χχ παρατηρούμε ότι οι εμβολοφόρες αντλίες αξονικές και ακτινικές πληρούν με τον καλύτερο τρόπο τα παραπάνω κριτήρια.

Ανάλυση εμπρόσθιας ακτινικής εμβολοφόρου αντλίας

Ανάλυση κεντρικής αξονικής εμβολοφόρου αντλίας

### **Ανάλυση εμπρόσθιας αξονικής εμβολοφόρου αντλίας**

Οι αξονικές εμβολοφόρες αντλίες είναι μια συμβατή λύση για το πρόβλημά μας για τον λόγο ότι μπορούμε να παρέχουμε μεγάλες πιέσεις ρευστού. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης.

Τα μειωνεκτήματα των αξονικών εμβολοφόρων αντλιών είναι ο μεγάλος όγκος που καταλαμβάνουν, το μεγάλο βάρος και η μικρή ογκομετρική απόδοση σε σχέση με άλλες λύσεις. Επίσης η ποιότητα απόδοσης της δύναμης στο ρευστό όσον αφορά τα κριτήρια της σταθερότητας και ομαλότητας

Μειωνεκτήματα

Θόρυβος κατά την λειτουργία

Παλμική απόδοση της ροής, όχι συνεχής

Μικρή ογκομετρική απόδοση σε σχέση με άλλες λύσεις.

Ανάλυση λειτουργιών αντλίας

Ανάλυση μερών αντλίας

Παράμετροι αντλίας

Εύρος πίεσης λειτουργίας σαν αντλία

Μέγιστη αποδεκτή πίεση

Εύρος πίεσης λειτουργίας σαν κινητήρας

Στροφές λειτουργίας

Ισχύς

Ροπή απόδοσης κινητήρα

Ροπή παραλαβής αντλίας

Μεταβλητές

Μηχανική απόδοση

Συνολικό βάρος

Πεδίο θερμοκρασίας λειτουργίας

Κύκλωμα αντλίας ανοικτού κυκλώματος

Δεδομένα υπολογισμού αντλίας

Στόχος

Επιθυμητό πεδίο βέλτιστης απόδοσης

Στροφές βέλτιστης απόδοσης

Πίεση βέλτιστης απόδοσης

Ροή βέλτιστης απόδοσης

Σχέσεις υπολογισμού αντλίας

Δημιουργία μοντέλου αντλίας

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και στοιχεία για σύνδεση με το υπόλοιπο σύστημα

Θύρα αγωγών

Επιφάνειες επαφής και στερέωσης με το υπόλοιπο σύστημα

Άκρο άξονα αριστερό

Άκρο άξονα δεξί

Αξιοπιστία

Διάρκεια ζωής

Χαρακτηριστικά

Φορά περιστροφής

Υγρό λειτουργίας

Ισχύς αναρρόφησης

Μέγιστες εξωτερικές διαστάσεις και μορφή

Μεταβαλλόμενης ή σταθερής αναλογίας

Ρύθμιση πίεσης

Ρύθμιση ροής

Ρύθμιση ισχύος

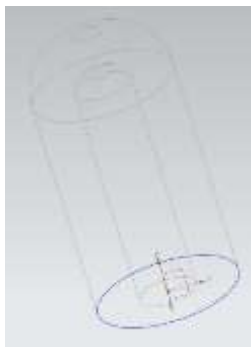
Κέντρο βάρους

Καθορισμένο τιμή τιμή με εύρος και όρια

Ελεύθερο επιλογής

Σε συνάρτηση με χχ part ή σύστημα

Υπολογισμός ελατήριου Γενικό



Εικόνα 4.1 Απεικόνιση του σχήματος του ελατηρίου σε εμφάνιση σύρματος

Έχοντας σαν αντικείμενο μελέτης το ελατήριο της εικόνας θα κάνουμε μια αναλυτική μελέτη και θα δημιουργήσουμε το μοντέλο για την περαιτέρω ανάλυση

Γεωμετρικά στοιχεία ελατηρίου

Μορφή κυλινδρική

Εξωτερικά στοιχεία

Διάμετρος

Ύψος

Όγκος

Εσωτερικά στοιχεία

Διάμετρος

Ύψος

Όγκος

Για την μεγιστοποίηση αποθηκευμένης ενέργειας ανά μονάδα βάρους του ελατηρίου για δεδομένο υλικό θα πρέπει να επιτύχουμε την μεγιστοποίηση

$dV \cdot P$

Μεγιστοποίηση της μεταβολής όγκου

Για την ελαχιστοποίηση του βάρους του ελατηρίου θα πρέπει

Το υγρό που βρίσκεται εσωτερικά και δεν αποθηκεύει ενέργεια να είναι το λιγότερο δυνατό ελαχιστοποίηση ποσότητας λιπαντικού

Ομοιόμορφη καταπόνηση σε όλο το υλικό

Υπολογισμός διαστάσεων ελατηρίου

Υπολογισμός ελατήριου σύνολο

Τώρα που έχουμε υπολογίσει την μορφή του ελατηρίου θα υπολογίσουμε και

## **Βήματα μηχανολογικής μελέτης μεθοδολογία (Θεωρητικό υπόβαθρο)**

Τα βήματα μηχανολογικής μελέτης αποτελούνται από μια σειρά από επαναλαμβανόμενες διαδικασίες

### **Παραλαβή Requirements**

Αρχική ιδέα καταγραφή σκοπού

Μελέτη marketing τοποθέτηση προϊόντος και λειτουργιών κοστολόγηση

### **Δημιουργία Προδιαγραφών**

Προσδιορισμός κρίσιμων μεταβλητών ανάλυση προδιαγραφών διευκρίνιση περιβάλλοντος λειτουργίας

Αρχική μελέτη

### **Μελέτη συστήματος**

Ανάλυση

Κατά την αρχική μελέτη συστήματος προσπαθούμε να διαχωρίσουμε το πρόβλημά μας σε μικρότερα απλούστερα προβλήματα για μπορέσουμε να δώσουμε ευκολότερα λύσεις.

Μέσα σε ένα μηχανολογικό σύστημα μπορούν να βρίσκονται σε συνδυασμό ένα ή περισσότερα από τα παρακάτω βασικά στοιχεία

Μηχανισμός αποθήκευσης ενέργειας

Μηχανισμός μετάδοσης ενέργειας στον χώρο με ή χωρίς αλλαγή κατεύθυνσης;

Μηχανισμός μετατροπής ενέργειας και διανομή σύνθεση

Και οι τρεις παραπάνω μηχανισμοί μπορεί να έχουν την δυνατότητα μονόδρομης ή αμφίδρομης, σταθερής διακοπτόμενης περιοδικής εναλλασσόμενης μετάδοσης της ενέργειας.

Με τον συνδυασμό των παραπάνω βασικών στοιχείων μπορούμε να κατασκευάσουμε πιο περίπλοκους μηχανισμούς

Μηχανισμός ελέγχου

Μηχανισμός στήριξης αντιστήριξης

Μηχανισμός εξωτερικής μορφής

Μηχανισμοί περιβάλλοντος διεπαφής με τον χρήστη

Μεθοδολογία Μελέτης μηχανισμών αποθήκευσης ενέργειας

Μεθοδολογία μελέτης μηχανισμών μετάδοσης ενέργειας

Μεθοδολογία μελέτης μηχανισμών μετατροπής ενέργειας

## Μελέτη υποσυστημάτων

### Μελέτη τεμαχίου part

Κατά την μελέτη τεμαχίου έχουμε οδηγηθεί σε ένα μηχανισμό κατά τον οποίο δεν θα τον αναλύσουμε σε απλούστερα τεμάχια. Η μελέτη πλέον γίνεται αποκλειστικά για τον μηχανισμό αυτό. Τα βασικά τεμάχια μηχανολογικά καλούνται στοιχεία μηχανών και έχουν συνήθως τυποποιημένες προδιαγραφές. Άλλες φορές πάλι ο μηχανισμός που θέλουμε δεν μπορεί να καλυφθεί από κάποιο τυποποιημένο και πρέπει να γίνει εξ αρχής ο σχεδιασμός του.

### Περίπτωση αναζήτησης τυποποιημένου μηχανισμού

Περίπτωση μελέτης και σχεδιασμού από τρίτο κατασκευαστή

Περίπτωση συνεργασίας με τρίτο κατασκευαστή για την μελέτη και σχεδιασμό

Περίπτωση ειδικής κατασκευής κατά παραγγελία από τρίτο κατασκευαστή.

### Περίπτωση σχεδιασμού πρότυπου μηχανισμού

Σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν δύο υποπεριπτώσεις

#### Υπάρχουσα τεχνογνωσία σχεδιασμού

Εάν υπάρχει τεχνογνωσία σχεδιασμού είτε από εσωτερική εμπειρία από την εταιρία, είτε από προμηθευτές, είτε από πρότυπα τότε μπορούμε να κάνουμε χρήση αυτής της τεχνογνωσίας για τον σχεδιασμό και την κατασκευή του μηχανισμού.

#### Χωρίς προϋπάρχουσα τεχνογνωσία σχεδιασμού

Εάν δεν υπάρχει τεχνογνωσία στο συγκεκριμένο αντικείμενο τότε θα πρέπει να εξεταστεί το αντικείμενο με έναν από τους δύο παρακάτω τρόπους

Επίπεδο προϋπάρχουσας τεχνογνωσίας σχεδιασμού 1-5

#### *Μελέτη αντικειμένου με μεθοδολογία ανάπτυξης*

Η μέθοδος αυτή προτείνεται για μηχανισμούς οι οποίοι μπορούν να κατασκευαστούν σχεδιαστών βάσει εμπειρίας, χρήσης θεωρητικών γνώσεων φυσικής και μαθηματικών και μπορούμε με αυτά να προβλέψουμε και να ελέγξουμε την συμπεριφορά τους.

#### *Μελέτη αντικειμένου με Έρευνα*

Η μελέτη με έρευνα μας οδηγεί στην μεθοδολογία έρευνας όπου μέσα από μια διαδικασία θα προσπαθήσουμε να ανακαλύψουμε τους παράγοντες που επηρεάζουν την συμπεριφορά του αντικειμένου. Αφού ανακαλύψουμε τους παράγοντες και κατασκευάσουμε ένα μοντέλο καθορίζοντας τις συνθήκες κάτω από τις οποίες ισχύει τότε κάνουμε πειράματα για την επαλήθευση της ισχύος και την ακρίβεια του μοντέλου.

Για την διεξαγωγή της έρευνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί η γνώση της φυσικής και των μαθηματικών.

### **Μελέτη assembly**

#### **Αξιολόγηση δυσκολίας ρίσκου χρόνου και κόστους ανάπτυξης νέου προϊόντος.**

Από τα παραπάνω μπορούμε να αξιολογήσουμε την περιπλοκότητα και την δυσκολία ανάπτυξης ενός προϊόντος και από την αρχική μελέτη του να κάνουμε μια εκτίμηση του κόστους και του χρόνου ανάπτυξης αλλά και του ρίσκου να μην επιτευχθούν οι προδιαγραφές και να αποτύχει

#### **Ανάλυση ρίσκου**

Το ρίσκο μπορεί να υπολογιστεί ως εξής

#### **Για τον σχεδιασμό**

##### *Διασύνδεση*

Εάν ένα σύστημα ή μηχανισμός αποτελεί υποσύστημα ενός άλλου τότε έχουμε τον συντελεστή βάθους

Εάν ένα σύστημα μπορεί να συνεργαστεί με πολλούς τρόπους με το υπόλοιπο σύστημα τότε έχουμε ένα συντελεστή περιπλοκότητας

##### *Δυνατότητα εναλλακτικών*

##### *Εκτίμηση πιθανότητας πραγματοποίησης*

Εκτίμηση κόστους πόρων και επιπέδου δυσκολίας και τεχνογνωσίας και εξοπλισμού

##### *Εκτίμηση χρονικής καθυστέρησης και χρονικής ελαστικότητας*

Εκτίμηση ταχύτητας σε σχέση με τον ανταγωνισμό

#### **Για την παραγωγή**

Επανάληψη βημάτων σε κάθε στάδιο

### **Παραλαβή προδιαγραφών**

Εξέταση προσθήκη επεξεργασία προδιαγραφών

Καθορισμός τύπων ενέργειας ροών και ποσοτήτων που ενεργούν στο σύστημα από το περιβάλλον με σενάρια

Και τύπων ενέργειας που ενεργούν εσωτερικά του συστήματος και προς το περιβάλλον

Προσδιορισμός βασικού συστήματος και καθορισμός εισόδων εξόδων προδιαγραφών

Μελέτη καταμερισμού βασικού συστήματος σε υποσυστήματα

Επιλογή της λειτουργίας των υποσυστημάτων όπως κατηγορίας μηχανισμού (αποθήκευσης, μεταφοράς, μετατροπής, διανομής ενέργειας, υποστηρικτικός κτλ.)

Καθορισμός των φυσικών φαινομένων των νόμων και των παραμέτρων που λαμβάνουν χώρα στα υποσυστήματα των ειδών ενέργειας και των ποσοτήτων και τα οποία θα μελετήσουμε, αλλά και σχέσεων επιρροής πεδίου ορίου εσωτερικά

Ορισμός σχέσεων και λογικής υποσυστημάτων και συστήματος περιβάλλοντος

Έλεγχος διαστατικής ανάλυσης

**Επιλογή κατάλληλης μεθόδου μεταφοράς** εδώ μπορούμε να επιλέξουμε και έτοιμους μηχανισμούς εμπορίου ή παραγγελία από τρίτους.

**Επιλογή υλικού**

**Διαστασιολόγηση τελειοποίηση μορφής και έλεγχος** για συμπεριφορά αντοχή αξιοπιστία απόδοση

**Επανάληψη βημάτων και σύγκριση για την επίτευξη βέλτιστου αποτελέσματος** καταγραφή κύριων παραγόντων απόδοσης και ορίων.

## Gate 1 Έλεγχος αρχικής μελέτης

Τελειώνοντας την αξιολόγηση της αρχικής έρευνας έχουμε διαμορφώσει τα χαρακτηριστικά του προϊόντος μας ενώ έχουμε εξασφαλίσει τους πόρους για την υλοποίησή του.

Μετά την αξιολόγηση και τον έλεγχο του πλάνου δίδεται η εντολή να συνεχίσουμε στην πρώτη φάση της μελέτης και του σχεδιασμού.

## Στάδιο 2 Αναλυτική μελέτη

Κατά την αναλυτική μελέτη γίνεται η σχεδιομελέτη του προϊόντος

Αρχικός σχεδιασμός Μοντελοποίηση Model Based Systems Engineering MBSE

Καθορισμός χαρακτηριστικών και βασικών μεγεθών μορφής

Δημιουργία συστημάτων υποσυστημάτων βασικών μεγεθών

**σχεδιομελέτη του προϊόντος**

Δημιουργία συστημάτων υποσυστημάτων βασικών μεγεθών

Στην μηχανολογία το σημαντικότερο αντικείμενο της εργασίας της είναι η διαμόρφωση αντικειμένων-Υλικών. Ανάλογα με την μορφή του υλικού αποκτά και τις ανάλογες ιδιότητες με τον λεπτομερές σχεδιασμό και διαστασιολόγηση, Ο συνδιασμός υλικών , μεταφορά της ενέργειας και η αλληλουχία της κίνησης.



Στάδια σχεδιασμού

Διαστάσεις σχήματα κίνηση συναρμογές

Δεύτερη αξιολόγηση ιδεών που έχουν περάσει το πρώτο στάδιο με κριτήρια μηχανικά

Εντοπισμός σημαντικών μεγεθών που επηρεάζουν τις απαιτήσεις.

Αξιολόγηση μοντέλων για τις επί μέρους λύσεις και τα σύνολα

Επιλογή μιας τελικής λύσης

Δημιουργία αναλυτικότερου μοντέλου

Σχεδιασμός μορφής στο CAD με εναλλακτικές λύσεις σχεδιομελέτη τρισδιάστατης μορφής

## Σχεδιομελέτη ποδηλάτου

Έχοντας πλέον διαμορφώσει μια πρώτη άποψη των χαρακτηριστικών του ελατηρίου είμαστε πλέον σε θέση να ξεκινήσουμε την σχεδιομελέτη της ποδηλάτου.

Η παρούσα μελέτη περιλαμβάνει την κατασκευή ενός ποδηλάτου το οποίο προορίζεται καθαρά για πειραματικούς σκοπούς και όχι για ένα προϊόν για μαζική κατασκευή και πώλησή.

Προδιαγραφές

Ανάλυση αξιοπιστίας κίνδυνων σεναρίων χρήσης RAM αξιοπιστία, Διαθεσιμότητα, συντήρηση

Fault tree analysis

## Μοντελοποίηση κατασκευής

**Μοντελοποίηση και μεθοδολογία μοντελοποίησης και επίλυσης προβλημάτων Θεωρία**

**Μοντέλα και μοντελοποίηση Προβλήματος**

### Τι είναι μοντέλο

Τι μοντελοποιούμε στον μηχανολογικό σχεδιασμό

Φυσική μοντελοποίηση

Θεωρητική μοντελοποίηση

**MBSE Model Based Systems Engineering Μηχανολογικός σχεδιασμός με χρήση μοντέλων**

Η μοντελοποίηση προβλημάτων είναι μια παλιά τεχνική για να αναλύουμε και να επιλύουμε περίπλοκα προβλήματα. Η μοντελοποίηση και η εξωμείωση συστημάτων σε επίπεδο μοντέλου μας επιτρέπουν την μείωση του κόστους σχεδιασμού και κατασκευής ήδη από τα πρώιμα στάδια του σχεδιασμού την βελτιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος την προκοστολόγηση την αναλυτικότερη μελέτη εναλλακτικών λύσεων για την αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων κατά την φάση της σχεδιομελέτης και την μείωση του χρόνου σχεδιασμού και ανάπτυξης. Επιπλέον δυνατότητες μας δίνονται ανάλογα με τα εργαλεία που θα χρησιμοποιήσουμε όπως η ανάλυση αξιοπιστίας, ανάλυση Hardware in loop και πολλά άλλα.

### **Χαρακτηριστικά και είδη μοντέλων**

Το πλεονέκτημα της μοντελοποίησης φαίνεται σε μοντέλα

MDO multimode analysis και multibodie

Πολλαπλά περιβάλλοντα επίλυσης μηχανική, ηλεκτρονικά, υδραυλικά, θερμοδυναμική

Συστήματα συνεχή, καταστάσεων

Συστήματα αμφίδρομης ή μονοδρομής επιρροής

Συστήματα γραμμικής ή μη γραμμικής μεταβολής με πεδίο λειτουργίας και εξέταση σεναρίων.

### **Μέθοδοι μοντελοποίησης**

Σήμερα χρησιμοποιείται λογισμικό για την επιτάχυνση της διαδικασίας μελέτης και μοντελοποίησης συστημάτων.

Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικές τεχνικές μοντελοποίησης μηχανολογικών συστημάτων.

Μοντελοποίηση με γραπτό κείμενο σε έγγραφα χρήση αριθμομηχανής

Μοντελοποίηση με χρήση Excel

Μοντελοποίηση με χρήση μαθηματικών πακέτων

Μοντελοποίηση με γλώσσα μοντελοποίησης φυσικής

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές επιλογές μοντελοποίησης με γλώσσα μοντελοποίησης φυσικής, το Simulink η Modelica και το Ptolemy.

Στην παλαιότερη διαδικαστική αριθμητική προσέγγιση οι προδιαγραφές των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών ήταν ένα βασικό κομμάτι της διαδικασίας μοντελοποίησης, ενώ οι αλγεβρικοί και διαφορικοί υπολογισμοί έπειτα ταξινομούνταν σύμφωνα με τις σχέσεις που είχαν με το μοντέλο και επιλύονταν κάνοντας χρήση κλασικών αριθμητικών και ολοκληρωματικών μεθόδων. Η μέθοδος αυτή εμπόδιζε την δημιουργία επαναχρησιμοποιούμενων μοντέλων και βιβλιοθηκών. Παρόλα αυτά τα διακριτού χρόνου γεγονότα, τα γεγονότα ακολουθίας, καθώς και τα γεγονότα καθοδηγούμενα από συμβάντα μπορούσαν εύκολα να περιληφθούν στο μοντέλο. Οι λύσεις είναι προβλέψιμες, αφού οι μέθοδοι επίλυσης είναι κάτω από τον έλεγχο του μηχανικού εξομοίωσης, είναι εξαρτώμενη και μπορεί να επιδιορθωθεί σε σύντομο προβλεπόμενο χρόνο.

Κάθε μια από τις μεθόδους αυτές, έχουν τα δικά τους πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Μέχρι σήμερα καμία από τις μεθόδους δεν έχει κυριαρχήσει έναντι της άλλης στον τομέα της δυναμικής εξομοίωσης γενικά, αν και προτιμάται η κάθε μέθοδος σε συγκεκριμένους τομείς, για παράδειγμα ο μαθηματικός υπολογιστικός τρόπος προτιμάται στην χημική μηχανική για μη πραγματικού χρόνου διαδικασίες σχεδιασμού, ενώ διαδικαστική μέθοδος προτιμάται στον τομέα της μηχανικής και στους εκπαιδευτικούς εξομοιωτές για τις ίδιες διαδικασίες.

### **Σύγκριση και πλεονεκτήματα της μοντελοποίησης έναντι εναλλακτικών μεθόδων**

Αρχικές και οριακές συνθήκες

**Αναλυτική λύση Μαθηματική**

## **Διαδικασία σχεδιασμού με χρήση μοντέλων**

Υπάρχουν 6 βήματα για την μοντελοποίηση οποιουδήποτε συστήματος.

- 1 Ορισμός του συστήματος
- 2 Αναγνώριση των στοιχείων του συστήματος
- 3 Μοντελοποιώντας το σύστημα με εξισώσεις
- 4 Δημιουργία του διαγράμματος (Simulink Block Diagram ή Modelica Diagram)
- 5 Εκτέλεση της εξομοίωσης
- 6 Επαλήθευση των αποτελεσμάτων

Τα τρία πρώτα βήματα εκτελούνται εκτός της χρήσης του λογισμικού.

### **Ορισμός του συστήματος**

Το πρώτο βήμα για την μοντελοποίηση ενός δυναμικού συστήματος είναι ο πλήρης ορισμός του. Εάν μοντελοποιούμε μεγάλα συστήματα, μπορούμε να το σπάσουμε σε μικρότερα κομμάτια όπου μπορούμε να μοντελοποιήσουμε το κάθε κομμάτι ξεχωριστά. Μετά την δημιουργία του κάθε κομματιού μπορούμε να τα προσθέσουμε για την δημιουργία του συστήματός μας. Για παράδειγμα στο μοντέλο της αντλίας μας έχουμε διαίρεσει το μοντέλο μας στα εξής κομμάτια:

Τον κύλινδρο

Την πλάκα πίεσης

Την πλάκα κατεύθυνσης ροής του υγρού

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος να δημιουργήσουμε το μοντέλο μας είναι να δημιουργήσουμε κάθε ένα από τα υποσυστήματά χωριστά.

### **Αναγνωρίζοντας τα μέρη του συστήματος**

Το δεύτερο βήμα στην διαδικασία μοντελοποίησης είναι να αναγνωρίσουμε τα μέρη του συστήματος. Τρία είναι τα βασικά μέρη ενός συστήματος

**Παράμετροι** - τιμές του συστήματος οι οποίες παραμένουν σταθερές εκτός εάν τις αλλάξουμε

**Καταστάσεις** - μεταβλητές του συστήματος που αλλάζουν με τον χρόνο.

**Σήματα** – τιμές εισόδου και εξόδου οι οποίες αλλάζουν δυναμικά κατά την εξομοίωση

Για κάθε υποσύστημα που αναγνωρίζουμε θα πρέπει να ελέγχουμε τα εξής:

Πόσες εισόδους σήματος έχει το κάθε υποσύστημα

Πόσες εξόδους σήματος έχει το κάθε υποσύστημα

Πόσες μεταβλητές έχει το κάθε υποσύστημα

Πόσες παραμέτρους (σταθερές) έχει το κάθε υποσύστημα

Εάν υπάρχουν ενδιάμεσα σήματα μέσα στο υποσύστημα

Μετά τον έλεγχο των παραπάνω θα έχουμε μια συνοπτικά λίστα με τα στοιχεία του συστήματος και είμαστε έτοιμοι για να ξεκινήσουμε την μοντελοποίηση.

### **Μεταβλητές σχεδιασμού**

Πρωτογενείς μεταβλητές

Επιηρεάζουν το πώς θα κατευθύνουν την ενέργεια και δίνουν την μορφή στο σχέδιό μας αναλογίες και όχι αριθμούς

Δευτερογενείς μεταβλητές

Διατάσεις αντοχής

Τριτογενείς μεταβλητές

Διαστάσεις κίνησης

Τεταρογενείς μεταβλητές

Διαστάσεις τυποποίησης παραγωγής ανοχών συναρμολόγησης

Πεμπτογενείς μεταβλητές

Διαστάσεις καλλιτεχνικές για την όψη

### **Σταθερές**

Είναι οι απαιτήσεις

Σταθερές του περιβάλλοντος λειτουργίας

Σταθερές υλικών από επιλογή

Εφαρμογή μεταβλητών και σταθερών

Πεδίου

Ορίου

Εσωτερικές

Σαν στόχο έχουμε να ικανοποιήσουμε τις προδιαγραφές

### **Μοντελοποιώντας το σύστημα με εξισώσεις**

Το τρίτο βήμα για την μοντελοποίηση ενός συστήματος είναι η δημιουργία μαθηματικών εξισώσεων που περιγράφουν το σύστημα. Για κάθε υποσύστημα, κάνουμε χρήση της λίστας με τα στοιχεία του συστήματος που έχουμε αναγνωρίσει ότι περιγράφουν το σύστημα μαθηματικά.

Το μοντέλο μας μπορεί να περιλαμβάνει:

Αλγεβρικές εξισώσεις

Λογικές εξισώσεις

Διαφορικές εξισώσεις, για συνεχή συστήματα

Διαφορικές εξισώσεις, για διακριτά συστήματα

### **Χτίζοντας το διάγραμμα του μοντέλου**

Αφού έχουμε καθορίσει τις μαθηματικές εξισώσεις που περιγράφουν το κάθε υποσύστημα, μπορούμε να ξεκινήσουμε να χτίζουμε το διάγραμμά του μοντέλου σε μία από τις γλώσσες που αναφέραμε κάνοντας χρήση του αντίστοιχου λογισμικού. Ξεκινώντας από την κατασκευή του κάθε στοιχείου ξεχωριστά στο τέλος συνθέτουμε όλα τα στοιχεία μαζί για την δημιουργία του μοντέλου.

### **Εκτέλεση της εξομοίωσης**

Μετά την κατασκευή του μοντέλου μας, μπορούμε να εξομοιώσουμε το μοντέλο μας και να αναλύσουμε τα αποτελέσματα. Μπορούμε να καθορίσουμε τον χρόνο εκτέλεσης και την ακρίβεια και μέθοδο επίλυσης αλλά και να αλλάξουμε παραμέτρους και εισόδους του συστήματός μας για να παρατηρήσουμε τις αλλαγές που προκαλούνται στην συμπεριφορά του μοντέλου με σκοπό την γρήγορη αξιολόγηση της συμπεριφοράς του μοντέλου.

### **Επαλήθευση των αποτελεσμάτων**

Στο τέλος θα πρέπει να επαληθεύσουμε ότι το μοντέλο μας αντιπροσωπεύει με την απαιτούμενη ακρίβεια τα φυσικά χαρακτηριστικά του δυναμικού συστήματος. Μπορούμε να κάνουμε χρήση γραμμικής ανάλυσης και άλλων τεχνικών και εργαλείων για την ανάλυση και επαλήθευση του μοντέλου μας.

## **Καθορισμός λεπτομερών προδιαγραφών επιμέρους υποσυστημάτων είσοδοι έξοδοι**

Σε αυτή την παράγραφο θα κινηθούμε αντίστροφα από τις προηγούμενες παραγράφους

Έχοντας σαν σημείο εκκίνησης το τελικό προϊόν θα προσπαθήσουμε να κινηθούμε πριν την μελέτη και τον σχεδιασμό.

Η τεχνική αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη γιατί θα μας δώσει τις απαραίτητες τιμές που χρειάζεται να καλύψουμε με τον σχεδιασμό μας. Αυτό θα επιταχύνει την διαδικασία του σχεδιασμού αφού θα μας δώσει κρίσιμες τιμές για την επίλυση εξισώσεων και θα εξασφαλίσει την συμβατότητα των δεδομένων μας με τις προδιαγραφές του τελικού προϊόντος.

Στους παρακάτω υπολογισμούς θα προσπαθήσουμε δίνοντας τις τελικές τιμές στόχους που θέλουμε να αποδίδει το όχημά μας οι οποίες έχουν αποφασιστεί μέσα από την μελέτη Marketing να υπολογίσουμε τα ελάχιστα επιθυμητά χαρακτηριστικά στον σχεδιασμό μας.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι όλοι οι υπολογισμοί είναι προσεγγιστικοί και σκοπός μας είναι όχι η τελική αξιολόγηση του προϊόντος αλλά ο καθορισμός κάποιων ορίων ώστε να έχουμε ένα μέτρο σύγκρισης για τους υπολογισμούς μας και τον σχεδιασμό ότι κινούμαστε στα σωστά πλαίσια και να επανασχεδιάζουμε έγκαιρα σε περίπτωση απόκλισης εξοικονομώντας έτσι πολύτιμο χρόνο.

Το όχημα που θέλουμε να κατασκευάσουμε

Υπολογισμός κινητικής ενέργειας ποδηλάτου


Βάρος κατασκευής		
Επιτάχυνση		
Αυτονομία με μία πλήρη φόρτιση (χωρίς την χρήση του μηχανισμού ανάκτησης ή την υποβοήθηση από τον οδηγό, πεντάλ) km		
Ευρος ισχύος και ροπής και στροφες		

Πίνακας 4.5 Πίνακας στοιχείων και μεγεθών από την μελέτη κίνησης του ποδηλάτου

Λεπτομερής επιλογή υλικού

Σχεδιασμός

Διαστασιολόγηση

Κοστολόγηση

Μελέτη αντοχής σε εξωτερικές συνθήκες

Θερμοκρασία

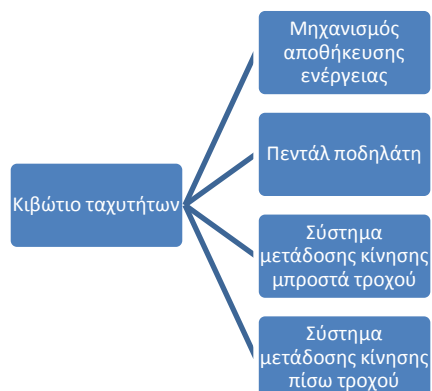
Οξειδωση

Μελέτη ασφάλειας

Μέτρηση και αξιολόγηση επιδόσεων

## Μελέτη συστήματος CVT μετατροπής και μετάδοσης κίνησης

## Ανάλυση υποσυστήματος μηχανισμού μετατροπής μετάδοσης



Σχήμα 4.2 Ανάλυση συστήματος CVT μετατροπής και μετάδοσης κίνησης

Πηγή ενέργειας	Φορά ενέργειας στο κιβώτιο	Φορά περιστροφής	Στροφές σε rpm		Ροπή σε Nm	
			ελάχιστη	μέγιστη	ελάχιστη	μέγιστη
Μηχανισμός αποθήκευσης ενέργειας	Είσοδος	Θετική				37
	Εξοδος	Αρνητική				35
Πεντάλ ποδηλάτη	Είσοδος	Θετική	30	120	5	30
	Εξοδος	-	-	-	-	-
Μετάδοση κίνησης μπροστά τροχού	Είσοδος	Θετική				
	Εξοδος	-	-	-	-	-
Μετάδοση κίνησης πίσω τροχού	Είσοδος	Θετική	1			75
	Εξοδος	Αρνητική	5			

Πίνακας 4.6 Τιμές και συμπεριφορά μερών του συστήματος μετατροπής μετάδοσης

Διάγραμμα εισόδων – εξόδων κιβωτίου ταχυτήτων

Λειτουργία πέδησης

### Σύστημα πέδησης

Μέγιστος ρυθμός απορρόφησης επιβράδυνσης

Αναλογία πέδησης 75% εμπρός 25% πίσω

Υπολογισμός Ροπής πέδησης για την ακινητοποίηση του οχήματος

### Καθορισμός προδιαγραφών καταγραφή αναγκών

Καταγραφή προδιαγραφών

Τύπος κιβωτίου	μηχανικό αμφίδρομο κιβώτιο συνεχούς μεταβλητής αναλογίας (CVT) , 3 δρόμων με ταυτόχρονη λειτουργία των 3 δρόμων (είσοδοι - έξοδοι)	
Έλεγχος	Ηλεκτρονικά ελεγχόμενο	
Αναλογία κιβωτίου >7,3:1		
Εύρος στροφών λειτουργίας		
Ταχύτητα εναλλαγής μέγιστου εύρους		
ροπή στρέψης (από τον κινητήρα)		
ροπή στρέψης (προς τον κινητήρα)		
Δυνατότητα λειτουργίας και με αντίστροφη κίνηση		

Πίνακας 4.7 Προδιαγραφές για το σύστημα μετατροπής μετάδοσης

### Επιλογή και Σχεδιομελέτη κιβωτίου ταχυτήτων

Για την κατασκευή κιβωτίου ταχυτήτων έχουμε τις εξής επιλογές

Μηχανικό κιβώτιο ταχυτήτων		
Ηλεκτρικό κιβώτιο ταχυτήτων		
Υδραυλικό κιβώτιο ταχυτήτων		
Συνδυασμός των ανωτέρω λύσεων		

Πίνακας 4.8 σύγκρισης πιθανών λύσεων για το σύστημα μετατροπής μετάδοσης

Υδραυλικό κιβώτιο ταχυτήτων

Με έμβολα

Με περιστρεφόμενο αμύγδαλο

Φυγοκεντρικά

Με πίεση πτερυγίων



Μηχανικό κιβώτιο ταχυτήτων

Με αλυσίδα

Με μάντα

Με άξονα

Παράλληλη τοποθέτηση

Σε σειρά

Επικυκλοειδή			
Υποκυκλοειδή			
πλανητικά			

Πίνακας 4.9 πίνακας ειδών μηχανικών κιβωτίων

### Μοντελοποίηση κιβωτίου ταχυτήτων

Προσθήκη μοντέλου στο μοντέλο του ποδηλάτου

Βελτιστοποίηση σχεδιασμού Optimization

Μελέτη σεναρίων και συμπεριφορά

Κινηματική ανάλυση για κίνηση και πέδηση

### Σχεδιαμός και διαστασιολόγηση

#### σύστημα μετάδοσης κίνησης

Προδιαγραφές

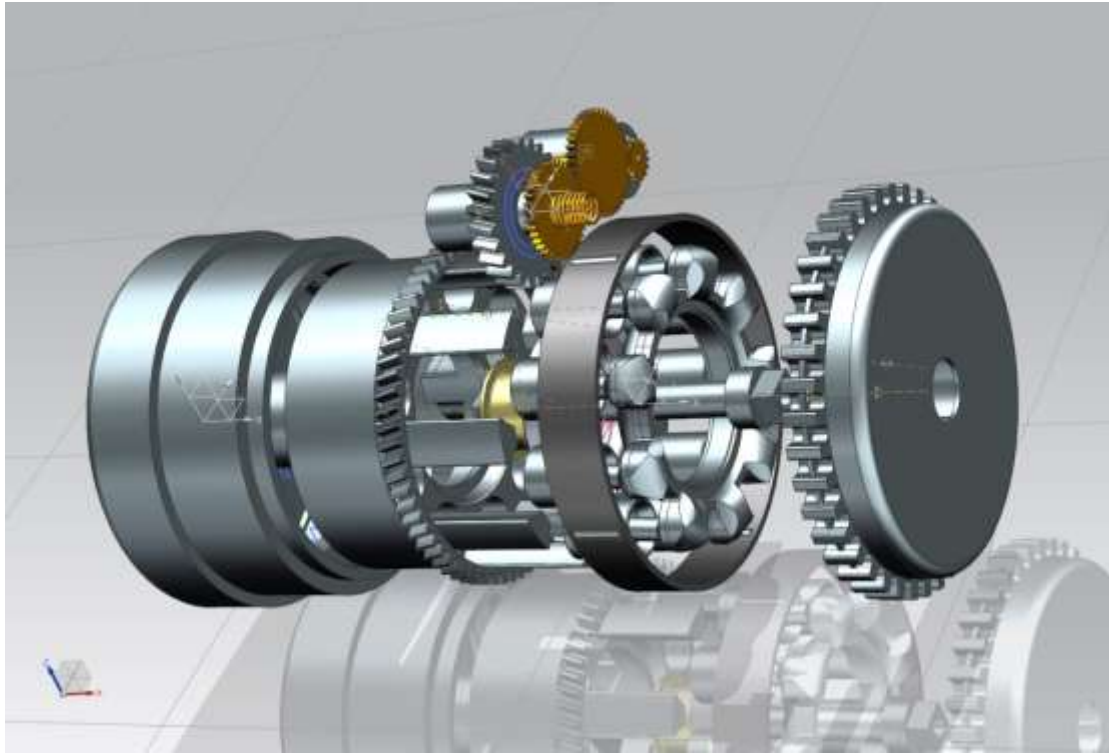
Αρχικός Σχεδιασμός

Διαστασιολόγηση

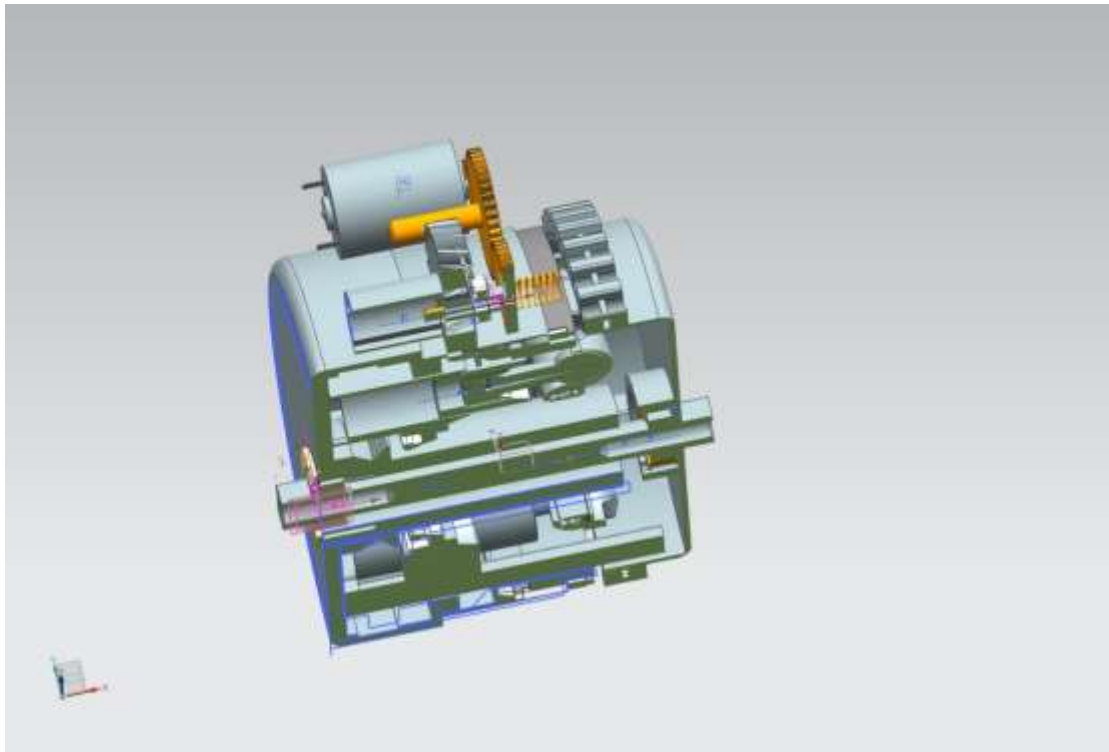
Τυποποίηση

Τελικός σχεδιασμός

Κεντρική αντλία



Εικόνα 4.2 σύνθεση μερών κεντρικής αντλίας

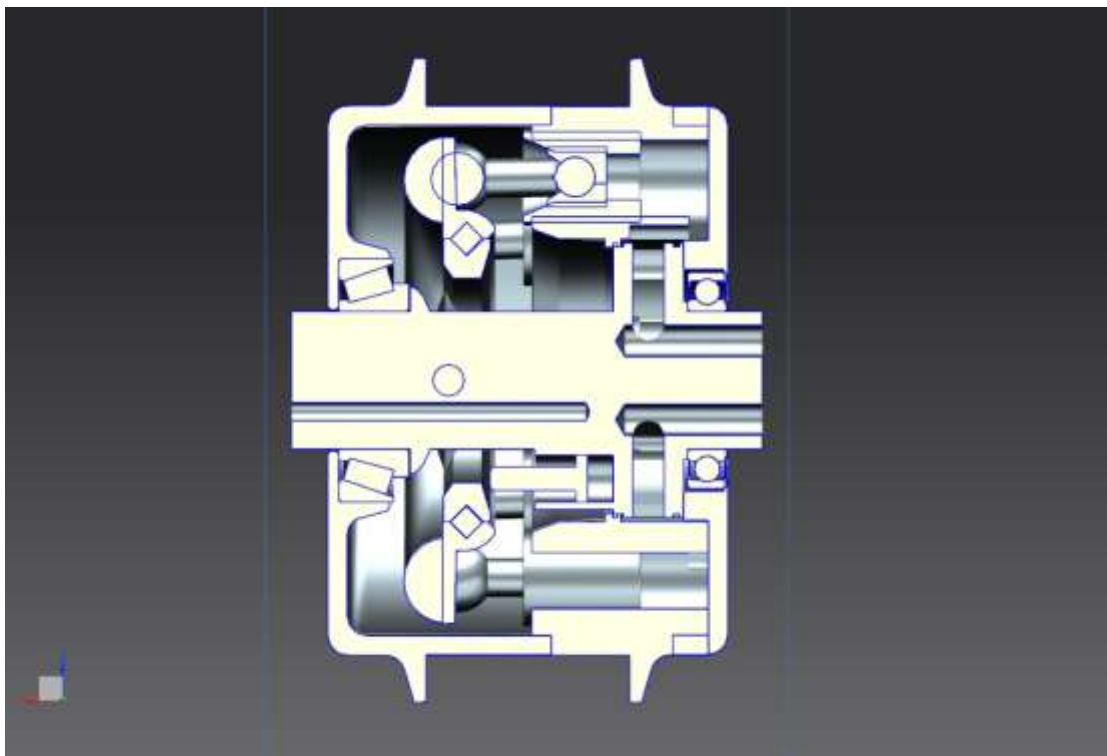


Εικόνα 4.3 τομή κεντρικής αντλίας

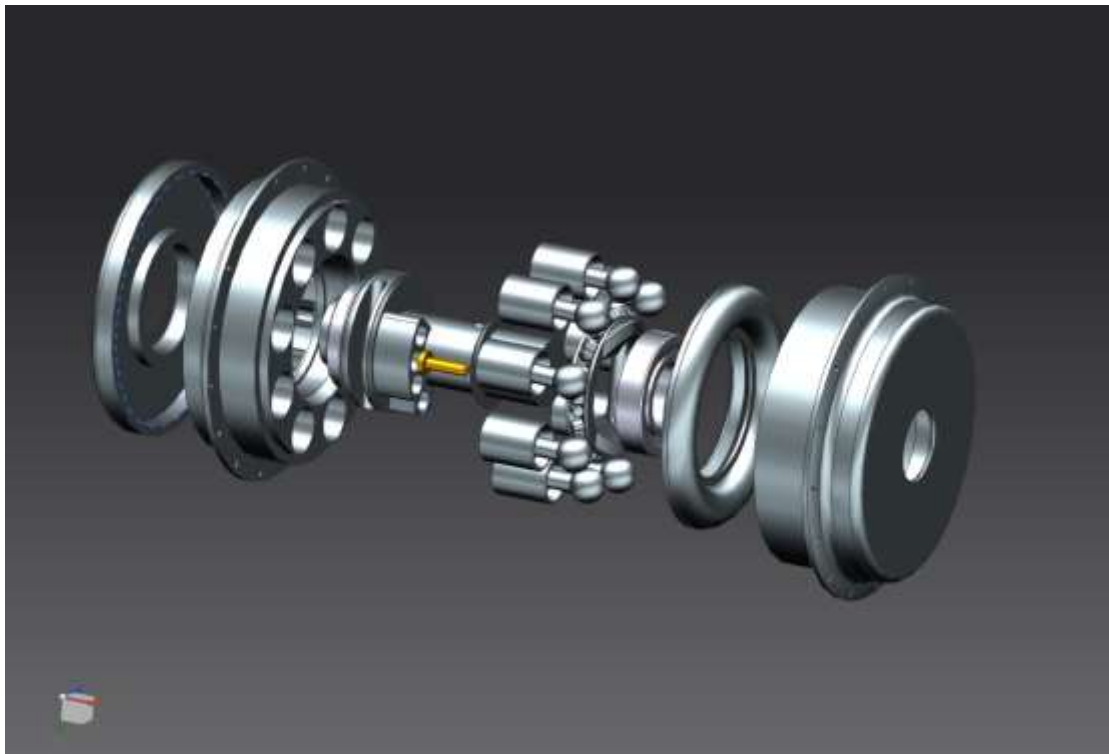
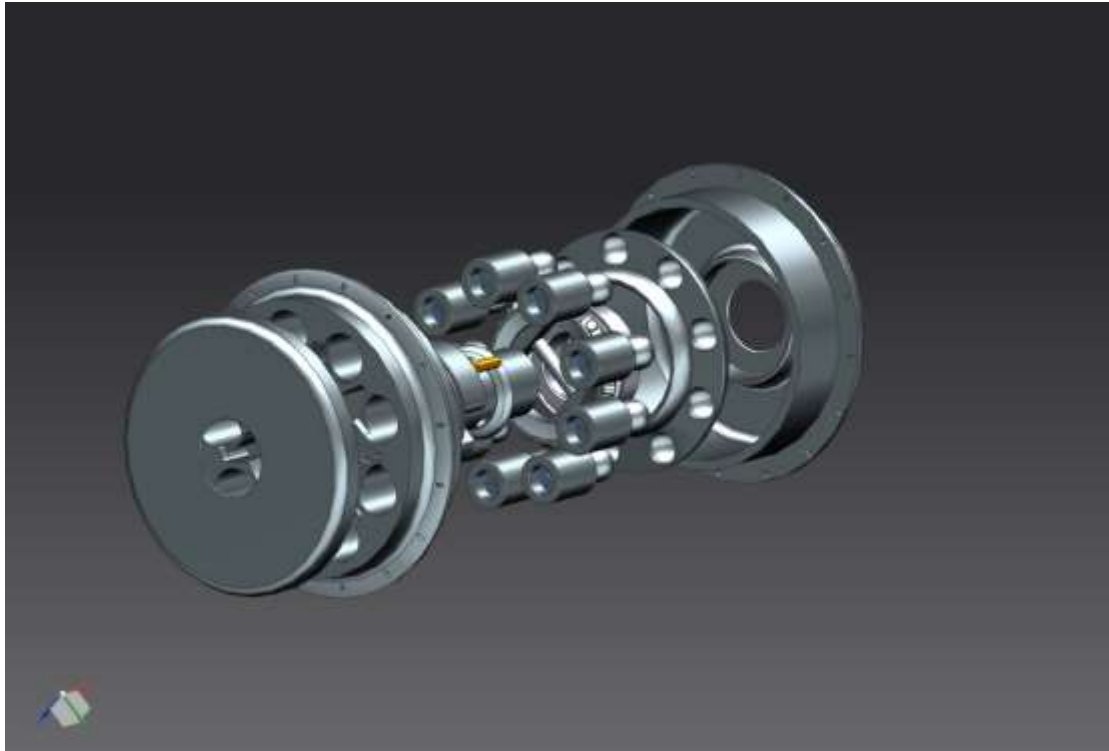


Εικόνα 4.4 μεγένθυση ανεπιστρεπτό ρουλεμάν εμπλοκής άξονα ποδηλάτου με δίσκο ιμάντα κίνησης

### Μπροστινή αντλία



Εικόνα 4.5 Τομή μπροστινής αντλίας



Εικόνες 4.6 α,β σύνθεση μτροστινής αντλίας



Εικόνα 4.7 εστίαση στην διαμόρφωση των αυλών για την μείωση του μήκους της αντλίας

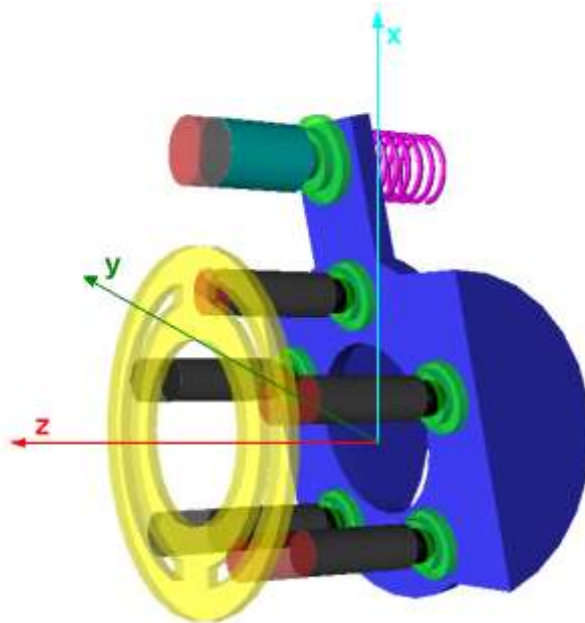
## Μοντέλο υπολογισμού της πίεσης αξονικής εμβολοφόρου αντλίας με δυνατότητα μεταβλητής παροχής

### Σκοπός

Σκοπός της μελέτης μας είναι να μοντελοποιήσουμε μια αξονική εμβολοφόρα αντλία μεταβλητής χωρητικότητας με μηχανισμό δίσκου πίεσης με δυνατότητα αλλαγής κλίσης. Σε αυτό το μοντέλο περιλαμβάνουμε και ένα ειδικό υπομοντέλο για την διακρίβωση των φορτίων στον δίσκο πίεσης και συγκεκριμένα τις δυνάμεις και ροπές που ασκούνται σε αυτόν για την χρήση τους στην διαστασιολόγηση της αντλίας στον μετέπειτα σχεδιασμό.

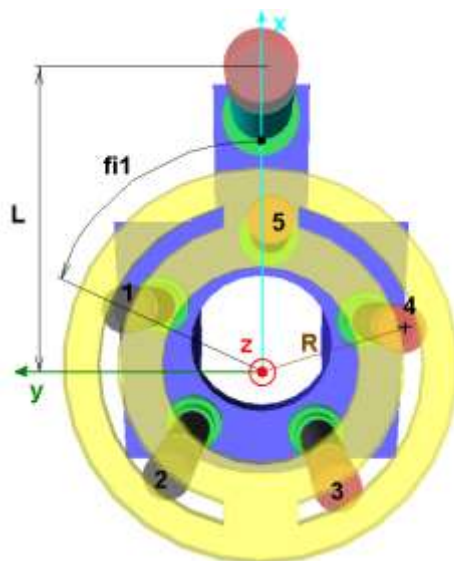
### Περιγραφή

Η εικόνα 4.8 δείχνει μια απλοποιημένη όψη αξονικής εμβολοφόρου αντλίας με κινητό δίσκο πίεσης. Η αντλία αυτή έχει 5 έμβολα τα οποία η θέση που λαμβάνουν καθορίζεται από τις Καρτεσιανές συντεταγμένες που φαίνονται στην εικόνα.



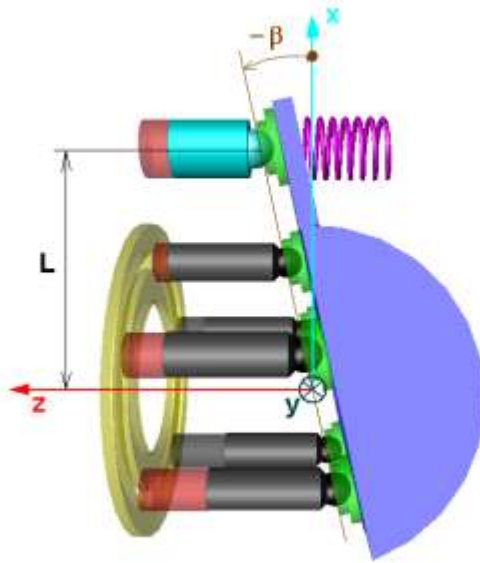
Εικόνα 4.8 αξονική εμβολοφόρα αντλία μεταβλητής χωρητικότητας με κινούμενο δίσκο πίεσης

Η εικόνα 4.9 μας δείχνει την μπροστινή όψη της αντλίας, απεικονίζουμε την ακτίνα  $R$  του κύκλου που περνάει από τα κέντρα αξόνων των εμβόλων και την απόσταση  $L$  μεταξύ του άξονα ελέγχου της κλίσης και του κέντρου της αντλίας. Η αρίθμηση των εμβόλων έχει γίνει αντιωρολογιακά όπως δείχνουμε στην εικόνα. Η γωνιακή θέση  $\phi_{i1}$  αναφέρεται στο πρώτο έμβολο.



Εικόνα 4.9 αξονική αντλία εμπρόσθια όψη

Η εικόνα 4.10 δείχνει την πλάγια όψη της αντλίας, όπου βλέπουμε την γωνία  $\beta$  του δίσκου πίεσης.

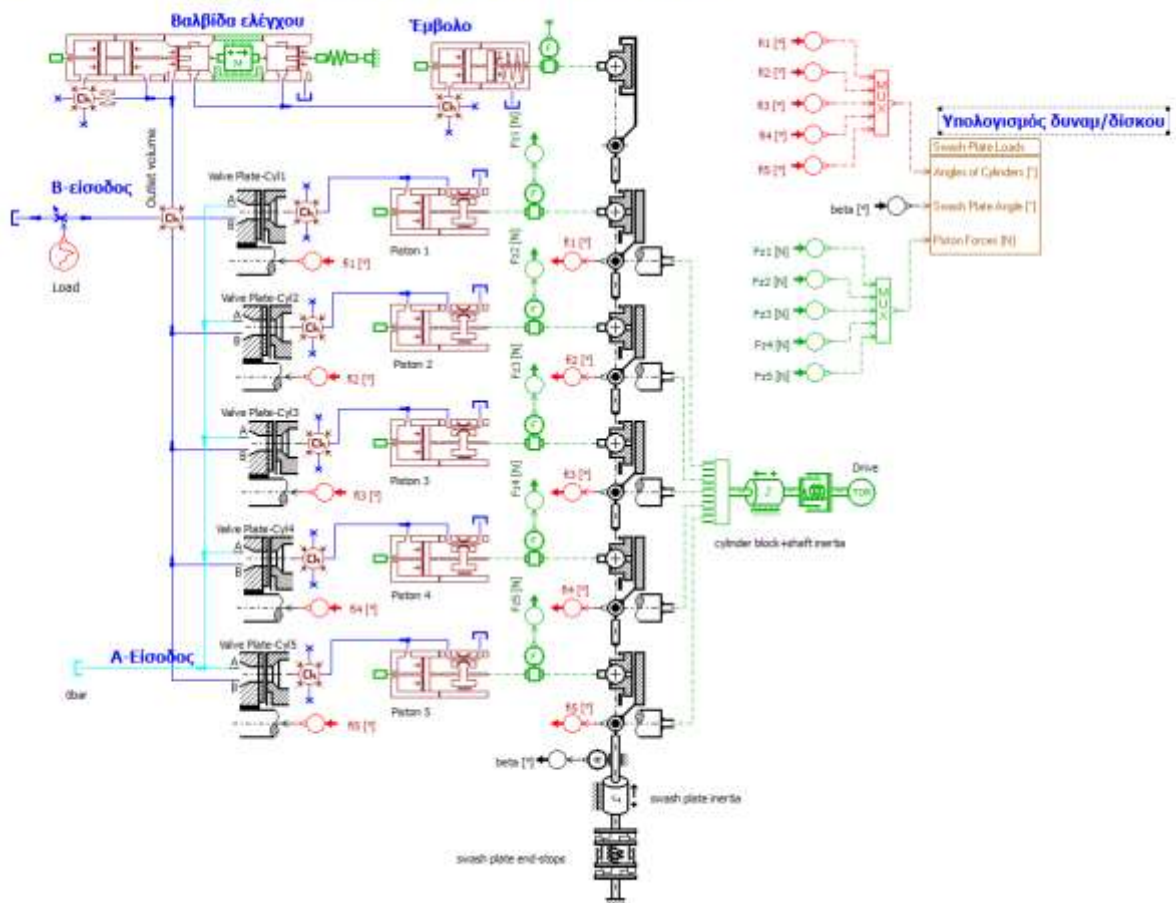


Εικόνα 4.10 αξονική αντλία πλάγια όψη

Η εικόνα χ δείχνει το πλήρες μοντέλο της αντλίας. Αρκετά στοιχεία έγιναν χρήση από την έτοιμη βιβλιοθήκη του λογισμικού ενώ άλλα έπρεπε να τα δημιουργήσουμε εμείς για τις ανάγκες του μοντέλου.

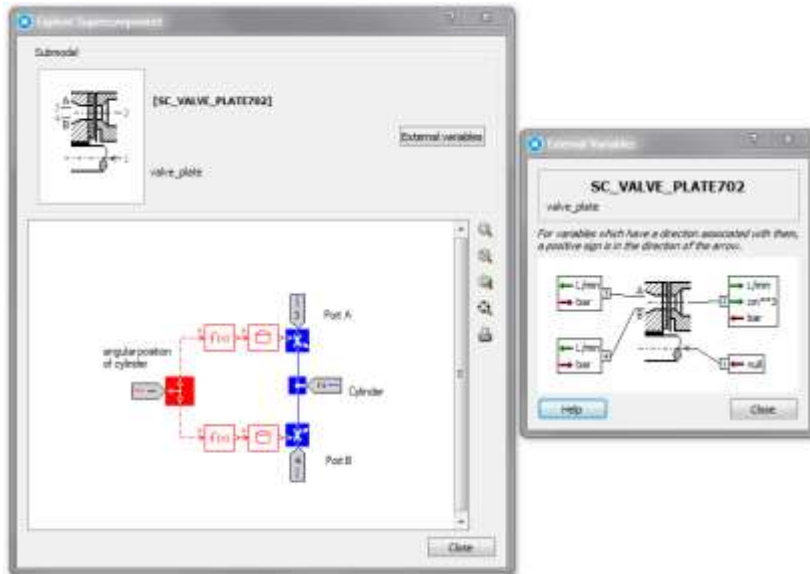


**Αξονική εμβολοφόρα αντλία μεταβλητής παροχής**



Εικόνα 4.11 Το μοντέλο της αξονικής αντλίας

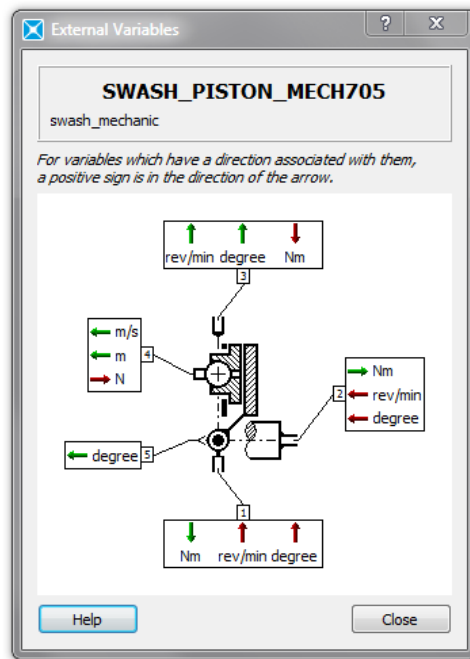
Η εικόνα χ μας δείχνει το υπερστοιχείο δίσκο-βαλβίδα για τον υπολογισμό της ογκομετρικής ροής μεταξύ των κυλίνδρων, την θύρα εισόδου και εξόδου. Ανάλογα την γωνιακή θέση του κυλίνδρου μπορούμε να υπολογίσουμε την σύνδεση που γίνεται είτε στην θύρα εισόδου, είτε στην θύρα εξόδου. Υπάρχει μια γωνιακή αλλαγή φάσης μεταξύ της θέσης των κυλίνδρων. Η περιοχή ροής είναι μια συνάρτηση της γωνιακής θέσης του εμβόλου και υπολογίζεται κάνοντας χρήση ενός πίνακα αναζήτησης.



Εικόνα 4.12 υπερστοιχείο που εκπροσωπεί τον δίσκο βαλβίδας

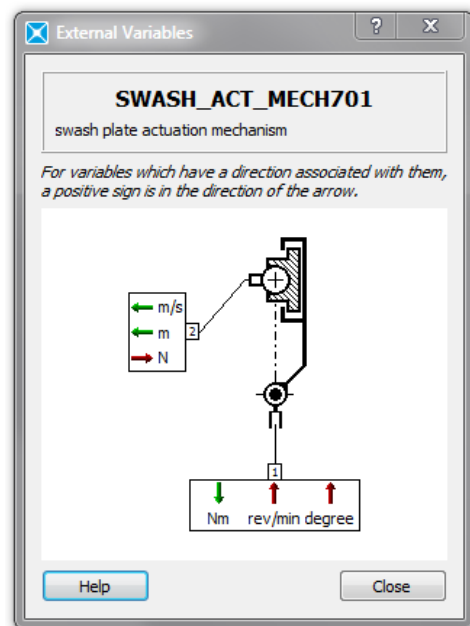
Στην εικόνα χ δείχνουμε το υπομοντέλο SWASH\_ACT\_MECH701 το οποίο εκπροσωπεί ένα μοναδικό μηχανισμό εμβόλου-κυλίνδρου-δίσκου πίεσης. Πρόκειται για ένα μηχανισμό 2 αξόνων ο οποίος στον ένα άξονα υπολογίζουμε την περιστροφή του κυλίνδρου και στον δεύτερο την περιστροφή του δίσκου πίεσης.





Εικόνα 4.13 υπομοντέλο για το μηχανισμό έμβολο-κύλινδρος-δίσκος πίεσης

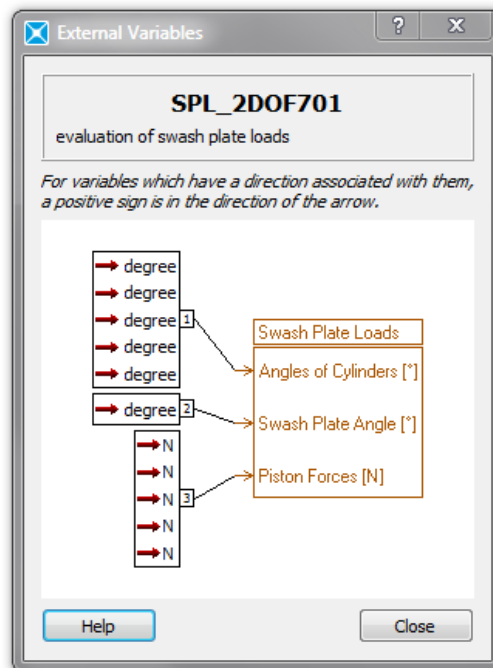
Η εικόνα δείχνει το υπομοντέλο SWASH\_ACT\_MECH701 που αντιπροσωπεύει τον μηχανισμό εμβόλου που χρησιμοποιείται για την αλλαγή της κλίσης του δίσκου πίεσης. Η κίνηση εκτελείται στον άξονα περιστροφής του δίσκου.



Εικόνα 4.14 υπομοντέλο για τον μηχανισμό ελέγχου και ενεργοποίησης του εμβόλου ελέγχου κλίσης του δίσκου πίεσης

Η εικόνα δείχνει το μοντέλο SPL\_2DOF701 για τον υπολογισμό των δυνάμεων και των ροπών που ασκούνται στον δίσκο πίεσης από τα έμβολα υπολογίζοντας τις θέσεις τους. Το μοντέλο αυτό έχει κατασκευαστεί δυναμικά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αντλίες μέχρι 9 έμβολα για να

υπολογίσουμε σε δεύτερο στάδιο τον βέλτιστο αριθμό εμβόλων για να μειωθεί το βάρος του μηχανισμού.



Εικόνα 4.15 υπομοντέλο για τον υπολογισμό των δυνάμεων και ροπών που ασκούνται στον δίσκο πίεσης.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζουμε κάποια αποτελέσματα από την εξομοίωσή μας.

Για την εκτέλεση του πειράματος θέσαμε τις εξής παραμέτρους:

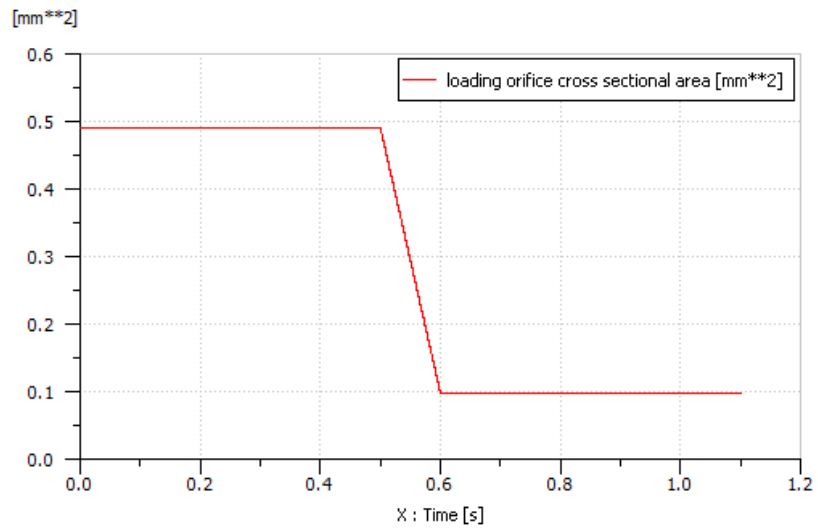
Σταθερή γωνιακή ταχύτητα 1500rpm

Αρχική τιμή της πίεσης του συστήματος 0 bar

Η οπή εισόδου έχει σταθερό άνοιγμα σε πρώτη φάση , έπειτα μειώνεται γραμμικά και στο τέλος διατηρείται στην τελική του θέση.

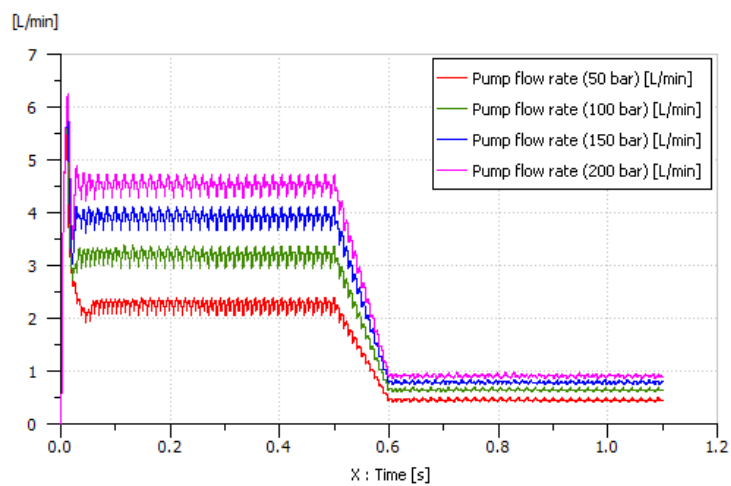
Δοκιμάζουμε την αντλία σε 4 διαφορετικές πιέσεις 50,100,150 και 200 bar.

Η εικόνα 4.16 δείχνει την επιφάνεια ροής της οπής εισαγωγής. Η ίδια ρύθμιση διατηρήθηκε και για τις τέσσερις πιέσεις.

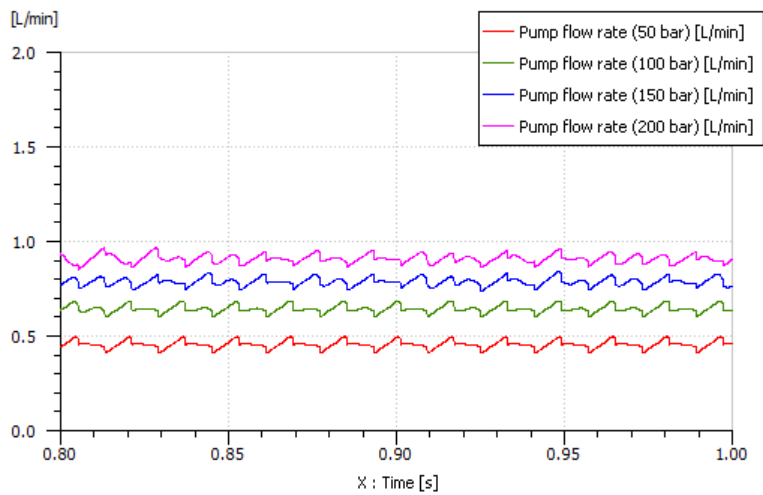
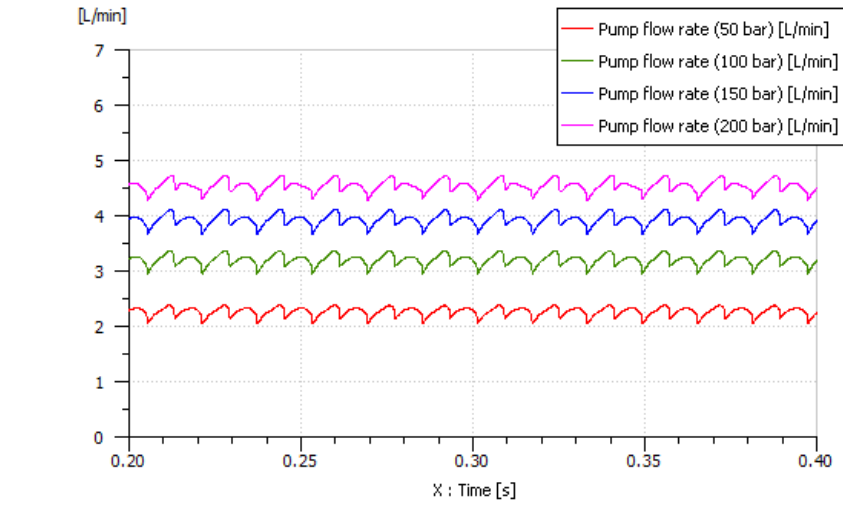


Εικόνα 4.16 Επιφάνεια ροής της οπής εισαγωγής

Η εικόνα 4.17 δείχνει την ογκομετρική παροχή της εξόδου για 4 διαφορετικές ρυθμίσεις

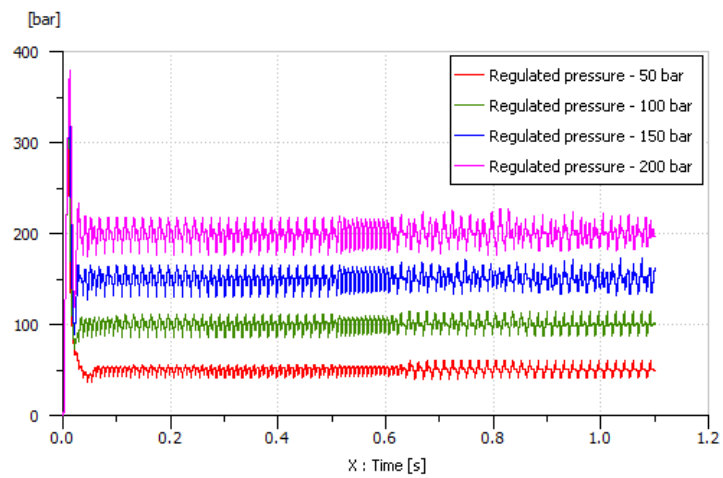


Εικόνα 4.17 μεταβολή της ροής στην (έξοδο θύρα Β)

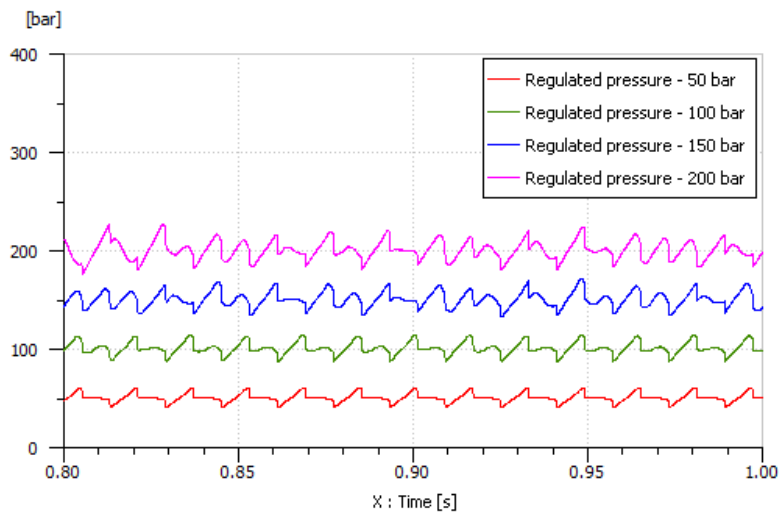
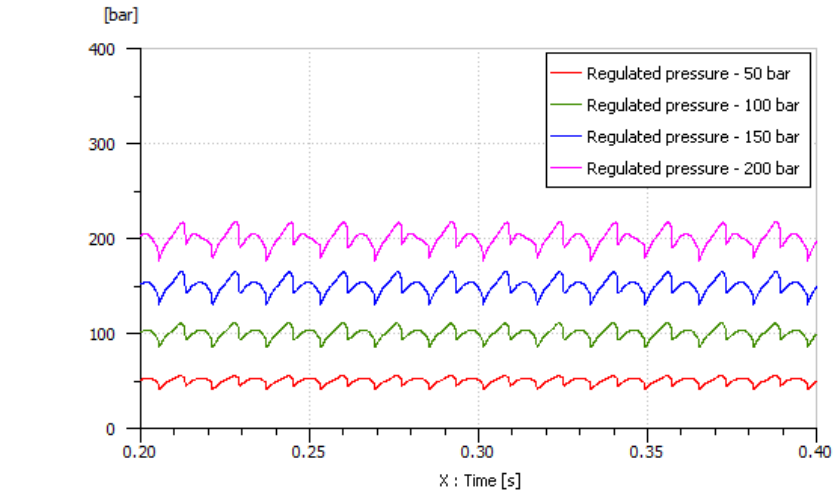


Εικόνα 4.18 μεγέθυνση του ρυθμού ροής

Η εικόνα δείχνει την πίεση που αποδίδεται (έξοδος) ρυθμισμένο για διαφορετικές πιέσεις

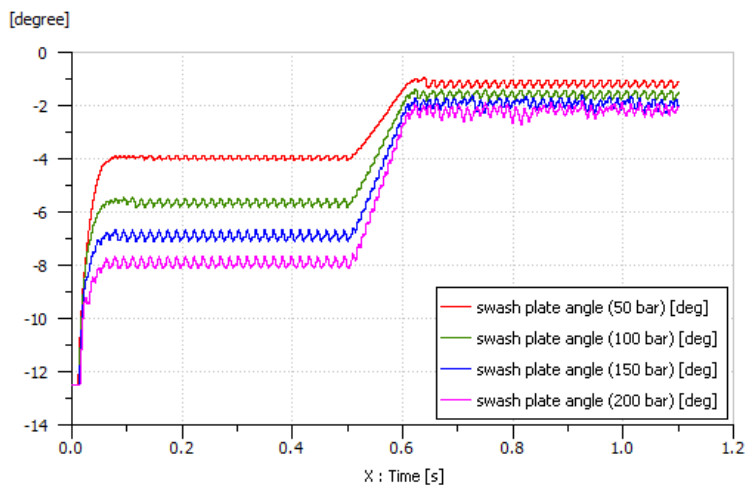


Εικόνα 4.19 Πίεση στην έξοδο θύρα Β



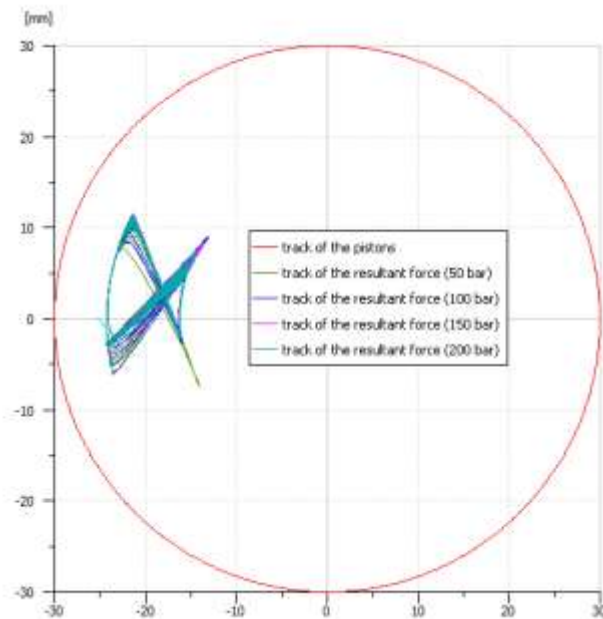
Εικόνα 4.20 μεγέθυνση στην αποδιδόμενη πίεση

Η εικόνα χ δείχνει την γωνία του δίσκου πίεσης για διαφορετικές πιέσεις λειτουργίας



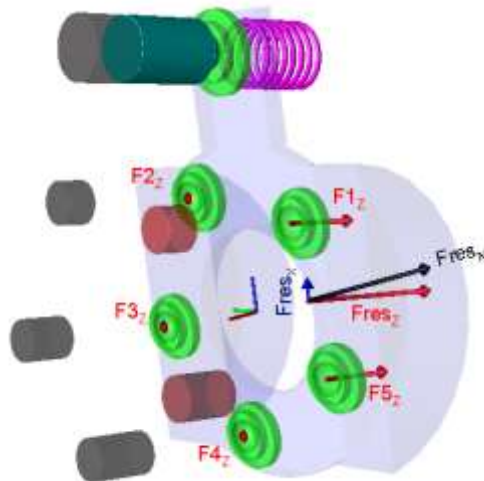
Εικόνα 4.21 γωνία δίσκου πίεσης

Η εικόνα χ δείχνει την τροχιά της δύναμης που ασκείται από τα έμβολα στην πλάκα πίεσης. Εδώ είναι μια προβολή πάνω σε άξονες χ-γ. Από την βιβλιογραφία είδαμε ότι το σχέδιο πεταλούδας που λάβαμε παρακάτω είναι τυπικό για τον συγκεκριμένο τύπο αντλίας με μονό αριθμό εμβόλων.



Εικόνα 4.22 Επίπεδη τροχιά της δύναμης που ασκεί το έμβολο στον δίσκο πίεσης

Η εικόνα χ δείχνει ένα στιγμιότυπο από την δύναμη που ασκείται στην πλάκα πίεσης από τα έμβολα. Με την εκτίμηση της δύναμης θα μπορούσαμε σε επόμενη φάση να διαστασιολογήσουμε την κατασκευή μας.



Εικόνα 4.23 οι δυνάμεις που ασκούν τα έμβολα στον δίσκο πίεσης

## Συμπεράσματα

Η αντλία παρουσιάζει γραμμικά ομαλή συμπεριφορά σε όλο το εύρος πίεσης λειτουργίας

Για την ανάγκη εξάλειψης των παλμών που δημιουργούνται από την λειτουργία της πρέπει να σχεδιάσουμε μηχανισμό που θα τους ομαλοποιεί γιατί διαφορετικά θα έχουμε κραδασμούς και ανεπιθύμητη συμπεριφορά κατά την πέδηση.

Μετά τον σχεδιασμό του μηχανισμού μείωσης των παλμών θα πρέπει να ξανατρέξουμε το μοντέλο μας για να δούμε την διαφορά.

## Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας Τελικό στάδιο σχεδίασης ελατηρίου

### Σχεδιομελέτη μηχανισμού ελατηρίου

Έχοντας πλέον καθορίσει την μορφή και τον τρόπο τυλίγματος του ελατηρίου, θα κάνουμε τώρα μια προσπάθεια να σχεδιάσουμε έναν μηχανισμό ο οποίος θα αναλαμβάνει την φόρτιση, αποφόρτιση και αποθήκευση του ελατηρίου.

#### Εισαγωγή

Λόγω της πολυπλοκότητας της κατασκευής και της συνεχούς μεταβολής πολλών παραγόντων ταυτόχρονα, θα κάνουμε μια προσπάθεια αρχικά απλοποίησης των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στον μηχανισμό και έπειτα μία προσπάθεια σύνθεσής τους σε ένα μαθηματικό μοντέλο. Μετά την ολοκλήρωση σύνθεσης των εξισώσεων θα γίνει υπολογισμός για 4 θέσεις λειτουργίας του μηχανισμού, μια πλήρως φορτισμένο, μια πλήρως αφόρτιστο, μια κατά την φόρτιση και μία κατά την αποφόρτιση. Θα πραγματοποιηθεί έλεγχος καλής λειτουργίας, τυχόν βελτιώσεις και εάν όλα λειτουργούν κανονικά διαστασιολόγηση της κατασκευής. Στο επόμενο βήμα μας θα πραγματοποιήσουμε πειραματική δοκιμή ενός ομοιώματος υπό κλίμακα για την επαλήθευση των υπολογισμών μας.

Στην δύναμη θλίψης θα παραλείψουμε την δύναμη ιδίου βάρους που ασκείται στο σώμα όπως και την δύναμη αδράνειας που θα εφαρμόζεται όταν ο μηχανισμός θα υποβάλλεται σε κραδασμούς.

Υπολογισμός ροπής αδράνειας για την επιτάχυνση και επιβράδυνση περιστροφής του μηχανισμού και πώς επηρεάζεται η οδηγική συμπεριφορά του οχήματος

Προσδιορισμός μέγιστης επιτάχυνσης αλλαγής φοράς του μηχανισμού

Ανάλυση λειτουργίας απότομης αλλαγής κατάστασης από αποφόρτιση σε φόρτιση και αντίστροφα. Ροπές αδράνειας, χρονική υστέρηση.

#### Ξετύλιγμα ελατηρίου

Κατά την λειτουργία του ελατηρίου θα ξετυλίγεται σταδιακά για την απόδοση της εσωτερικής του ενέργειας στο σύστημα.

Ελατήριο σε στάση

### Μαθηματική μοντελοποίηση και υπολογισμός

Για το τύλιγμα του ελατηρίου

Για το ίδιο το ελατήριο

### Καθορισμός ιδιοτήτων

### Υπολογισμός εξωτερικών δυνάμεων συστήματος

### Υπολογισμός αντιδράσεων στήριξης

### Υπολογισμός εσωτερικών δυνάμεων συστήματος

Όταν το ελατήριο είναι αφόρτιστο

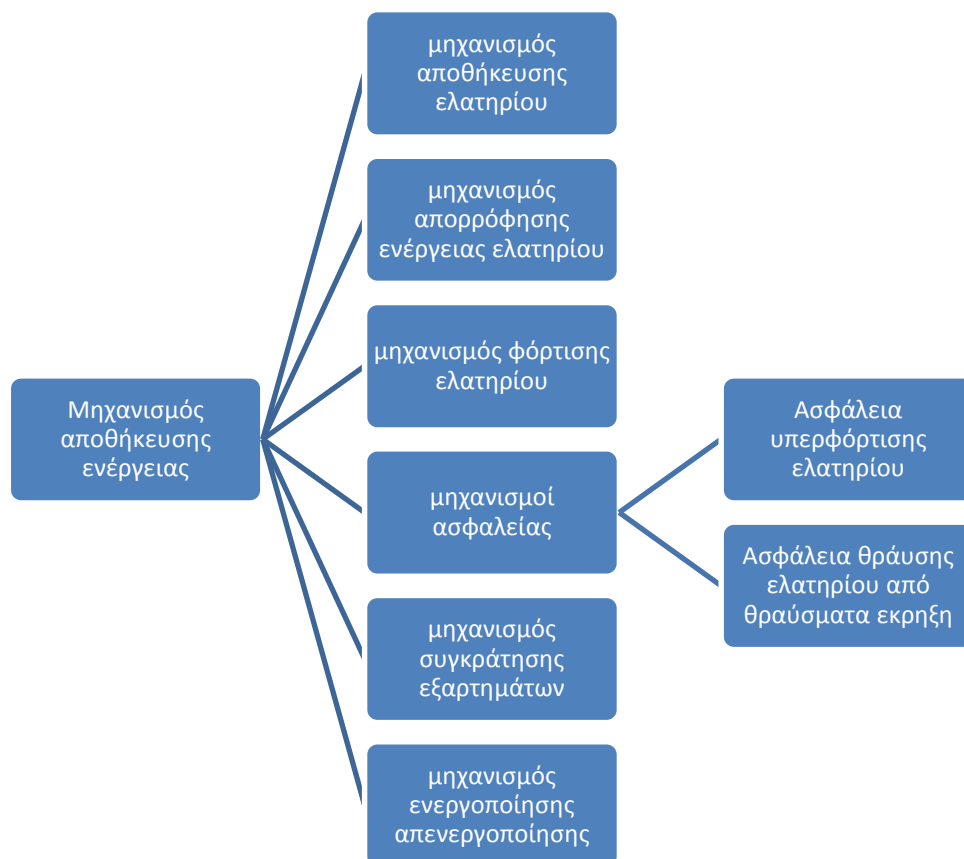
Όταν το ελατήριο είναι πλήρως φορτισμένο

### Καταμερισμός λειτουργιών

Σε αυτό το βήμα κάνοντας χρήση διαγράμματος, απλοποιούμε την κύρια λειτουργία σε επιμέρους λειτουργίες για την ευκολότερη εξεύρεση λύσης

Για την επίτευξη του καλύτερου δυνατού αποτελέσματος αρχικά θα πρέπει να κατανοήσουμε τα φαινόμενα που λαμβάνουν μέρος αλλά και τους παράγοντες που τα επηρεάζουν.

Το επόμενο βήμα είναι έχοντας θέσει κάποιους στόχους σαν ζητούμενο να κάνουμε τους κατάλληλους συνδυασμούς ώστε να πλησιάσουμε κατά το δυνατό στο επιθυμητό αποτέλεσμα.



Σχήμα 4.3 Ανάλυση μηχανισμών από τους οποίους θα αποτελείται ο μηχανισμός αποθήκευσης ενέργειας

### Ανάλυση μοντέλο και σύστημα

Από την ανάλυση διαπιστώνουμε την ανάγκη για τα εξής βοηθητικά συστήματα:



### **Μηχανισμού προστασίας από υπερφόρτιση**

Ο μηχανισμός αυτός θα πρέπει να εκτονώνει το περισεύων φορτίο ενώ ταυτόχρονα να παρέχει για τα φρένα την κατάλληλη αντίσταση

### **Μηχανισμό μείωσης του παλμικού θορύβου στο σύστημα**

Αυτό θα επιτευχθεί με δύο μεθόδους

Αρχικά θα γίνει διαμόρφωση στένωσης των άκρων των αυλών της αντλίας ώστε να μειώσουμε το παλμικό κύμα.

Επιπλέον θα τοποθετηθεί διπλός μηχανισμός απορρόφησης των παλμών στο εσωτερικό της αντλίας.

### **Μηχανισμός ελέγχου ροής πίεσης**

**Μηχανισμός αυτόματης ρύθμισης θέσης και διαδρομής εμβόλων (βύθισης) για την παροχή σταθερού έργου σε μεταβαλλόμενη πίεση.**

## **Ελατήριο**

### **Μηχανισμός ελέγχου μεθόδου φόρτισης και αποφόρτισης ελατηρίου**

Μέθοδος φόρτισης και αποφόρτισης

Μηχανισμός ελέγχου

### **Μηχανισμός ανάγνωσης και ένδειξης στάθμης εναπομένουσας ενέργειας**

Ανάλυση και εντοπισμός προβλημάτων και ιδιαιτεροτήτων συστήματος.

Ο στόχος του συστήματός μας είναι η παροχή της μέγιστης ονομαστικής ενέργειας από το σύστημα κατά την επιτάχυνση και η απορρόφηση της μέγιστης ονομαστικής ενέργειας από το σύστημα κατά την πέδηση καθ όλη την διάρκεια λειτουργίας του με ομαλό και σταθερό τρόπο.

### **Σύστημα ελατηρίου**

Ποιότητα απόδοσης έργου

Από την ανάλυση του συστήματός μας για το ελατήριο διαπιστώνουμε ότι έχουμε πολύ μεγάλες μεταβολές κατά την εκτόνωση του ελατηρίου όσον αφορά την παρεχόμενη πίεση κάτι που μας οδηγεί και σε μεγάλες μεταβολές της ροής εάν θέλουμε να κρατήσουμε σταθερή την παρεχόμενη ενέργεια.

Το πρόβλημα αυτό θα το αντιμετωπίσουμε με δύο τρόπους:

Μπορούμε να διαχωρίσουμε το ελατήριό μας σε μικρότερα περισσότερα τεμάχια τα οποία θα αποφορτίζονται σταδιακά το ένα μετά το άλλο.

Μπορούμε να δώσουμε την απαραίτητη ανοχή στο σύστημα μετατροπής ενέργειας ώστε να μπορεί να διαχειριστεί ένα εκτεταμένο εύρος πίεσης και παροχής.

Πρόβλημα

Επιλογή μεθόδου αντιμετώπισης

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος έχουμε τις εξής εναλλακτικές λύσεις.

Τον διαχωρισμό του ελατηρίου σε μέρη και την σταδιακή εκτόνωσή του.

Την χρήση μηχανισμού εξομοίωσης της πίεσης

Την χρήση αντλίας με δυνατότητα λειτουργίας σε μεγάλο εύρος πίεσης.

#### **Τοποθέτηση συστοιχίας ελατηρίων**

Για την ελαχιστοποίηση των δυνάμεων την ελαχιστοποίηση του βάρους και του όγκου και την μεγιστοποίηση της αποθηκευόμενης ενέργειας, θα πρέπει να μελετήσουμε την θέση και τοποθέτηση των ελατηρίων

Πιθανοί συνδυασμοί

Μονή συστοιχία με πλάκα συγκράτησης

Διπλή αντικριστή συστοιχία

Τετραπλή συστοιχία

Με συμπίεση

Με αναρρόφηση

Με καταπόνηση μέσω υγρού

Το βάρος του μηχανισμού επηρεάζεται από το βάρος του υγρού, το βάρος του μηχανισμού συγκράτησης, το βάρος του υλικού του ελατηρίου.

#### **Σχεδιασμός και διαστασιολόγηση ελατηρίου**

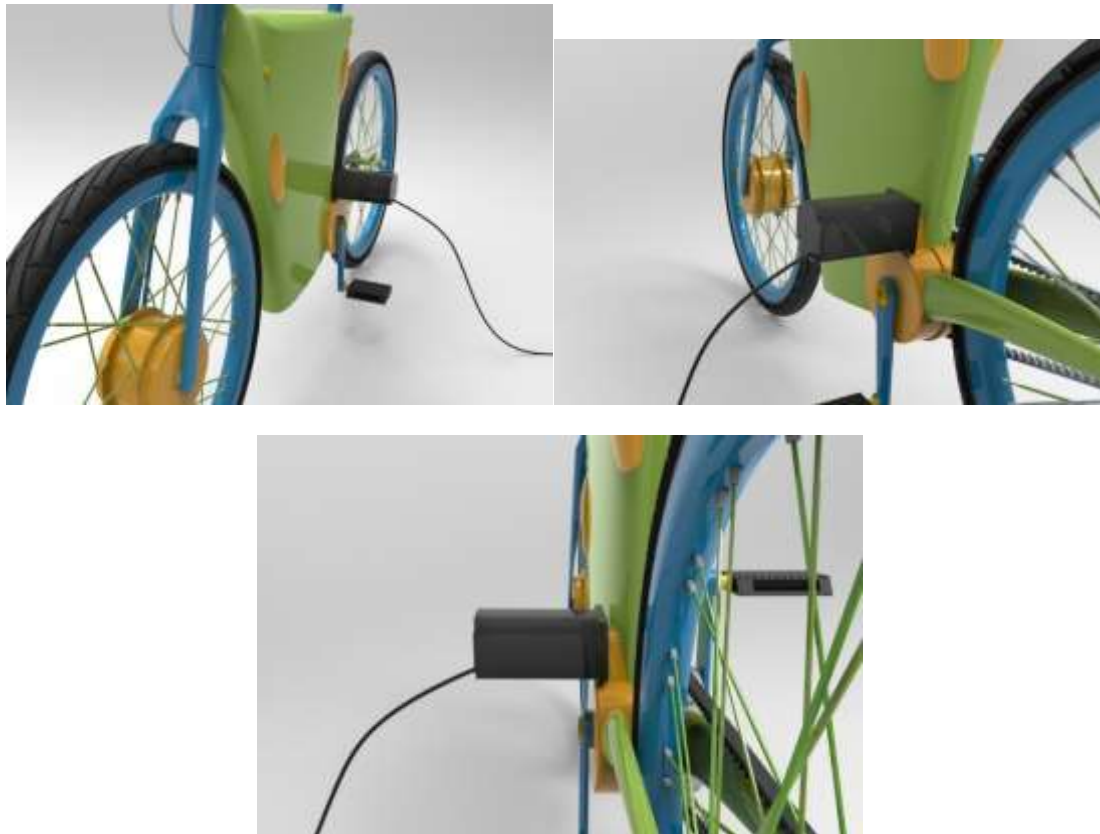


Εικόνα 4.24 εσωτερικό σώματος ποδηλάτου

Στην παραπάνω εικόνα έχουμε αφαιρέσει το αριστερό κάλυμμά του σώματος του ποδηλάτου για να δούμε στο εσωτερικό του την διάταξη και θέση του ελατηρίου. Στην μορφή που βλέπουμε στην εικόνα είναι πλήρως φορτισμένο, ενώ σε κατάσταση πλήρους αποφόρτισης τα ελατήρια (κίτρινοι ημιδιάφανοι κύλινδροι) έχουν το  $1/5$  του μήκους και  $2/3$  του πάχους που βλέπουμε στην εικόνα. Για την στερέωση και συγκράτηση των ελατηρίων έχουμε τα τρία κάθετα ελαστικά σώματα επίσης από το ίδιο υλικό. Στην εικόνα επίσης φαίνονται ο μηχανισμός ελέγχου της φόρτισης αποφόρτισης (ορθογώνιο με μεταλλικό χρώμα στο κάτω μέρος) ο οποίος είναι στερεωμένος στον σκελετό. Πάνω στον μηχανισμό συνδέονται με σωληνάκια τα ελατήρια ανά ένα ζεύγος. Το λάδι που επιστρέφει από τις αντλίες αποθηκεύεται στο εσωτερικό του κάτω μπροστινού σωλήνα του πλαισίου, για να μειώσουμε τον χώρο και την ανάγκη ξεχωριστού δοχείου. Τέλος φαίνονται οι αερόσακοι που είναι στερεωμένοι στον σκελετό του ποδηλάτου.

## Σύστημα Φόρτισης

Λόγω της μορφής της αποθηκευμένης ενέργειας αλλά και λόγω του μεγάλου ποσού ενέργειας που θα αποθηκεύουμε σε συνδυασμό με την απαίτηση σύντομων χρόνων φόρτισης οι μέχρι σήμερα υποδοχείς μεταφοράς ενέργειας είναι ακατάλληλοι για την παρούσα υλοποίηση. Γι αυτό τον λόγο είναι αναγκαία η δημιουργία ενός προτύπου θύρας για την φόρτιση αυτού του είδους οχημάτων. Για την μείωση του βάρους αλλά και της πολυπλοκότητας είναι σαφές ότι χρειαζόμαστε για την φόρτιση άμεση μηχανική ενέργεια.



Εικόνα 4.25 Αναπαράσταση του ποδηλάτου κατά την φόρτισή του με προσαρμοσμένο τον οικιακό φορτιστή στην θύρα φόρτισης.

## Δημιουργία τυποποίησης πρότυπης θύρας φόρτισης για μεταφορά μηχανικής ενέργειας

### Καθορισμός προδιαγραφών και απαιτήσεων.

Αρχικά θα κάνουμε μια μελέτη των αναγκών των οχημάτων και θα τα κατηγοριοποιήσουμε σε ένα πίνακα.

Χρόνοι φόρτισης

### Σχεδιομελέτη θύρας φόρτισης

Μελέτη και σχεδιασμός τυποποιημένου συστήματος φόρτισης οχημάτων με μηχανική ενέργεια - Θύρες T1, T2

Το σύστημα θα αποτελείται από δύο μέρη

Τον μηχανισμό παροχής της ενέργειας προς το όχημα και τον μηχανισμό παραλαβής ενέργειας που θα περιλαμβάνεται στο όχημα.

Η θύρα T1 θα προορίζεται για χρήση φόρτισης οχημάτων μικρού βάρους κατηγορίες οχημάτων και ενεργειακές απαιτήσεις

Η αρχή λειτουργίας

## Σχεδιασμός και κατασκευή συσκευής οικιακής φόρτισης με παροχή ηλεκτρικού από δίκτυο.

Προδιαγραφές μηχανισμού φόρτισης

Ο μηχανισμός φόρτισης έχουμε επιλέξει να κατασκευαστεί από τρίτο κατασκευαστή. Γι αυτό τον λόγο εμείς θα δώσουμε μόνο τις προδιαγραφές για το αντικείμενο.

### Μηχανισμός φόρτισης

Τύπος συσκευής : ηλεκτροκινητήρας

Λειτουργία

Παροχή : εναλλασσόμενο ημιτονοειδές ρεύμα 220V 60Hz

Μέγιστη κατανάλωση 2500W

Ampere παροχής

Θερμοκρασία λειτουργίας

Υγρασία λειτουργίας

Θερμοκρασία αποθήκευσης

Τρόπος εκκίνησης Soft start Από στάση σε πλήρεις στροφές με σταδιακή άνοδο μέσα σε 3 sec

Μορφή άξονα σύνδεσης

## Χειριστήρια ελέγχου



Εικόνα 4.26 Αναπαράσταση των χειριστηρίων του ποδήλατου και των οθονών που έχει στο τιμόνι

Τα χειριστήρια του οχήματος διαχωρίζονται στις παρακάτω λειτουργίες:

Έλεγχος της επιτάχυνσης και επιβράδυνσης

Χειριστήρια ελέγχου ροπής και ρυθμού παροχής ενέργειας.

Χειριστήρια λειτουργιών οχήματος

Έλεγχος στρίψιμο

Θέσεις και προσβασιμότητα χειριστηρίων

## Συστήματα ασφαλείας

Παθητικά και ενεργητικά συστήματα ασφαλείας

Συμμόρφωση με τα ευρωπαϊκά πρότυπα για οχήματα

Καθρέφτες

Φωτεινοί σηματοδότες

Είδος φωτισμού	Θέση	Αριθμός	Ισχύς και τύπος λάμπας ανά φωτιστικό	Απαιτήσεις φωτισμού

Σήμα στόπ		2	3*0,5watt led 5V κόκκινο	Ορατότητα στα 100 μέτρα την ημέρα και 200 την νύχτα
Φλάς		8		
Φωτισμός πορείας		1	5 watt μικρή σκάλα 10 watt μεγάλη σκάλα	

Πίνακας 4.10 Πίνακας στοιχείων για τον φωτισμό

τα φλάς θα είναι πάνω στα πεντάλ πίσω στην σέλα μαζί με το στοπ και στα άκρα των χειρολαβών του τιμονιού

Οι προφυλακτήρες θα είναι κατασκευασμένοι από ανακλαστική επιφάνεια

κόρνα

Συστήματα ασφαλείας Brake assist και Steering safety assist και Proximity assist

Σύστημα ασφαλείας σε πτώση ή κρούση για τον επιβάτη και τους πεζούς Pre Crash Parametric Airbag PCRA

Το σύστημα θα αποτελείται από τα εξής μέρη

## Ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά συστήματα

Ο πλήρης έλεγχος και χειρισμός του οχήματος θα γίνεται από ένα κεντροποιημένο σημείο επεξεργασίας.

Atmel

Επαναφορτιζόμενη μπαταρία

Λογισμικό

Σχεδίαση ηλεκτρονικού κυκλώματος

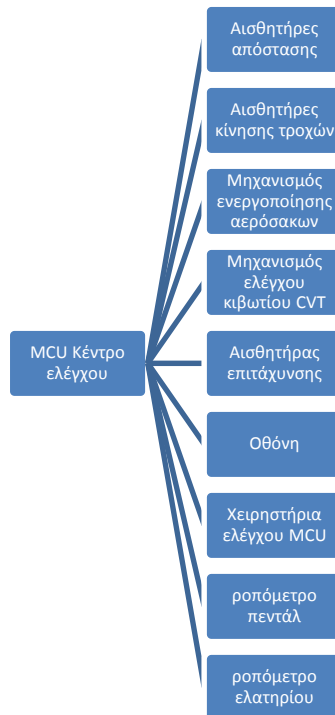
Σύστημα παραγωγής ενέργειας από τις αναρτήσεις

Σύστημα φωτισμού

Σύστημα ελέγχου κιβωτίου ταχυτήτων με ESP ABS και ACVT Automatic Continuous Variable Transmition και ACIC Automatic Combined Input control

Σύστημα εξοικονόμησης ενέργειας Auto cruise control ACC και Eco speed Control ESC

### Διάγραμμα ηλεκτρικού κυκλώματος



Σχήμα 4.4 Ανάλυση στοιχείων συστήματος κεντρικής μονάδας ελέγχου

Καθορισμός εισόδων και εξόδων του Κέντρου ελέγχου.

Διακόπτης διακοπής λειτουργίας

Σύστημα κλειδώματος κλειδαριά

Συναγερμός gps

Να φτιάξω το διάγραμμα με εισόδους εξόδους

Σχέδιο πλακέτας MCU

Λογικό διάγραμμα λειτουργίας συστήματος PCPA

Λογικό διάγραμμα λειτουργίας συστήματος ABS

Λογικό διάγραμμα λειτουργίας συστήματος BBS Balanced brake assistant

Λογικό διάγραμμα λειτουργίας συστήματος ACVT και ACIC

Λογικό διάγραμμα λειτουργίας συστήματος ACC και ESC

Όργανα ελέγχου ενημέρωση χρήστη

Ταχύτητα

Χιλιόμετρητής

Στάθμη ενέργειας και κατανάλωση μέση και στιγμιαία ή παραγωγή φόρτιση



Ροπή πεντάλ και αναλογία

Διαγνωστικό και καταγραφικό υγείας ελατηρίου

Μενού διεπαφής χρήστη ρυθμίσεις και οθόνες ενημέρωσης

Έλεγχος συστημάτων ασφαλείας και εκκίνησης

Δοκιμή συμπεριφοράς σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές

Μέτρηση εκπεμπόμενης ακτινοβολίας ESR

Προδιαγραφές κατασκευής και ποιότητας ηλεκτρονικών εξαρτημάτων

## Σκελετός ποδηλάτου

Έχοντας μέχρι τώρα καθορίσει όλα τα επί μέρους εξαρτήματα και μηχανισμούς που θα υπάρχουν στο όχημα, είμαστε σε θέση να μελετήσουμε και να σχεδιάσουμε το πλαίσιο.

Καθορισμός δυνάμεων που επιδέχεται το πλαίσιο

Πίνακας αντιδράσεων στήριξης και δυνάμεων

Δυνάμεις ανωμαλιών δρόμου

Βάρος αναβάτη

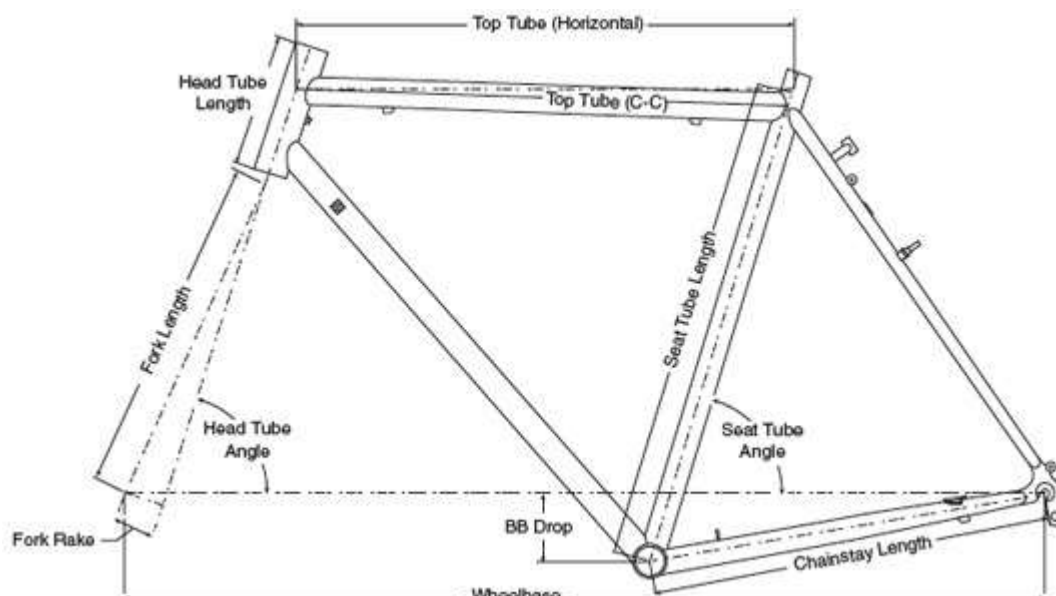
Βάρος μηχανισμών

Δυνάμεις επιτάχυνσης και πέδησης στο πλαίσιο

## Οδική συμπεριφορά

Επιρροή στην οδηγική συμπεριφορά Ορμή, στροφορμή, αδράνεια, κέντρο βάρους

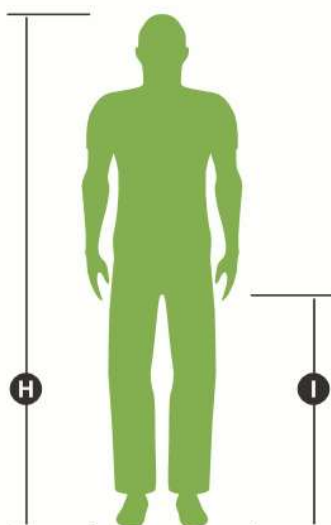
Σε ανηφόρες, κατηφόρες, επιβράδυνση, επιτάχυνση, στροφή, ευθεία, δρόμο χαμηλής πρόσφυσης, ισχυρούς ανέμους, βροχή και συνδυασμούς αυτών. Για συμβατική οδήγηση σε πόλη



Σχήμα 4.5 Σχεδιάγραμμα με αναπαράσταση της θέσης και τα ονόματα των κυρίων διαστάσεων του πλαισίου του ποδηλάτου.

Γεωμετρία σκελετού		
Γωνία caster		
Μήκος μεταξύ αξόνων τροχών		
Τροχοί		
Γωνία στροφής τιμονιού		
Ύψος κέντρου βάρους από το έδαφος		
Κατανομή βάρους χωρίς επιβάτη		
Κατανομή βάρους με επιβάτη		
Μέγιστη Απόσταση ποδηλάτου από το έδαφος		
Ελάχιστη Απόσταση ποδηλάτου από το έδαφος		
Μήκος πίσω ψαλιδιού		
Διαδρομή μπροστινής ανάρτησης		

Πίνακας 4.11 στοιχείων γεωμετρικών χαρακτηριστικών



Εικόνα 4.27 Αναπαράσταση μεγεθών αναβάτη για τον υπολογισμό του πλαισίου

## Ασφάλεια

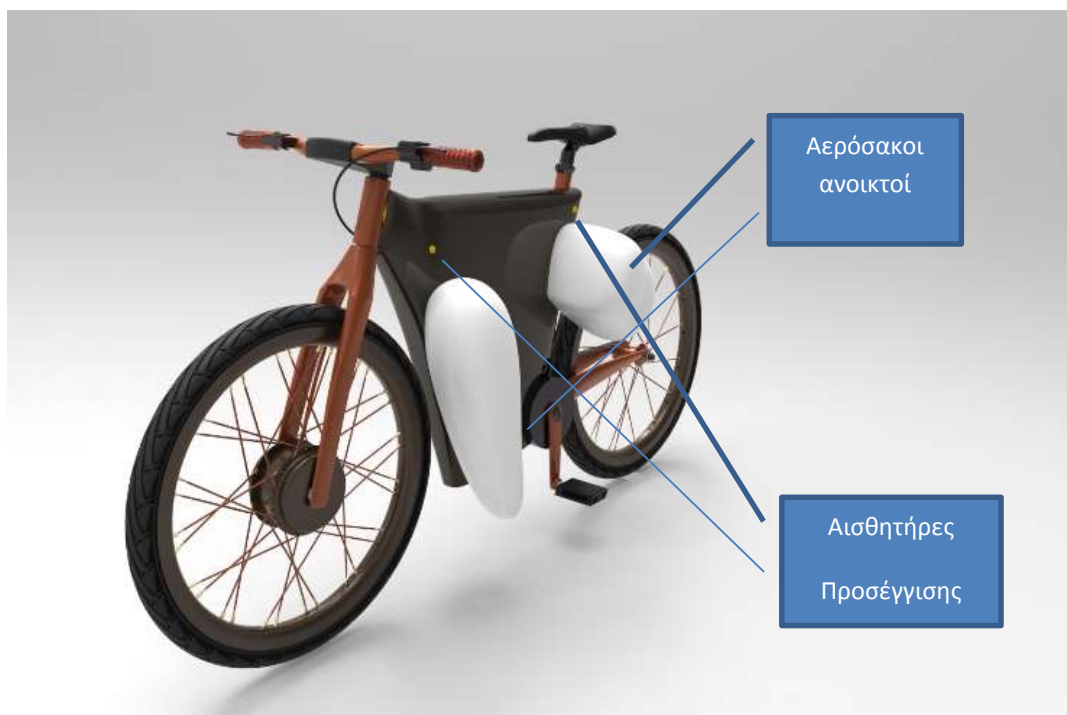
Παθητική και ενεργητική ασφάλεια

### Παθητική ασφάλεια Αερόσακοι πλάγιας και πλαγιομετωπικής κρούσης

Από τις προδιαγραφές του προϊόντος μας ζητείται η μελέτη για την αύξηση της ασφάλειας του ποδηλάτου μας.

Κατά την Σχεδιομελέτη μας λαμβάνοντας υπόψιν τα κριτήρια του χαμηλού κόστους και βάρους κάναμε μια αξιολόγηση Pareto για τις συνθήκες κάτω από τις οποίες γίνεται ένα ατύχημα. Λαμβάνοντας τα στοιχεία ατυχημάτων για μοτοσυκλέτες από ασφαλιστική εταιρία (ο πάροχος μας

έχει ζητήσει να μην δημοσιεύσουμε τα στατιστικά στοιχεία της μελέτης), από την αξιολόγησή μας καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι τα περισσότερα σε αριθμό και κρισιμότερα ατυχήματα σε σωματικές βλάβες ταυτόχρονα είναι τα πλάγια και πλαγιομετωπικά, έναντι των μετωπικών. Γι' αυτό τον λόγο καταλήξαμε στην λύση τοποθέτησης πλαϊνών αερόσακων.



Εικόνα 4.28 Αναπαράσταση ποδηλάτου με ενεργοποιημένους τους αερόσακους κατά το ατύχημα. Οι αερόσακοι ανοίγουν ταυτόχρονα και από τις δύο πλευρές ( δεν φαίνεται από τις εικόνες η άλλη πλευρά)

#### **Περιγραφή του τρόπου λειτουργίας των πλαϊνών αερόσακων**

Σκοπός των πλαϊνών αερόσακων είναι να ανοίγουν αυτόματα όταν ένα όχημα πλησιάζει με μια ταχύτητα μεγαλύτερη της κρίσιμης ταχύτητας που έχουμε ορίσει. Η λειτουργία αυτή θα προστατεύει τον αναβάτη σε τρία στάδια. Αρχικά κατά την αρχική επαφή του προσπιπτόμενου οχήματος στο ποδήλατο η κρούση θα απορροφάται και θα ομαλοποιείται μερικώς από τους αερόσακους. Στο ίδιο στάδιο θα προστατεύουμε τα πόδια του αναβάτη από την επαφή τους με το όχημα κατά την κρούση. Σε δεύτερο στάδιο με την κρούση και κατά την πτώση του αναβάτη στο έδαφος θα διατηρούμε το ποδήλατο σε μια απόσταση από τα πόδια του αναβάτη ώστε να μην τραυματιστεί από το ποδήλατο και να μπορεί να απεγκλωβιστεί από αυτό. Σε τρίτο στάδιο σε περίπτωση που το αυτοκίνητο

συνεχίσει να παρασύρει το ποδήλατο μαζί με τον αναβάτη οι αερόσακοι θα εμποδίζουν το ποδήλατο και τον αναβάτη να εισέλθουν κάτω από το αυτοκίνητο.

Στοιχεία από τα οποία αποτελείται το σύστημα ασφαλείας

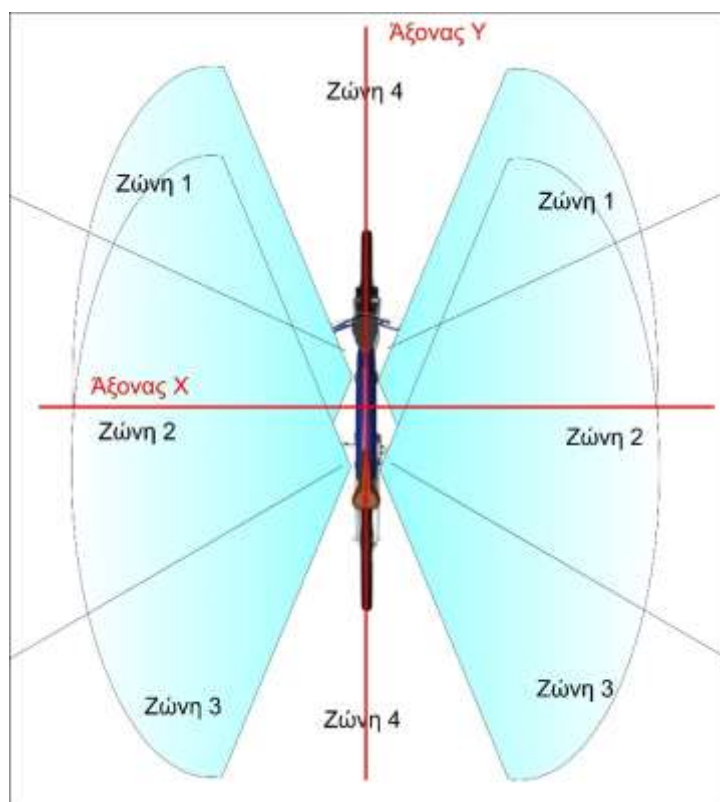
Το σύστημα ασφαλείας αποτελείται από:

- Αισθητήρες προσέγγισης υπερήχων για τον εντοπισμό της θέσης της πορείας και της ταχύτητας των αντικειμένων.
- Οι αισθητήρες είναι τοποθετημένοι σε σημείο τέτοιο ώστε να μην καλύπτονται από μέρη του αναβάτη όταν αυτός επιβαίνει.
- Τους αερόσακους οι οποίοι τα τροφοδοτούνται με 2 τυποποιημένα φιαλίδια διοξειδίου του άνθρακα των 16gr έκαστος.
- Την ηλεκτροβάννα ενεργοποίησης η οποία λαμβάνοντας σήμα θα παρέχει αέριο στους αερόσακους.
- Τον αερόσακο
- Το κάλυμμα τον αερόσακων
- Τον κεντρική μονάδα υπολογισμού

Η μονάδα υπολογισμού θα λαμβάνει μετρήσεις από τους αισθητήρες και θα ενεργοποιεί τους αερόσακους όταν αυτό είναι απαραίτητο. Η μονάδα αυτή θα αποτελεί μέρος της κεντρικής μονάδας ελέγχου του ποδηλάτου και θα βρίσκεται στην βάση του τιμονιού. Περισσότερες πληροφορίες για την μονάδα στο κεφάλαιο ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά συστήματα.

Συνθήκες ενεργοποίησης του αερόσακου

### Πεδίο αντίχνευσης



## Εικόνα 4.29 πεδίο ανίχνευσης των αισθητήρων

Το πεδίο ανίχνευσης των αισθητήρων όπως δείχνουμε από την εικόνα

Υπολογισμός μεγέθους αντικειμένου

Υπολογισμός ταχύτητας αντικειμένου σε άξονες X και Y

### Μελέτη σεναρίων

- Αυτοκίνητο
- Μηχανή
- Πεζός

### Σενάρια Δυσλειτουργίας

- Παρεμπόδιση αισθητήρα
- Κακή λειτουργία

## Ενεργητική ασφάλεια

Κάνοντας χρήση των αισθητήρων προσέγγισης του ποδηλάτου και της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας έχουμε την δυνατότητα να προσθέσουμε ένα επιπλέον χαρακτηριστικό.

### Ηχητική ειδοποίηση κοντινής προσπέρασης ή επικίνδυνης προσέγγισης

Με την τοποθέτηση δύο ηχείων στην θέση των διακοπών του τιμονιού θα έχουμε την ικανότητα να ειδοποιούμε τον αναβάτη με ένα διακριτό ήχο μικρής διάρκειας για την περίπτωση που κάποιο όχημα πλησιάζει επικίνδυνα. Η απόσταση των δύο ηχείων θα είναι περίπου 40 εκατοστά και η συχνότητα εκπομπής υψηλή ώστε ο αναβάτης να μπορεί εύκολα να αντιληφθεί την πλευρά από την οποία τον προσεγγίζει το αντικείμενο.

### Κάμερα και οθόνη

#### Κόρνα

Τα ηχεία που θα χρησιμοποιούμε για την ειδοποίηση του αναβάτη θα μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε και σαν κόρνα για την αποφυγή ατυχήματος

#### Φλάς και φώτα

Σε περίπτωση απότομου φρεναρίσματος το πίσω φως στοπ θα ανάβει παλμικά σε πλήρη ισχύ

#### Ηχεία ειδοποίησης

Τα ηχεία ειδοποίησης θα έχουν τρεις λειτουργίες

Ειδοποίηση για επικίνδυνη προσέγγιση

Ειδοποίηση για φλας

Λειτουργία κόρνας

Λειτουργία συναγερμού

### **Σύνδεση Bluetooth**

Η σύνδεση Bluetooth θα προσφέρει τρεις λειτουργίες

Ενεργοποίηση του προστατευτικού μπουφάν σε περίπτωση ατυχήματος

Σύνδεση με κινητά τηλέφωνα μέσω εφαρμογής για ενημέρωση του χρήστη

Ενημέρωση του χρήστη για προσπάθεια κλοπής

Εμβέλεια Bluetooth 150 μέτρα

### **Δυνατότητα ενημέρωσης λογισμικού**

Θα έχουμε την δυνατότητα ασύρματης ενημέρωσης λογισμικού

Για λόγους ασφαλείας για την ενημέρωση το ποδήλατο θα πρέπει να είναι στην ειδική λειτουργία συντήρησης.

## **Υλικά κατασκευής**

### **Σχεδιασμός**

### **Ελαστικά**

### **Αισθητική**

Από τις παρακάτω εικόνες παρουσιάζουμε την αισθητική του ποδηλάτου η οποία ικανοποιεί τις προδιαγραφές μας για σπορ χαρακτήρα χωρίς πολύ έντονα στοιχεία για να είναι αποδεκτό από το εύρος ηλικιών που μας έχει περιγράψει.









Εικόνα 4.30 α-δ Αναπαράσταση της τελικής εξωτερικής μορφής του ποδηλάτου σε διάφορες όψεις

**Χρωματικοί συνδυασμοί**





Εικόνα 4.31 σετ εικόνων χρωματικών συνδυασμών

Από τις δοκιμές μας παρατηρούμε ότι το σχέδιό μας επιδέχεται πολλές χρωματικές παραλλαγές που του ταιριάζουν.

## Θόρυβος και ακουστική

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο στην επιλογή οχήματος είναι ο ήχος κατά την κίνησή του.

### Θόρυβος λειτουργίας

Στην εφαρμογή μας ο θόρυβος λειτουργίας είναι ελάχιστος. Οι αντλίες λόγω της λειτουργίας τους σε πολύ χαμηλές στροφές δεν παράγουν κάποιο θόρυβο. Ο ιμάντας τύπου CDX που έχουμε επιλέξει είναι ιδιαίτερα αθόρυβος ακόμα και σε λειτουργία βρόμικου περιβάλλοντος όπως σε βουνό με λάσπη και χώμα ή άμμο όπως αναφέρεται από τον κατασκευαστή. Το ελατήριο δεν παράγει κάποιο θόρυβο κατά την λειτουργία του και οι ελαστικές στερεώσεις που του έχουμε τοποθετήσει το κρατάνε ακίνητο στο εσωτερικό του ποδηλάτου, οπότε δεν έχουμε κάποιο πρόβλημα λειτουργίας. Η μόνη περίπτωση που έχουμε υπαρκτό θόρυβο είναι κατά την λειτουργία φόρτισης όπου η κεντρική αντλία λειτουργεί σε υψηλές στροφές. Για τον λόγο αυτό έχουμε κάνει χρήση οδοντωτών τροχών με κεκλιμένη οδόντωση για την μεταφορά της ισχύος για μείωση του θορύβου, ενώ στην αντλία μας έχουμε αλλάξει την διαμόρφωση στην έξοδο του υγρού από τα έμβολα, ώστε να μειώσουμε κατά 50% τον θόρυβο από το παλμικό κύμα που δημιουργείται όπως φαίνεται από την μελέτη του μοντέλου της αντλίας.

### Θόρυβος κύλισης

Κατά την κύλιση του ποδηλάτου έχουμε κάνει χρήση λείων καμπύλων επιφανειών που δεν προεξέχουν και λόγω της χαμηλής ταχύτητας που αναπτύσσει το όχημα δεν είναι αναγκαία η μελέτη του για τον θόρυβο κύλισης αφού δεν αναμένεται να έχουμε σημαντικές τιμές.

## Ηλεκτρολογικό διάγραμμα και συνδεσμολογία

### Μπαταρία

Δυναμό – γεννήτρια ισχύς 25watt σύνδεση με κέντρο τροχού

## Gate 3 Έλεγχος Αναλυτικής μελέτης

Τελειώνοντας την φάση της ανάπτυξης έχουμε όλα τα σχέδια του τελικού προϊόντος μας με τις τελικές προδιαγραφές έτοιμο για να προχωρήσουμε στην κατασκευή του πρωτοτύπου για τον τελικό έλεγχο του προϊόντος.

Σε αυτό το στάδιο τελειώνει η παρούσα εργασία. Βεβαίως η ανάπτυξη ενός προϊόντος δεν σταματάει εδώ. Ακολουθεί η κατασκευή και δοκιμή πρωτοτύπου με λήψη μετρήσεων, η διόρθωση και αναθεώρηση του σχεδιασμού και η πιστοποίηση του προϊόντος. Έπειτα ακολουθούν ο σχεδιασμός και η προετοιμασία της γραμμής παραγωγής η δοκιμή της και το λανσάρισμα και την υποστήριξη του προϊόντος. Η μελέτη κύκλου ζωής του προϊόντος τελειώνει με την απόσυρσή του από την αγορά όταν πλέον οι ανάγκες τις αγορές θα έχουν αλλάξει.

## Επίλογος

## Παράρτημα

### Βιβλιογραφία

Βιβλία

Materials Selection in Mechanical Design 4<sup>th</sup> ed Michael F. Ashby Elsevier BH 2011

Polyurethane Elastomers From morphology to Mechanical Aspects, Cristina Prisacariu Springer 2011

Castable Polyurethane Elastomers I.R. Clemitson CRC 2008

Corrosion of polymers and Elastomers Corrosion Engineering Handbook Second Edition CRC 2006

Mechanics of Materials 6<sup>th</sup> ed F.Beer McGraw-Hill 2012

Mechanics and Strength of Materials Vitor Dias Da Silva Springer 2006

MapleSimUserGuide 2015 Maple

SimulingUserGuide 2014 Mathworks

IVANTYSYN J., IVANTYSYNOVA M.: Hydrostatic pumps and motors, Tech Books International 2003.

Pump Handbook 3<sup>rd</sup> ed. Igor J. Karassik, Joseph P. Messina, Paul Cooper, Charles C. Heald McGraw-Hill 2001

Pump Characteristics and Applications 2<sup>nd</sup> ed. Michael Volk Taylor&Francis 2005

Requirements Engineering 3<sup>rd</sup> ed. Elizabeth Hull, Ken Jankson, Jeremy Dick Springer 2011

Mechanics of Materials 6<sup>th</sup> ed. F.Beer McGraw-Hill 2012

Ιστοσελίδες

<http://www.grantadesign.com/education/datasheets/sciencenote.htm>

[http://www.nasa.gov/centers/glenn/multimedia/applied\\_science/flywheel](http://www.nasa.gov/centers/glenn/multimedia/applied_science/flywheel)

### Πίνακας μεταβλητών

Δήλωση μεταβλητών, διαστάσεων και μονάδων μέτρησης για τον προσδιορισμό των ελατηρίων.

Μεταβλητή	Λειτουργία Περιγραφή	Μονάδες
$L_{\text{freespr}}$	Ελατήριο μήκος αφόρτιστου ελατηρίου	
$W_{\text{freespr}}$	Ελατήριο πλάτος αφόρτιστου ελατηρίου	
$H_{\text{freespr}}$	Ελατήριο πάχος αφόρτιστου ελατηρίου	
$P_{\text{spr}}$	Ελατήριο λόγος Poisson	
$E_{\text{spr}}$	Ελατήριο μέτρο ελαστικότητας E	
$r_{\text{incyl}}$	Ακτίνα εσωτερικού κυλίνδρου (κέντρο μέχρι εξωτερική επιφάνεια)	
$r_{\text{outcyl}}$	Ακτίνα εξωτερικού κυλίνδρου (κέντρο μέχρι εσωτερική επιφάνεια)	
$r_{\text{avloadspr}}$	Μέση Ακτίνα τυλιγμένου ελατηρίου	
$r_{\text{avfreespr}}$	Μέση ακτίνα ξετύλιχτου ελατηρίου	
$E_{\text{loadspr}}$	Εμβαδό τυλιγμένου ελατηρίου	
$E_{\text{freespr}}$	Εμβαδό ξετύλιχτου ελατηρίου	
$E_{\text{outcyl}}$	Εμβαδό εξωτερικού κυλίνδρου	
$E_{\text{incyl}}$	Εμβαδό εσωτερικού κυλίνδρου	
E	Εμβαδό ελεύθερου χώρου	
T	Ροπή	
K		
$D_{\text{in}}$	Εσωτερική Διάμετρος	
$D_{\text{out}}$	Εξωτερική Διάμετρος	
I	Κέντρο βάρους	
W	Ροπή αδράνειας	
Q	Κάθετα φορτία	
N	Οριζόντια φορτία που εφελκύνουν την ίνα	
M		

Πίνακας 5.1 Πίνακας μεταβλητών και των αντίστοιχων συμβολισμών τους

Κατάλογος εικόνων και σχεδίων

## Πίνακες

Πίνακας 1.1 Αρχικές προδιαγραφές πελάτη

Πίνακας 1.2 Γενιές ανάπτυξης προϊόντων

Πίνακας 1.3 Προδιαγραφές για την εκπλήρωση του project

Πίνακας 2.1 Σύγκριση χαρακτηριστικών μεταξύ οχημάτων πόλης με διαφορετικές τεχνολογίες.

Πίνακας 2.2 Πίνακας σύγκρισης ανταγωνιστικών προϊόντων

Πίνακας 2.3 πίνακας προδιαγραφών για μπαταρίες οχημάτων

Πίνακας 2.4 Σύγκριση ειδών ενέργειας και μεθόδων αποθήκευσης

Πίνακας 2.5 Πίνακας σύγκρισης υλικών για ελατήριο

Πίνακας 2.5 Πίνακας σύγκρισης υλικών για ελατήριο

Πίνακας 2.5 Πίνακας σύγκρισης υλικών για ελατήριο

Πίνακας 2.6 πίνακας σύγκρισης μεθόδων αποθήκευσης ενέργειας και ειδικής ενέργειας για οχήματα

Πίνακας 3.1 κρίσιμες προδιαγραφές ελατηρίου.

Πίνακας 3.2 τρόπος υπολογισμού και σύγκριση ενέργειας σε ένα, δύο και τρεις άξονες καταπόνησης

Πίνακας 3.3 Ανάλυση πιθανών συνδυασμών φόρτισης-κατάστασης υλικού και αξόνων καταπόνησης

Πίνακας 3.4 Δύναμη δεσμών και μέτρο ελαστικότητας Young Πηγή Ashby materials 2004

Πίνακας 3.5 Πίνακας διερεύνησης πιθανών συνδυασμών δομής υλικού

Πίνακας 3.6 Ανάλυση εισόδων και εξόδων μηχανισμού αποθήκευσης ενέργειας

Πίνακας 3.7 Πιθανοί συνδυασμοί καταπονήσεων

Πίνακας 3.8 συνδυασμών διατομής για τα δύο επίπεδα

Πίνακας 3.9 Κατηγοριοποίηση ελατηρίων στερεού ανάλογα την μορφή τους

Πίνακας 3.10 Εναλλακτικές διαμορφώσεις ελατηρίων

Πίνακας 3.11 Εναλλακτικές διαμορφώσεις ελατηρίων

Πίνακας 3.12 Στοιχεία ανάλυσης SWOT

Πίνακας 3.13 Αξιολόγηση τύπων ελατηρίων

Πίνακας 3.14 Αξιολόγηση λύσεων βάση του συνόλου των αξόνων καταπόνησης

Πίνακας 3.15 Σύγκριση σχήματος διατομής και καταπόνησης

Πίνακας 3.16 Σχήμα εσωτερικής διατομής

Πίνακας 4.1 Προδιαγραφές και χαρακτηριστικά του ποδηλάτου

Πίνακας 4.2 Πίνακας προδιαγραφών μπαταρίας για το ποδήλατο

Πίνακας 4.3 Ανάλυση και αξιολόγηση του συστήματος επίπεδο 2

Πίνακας 4.4 Ανάλυση και αξιολόγηση του συστήματος Επίπεδο 3

Πίνακας 4.5 Πίνακας στοιχείων και μεγεθών από την μελέτη κίνησης του ποδηλάτου

Πίνακας 4.6 Τιμές και συμπεριφορά μερών του συστήματος μετατροπής μετάδοσης

Πίνακας 4.7 Προδιαγραφές για το σύστημα μετατροπής μετάδοσης

Πίνακας 4.8 σύγκρισης πιθανών λύσεων για το σύστημα μετατροπής μετάδοσης

Πίνακας 4.9 πίνακας ειδών μηχανικών κιβωτίων

Πίνακας 4.10 Πίνακας στοιχείων για τον φωτισμό

Πίνακας 4.11 στοιχείων γεωμετρικών χαρακτηριστικών

Πίνακας 5.1 Πίνακας μεταβλητών και των αντίστοιχων συμβολισμών τους

## **Σχήματα**

Σχήμα 1.1 Στάδια ανάπτυξης νέου προϊόντος

Σχήμα 1.2 Πληροφορίες κατά τα στάδια ανάπτυξης νέου προϊόντος

Σχήμα 1.3 Εσωτερικές ομάδες παραγόντων που επηρεάζουν την προστιθέμενη αξία ενός προϊόντος

Σχήμα 1.4 Ανάπτυξη συστήματος ποδηλάτου

Σχήμα 2.1 Διάγραμμα επιλογής υλικού κατασκευής ελατηρίου με κριτήριο επιλογής την ειδική ενέργεια Πηγή διαγράμματος υλικών Ashby materials εκδ. 2011

Σχήμα 3.1 Ανάλυση του προβλήματος στους βασικούς παράγοντες για την ευκολότερη διερεύνησή του

Σχήμα 3.2 Αλλαγή φάσης υλικού

Σχήμα 3.3 Χημική δεσμοί και συμπεριφορά πηγή Wikipedia

Σχήμα 3.4 Ανάλυση υλικού σε παράγοντες για την διευκόλυνση ανάλυσης του προβλήματος

Σχήμα 3.5 Η ενέργεια στους δεσμούς πηγή Ashby Materials 2004

Σχήμα 3.6 Τα τρία είδη καταπόνησης σε στοιχειώδη μάζα εικόνα από βιβλίο Ashby Materials 2004

Σχήμα 3.7 Σύγκριση συμπεριφοράς διαφορετικών κατηγοριών υλικών στον εφελκυσμό

Σχήμα 3.8 Διάγραμμα εφελκυσμού με τις αντίστοιχες περιοχές κατάστασης του υλικού. Πηγή Google pictures

Σχήμα 3.9 Διάγραμμα μεταβολής δύναμης επαναφοράς και παραμόρφωσης για σταθερή ποσότητα ενέργειας.

Σχήμα 3.10 Ανάλυση εναλλακτικών επιλογών δομής υλικού

Σχήμα 3.11 Σχηματική επεξήγηση μικροδομής και μακροδομής υλικού πηγή Ashby Materials 2004

Σχήμα 3.12 4 συνήθεις δομές σύνθετων υλικών a. Κυψελωτή b με ενίσχυση ίνας c με ομόκεντρα στρώματα d σάντουιτς πηγή Ashby Materials 2004

Σχήμα 3.13 αριστερή εικόνα οι δύο κατηγορίες πλέξης σχοινιών σύστροφα και πλέξης, δεξιά εικόνα διάφορες παραλλαγές σύστροφων και ασύστροφων σχοινιών με και χωρίς πυρήνα. πηγή Google pictures

Σχήμα 3.14 Σύγκριση συμπεριφοράς αερίων και πολυουρεθάνης σε καταπόνηση πηγή Polyurethane material properties

Σχήμα 3.15 Αναπαράσταση πρότασης δομής υλικού

Σχήμα 3.16 Αναπαράσταση Συμπεριφοράς της πλέξης των νημάτων κατά την επιμήκυνση του υλικού.

Σχήμα 3.17 Ανάλυση συστήματος αποθήκευσης ενέργειας σε παράγοντες

Σχήμα 3.18 Σύγκριση διαφορετικών τρόπων εκτόνωσης ενός ελατηρίου ανάλογα το υλικό και το σχήμα του

Σχήμα 4.1 Ανάλυση συστήματος ποδηλάτου και συσχέτιση με ανταλλακτικά

Σχήμα 4.2 Ανάλυση συστήματος CVT μετατροπής και μετάδοσης κίνησης

Σχήμα 4.3 Ανάλυση μηχανισμών από τους οποίους θα αποτελείται ο μηχανισμός αποθήκευσης ενέργειας

Σχήμα 4.4 Ανάλυση στοιχείων συστήματος κεντρικής μονάδας ελέγχου

Σχήμα 4.5 Σχεδιάγραμμα με αναπαράσταση της θέσης και τα ονόματα των κυρίων διαστάσεων του πλαισίου του ποδηλάτου.

## **Εικόνες**

Εικόνα 1.1 Βάση δεδομένων σε Access (καρτέλα Part) για την διευκόλυνση του σχεδιασμού μας.

Εικόνα 1.2 Απεικόνιση του περιβάλλοντος εργασίας του προγράμματος Tracerparts

Εικόνα 2.1 διάγραμμα που εμφανίζει τον τρόπο υπολογισμού της ενέργειας

Εικόνα 2.2 Τα τρία είδη καταπόνησης σε στοιχειώδη μάζα εικόνα από βιβλίο Ashby Materials 2004

Εικόνα 2.3 Mechanics of Materials 6<sup>th</sup> ed. F.Beer McGraw-Hill 2012

Εικόνα 3.1 κάλτσες νημάτων πηγή Google pictures

Εικόνα 3.2 Τυχαίο σώμα και τα επίπεδα διατομής

Εικόνα 3.3 Διάφοροι τύποι διαδρομής των επιπέδων τομής και σχήματα που δημιουργούνται

Εικόνα 3.4 Αναπαράσταση φαινομένου κύρτωσης ελατηρίου κατά την θλίψη

Εικόνα 3.5 α διάφοροι τύποι τυλίγματος

Εικόνα 3.5β συνάρτηση ημιτόνου και ημικύκλια

Εικόνα 3.5γ σπιδράλ με και χωρίς κάθετη μετατόπιση

Εικόνα 3.6 Ελατήριο σε στρέψη

Εικόνα 4.1 Απεικόνιση του σχήματος του ελατηρίου σε εμφάνιση σύρματος

Εικόνα 4.2 σύνθεση μερών κεντρικής αντλίας

Εικόνα 4.3 τομή κεντρικής αντλίας

Εικόνα 4.4 μεγένθυση ανεπιστρεπτό ρουλεμάν εμπλοκής άξονα ποδηλάτου με δίσκο ιμάντα κίνησης

Εικόνα 4.5 Τομή μπροστινής αντλίας

Εικόνες 4.6 α,β σύνθεση μπροστινής αντλίας

Εικόνα 4.7 εστίαση στην διαμόρφωση των αυλών για την μείωση του μήκους της αντλίας

Εικόνα 4.8 αξονική εμβολοφόρα αντλία μεταβλητής χωρητικότητας με κινούμενο δίσκο πίεσης

Εικόνα 4.9 αξονική αντλία εμπρόσθια όψη

Εικόνα 4.10 αξονική αντλία πλάγια όψη

Εικόνα 4.11 Το μοντέλο της αξονικής αντλίας

Εικόνα 4.12 υπερστοιχείο που εκπροσωπεί τον δίσκο βαλβίδας

Εικόνα 4.13 υπομοντέλο για το μηχανισμό έμβολο-κύλινδρος-δίσκος πίεσης

Εικόνα 4.14 υπομοντέλο για τον μηχανισμό ελέγχου και ενεργοποίησης του εμβόλου ελέγχου κλίσης του δίσκου πίεσης

Εικόνα 4.15 υπομοντέλο για τον υπολογισμό των δυνάμεων και ροπών που ασκούνται στον δίσκο πίεσης.

Εικόνα 4.16 Επιφάνεια ροής της οπής εισαγωγής

Εικόνα 4.17 μεταβολή της ροής στην (έξοδο θύρα B)

Εικόνα 4.18 μεγέθυνση του ρυθμού ροής

Εικόνα 4.19 Πίεση στην έξοδο θύρα B

Εικόνα 4.20 μεγέθυνση στην αποδιδόμενη πίεση

Εικόνα 4.21 γωνία δίσκου πίεσης

Εικόνα 4.22 Επίπεδη τροχιά της δύναμης που ασκεί το έμβολο στον δίσκο πίεσης

Εικόνα 4.23 οι δυνάμεις που ασκούν τα έμβολα στον δίσκο πίεσης

Εικόνα 4.24 εσωτερικό σώματος ποδηλάτου



Εικόνα 4.25 Αναπαράσταση του ποδηλάτου κατά την φόρτισή του με προσαρμοσμένο τον οικιακό φορτιστή στην θύρα φόρτισης.

Εικόνα 4.26 Αναπαράσταση των χειριστηρίων του ποδηλάτου και των οθονών που έχει στο τιμόνι

Εικόνα 4.27 Αναπαράσταση μεγεθών αναβάτη για τον υπολογισμό του πλαισίου

Εικόνα 4.28 Αναπαράσταση ποδηλάτου με ενεργοποιημένους τους αερόσακους κατά το ατύχημα. Οι αερόσακοι ανοίγουν ταυτόχρονα και από τις δύο πλευρές ( δεν φαίνεται από τις εικόνες η άλλη πλευρά)

Εικόνα 4.29 πεδίο ανίχνευσης των αισθητήρων

Εικόνα 4.30 α-δ Αναπαράσταση της τελικής εξωτερικής μορφής του ποδηλάτου σε διάφορες όψεις

Εικόνα 4.31 σετ εικόνων χρωματικών συνδυασμών