



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Μοντελοποίηση Ελαστικών Αγωνιστικού Μονοθεσίου FSAE με Χρήση της Magic Formula

Βασίλειος Θέος

Επιβλέπων: Δ. Κουλοχέρης
Αναπληρωτής Καθηγητής

Αθήνα, Οκτώβριος 2020



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF MECHANICAL ENGINEERING
VEHICLES LABORATORY

DIPLOMA THESIS

TIRE MODELLING USING MAGIC FORMULA FOR RACE CAR FSAE

Vasileios Theos

Supervisor: D. Koulocheris
Associate Professor

Athens, October 2020

Ευχαριστίες

Νιώθω υπόχρεος να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Δημήτρη Κουλοχέρη για την ευκαιρία που μου έδωσε να εκπονήσω την Διπλωματική μου στο παρόν θέμα.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω θερμά την μεταδιδακτορική ερευνήτρια Κλειώ Βόσσου, η οποία ήταν πάντα διαθέσιμη και πρόθυμη να μεταδώσει τις γνώσεις της και να συμβάλλει στην άρτια εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς την οικογένειά μου και τους φίλους μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη	xxvι
Abstract	xxviii
1 Εισαγωγή.....	30
1.1 Σημασία του Ελαστικού στο Όχημα	30
1.2 Ορισμός Προβλήματος.....	30
1.3 Διαγωνισμός Formula Student	31
1.3.1 Ο Οργανισμός T.T.C.....	32
1.4 Ανάλυση Δυνάμεων και Παραμέτρων Ελαστικού	33
1.4.1 Δυνάμεις & Ροπές στο Ελαστικό	33
1.4.1.1 Κάθετο φορτίο ή Κάθετη Δύναμη (Normal force or Vertical load)	37
1.4.1.2 Εγκάρσια δύναμη (Lateral Force).....	38
1.4.1.3 Διαμήκης δύναμη (Longitudinal or Tractive force)	42
1.4.1.4 Ροπή ευθυγράμμισης (Aligning Torque)	44
1.4.1.5 Ροπή αντίστασης κύλισης (Rolling Resistance Moment)	46
1.4.1.6 Ροπή ανατροπής (Overturning Moment).....	48
1.4.2 Παράμετροι Ελαστικού	50
1.4.2.1 Πίεση Ελαστικού.....	50
1.4.2.2 Γωνία Κλίσης Τροχού (Γωνία Camber)	51
2 Δοκιμές Ελαστικών	52
2.1 Δοκιμές Ελαστικών σε Εσωτερικό Χώρο	52
2.2 Δοκιμές Ελαστικών σε Εξωτερικό Χώρο	54
2.3 Δοκιμές Ελαστικών απο την Calspan.....	56
2.3.1 Εκτέλεση Πειράματος.....	56
2.3.2 Μετρήσεις Πειράματος	56
2.3.3 Δεδομένα.....	59
2.3.3.1 Διαθέσιμα Ελαστικά	61
3 Προκαταρκτική Επεξεργασία Πειραματικών Δεδομένων	64
3.1 Σκοπός της διαδικασίας	64
3.2 Μεθοδολογία λειτουργίας κώδικα ταξινόμησης	65
3.3 Ανάλυση κυρίως κώδικα και συναρτήσεων.....	68
3.4 Επιλογή Ελαστικών προς Μελέτη	71
3.5 Συμπεράσματα από την Ταξινόμηση Δεδομένων.....	73
3.5.1 Hoosier 18.0x7.5-10 R25B	74

3.5.1.1	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης	75
3.5.1.2	Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης	78
3.5.1.3	Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης.....	80
3.5.1.4	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού.....	83
3.5.1.5	Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού	85
3.5.1.6	Σχέση Διαμήκους Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης	87
3.5.1.7	Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκους Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης	89
3.5.1.8	Σχέση Διαμήκους Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού.....	92
3.5.1.9	Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκους Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού	94
3.5.2	Σύνοψη Συμπερασμάτων Όλων των Ελαστικών	95
4	Μοντελοποίηση Ελαστικού Με Χρήση Magic Formula	100
4.1	Μοντελοποίηση που Εφαρμόζεται	100
4.2	Εξισώσεις & Παράμετροι Magic Formula 5.2.....	101
4.2.1	Εγκάρσια Δύναμη	101
4.2.2	Διαμήκης Δύναμη.....	103
4.2.3	Ροπή ευθυγράμμισης.....	104
4.3	Μοντελοποίηση Εξισώσεων Magic Formula 5.2.....	106
4.4	Αποτελέσματα κώδικα - Διαγράμματα	111
4.4.1	Hoosier 18.0x7.5-10 R25B	112
4.4.1.1	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης	112
4.4.1.2	Σχέση Διαμήκους Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης	115
4.4.1.3	Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης.....	118
5	Συμπεράσματα & Προτάσεις Εξέλιξης.....	122
5.1	Σύγκριση Διαγραμμάτων και Αποτελεσμάτων Προκαταρκτικής Επεξεργασίας και Μοντελοποίησης.....	122
5.1.1	Σύγκριση Αποτελεσμάτων Ταξινόμησης και Μοντελοποίησης του Ελαστικού Hoosier 18.0x7.5-10 R25B	122
5.2	Προτάσεις Εξέλιξης Διαδικασιών	127
6	Βιβλιογραφία.....	130
7	Παράρτημα Α.....	132
7.1	Διαγράμματα Ταξινομημένων Δεδομένων Κατηγοριοποιημένα ανά Ελαστικό ...	132
7.1.1	Hoosier 16.0x7.5-10 R25B	132
7.1.1.1	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης	133
7.1.1.2	Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης ..	135
7.1.1.3	Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης.....	138

7.1.1.4	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού.....	140
7.1.1.5	Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού	142
7.1.2	Hoosier 16.0x7.5-10 LC0.....	143
7.1.2.1	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης	144
7.1.2.2	Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης ..	147
7.1.2.3	Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης.....	149
7.1.2.4	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού.....	152
7.1.2.5	Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού	154
7.1.3	Hoosier 18.0x6.0-10 R25B	155
7.1.3.1	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης	157
7.1.3.2	Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης ..	159
7.1.3.3	Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης.....	162
7.1.3.4	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού.....	164
7.1.3.5	Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού	166
7.1.3.6	Σχέση Διαμήκους Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης	168
7.1.3.7	Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκους Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης ...	170
7.1.3.8	Σχέση Διαμήκους Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού	173
7.1.3.9	Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκους Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού	175
7.1.4	Hoosier 20.5x7.0-13 R25B	176
7.1.4.1	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης	178
7.1.4.2	Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης ..	180
7.1.4.3	Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης.....	182
7.1.4.4	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού.....	184
7.1.4.5	Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού	186
7.1.4.6	Σχέση Διαμήκους Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης	187
7.1.4.7	Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκους Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης ...	190
7.1.4.8	Σχέση Διαμήκους Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού	192
7.1.4.9	Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκους Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού	193
7.1.5	Goodyear 20.0x7.0-13 D2704.....	195
7.1.5.1	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης	197
7.1.5.2	Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης ..	199

7.1.5.3	Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης.....	201
7.1.5.4	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού.....	203
7.1.5.5	Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού	204
7.1.5.6	Σχέση Διαμήκους Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης	206
7.1.5.7	Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκους Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης ..	208
7.1.5.8	Σχέση Διαμήκους Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού	210
7.1.5.9	Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκους Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού	211
7.1.6	Continental 205/470 R13	213
7.1.6.1	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης	214
7.1.6.2	Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης ..	216
7.1.6.3	Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης.....	218
7.1.6.4	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού.....	220
7.1.6.5	Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού	221
7.1.6.6	Σχέση Διαμήκους Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης	223
7.1.6.7	Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκους Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης.	225
7.1.6.8	Σχέση Διαμήκους Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού	227
7.1.6.9	Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκους Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού	229
7.2	Αποτελέσματα Κώδικα & Διαγράμματα Μοντελοποίησης	231
7.2.1	Hoosier 16.0x7.5-10 R25B	231
7.2.1.1	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης	231
7.2.1.2	Σχέση Διαμήκους Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης	233
7.2.1.3	Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης.....	234
7.2.2	Hoosier 16.0x7.5-10 LC0.....	237
7.2.2.1	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης	237
7.2.2.2	Σχέση Διαμήκους Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης	239
7.2.2.3	Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης.....	240
7.2.3	Hoosier 18.0x6.0-10 R25B	243
7.2.3.1	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης	243
7.2.3.2	Σχέση Διαμήκους Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης	246
7.2.3.3	Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης.....	249
7.2.4	Hoosier 20.5x7.0-13 R25B	252
7.2.4.1	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης	252
7.2.4.2	Σχέση Διαμήκους Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης	255

7.2.4.3	Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης.....	257
7.2.5	Goodyear 20.0x7.0-13 D2704.....	260
7.2.5.1	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης	260
7.2.5.2	Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης	263
7.2.5.3	Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης.....	265
7.2.6	Continental 205/470 R13	268
7.2.6.1	Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης	268
7.2.6.2	Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης	271
7.2.6.3	Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης.....	273
7.3	Σύγκριση Αποτελεσμάτων Ταξινόμησης και Μοντελοποίησης.....	276
7.3.1	Hoosier 16.0x7.5-10 R25B	276
7.3.2	Hoosier 16.0x7.5-10 LCO.....	279
7.3.3	Hoosier 18.0x6.0-10 R25B	282
7.3.4	Hoosier 20.5x7.0-13 R25B	287
7.3.5	Goodyear 20.0x7.0-13 D2704.....	292
7.3.6	Continental 205/470 R13	296
8	Παράρτημα Β	302
8.1	Κώδικας Προκαταρκτικής Επεξεργασίας	302
8.1.1	Περίπτωση Εγκάρσιας Δύναμη	302
8.1.2	Περίπτωση Διαμήκουσ Δύναμης.....	321
8.1.3	Συναρτήσεις Ορισμού Επιθυμητών Ορίων Πίεσης, Γωνίας Camber και Κάθετου Φορτίου	341
8.1.4	Συναρτήσεις Ταξινόμησης Κάθετου Φορτίου και Γωνίας Camber	346
8.2	Κώδικας Μοντελοποίησης	352
8.2.1	Περίπτωση Ροπής Ευθυγράμμισης.....	352
8.2.2	Περίπτωση Εγκάρσιας Δύναμης.....	388
8.2.3	Περίπτωση Διαμήκουσ Δύναμης.....	388
8.2.4	Συναρτήσεις Υπολογισμού Μεταβλητών στην Περίπτωση της Ροπής Ευθυγράμμισης	388
8.2.5	Συναρτήσεις Υπολογισμού Μεταβλητών στην Περίπτωση της Εγκάρσιας Δύναμης	393
8.2.6	Συναρτήσεις Υπολογισμού Μεταβλητών στην Περίπτωση της Διαμήκουσ Δύναμης	398

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1.1: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης με Διαχωρισμό των Περιοχών Δυναμικής Συμπεριφοράς του Ελαστικού.....	41
Διάγραμμα 3.1: Διάγραμμα Ροής Κυρίως Προγράμματος Κώδικα Ταξινόμησης.....	70
Διάγραμμα 3.2: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πίεση Ελαστικού	75
Διάγραμμα 3.3: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία.....	76
Διάγραμμα 3.4: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber.....	76
Διάγραμμα 3.5: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού	77
Διάγραμμα 3.6: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πίεση Ελαστικού.....	78
Διάγραμμα 3.7: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία	78
Διάγραμμα 3.8: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber.....	79
Διάγραμμα 3.9: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber.....	79
Διάγραμμα 3.10: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πίεση Ελαστικού	80
Διάγραμμα 3.11: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία.....	81
Διάγραμμα 3.12: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber.....	81
Διάγραμμα 3.13: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού	82
Διάγραμμα 3.14: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία	83

Διάγραμμα 3.15: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber	83
Διάγραμμα 3.16: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού	84
Διάγραμμα 3.17: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία	85
Διάγραμμα 3.18: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber	85
Διάγραμμα 3.19: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού	86
Διάγραμμα 3.20: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού	87
Διάγραμμα 3.21: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία	87
Διάγραμμα 3.22: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber	88
Διάγραμμα 3.23: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού	88
Διάγραμμα 3.24: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού	89
Διάγραμμα 3.25: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία	90
Διάγραμμα 3.26: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber	90
Διάγραμμα 3.27: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού	91
Διάγραμμα 3.28: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία	92
Διάγραμμα 3.29: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber	92
Διάγραμμα 3.30: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού	93
Διάγραμμα 3.31: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία	94
Διάγραμμα 3.32: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber	94
Διάγραμμα 3.33: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού	95
Διάγραμμα 4.1: Ιστόγραμμα Ασκούμενων Κάθετων Φορτίων που Συλλέχθηκαν κατά τη Διάρκεια Διαγωνισμού	110
Διάγραμμα 4.2: Διάγραμμα Ροής Συναρτήσεων Προσέγγισης Παραγόντων Κώδικα Μοντελοποίησης	111
Διάγραμμα 4.3: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα	112
Διάγραμμα 4.4: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber για Μοντελοποιημένα Δεδομένα	113
Διάγραμμα 4.5: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα	113

Διάγραμμα 7.9: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού	138
Διάγραμμα 7.10: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία	138
Διάγραμμα 7.11: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber	139
Διάγραμμα 7.12: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού	139
Διάγραμμα 7.13: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία	140
Διάγραμμα 7.14: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber	141
Διάγραμμα 7.15: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού	141
Διάγραμμα 7.16: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία	142
Διάγραμμα 7.17: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber	142
Διάγραμμα 7.18: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού	143
Διάγραμμα 7.19: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πίεση Ελαστικού	144
Διάγραμμα 7.20: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία	145
Διάγραμμα 7.21: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber	145
Διάγραμμα 7.22: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού	146
Διάγραμμα 7.23: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού	147
Διάγραμμα 7.24: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία	147
Διάγραμμα 7.25: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber	148
Διάγραμμα 7.26: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού	148
Διάγραμμα 7.27: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού	149
Διάγραμμα 7.28: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία	150
Διάγραμμα 7.29: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber	150
Διάγραμμα 7.30: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού	151
Διάγραμμα 7.31: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία	152
Διάγραμμα 7.32: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber	152

Διάγραμμα 7.176: Ροπή Ευθυγράμμισης συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα.. 241

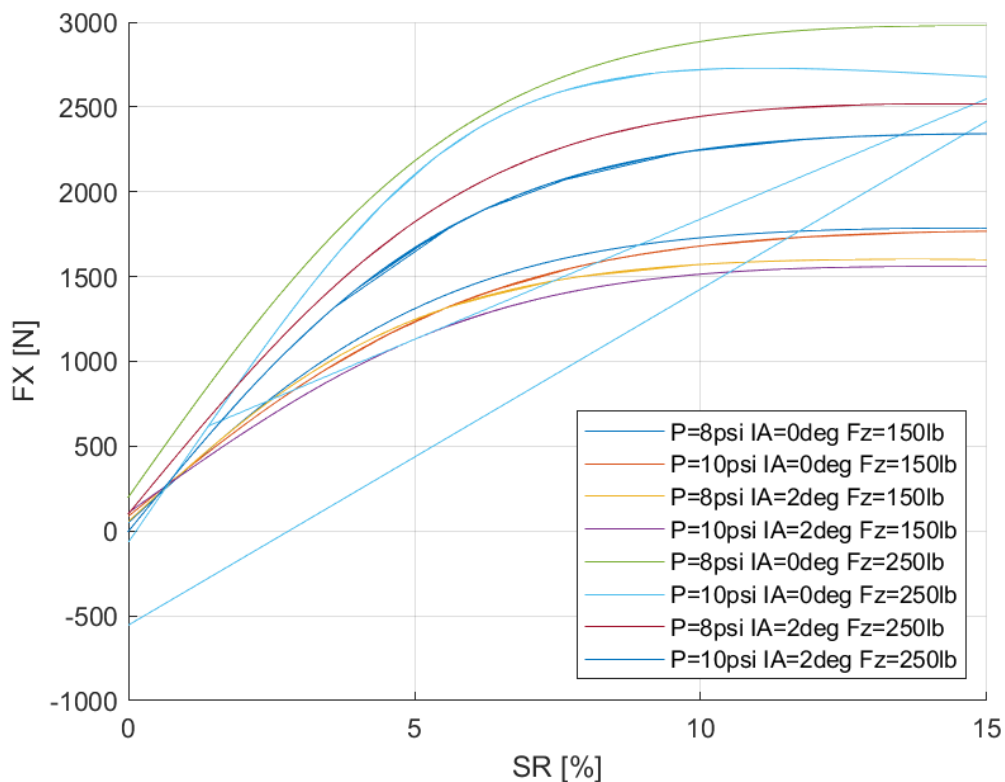
Διάγραμμα 7.177: Εγκάρσια Δύναμη συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα..... 243

Διάγραμμα 7.178: Εγκάρσια Δύναμη συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber για Μοντελοποιημένα Δεδομένα 244

Διάγραμμα 7.179: Εγκάρσια Δύναμη συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα..... 244

Διάγραμμα 7.180: Διαμήκης Δύναμη συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα..... 246

Διάγραμμα 7.181: Διαμήκης Δύναμη συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



..... 247

Διάγραμμα 7.182: Διαμήκης Δύναμη συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα.. 247

Διάγραμμα 7.183: Ροπή Ευθυγράμμισης συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα..... 249

Διάγραμμα 7.184: Ροπή Ευθυγράμμισης συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber και Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα..... 250

Διάγραμμα 7.185: Ροπή Ευθυγράμμισης συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα.. 250

Διάγραμμα 7.186: Εγκάρσια Δύναμη συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα..... 252

Διάγραμμα 7.187: Εγκάρσια Δύναμη συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber για Μοντελοποιημένα Δεδομένα 253

Διάγραμμα 7.258: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού. 300

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1: Συντελεστές Βαρύτητας	72
Πίνακας 3.2: Βαθμολογία Ελαστικών με Ακτίνα Σώτρου 10 in.....	72
Πίνακας 3.3: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Hoosier 18.0 x 7.5-10 R25B από Δοκιμή Στροφής.....	74
Πίνακας 3.4: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Hoosier 18.0 x 7.5 10 R25B από Δοκιμή Επιτάχυνσης-Πέδησης.....	75
Πίνακας 3.5: Μέγιστες Τιμές Εγκάρσιας Δύναμης Ελαστικών με Ακτίνα Σώτρου 10"	96
Πίνακας 3.6: Μέγιστες Τιμές Εγκάρσιας Κανονικοποιημένης Δύναμης Ελαστικών με Ακτίνα Σώτρου 10"	96
Πίνακας 3.7: Μέγιστες Τιμές Ροπής Ευθυγράμμισης Ελαστικών με Ακτίνα Σώτρου 10"	97
Πίνακας 3.8: Μέγιστες Τιμές Εγκάρσιας Δύναμης Ελαστικών με Ακτίνα Σώτρου 13"	98
Πίνακας 3.9: Μέγιστες Τιμές Εγκάρσιας Κανονικοποιημένης Δύναμης Ελαστικών με Ακτίνα Σώτρου 13"	98
Πίνακας 3.10: Μέγιστες Τιμές Ροπής Ευθυγράμμισης Ελαστικών με Ακτίνα Σώτρου 13".....	98
Πίνακας 3.11: Θερμοκρασίες Έναρξης του Παραθύρου Λειτουργίας για Κάθε Ελαστικό	99
Πίνακας 4.1: Ενδεικτικές Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών Magic Formula 5.2 για Εγκάρσια Δύναμη	102
Πίνακας 4.2: Ενδεικτικές Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών Magic Formula 5.2 για Διαμήκη Δύναμη	104
Πίνακας 4.3: Συντελεστές Βαρύτητας για την Εύρεση των Τελικών Τιμών των Παραμέτρων της Magic Formula.....	110
Πίνακας 4.4: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x7.5-10 R25B για Πίεση 8 psi.....	114
Πίνακας 4.5: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x7.5-10 R25B για Πίεση 10 psi.....	114
Πίνακας 4.6: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x7.5-10 R25B για Πίεση 8 psi.....	117
Πίνακας 4.7: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x7.5-10 R25B για Πίεση 10 psi.....	117
Πίνακας 4.8: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x7.5-10 R25B για Πίεση 8 psi.....	121
Πίνακας 4.9: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x7.5-10 R25B για Πίεση 10 psi.....	121
Πίνακας 7.1: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Hoosier 16.0 x 7.5-10 R25B από Δοκιμή Στροφής	132
Πίνακας 7.2: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Hoosier 16.0 x 7.5 - 10 LC0 από Δοκιμή Στροφής.....	144
Πίνακας 7.3: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Hoosier 18.0 x 6.0-10 R25B από Δοκιμή Στροφής	156
Πίνακας 7.4: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Hoosier 18.0 x 6.0-10 R25B από Δοκιμή Επιτάχυνσης-Πέδησης.....	156
Πίνακας 7.5: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Hoosier 20.5x 7.0-13 R25B από Δοκιμή Στροφής.....	177
Πίνακας 7.6: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Hoosier 20.5x 7.0-13 R25B από Δοκιμή Επιτάχυνσης-Πέδησης	177

Πίνακας 7.7: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 από Δοκιμή Στροφής.....	195
Πίνακας 7.8: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 από Δοκιμή Επιτάχυνσης-Πέδησης.....	196
Πίνακας 7.9: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Continental 205/470R-13 από Δοκιμή Στροφής.....	213
Πίνακας 7.10: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Continental 205/470R-13 από Δοκιμή Επιτάχυνσης-Πέδησης.....	213
Πίνακας 7.11: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 R25B για Πίεση 8 psi.....	233
Πίνακας 7.12: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 R25B για Πίεση 10 psi.....	233
Πίνακας 7.13: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 R25B για πίεση 8 psi.....	236
Πίνακας 7.14: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 R25B για πίεση 10 psi.....	236
Πίνακας 7.15: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 LC0 για Πίεση 8 psi.....	239
Πίνακας 7.16: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 LC0 για Πίεση 10 psi.....	239
Πίνακας 7.17: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 LC0 για πίεση 8 psi.....	242
Πίνακας 7.18: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 LC0 για πίεση 10 psi.....	242
Πίνακας 7.19: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x6.0-10 R25B για Πίεση 8 psi.....	245
Πίνακας 7.20: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x6.0-10 R25B για Πίεση 10 psi.....	245
Πίνακας 7.21: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x6.0-10 R25B για Πίεση 8 psi.....	248
Πίνακας 7.22: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x6.0-10 R25B για Πίεση 10 psi.....	248
Πίνακας 7.23: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x6.0-10 R25B για πίεση 8 psi.....	251
Πίνακας 7.24: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x6.0-10 R25B για πίεση 10 psi.....	251
Πίνακας 7.25: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 20.5x7.0-13 R25B για Πίεση 8 psi.....	254
Πίνακας 7.26: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 20.5x7.0-13 R25B για Πίεση 10 psi.....	254
Πίνακας 7.27: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 20.5x7.0-13 R25B για Πίεση 8 psi.....	256
Πίνακας 7.28: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 20.5x7.0-13 R25B για Πίεση 10 psi.....	257
Πίνακας 7.29: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 20.5x7.0-13 R25B για πίεση 8 psi.....	259
Πίνακας 7.30: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 20.5x7.0-13 R25B για πίεση 10 psi.....	259

Πίνακας 7.31: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 για Πίεση 8 psi	262
Πίνακας 7.32: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 για Πίεση 10 psi	262
Πίνακας 7.33: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 για Πίεση 8 psi	264
Πίνακας 7.34: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 για Πίεση 10 psi	265
Πίνακας 7.35: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 για πίεση 8 psi.....	267
Πίνακας 7.36: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 για πίεση 10 psi.....	267
Πίνακας 7.37: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Continental 205/470 R13 για Πίεση 8 psi	270
Πίνακας 7.38: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Continental 205/470 R13 για Πίεση 10 psi	270
Πίνακας 7.39: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Continental 205/470 R13 για Πίεση 8 psi	272
Πίνακας 7.40: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Continental 205/470 R13 για Πίεση 10 psi	273
Πίνακας 7.41: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Continental 205/470 R13 για πίεση 8 psi	275
Πίνακας 7.42: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Continental 205/470 R13 για πίεση 10 psi	275

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.1: Κάτοψη Διάταξης Δυναμικού Αγώνισματος Skidpad	32
Σχήμα 1.2: Μηχανισμοί Ανάπτυξης Δυνάμεων Μεταξύ Πέλματος Ελαστικού και Οδοστρώματος.....	34
Σχήμα 1.3: Μηχανισμός Υστέρησης	35
Σχήμα 1.4: Σχέση Μηχανισμού Προσκόλλησης και Υστέρησης Ανάλογα με την Τραχύτητα του Οδοστρώματος	35
Σχήμα 1.5: Δυνάμεις & Ροπές που Αναπτύσσονται στο Ελαστικό.....	36
Σχήμα 1.6: Μεταβολή της Επιφάνειας Διεπαφής Ελαστικού-Οδοστρώματος με Μεταβολή του Κάθετου Φορτίου	38
Σχήμα 1.7: Σχηματική Απεικόνιση Γωνίας Ολίσθησης.....	40
Σχήμα 1.8: Ακτίνες που Παρατηρούνται στον Ελαστικοφόρο Τροχό	43
Σχήμα 1.9: Προφίλ Δυνάμεων στην Επαφάνεια Επαφής Πέλματος Ελαστικού - Οδοστρώματος.....	45
Σχήμα 1.10: Κάτοψη Επιφάνειας Επαφής.....	47
Σχήμα 1.11: Προφίλ Ελαστικού και ο Λόγος Δημιουργίας της Ροπής Αντίστασης Κύλισης... ..	47
Σχήμα 1.12: Άσκηση Κάθετης Δύναμης και Ροπής Αντίστασης Κύλισης στο Ελαστικό.....	47
Σχήμα 1.13: Άσκηση Ροπής Ανατροπής στο Ελαστικό.....	48

Σχήμα 1.14: Ροπή Ανατροπής σε Σχέση με Διάφορες Γωνίες Camber	49
Σχήμα 1.15: Διαφορά Θετικής και Αρνητικής Ροπής Ανατροπής	49
Σχήμα 1.16: Διαφορές στην Επιφάνεια Επαφής για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού	50
Σχήμα 1.17: Διάταξη Αρνητικής, Μηδενικής και Θετικής Γωνίας Camber	51
Σχήμα 3.1: Διάγραμμα Ροής Ταξινόμησης Πειραματικών Δεδομένων	65

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1: Στιγμιότυπο από Δοκιμή που Απεικονίζει τη Γωνία Ολίσθησης.....	39
Εικόνα 1.2: Οπτικοποίηση Λόγου Ολίσθησης από Αγώνες Επιτάχυνσης (Drag Race)	43
Εικόνα 2.1: Διάταξη Επίπεδης Τροχιάς (Flat Plank)	53
Εικόνα 2.2: Διάταξη Επίπεδης Τροχιάς (Flat Plank) με Επιφάνεια σε Μορφή Τυμπάνου.....	53
Εικόνα 2.3: Πύργος Μετρήσεων (Tire Measurement Tower)	54
Εικόνα 2.4: Δοκιμή Ελαστικού σε Εξωτερικό Χώρο με Ελαστικό Προσδεμένο σε Ρυμουλκούμενο Όχημα.....	55
Εικόνα 2.5: Δοκιμή Ελαστικού σε Εξωτερικό Χώρο με Χρήση Ειδικά Διαμορφωμένου Φορτηγού Οχήματος.....	55
Εικόνα 2.6: Καινοτόμη Διάταξη Δοκιμής Ελαστικών σε Εξωτερικό Χώρο	56
Εικόνα 2.7: Αρχεία που Δημοσιεύονται για τον Πιο Πρόσφατο Κύκλο Δοκιμών	60

Περίληψη

Το αντικείμενο της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας είναι η μελέτη μοντελοποίησης Ελαστικών Αγωνιστικού Μονοθεσίου FSAE με χρήση της Magic Formula. Η μοντελοποίηση πραγματοποιείται με χρήση κώδικα που αναπτύχθηκε από τον γράφοντα, για τους σκοπούς της επιλογής του κατάλληλου ελαστικού στο μονοθέσιο της FSAE ομάδας του ΕΜΠ.

Στο πρώτο κεφάλαιο, αναλύεται η σημασία του επισώτρου στις επιδόσεις ενός οχήματος και παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο της δυναμικής συμπεριφοράς του. Συγκεκριμένα, ορίζονται όλες οι δυνάμεις και οι ροπές που αναπτύσσονται σε ένα ελαστικό, ο λόγος ανάπτυξής τους, καθώς και το πώς επηρεάζουν τη συμπεριφορά ενός οχήματος, ενώ γίνεται και σύντομη παρουσίαση των παραμέτρων που μπορούν να ρυθμιστούν από τους μηχανικούς. Επιπλέον, παρουσιάζεται η δομή του διαγωνισμού FSAE και των αγωνισμάτων, που λαμβάνουν χώρα, καθώς και ο τρόπος διανομής των πειραματικών δεδομένων των ελαστικών από τον οργανισμό του διαγωνισμού.

Στο δεύτερο κεφάλαιο εμπεριέχεται η δοκιμή των ελαστικών. Συγκεκριμένα, απαριθμούνται και αναλύονται οι πειραματικοί τρόποι δοκιμής τους, καθώς και ο τρόπος συλλογής των δεδομένων ελαστικών που επεξεργάζονται στην παρούσα εργασία. Παράλληλα, προβάλλονται τα διαθέσιμα FSAE ελαστικά και τα μεγέθη που έχουν συλλεχθεί για αυτά.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία της ταξινόμησης των δεδομένων των ελαστικών, η οποία εστιάζεται στον σκοπό καθώς και στον κώδικα που έχει αναπτυχθεί για την εν λόγω διαδικασία. Παρουσιάζεται η μεθοδολογία του κώδικα Matlab που αναπτύχθηκε, ενώ δίνεται έμφαση στο το κυρίως μέρος του προγράμματος και οι συναρτήσεις που τον απαρτίζουν. Μελετώντας τον τρόπο επιλογής συγκεκριμένων ελαστικών προς μελέτη, παρουσιάζονται για αυτά οι μέγιστες τιμές και τα διαγράμματα των κύριων δυναμικών μεγεθών τους. Επισημαίνεται, τέλος, η μεταβολή των δυναμικών μεγεθών του ελαστικού, για διάφορες τιμές της πίεσής του, της γωνίας Camber καθώς και του κάθετου φορτίου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνεται η μοντελοποίηση των δεδομένων των ελαστικών με χρήση Magic Formula. Αρχικά, παρουσιάζονται όλες οι εξισώσεις και οι παράμετροι των εξισώσεων της έκδοσης 5.2 της Magic Formula, η οποία χρησιμοποιείται στη μοντελοποίηση. Στη συνέχεια, καταγράφονται όλες οι μοντελοποιήσεις των εξισώσεων και των παραμέτρων της Magic Formula που πραγματοποιήθηκαν προκειμένου να μπορούν να υπολογιστούν όλες οι απαραίτητες μεταβλητές των εξισώσεων από τον κώδικα που αναπτύχθηκε. Οι μεταβλητές που προέκυψαν από την ανωτέρω μοντελοποίηση, όπως και οι καμπύλες της Magic Formula, καταγράφονται ξεχωριστά για κάθε ένα ελαστικά που μελετάται.

Η εργασία ολοκληρώνεται με τη σύγκριση των παραπάνω καμπυλών ταξινόμησης και μοντελοποίησης καταγεγραμμένα σχηματικά και ποσοτικά μέσω του σχετικού σφάλματος μεταξύ αυτών. Όλες οι τιμές σχετικού σφάλματος που προκύπτουν βρίσκονται σε αποδεκτό εύρος τιμών.

Abstract

The object of this particular dissertation thesis is the study of the various models of tires for a Formula SAE (FSAE) race car using Magic Formula. This particular modelling process was executed by a code which was written by the author in order to fulfil the particular choice of tire for the FSAE race car of the National Technical University of Athens's racing team.

The first chapter of this work seeks to analyse the importance of tires for the overall performance of a race car and offers a theoretical analysis of its dynamic behaviour. Specifically, all the various levels of force and torque which affect the tire (how they affect the race car's conduct) are displayed, as well as a brief reference to the parameters which can be modified by the engineers themselves. Furthermore, this chapter offers a glimpse into the workings of the FSAE competitions, along with the ways in which the various experimental data points of the tires are distributed by the actual competition.

The second chapter is dedicated to the tire tests themselves. Specifically, the tests are displayed and analysed within their experimental trials along with the way in which the trial data was collected and processed for this thesis. Simultaneously, the used FSAE tires and their sizes are made available.

Moving along, in the third chapter the author analyses the process with which the data found was classified, which focuses particularly on the main goal of this thesis as well as the code which was written uniquely for this process. The methodology of the Matlab code which was developed with a focus on the main body of the code and its various functions are presented. By studying the choice of each tire which was studied the author in addition presents the maximum value and the corresponding charts of the main dynamic forces of the tires. Lastly, the variation in the dynamic force of the tires for the different pressure levels, the Camber angle, and the vertical load, are all made available.

The fourth chapter of this thesis contains the modelling of the tire data with the use of Magic Formula. Initially, the total body of equations as well as the Magic Formula 5.2 parameters are displayed. Next, the author exhibits the total modelling of the equations and the Magic Formula parameters used in order to calculate all the possible variables of the equations developed from the actual code itself. The variables which were a product of the aforementioned modelling as well as the Magic Formula curves are recorded separately for each tire being tested.

Conclusively, this thesis is summed up with a comparison of the previously mentioned curves and the modelling schematically as well as quantitatively offering a look at the relevant differences between them. All of the values which were determined find themselves on a realistic value spectrum.

1 Εισαγωγή

Τα ελαστικά αποτελούν ένα πολυδιάστατο μέρος του οχήματος λόγω των πολλών παραμέτρων από τις οποίες εξαρτώνται. Παρόλη την τεχνολογία και τη βοήθεια που παρέχεται από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές για μοντέλα προσομοίωσης, χρειάζονται περαιτέρω δοκιμές προκειμένου να κατανοηθεί πλήρως η συμπεριφορά του ελαστικού. Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, θα μελετηθεί η μαθηματική και η ημιεμπειρική προσέγγιση της δυναμικής συμπεριφοράς του ελαστικού για αγωνιστικά μονοθέσια που λαμβάνουν μέρος στο φοιτητικό διαγωνισμό Formula Student.

1.1 Σημασία του Ελαστικού στο Όχημα

Ο ελαστικοφόρος τροχός και συγκεκριμένα το ελαστικό είναι το σημαντικότερο μέρος ενός οχήματος, αφού αποτελεί τον μόνο τρόπο με τον οποίο το όχημα έρχεται σε επαφή με το οδόστρωμα. Ένα όχημα μπορεί να έχει μελετηθεί πλήρως και να είναι άρτιο μηχανικά, όμως αυτό που έχει σημασία είναι οι επιδόσεις του όταν κινείται. Αυτές συσχετίζονται άμεσα με τη δυναμική του οχήματος η οποία δέχεται διεγέρσεις και από το ελαστικό. Πιο αναλυτικά, οι δυνάμεις που μπορεί να υποστηρίξει το ελαστικό πρέπει να είναι μεγαλύτερες κατά απόλυτη τιμή από τις δυνάμεις οι οποίες δημιουργούνται στους τροχούς από τη μετάδοση ισχύος του κινητήρα του οχήματος. Ακόμη, το ελαστικό αποτελεί ανάδραση στον οδηγό για την οδική συμπεριφορά του οχήματος. Ο τρόπος με τον οποίο οδηγείται ένα όχημα έχει αντίκτυπο στην πορεία που αυτό ακολουθεί στο δρόμο. Ωστόσο, ο κύριος τρόπος για να αντιληφθεί ο οδηγός τη συμπεριφορά του οχήματος είναι η «αίσθηση» που έχει από το τιμόνι του οχήματος (στα αγωνιστικά οχήματα που δεν διαθέτουν υδραυλική ή πνευματική υποβοήθηση στο σύστημα οδήγησης).

1.2 Ορισμός Προβλήματος

Η κατανόηση της δυναμικής συμπεριφοράς των ελαστικών, προαπαιτεί την ύπαρξη πειραματικών δεδομένων για αυτά. Τέτοια δεδομένα βρίσκονται στη διάθεσή μας μέσω του οργανισμού Tire Test Corporation (T.T.C.) και αυτά είναι εκείνα που επεξεργάζονται.

Όλα τα πειραματικά δεδομένα περιγράφουν ελαστικά που δοκιμάζονται σε συνθήκες στροφής και σε συνθήκες φρεναρίσματος. Οι έξοδοι του πειράματος είναι δεδομένα που δεν έχουν υποστεί κάποια περαιτέρω επεξεργασία. Εμπεριέχεται, δηλαδή, μέσα σε αυτά ο «θόρυβος» του πειράματος και το σφάλμα των οργάνων μέτρησης. Προκειμένου να εξαλειφθεί αυτό το σφάλμα, σε πρώτο στάδιο γίνεται επεξεργασία και τα δεδομένα που βρίσκονται έξω από τα όρια που έχει ορίσει ο χρήστης, απορρίπτονται. Σε δεύτερο στάδιο, με χρήση των αποδεκτών δεδομένων του πειράματος, δημιουργούνται πίνακες για όλα τα σημαντικά μεγέθη ανάλογα με την κατηγοριοποίηση που θα αναλυθεί παρακάτω, καθώς και διαγράμματα προκειμένου να γίνεται ευκολότερα κατανοητή η δυναμική συμπεριφορά του εκάστοτε ελαστικού.

Προκύπτει, λοιπόν, η ανάγκη προσέγγισης των δεδομένων αυτών με κάποιον τρόπο είτε μαθηματικό είτε εμπειρικό. Ο αναλυτικός αριθμητικός τρόπος για την περιγραφή του ελαστικού είναι αδύνατος λόγω των βισκοελαστικών χαρακτηριστικών των υλικών από τα οποία κατασκευάζονται. Ο τρόπος με τον οποίο περιγράφεται στην περίπτωση αυτή είναι ημιεμπειρικός με χρήση εξισώσεων Magic Formula του H. B. Pacejka. Στις εξισώσεις αυτές, με είσοδο τους πίνακες που δημιουργήθηκαν στο προηγούμενο βήμα, προσεγγίζονται

με βάση την απόκλισή τους από τα πειραματικά δεδομένα, τα απαραίτητα μεγέθη του ελαστικού που καταδεικνύουν τη δυναμική του συμπεριφορά.

Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ο ορισμός της δυναμικής συμπεριφοράς του ελαστικού. Το εκάστοτε ελαστικό ορίζεται πλήρως τόσο από τα διαγράμματα που δημιουργούνται μετά την αρχική επεξεργασία όσο και από τους συντελεστές των ημιεμπειρικών εξισώσεων.

1.3 Διαγωνισμός Formula Student

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναλυθεί το είδος του διαγωνισμού στο πλαίσιο του οποίου χρησιμοποιούνται τα μελετούμενα ελαστικά.

Ο διαγωνισμός Formula Student είναι ο μεγαλύτερος, παγκόσμιος, μηχανολογικός φοιτητικός διαγωνισμός και δημιουργήθηκε το 1981 στην Αμερική από την Society of Automotive Engineers (S.A.E.). Πεντακόσιες περίπου ομάδες από κορυφαία πολυτεχνεία ολόκληρου του κόσμου, μελετούν, σχεδιάζουν και κατασκευάζουν ένα αγωνιστικό μονοθέσιο τύπου formula, ακολουθώντας συγκεκριμένες τεχνικές προδιαγραφές. Ο διαγωνισμός αποτελείται από περισσότερους από 15 αγώνες, τόσο στην Ευρώπη όσο και στις Η.Π.Α, την Αυστραλία και σε αρκετές χώρες της Ασίας, των οποίων ο στόχος είναι να δώσουν την ευκαιρία σε φοιτητές μηχανολογίας να εξετάσουν, να παραθέσουν και να βελτιώσουν τις ικανότητές τους στην διεκπεραίωση ενός πολύπλοκου και δύσκολου εγχειρήματος, όπως η κατασκευή ενός αγωνιστικού μονοθέσιου. Οι ομάδες δεν αξιολογούνται μόνο βάσει των επιδόσεων του μονοθέσιου στην πίστα. Για την τελική κατάταξη λαμβάνονται υπόψη επιπλέον παράγοντες, όπως ο μηχανολογικός σχεδιασμός, η κοστολόγηση, η ευκολία στην κατασκευή και η οικονομική βιωσιμότητα του project. Ο συγκεκριμένος διαγωνισμός έχει πλέον εξελιχθεί σ' ένα εκπαιδευτικό γεγονός πρώτης γραμμής και προσελκύει κάθε χρόνο κριτές διεθνούς κύρους από τον χώρο του μηχανοκίνητου αθλητισμού και της αυτοκινητοβιομηχανίας. [13]

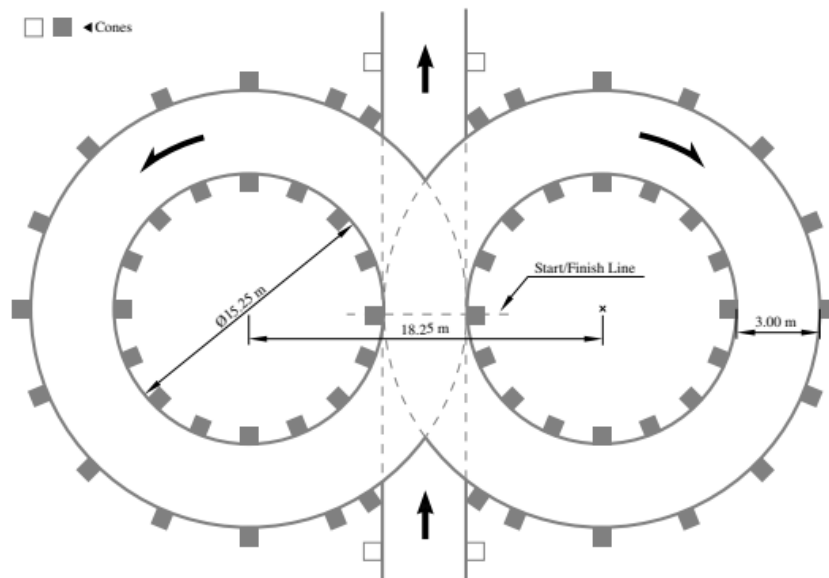
Πιο αναλυτικά, ο διαγωνισμός χωρίζεται σε δύο μέρη, το δυναμικό και το στατικό μέρος. Στο στατικό μέρος η κάθε ομάδα αξιολογείται για την μελέτη που έγινε για την κατασκευή του μονοθέσιου της και χωρίζεται στα εξής αγωνίσματα:

- **Μηχανολογικός σχεδιασμός:** όπου αξιολογείται η μηχανική αντίληψη των διαγωνιζόμενων, η διαδικασία και η προσπάθεια που οδήγησε στο σχεδιασμό του οχήματος που ανταποκρίνεται πλήρως στις απαιτήσεις του διαγωνισμού. Όλα τα εξαρτήματα του οχήματος αξιολογούνται ως προς το λόγο επιλογής και τον τρόπο εφαρμογής τους από την ομάδα. Η καλύτερη προσπάθεια βαθμολογείται με 150 πόντους.
- **Ανάλυση κόστους και βιωσιμότητας:** σκοπός του αγώνα είναι να εκτιμηθεί η κατανόηση της ομάδας για τις διαδικασίες κατασκευής και το κόστος που συνδέεται με την κατασκευή ενός πρωτότυπου αγωνιστικού αυτοκινήτου. Έτσι στην ανάλυση αυτή περιλαμβάνεται η λήψη ορθών αποφάσεων μεταξύ περιεχομένου και κόστους, μεταξύ πρωτότυπης κατασκευής ή αγοράς και η κατανόηση των διαφορών μεταξύ πρωτότυπου και μαζικής παραγωγής. Οι 100 πόντοι αποτελούν τη μέγιστη βαθμολογία στο συγκεκριμένο αγώνισμα.
- **Παρουσίαση επιχειρηματικού σχεδίου:** στόχος είναι να αξιολογήσει την ικανότητα της ομάδας να αναπτύξει ένα πλήρες επιχειρησιακό μοντέλο, το οποίο αποδεικνύει ότι το προϊόν τους - ένα πρωτότυπο αγωνιστικό αυτοκίνητο - θα μπορούσε να γίνει μια αμειβόμενη επιχειρηματική ευκαιρία που επιφέρει κέρδος. Η μέγιστη βαθμολογία που μπορεί να επιτευχθεί στο αγώνισμα αυτό είναι 100 πόντοι.

Κεφάλαιο 1

Στο δυναμικό μέρος του διαγωνισμού το μονοθέσιο αγωνίζεται στην πίστα με άλλα μονοθέσια στα εξής τέσσερα αγωνίσματα. Όλα τα αγωνίσματα αυτά χρονομετρούνται και τη μέγιστη βαθμολογία λαμβάνει το όχημα με το μικρότερο χρόνο που έχει καταγραφεί. Τα δυναμικά αγωνίσματα είναι τα κάτωθι:

- *Acceleration*, όπου τον κυριότερο ρόλο έχει η επιτάχυνση του μονοθέσιου και βαθμολογείται ο χρόνος που θα διανύσει το μονοθέσιο μια ευθεία 75 m.
- *Skidpad*, όπου τον κυριότερο ρόλο έχει η πλευρική επιτάχυνση του μονοθέσιου, εκτελώντας δυο κύκλους εξωτερικής ακτίνας 18,25 m, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.1: Κάτοψη Διάταξης Δυναμικού Αγωνίσματος Skidpad

- *Autocross*, όπου αξιολογείται η ικανότητα χειρισμού και ελιγμών του μονοθέσιου σε μία πολύ κλειστή πίστα
- *Endurance*, όπου το όχημα τρέχει συνεχόμενα για 22 km και τον πιο σημαντικό ρόλο έχει η συνέπεια και η αξιοπιστία του
- *Efficiency*, όπου μετράται η κατανάλωση καυσίμου στο αγώνισμα της αντοχής

Το τελικό αποτέλεσμα της κάθε ομάδας είναι το σύνολο των πόντων με τους οποίους έχει αξιολογηθεί σε κάθε ένα από τα παραπάνω αγωνίσματα.

Επιπλέον, οι ομάδες λόγω της συμμετοχής τους στους διαγωνισμούς, έχουν τη δυνατότητα πρόσβασης σε ορισμένες βάσεις δεδομένων. Επεξηγηματικά, ορισμένοι οργανισμοί εκτελούν πειράματα, με παρακίνηση των διοργανωτών του διαγωνισμού, ώστε τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που προκύπτουν, να χρησιμοποιούνται από τις συμμετέχοντες ομάδες. Ένας τέτοιος οργανισμός είναι και το Tire Test Corporation (T.T.C.) που παραγματοποιεί τις δοκιμές για τα ελαστικά που μελετούμε στην παρούσα εργασία

1.3.1 Ο Οργανισμός T.T.C.

Οι περισσότερες ομάδες που συμμετέχουν σε διαγωνισμούς Formula Student δεν έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιήσουν μόνες τους τις δοκιμές για τα ελαστικά. Ο λόγος είναι το κόστος απόκτησης και λειτουργίας της πειραματικής διάταξης. Έτσι, ο οργανισμός Tire Test Corporation σε συνεργασία με την Calspan εκτελούν τα πειράματα αυτά στις εγκαταστάσεις της τελευταίας και, στη συνέχεια, τα διαθέτουν σε όσες ομάδες το επιθυμούν.

Πιο αναλυτικά, ο οργανισμός Tire Test Corporation (T.T.C.) αποτελεί έναν εθελοντικό οργανισμό που στόχο έχει τη συγκέντρωση οικονομικών πόρων για τη διεξαγωγή των

δοκιμών. Κάθε ομάδα που γίνεται μέλος του οργανισμού πληρώνοντας μια συνδρομή, έχει στη διάθεση της τα πειραματικά δεδομένα από όλα τα ελαστικά τα οποία έχουν δοκιμαστεί και πρόκειται να δοκιμαστούν στο μέλλον. Λόγω του μεγάλου κόστους των δοκιμών, ο οργανισμός συνεργάζεται με την εταιρία Calspan, στις εγκαταστάσεις της οποίας λαμβάνουν χώρα οι δοκιμές. Η Calspan αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες εταιρίες παγκοσμίως που ειδικεύεται στη μελέτη και εξέλιξη διαφόρων μεταφορικών μέσων καθώς και μέρη από τα οποία αυτά αποτελούνται. Ένας από τους κλάδους αυτούς αποτελεί και η έρευνα και ανάπτυξη τεχνολογιών γύρω από τον ελαστικοφόρο τροχό, με αποτέλεσμα ο T.T.C. να συνεργάζεται με την Calspan προκειμένου να κάνει χρήση των ειδικών εγκαταστάσεων της για δοκιμή ελαστικών και συλλογή των δεδομένων με ειδικούς αισθητήρες. Τα περισσότερα ελαστικά που δοκιμάζονται, τα παρέχουν δωρεάν οι κατασκευάστριες εταιρίες καθώς έχουν χρήση μόνο στους συγκεκριμένους φοιτητικούς διαγωνισμούς. Το ίδιο συμβαίνει και με τα επίσωτρα που χρησιμοποιούνται για τα πειράματα αυτά.

1.4 Ανάλυση Δυνάμεων και Παραμέτρων Ελαστικού

Για να κατανοήσουμε τον τρόπο λειτουργίας ενός ελαστικού σε ένα όχημα αξίζει να αναλύσουμε τους λόγους εμφάνισης των δυνάμεων και ποιες είναι οι συνιστώσες αυτών. Οι παράμετροι του ελαστικού είναι τα σημαντικά μεγέθη που επηρεάζουν τη δυναμική του συμπεριφορά. Αναλυτικά το κάθε μέγεθος αναλύεται στις ακόλουθες ενότητες.

1.4.1 Δυνάμεις & Ροπές στο Ελαστικό

Οι ροπές και οι δυνάμεις που δημιουργούνται στα ελαστικά εφαρμόζονται μεταξύ του πέλματος του ελαστικού και του οδοστρώματος, όμως ο λόγος δημιουργίας τους δεν είναι η τριβή. Πιο αναλυτικά, η τριβή των ελαστικών δεν υπακούει στην κλασική έννοια της τριβής όπως ορίζεται στη φυσική με τον τύπο:

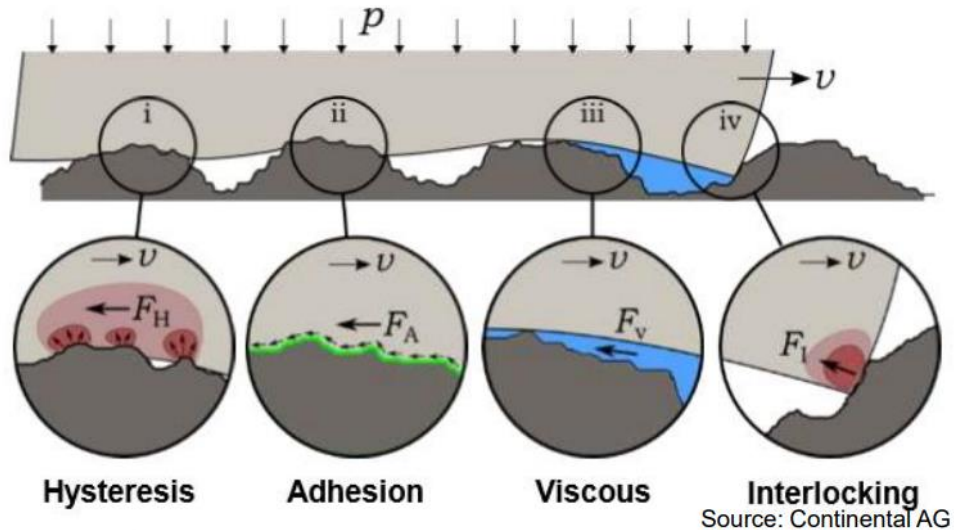
$$T = \mu \cdot N$$

, όπου

- T: η δύναμη της τριβής
- μ : ο συντελεστής τριβής που εξαρτάται από τις επιφάνειες που ερχονται σε επαφή
- N: η κάθετη δύναμη που στις περισσότερες περιπτώσεις είναι το βάρος του ενός σώματος

, καθώς εκτός από το κάθετο φορτίο, η εμφάνιση δυνάμεων οφείλεται στις ιδιότητες του ελαστικού και του οδοστρώματος που έρχονται σε επαφή και στις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Έτσι, οι μηχανισμοί ανάπτυξης των δυνάμεων μεταξύ του πέλματος του ελαστικού και του οδοστρώματος είναι τέσσερις: η προσκόλληση (adhesion), η υστέρηση (hysteresis), το ιξώδες και η αλληλοσύμπλεξη.

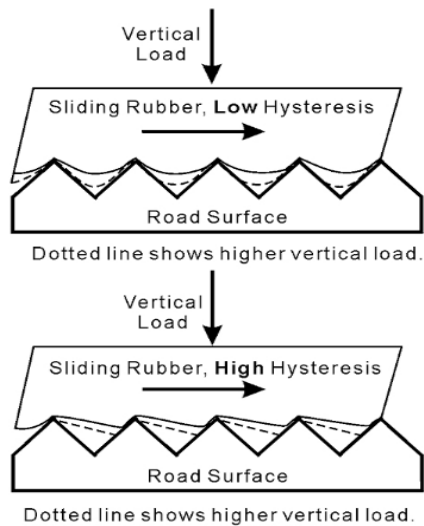


Σχήμα 1.2: Μηχανισμοί Ανάπτυξης Δυνάμεων Μεταξύ Πέλματος Ελαστικού και Οδοστρώματος

Η προσκόλληση, αποτελεί διαμοριακές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ του υλικού του ελαστικού και του υλικού του οδοστρώματος. Αναπτύσσονται σε κλίμακα νανόμετρου (nm) και αποτελούν την κύρια αιτία δημιουργίας δυνάμεων σε στεγνό οδόστρωμα. Σε περιπτώσεις όπου η επιφάνεια είναι υγρή γίνεται παράγοντας ελάχιστης σημασίας, ενώ σε επιφάνειες με πάγο ή χιόνι δεν αποτελεί αιτία δημιουργίας δυνάμεων. Ο τρόπος σχηματισμού δυνάμεων του μηχανισμού αυτού απεικονίζεται αναλυτικά στο Σχήμα 1.2 στο σημείο i.

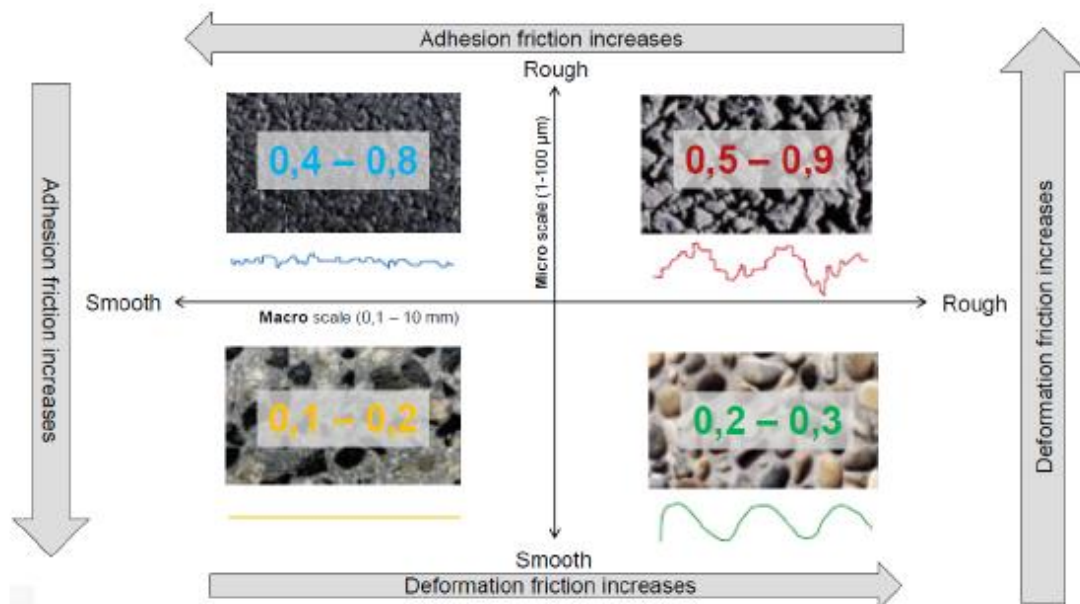
Η υστέρηση ή αλλιώς τριβή παραμόρφωσης, ορίζεται ως η τάση του υλικού του ελαστικού να καθυστερεί να επανέλθει στην φυσική κατάσταση ηρεμίας, μετά την επιβολή παραμόρφωσης σε αυτό. Αυτό συμβαίνει λόγω των (ιξωδοελαστικών) βισκοελαστικών ιδιοτήτων των υλικών από τα οποία κατασκευάζονται τα ελαστικά. Παρουσιάζουν, δηλαδή, ιδιότητες τόσο ελαστικές όσο και ιξώδεις. Πιο αναλυτικά, αν θεωρήσουμε το ελαστικό ως ένα σύστημα, η εισερχόμενη ενέργεια είναι μεγαλύτερη από την εξερχόμενη, καθώς το ένα μέρος της ενέργειας «αποθηκεύεται» και εξέρχεται σταδιακά λόγω της ιξώδους ιδιότητας και κατ' επέκταση της υστέρησης. Το υπόλοιπο μέρος της εισερχόμενης ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα, λόγω εσωτερικών αποσβέσεων και χάνεται.[5]

Το ίδιο συμβαίνει και στο ελαστικό, καθώς κυλιέται πάνω στις τραχείς μικροατέλειες και μικροανωμαλίες του οδοστρώματος, παραμορφώνεται τοπικά στο πέλμα και απορροφάται ενέργεια ως ελαστική, που λόγω της υστέρησης καθυστερεί να την αποτονώσει και να επανέλθει σε φυσική κατάσταση. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.3 λόγω αυτής της καθυστέρησης και της ασύμμετρης τοπικής παραμόρφωσης του πέλματος γύρω από την εκάστοτε μικροανωμαλία, δημιουργείται ένα πεδίο δύναμης. Αναλύοντας την συνισταμένη δύναμη αυτού του πεδίου, η συνιστώσα που είναι παράλληλη ως προς το έδαφος, είναι η δύναμη η οποία αποτρέπει την ολίσθηση του ελαστικού.[7] Η υστέρηση αποτελεί παράγοντα μεγάλης σημασίας για την δημιουργία δυνάμεων σε κάθε είδους επιφάνεια οδοστρώματος και κυρίως σε βρεγμένη όπου ο μηχανισμός της προσκόλλησης δεν αποδίδει.



Σχήμα 1.3: Μηχανισμός Υστέρησης

Στο παρακάτω Σχήμα 1.4 παρουσιάζεται η σημασία της προσκόλλησης και της υστέρησης ανάλογα με την τραχύτητα του οδοστρώματος.



Σχήμα 1.4: Σχέση Μηχανισμού Προσκόλλησης και Υστέρησης Ανάλογα με την Τραχύτητα του Οδοστρώματος

Ο μηχανισμός του ιξώδους, παρατηρείται μόνο σε περίπτωση όπου η επιφάνεια του οδοστρώματος είναι υγρή. Μεταξύ του πέλματος του ελαστικού και του οδοστρώματος «εγκλωβίζεται» ρευστό (νερό κυρίως). Το ιξώδες του ρευστού είναι ένα μέτρο της αντίστασης που αυτό παρουσιάζει στη σταδιακή παραμόρφωσή του μετά από διατμητική ή εντατική τάση. Έτσι, το υγρό δημιουργεί δυνάμεις λόγω της αντίστασης αυτής. Το ιξώδες έχει μεγάλη σημασία σε οδόστρωμα με πάγο αφού αποτελεί τον μόνο μηχανισμό που δημιουργεί δυνάμεις μεταξύ πέλματος και οδοστρώματος. [6]

Η αλληλοσύμπλεξη, εξαρτάται από την τραχύτητα κάθε επιφάνειας και στη δική μας περίπτωση την τραχύτητα του οδοστρώματος και του ελαστικού. Οι δυνάμεις που

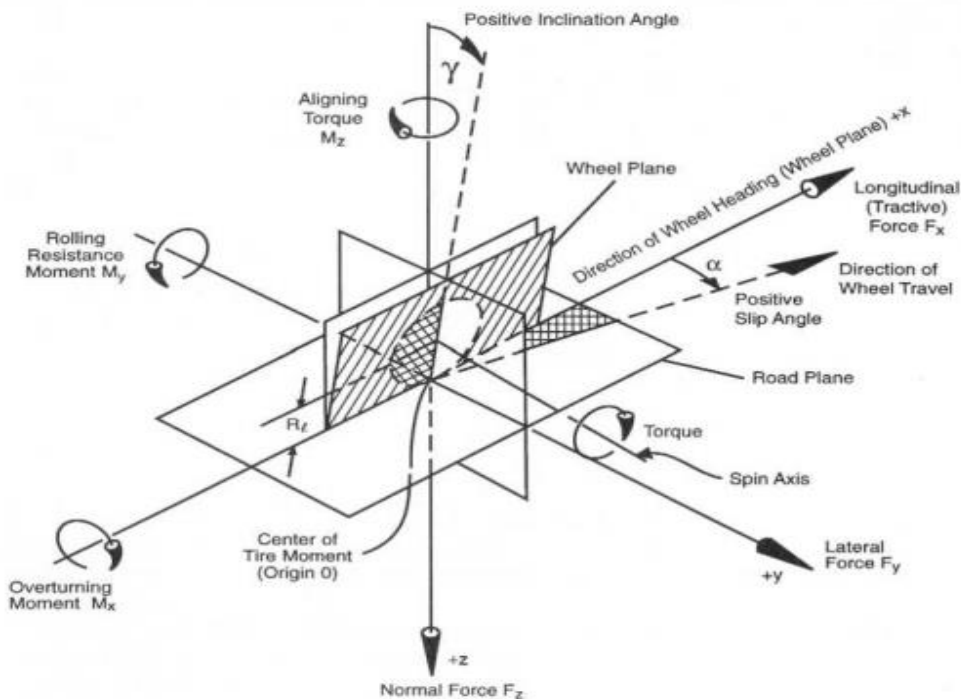
Κεφάλαιο 1

δημιουργούνται εξαιτίας αυτού του μηχανισμού είναι αποτέλεσμα της τριβής σύμφωνα με τη θεωρία του Coulomb. Σύμφωνα με αυτή, η τριβή εξαρτάται κυρίως από την τραχύτητα των επιφανειών. Ωστόσο οι δυνάμεις αυτές είναι σημαντικές κατά την εκκίνηση κύλισης του ελαστικού. Για τον κυλιόμενο ελαστικοφόρο τροχό είναι πολύ μικρές και ο ρόλος τους δεν είναι σημαντικός.

Οι μηχανισμοί που αναλύθηκαν παραπάνω δημιουργούν τις δυνάμεις και τις ροπές που δημιουργούν αυτές, οι οποίες είναι:

- Δυνάμεις
 - F_x : Διαμήκης δύναμη (Longitudinal or Tractive force)
 - F_y : Εγκάρσια δύναμη (Lateral Force)
 - F_z : Κάθετη δύναμη ή φορτίο (Normal force or Vertical load)
- Ροπές
 - M_x : Ροπή ανατροπής
 - M_y : Ροπή αντίστασης κύλισης
 - M_z : Ροπή ευθυγράμμισης

Το σύστημα αξόνων στο οποίο ασκούνται οι δυνάμεις αυτές παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.5. Μηδενικό σημείο του συστήματος θεωρείται το κέντρο του πέλματος του ελαστικού που έρχεται σε επαφή με το οδόστρωμα. Όλα οι δυνάμεις και οι ροπές που απεικονίζονται στο Σχήμα 1.5 αναλύονται εκτενώς στις ακόλουθες ενότητες.



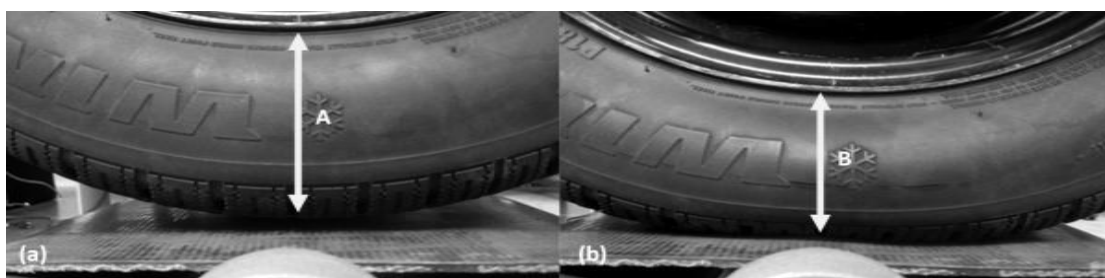
Σχήμα 1.5: Δυνάμεις & Ροπές που Αναπτύσσονται στο Ελαστικό

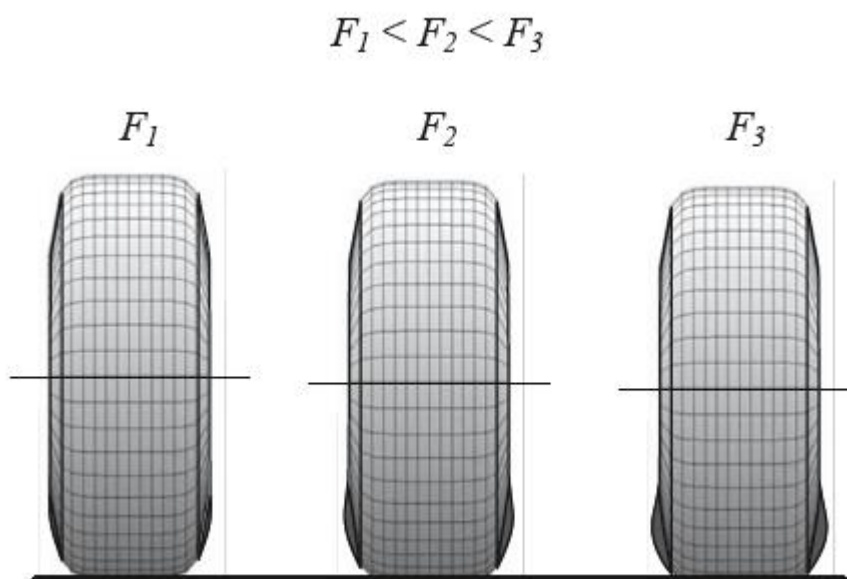
1.4.1.1 Κάθετο φορτίο ή Κάθετη Δύναμη (Normal force or Vertical load)

Ως κάθετη δύναμη ή κάθετο φορτίο ορίζεται η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται κάθετα στο έδαφος. Στη μελέτη ενός αγωνιστικού μονοθέσιου το κάθετο φορτίο δημιουργείται από το βάρος του μονοθέσιου συμπεριλαμβανομένου το βάρος του οδηγού και τη κάθετη συνιστώσα της δύναμης που παράγεται από το αεροδυναμικό πακέτο του οχήματος (downforce). Παράλληλα, κατά τη μελέτη του ελαστικού, θα πρέπει να ληφθούν οι διακυμάνσεις του μέτρου της κάθετης δύναμης. Αυτό προτείνεται καθώς σε ένα όχημα υπό κεντρομόλο επιτάχυνση, λόγω του ύψους του κέντρου βάρους του από το έδαφος παρατηρείται το φαινόμενο της μεταφοράς βάρους από τους εσωτερικούς τροχούς ως προς την καμπή που διανύεται, δηλαδή, προς τους εξωτερικούς τροχούς. Όμως, και στατικά, ακόμη, το κάθετο φορτίο μπορεί να διαφέρει μεταξύ των τροχών, ανάλογα με την κατανομή βάρους με την οποία έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί το όχημα. Συνήθως, στη συγκεκριμένη περίπτωση του αγωνιστικού μονοθεσίου για αγώνες Formula Student, παρατηρούνται διαφορές στα φορτία μεταξύ εμπρόςθιων και οπίσθιων τροχών και όχι μεταξύ δεξιών και αριστερών.

Το κάθετο φορτίο αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα στη μελέτη ενός ελαστικού, αφού από αυτό εξαρτώνται οι δυνάμεις που μπορεί να δεχθεί πριν ολισθήσει. Αυτό συμβαίνει διότι όσο αυξάνεται το κάθετο φορτίο τόσο αυξάνεται η επιφάνεια επαφής μεταξύ πέλματος ελαστικού και οδοστρώματος (contact patch), το οποίο επηρεάζει όλες τις δυνάμεις και τις ροπές που δημιουργούνται, αφού ασκούνται στη συγκεκριμένη επιφάνεια.[3]

Στο σημείο αυτό, αξίζει να αναλυθεί τι είναι ακριβώς η επιφάνεια επαφής πέλματος ελαστικού και οδοστρώματος. Λόγω της παραμορφωσιμότητας του ελαστικού όταν δέχεται κάποια δύναμη, δεν έρχεται σε επαφή με το οδόστρωμα σε ένα μοναδικό σημείο αλλά σε πολλά, που καλύπτουν μία επιφάνεια. Με εφαρμογή μεγαλύτερου κάθετου φορτίου, η παραμόρφωση του ελαστικού αυξάνεται και κατά συνέπεια αυξάνεται η επιφάνεια επαφής ελαστικού – οδοστρώματος, άρα το ελαστικό αυτό «πατάει» περισσότερο στο οδόστρωμα (Σχήμα 1.6).





Σχήμα 1.6: Μεταβολή της Επιφάνειας Διεπαφής Ελαστικού-Οδοστρώματος με Μεταβολή του Κάθετου Φορτίου

Συνεπώς, κατά την μελέτη ενός ελαστικού δεν πρέπει να μελετάται μόνο ένα κάθετο φορτίο αλλά και φορτία γύρω από το στατικό, τόσο μικρότερα όσο και μεγαλύτερα. Έτσι, στη μελέτη θα εξετάζονται όλα τα φορτία που παίρνει το ελαστικό δυναμικά, δηλαδή κατά τη κύλιση του.

1.4.1.2 Εγκάρσια δύναμη (Lateral Force)

Η εγκάρσια δύναμη, αποτελεί τη δύναμη που ασκείται στο ελαστικό σε κατάσταση στροφής. Ουσιαστικά, είναι η δύναμη που ασκείται στο ελαστικό ως αντίδραση της δύναμης που εφαρμόζεται στον ελαστικοφόρο τροχό μέσω του τιμονιού και της ανάρτησης. Σε οχήματα χωρίς υποβοήθηση στο τιμόνι, η δύναμη που πρέπει να καταβάλει ο οδηγός προκειμένου να στρίψει το τιμόνι, είναι ίση με την εγκάρσια δύναμη του ελαστικού, ούτως ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή κατεύθυνση.

Ωστόσο, το όχημα έχει την τάση να αντιστέκεται στην αλλαγή κατεύθυνσης λόγω της πρόσφυσης, που αναλύθηκε, μεταξύ πέλματος και οδοστρώματος και λόγω της αδρανειακής του τάσης. Έτσι, το ελαστικό παραμορφώνεται κατά κύριο λόγο καμπτικά εξαιτίας της άσκησης εγκάρσιας δύναμης, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.1.



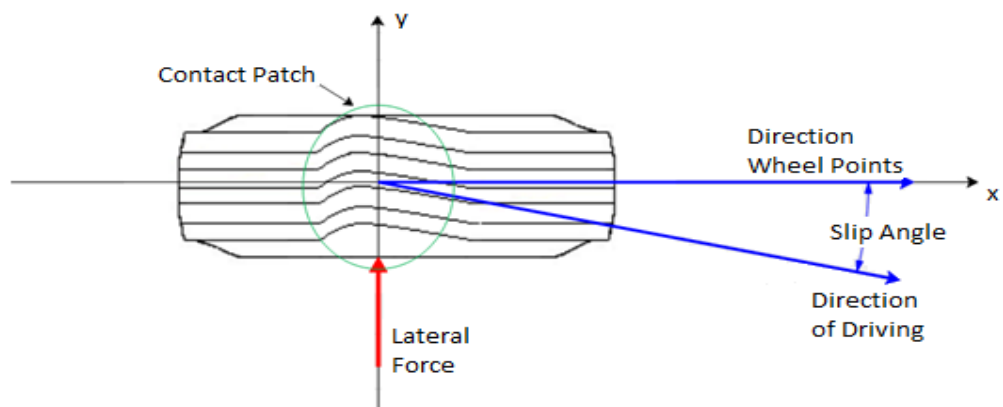
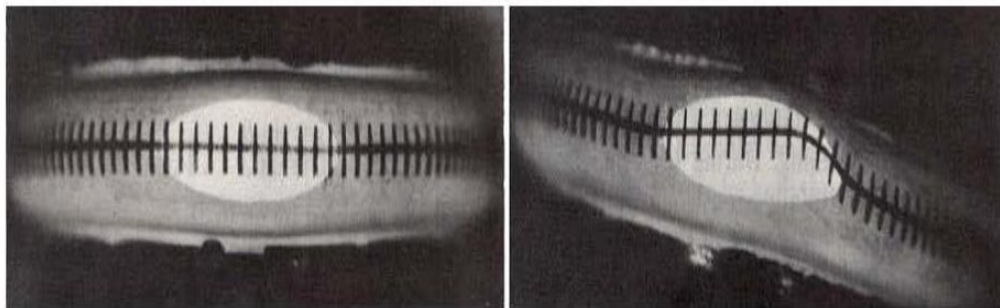
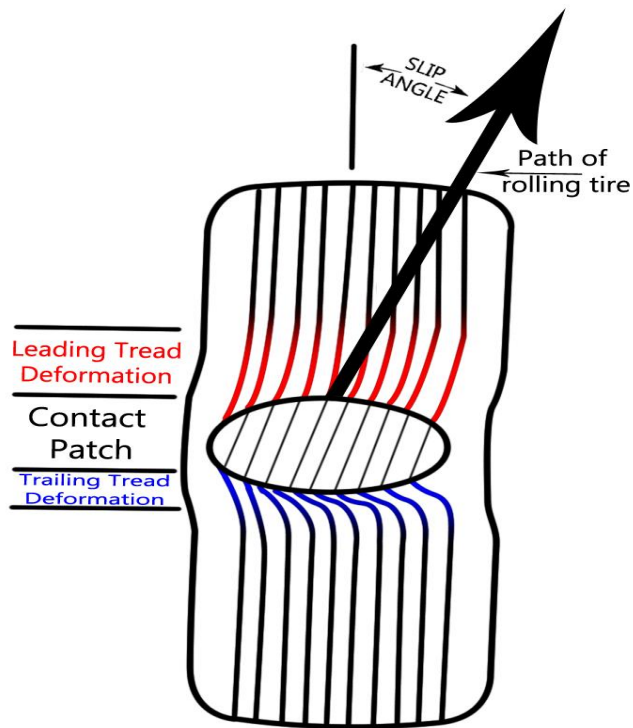
Εικόνα 1.1: Στιγμιότυπο από Δοκιμή που Απεικονίζει τη Γωνία Ολίσθησης

Η παραμόρφωση κατά κύριο λόγο γίνεται στο πέλημα του ελαστικού, όμως λόγω της συνεχούς ανανέωσης των σωματιδίων του ελαστικού, όταν αυτό κυλιέται, το πεδίο παραμόρφωσης επεκτείνεται και επηρεάζει και άλλα σωματίδια. Λόγω αυτού του διευρυμένου πεδίου παραμόρφωσης δημιουργείται μία γωνία μεταξύ του διανύσματος της γραμμικής ταχύτητας του τροχού και της κατεύθυνσης στην οποία είναι προσανατολισμένο («κοιτάει»). Σχηματική αναπαράσταση της γωνίας αυτής πάνω στο πέλημα του ελαστικού, απεικονίζεται στην Σχήμα 1.7, ενώ ονομάζεται γωνία ολίσθησης (Slip Angle) και συμβολίζεται είτε με το γράμμα α είτε με το αρκτικόλεξο SA από το αγγλικό όνομα της γωνίας.[3]

Η γωνία ολίσθησης αυξάνεται όσο αυξάνεται το πεδίο παραμόρφωσης στο πέλημα του ελαστικού και κατά επέκταση όσο αυξάνεται η εγκάρσια δύναμη.

Στο σημείο αυτό να τονιστεί ότι με τον όρο «ολίσθηση» δεν νοείται το «γλίστρημα» του πέλματος αλλά αναφερόμαστε στην ελαστική παραμόρφωση των σωματιδίων που αποτελούν το πέλημα του ελαστικού. «Γλίστρημα» στο πέλημα του ελαστικού, δηλαδή απώλεια της πρόσφυσης, συμβαίνει σταδιακά όταν ξεπεραστεί η γωνία ολίσθησης για την οποία εμφανίζεται η μέγιστη τιμή της εγκάρσιας δύναμης για ένα συνδυασμό συγκεκριμένου φορτίου, πίεσης και γωνίας Camber.

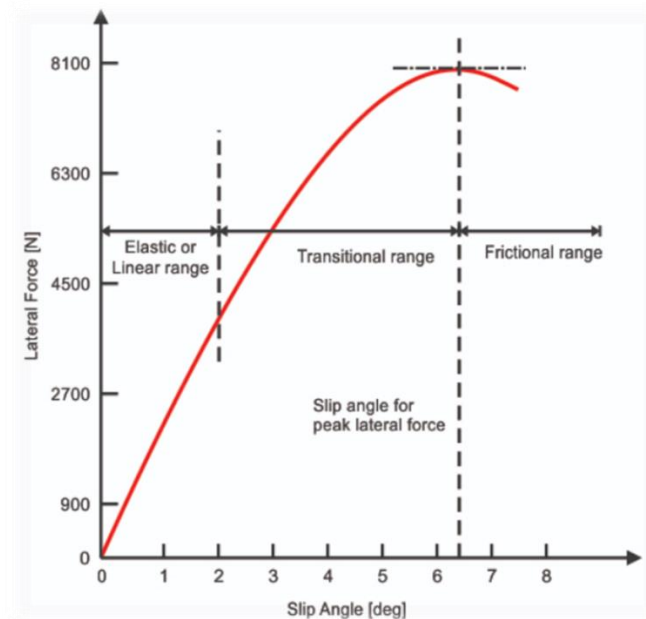
Εύκολα, λοιπόν, καταλαβαίνουμε ότι όσο μεγαλύτερο είναι η επιφάνεια επαφής μεταξύ οδοστρώματος και πέλματος ελαστικού τόσο μεγαλύτερες εγκάρσιες δυνάμεις μπορεί αυτό να παράξει. Επομένως, λαμβάνοντας υπόψιν τα όσα αναλύθηκαν σε προηγούμενες ενότητες, μεγάλες τιμές εγκάρσιας δύναμης εντοπίζουμε με το μέγιστο δυνατό κάθετο φορτίο, μηδενική γωνία Camber και μικρή πίεση.[4]



Σχήμα 1.7: Σχηματική Απεικόνιση Γωνίας Ολίσθησης

Συνεπώς, για τη σχέση της εγκάρσιας δύναμης σε σχέση με τη γωνία ολίσθησης, υπάρχουν τρεις περιοχές συμπεριφοράς του ελαστικού αναφορικά με την πρόσφυσή του[1]. Αναλυτικά είναι η ελαστική ή γραμμική, η μεταβατική και η περιοχή τριβής. Η μορφή του διαγράμματος δύναμης – γωνίας ολίσθησης για δεδομένο συνδυασμό πίεσης, γωνίας Camber και κάθετου

φορτίου με εμφανή διαχωρισμό μεταξύ των παραπάνω περιοχών, απεικονίζεται στο Διαγραμμα 1.1.



Διάγραμμα 1.1: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης με Διαχωρισμό των Περιοχών Δυναμικής Συμπεριφοράς του Ελαστικού

Στην ελαστική περιοχή, η γωνία ολίσθησης αυξάνεται γραμμικά με την εγκάρσια δύναμη. Η σταθερά της αναλογικότητας, δηλαδή η κλίση της καμπύλης, ονομάζεται στροφική ακαμψία του C_a (Cornering Stiffness), μέγεθος σημαντικό για την ανάλυση της δυναμικής συμπεριφοράς ενός ελαστικού και ενός οχήματος. Στην περιοχή αυτή ισχύει η σχέση:

$$F_y = C_a \cdot SA$$

Στη μεταβατική περιοχή, δεν παρατηρείται γραμμικότητα μεταξύ εγκάρσιας δύναμης και γωνίας ολίσθησης και έτσι η δυνατότητα του ελαστικού στη δημιουργία εγκάρσιας δύναμης μειώνεται. Στο τέλος αυτής της περιοχής η δύναμη φτάνει στην μέγιστη τιμή της. Για ελαστικά που χρησιμοποιούνται σε συμβατικά επιβατικά οχήματα η μέγιστη τιμή της εγκάρσιας δύναμης εντοπίζεται για γωνία ολίσθησης περίπου 6° .

Η περιοχή τριβής ξεκινά από τη μέγιστη τιμή πλευρικής δύναμης που μπορεί να παράξει ένα ελαστικό. Αυτή η τιμή της δύναμης ονομάζεται όριο πρόσφυσης. Μετά την επίτευξη αυτού του ορίου, η εγκάρσια δύναμη θα μειωθεί και αυτό θα μεταδοθεί στον οδηγό ως ελαφριά αίσθηση στο τιμόνι, υποδεικνύοντας ότι το όριο πρόσφυσης έχει ξεπεραστεί. Το σχήμα της καμπύλης καθορίζει τη συμπεριφορά του οχήματος σε κατάσταση υψηλής επιτάχυνσης και ορίου πρόσφυσης. Τα ελαστικά με υψηλότερες δυνατότητες πλευρικής δύναμης, δηλαδή όσα χρησιμοποιούνται σε αγωνιστικά οχήματα, όπως και τα ελαστικά τα οποία μελετώνται στην προκειμένη Διπλωματική Εργασία, έχουν απότομη κορυφή στην καμπύλη εγκάρσιας δύναμης-γωνίας ολίσθησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απότομη μετάβαση από την μεταβατική περιοχή στην περιοχή τριβής όπου υπάρχει ολίσθηση. Έτσι, η προειδοποίηση στον οδηγό είναι ελάχιστη και άρα τα αντανακλαστικά και η ικανότητα του τελευταίου να

«διαβάζει» την απώλεια πρόσφυσης μέσω του συστήματος διεύθυνσης παίζουν καθοριστικό ρόλο.

Όσον αφορά την επιρροή του κάθετου φορτίου στην εγκάρσια δύναμη, όπως αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα, αποτελεί τη σημαντικότερη παράμετρο. Έτσι, ορίζεται ένα μέγεθος αντίστοιχο του κλασσικού συντελεστή τριβής μ . Ο νέος αυτός συντελεστής αφορά μόνο τα ελαστικά και δεν είναι σταθερός αλλά επηρεάζεται από το κάθετο φορτίο. Ο συντελεστής τριβής που αρκετές φορές αποκαλείται κανονικοποιημένη εγκάρσια δύναμη υπολογίζεται από την σχέση:

$$NFY = \mu_y = \frac{F_y}{F_z}$$

Επομένως, ο συντελεστής μειώνεται με αύξηση του κάθετου φορτίου που δέχεται το ελαστικό. Η καμπύλη του συντελεστή τριβής με τη γωνία ολίσθησης έχει την ίδια μορφή με την καμπύλη εγκάρσιας δύναμης- γωνίας ολίσθησης.

Συμπερασματικά, η εγκάρσια δύναμη αποτελεί σημαντικότερο μέγεθος για τη επιλογή κατάλληλου ελαστικού και για τη δυναμική μελέτη του οχήματος λόγω του ότι από αυτή κρίνεται η ομαλή πορεία του οχήματος σε στροφή.

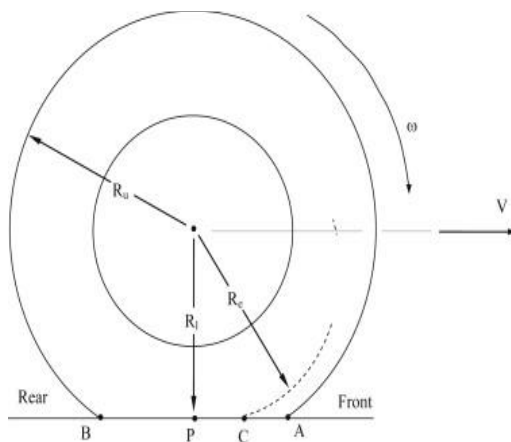
1.4.1.3 Διαμήκης δύναμη (Longitudinal or Tractive force)

Η διαμήκης ή ελκτική δύναμη είναι η δύναμη που ασκείται το ελαστικό σε κατάσταση πέδησης ή επιτάχυνσης. Η δύναμη αυτή οφείλεται στην στρεπτική ροπή που φτάνει στους τροχούς μέσω του συστήματος μετάδοσης, ενώ η δημιουργία της οφείλεται στους μηχανισμούς που αναλύθηκαν παραπάνω. Σε αντίθεση με την εγκάρσια δύναμη, εδώ το ελαστικό δέχεται περιφερειακή στρεπτική παραμόρφωση, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 1.2, και όχι πλευρική κάμψη και στρέψη. Εξαιτίας της παραμόρφωσης αυτής, παρατηρείται μια διαφορά μεταξύ της γωνιακής ταχύτητας του τροχού και της ταχύτητας του οχήματος. Πιο αναλυτικά, το ελαστικό «προσκολλάτε» στο οδόστρωμα γύρω από την περιοχή του πέλματος εξαιτίας της ροπής που εφαρμόζεται σε αυτό και έτσι η περιφερειακή ταχύτητα των σωματιδίων του ελαστικού στην περιοχή παραμόρφωσης παρουσιάζει διαφορά σε σχέση με την ταχύτητα του οχήματος. Η διαφορά αυτή ονομάζεται λόγος ολίσθησης (slip ratio) και μετράται σε ποσοστό. Να σημειωθεί πως ο λόγος ολίσθησης δεν εκφράζει κάποιο «γλίστρημα» μεταξύ πέλματος ελαστικού και οδοστρώματος αλλά την διαφορά των ταχυτήτων λόγω παραμορφώσεων.



Εικόνα 1.2: Οπτικοποίηση Λόγου Ολίσθησης από Αγώνες Επιτάχυνσης (Drag Race)

Στο σημείο αυτό, προκειμένου να κατανοηθεί καλύτερα η έννοια του λόγου ολίσθησης, αξίζει να αναλύσουμε τις ακτίνες που ορίζονται σε έναν ελαστικοφόρο τροχό. Ας υποθέσουμε ένα ελαστικοφόρο τροχό ονομαστικής ακτίνας R , σαν αυτό που απεικονίζεται στο Σχήμα 1.8. Παρατηρώντας καλύτερα, διαπιστώνουμε ότι η υπόθεση της ακτίνας μέτρου R δεν ισχύει σε όλη την περιφέρεια του τροχού. Η αιτία αυτού αποτελεί το γεγονός πως ο ελαστικοφόρος τροχός δεν είναι απαραμόρφωτος, αφού, όπως ήδη αναφέρθηκε, το ελαστικό παραμορφώνεται ακόμα και με την επίδραση του βάρους του.



Σχήμα 1.8: Ακτίνες που Παρατηρούνται στον Ελαστικοφόρο Τροχό

Οι ακτίνες του ελαστικοφόρου που απεικονίζονται είναι οι εξής:

- **Ακτίνα άφορτου, R_u :** που είναι η ακτίνα του ελαστικού όταν δεν ασκείται σε αυτό κανένα φορτίο, δηλαδή όταν δεν είναι σε επαφή με το έδαφος.
- **Ενεργός ακτίνα, R_e :** που είναι η ακτίνα του ελαστικού όταν περιστρέφεται χωρίς ασκούμενη ροπή σε αυτόν. Υπολογίζεται από το λόγο της οριζόντιας συνιστώσας της ταχύτητας προς τη γωνιακή ταχύτητα του τροχού.
- **Ακτίνα έμφορτου, R_i :** που είναι η ακτίνα του ελαστικού όταν εφαρμόζεται σε αυτό κάποιο φορτίο. Η ακτίνα αυτή αλλάζει ανάλογα με τη κάθετο φορτίο που δέχεται ο τροχός όταν κινείται το όχημα.

Κεφάλαιο 1

Για τις ακτίνες αυτές ισχύει πάντα η εξής σχέση:

$$R_u > R_e > R_l$$

Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη την παραπάνω ανάλυση ακτινών, ο λόγος ολίσθησης προκύπτει από τη σχέση:

$$SR = \frac{V_x - \Omega \cdot R_l}{\Omega \cdot R_l} \quad [\%]$$

Στη σχέση που προτείνεται για το λόγο ολίσθησης από τον οργανισμό SAE, δεν χρησιμοποιείται η ακτίνα έμφορτου αλλά η ενεργός ακτίνα.[2]

Προφανώς, σε ροπή επιτάχυνσης, ο λόγος ολίσθησης είναι θετικός, καθώς ο τροχός περιστρέφεται ελαστικά, πιο γρήγορα από την ταχύτητα του οχήματος, ενώ σε ροπή επιβράδυνσης, αρνητικός, καθώς ο τροχός περιστρέφεται ελαστικά, πιο αργά σε σχέση με την ταχύτητα του οχήματος.

Το διάγραμμα διαμήκους δύναμης σε σχέση με τον λόγο ολίσθησης έχει την ίδια μορφή με το διάγραμμα εγκάρσιας δύναμης-γωνίας ολίσθησης. Δηλαδή και εδώ, χωρίζεται στην ελαστική ή γραμμική, τη μεταβατική και την περιοχή τριβής όπου ισχύουν τα εξής:

- **Ελαστική ή γραμμική περιοχή:** στην περιοχή αυτή η διαμήκης δύναμη είναι ανάλογη με τον λόγο ολίσθησης, ενώ η σταθερά αναλογικότητα (κλίση της καμπύλης) εκφράζει τη διαμήκη δυσκαμψία του ελαστικού
- **Μεταβατική περιοχή:** δεν παρατηρείται γραμμικότητα μεταξύ διαμήκους δύναμης και λόγου ολίσθησης, ενώ στο τέλος της περιοχής αυτής η δύναμη φτάνει στην μέγιστη τιμή της.
- **Περιοχή τριβής:** αρχίζει να χάνεται η πρόσφυση του ελαστικού με το οδόστρωμα. Η συμπεριφορά του οχήματος στην περιοχή αυτή εξαρτάται από τη μορφή της καμπύλης.

Όπως με την εγκάρσια δύναμη, ο συντελεστής τριβής που ορίζεται εδώ, δεν είναι σταθερός και αλλάζει ανάλογα με το κάθετο φορτίο. Η σχέση υπολογισμού του είναι:

$$NFX = \mu_x = \frac{F_x}{F_z}$$

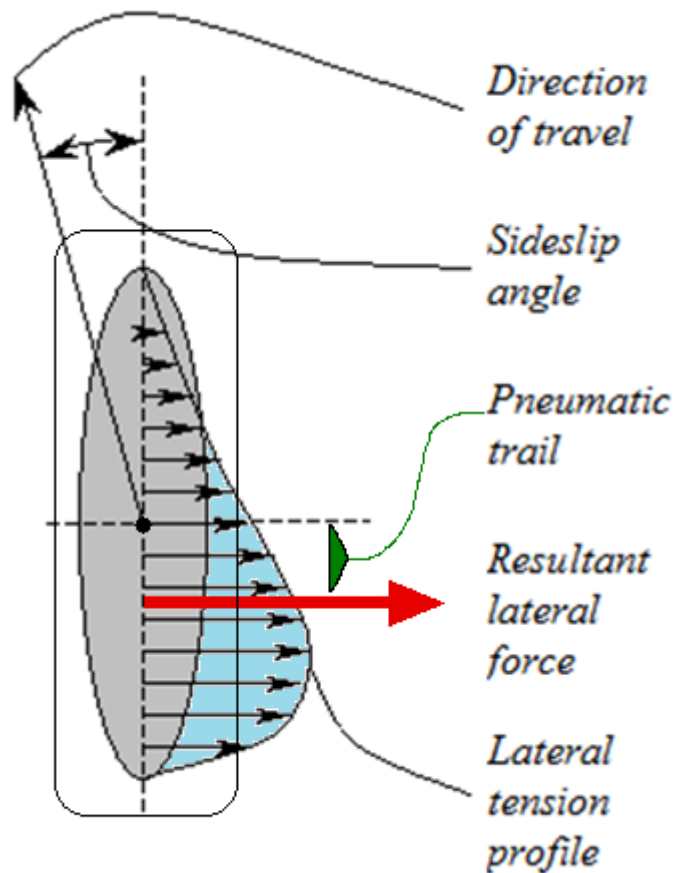
, ενώ τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες της κανονικοποιημένης διαμήκους δύναμης είναι ίδια.

Η σημασία της διαμήκους δύναμης είναι εφάμιλλη με αυτή της εγκάρσιας δύναμης καθώς από αυτή εξαρτάται το αν θα ακινητοποιηθεί το όχημα κατά την πέδηση χωρίς να χάσει την πρόσφυση με το οδόστρωμα και σε πόσο χρόνο θα συμβεί αυτό.

1.4.1.4 Ροπή ευθυγράμμισης (Aligning Torque)

Η ροπή ευθυγράμμισης περιγράφει την τάση ενός ελαστικού να περιστρέφεται γύρω από ένα κατακόρυφο άξονα ο οποίος διέρχεται από το κέντρο της επιφάνειας επαφής και να επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση σε κατάσταση στροφής, ενώ συμβολίζεται με M_z . Σε χαμηλές και μεσαίες γωνίες ολίσθησης το ελαστικό τείνει να ακολουθεί την κατεύθυνση

που «κοιτάει» με την κατεύθυνση που κατευθύνεται. Η ροπή αυτή εντοπίζεται και σε απλή κύλιση του ελαστικού αλλά παίρνει μεγάλες τιμές σε κατάσταση στροφής.



Σχήμα 1.9: Προφίλ Δυνάμεων στην Επαφάνεια Επαφής Πέλματος Ελαστικού - Οδοστρώματος

Προκειμένου να γίνει πιο εύκολα κατανοητή η έννοια της ροπής ευθυγράμμισης, ας υποθέσουμε ένα κυλιόμενο ελαστικό. Το προφίλ της εγκάρσιας δύναμης στην επιφάνεια επαφής απεικονίζεται στο Σχήμα 1.9. Εύκολα παρατηρούμε την ανισοκατανομή του πεδίου και επομένως η συνισταμένη δύναμη του πεδίου αυτού δεν ασκείται ακριβώς στον κατακόρυφο άξονα. Έτσι, λόγω αυτής της απόστασης που ασκείται η δύναμη, ο κατακόρυφος άξονας γίνεται μοχλοβραχίονας αυτής και δημιουργείται η ροπή ευθυγράμμισης. Αυτό μαθηματικά μέσα από τη σχέση εκφράζεται ως:

$$M_z = e_T \cdot F_y$$

,ενώ η απόσταση e_T από τον άξονα z αποκαλείται πνευματικό ίχνος (pneumatic trail).

Το πνευματικό ίχνος μας δείχνει πως συμπεριφέρεται το ελαστικό όταν κυλιέται, περιγράφοντας, ουσιαστικά, τη μορφή του πεδίου άσκησης εγκάρσιας δύναμης κατά τη διάρκεια μιας στροφής.

Η μορφή του πέλματος του ελαστικού όσον αφορά τις αυλακώσεις, το μέγεθος των ελαστικών, η κατασκευή ελαστικών, το βάρος του οχήματος, οι επιφάνειες του δρόμου και η

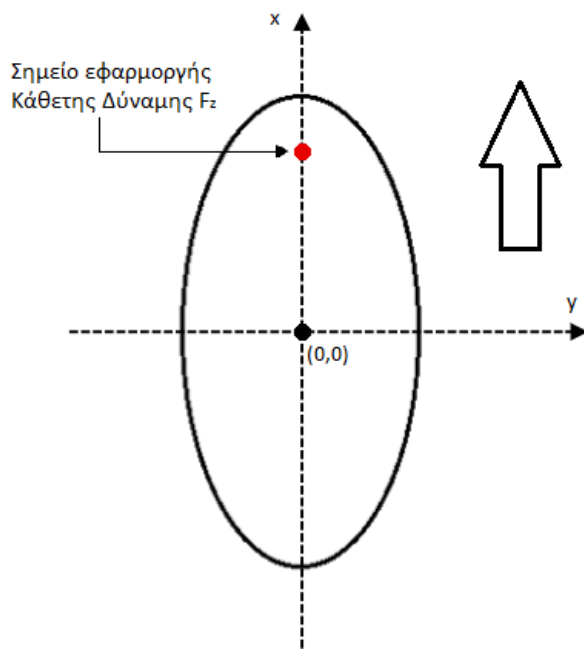
ταχύτητα μπορούν να επηρεάσουν το πνευματικό ίχνος. Ωστόσο μεγαλύτερη επίδραση και εδώ όπως και στις δυνάμεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως, έχει η πίεση, το κάθετο φορτίο και γωνία Camber. Τέλος, το πνευματικό ίχνος σε ορισμένα ελαστικά μπορεί να οδηγήσει σε υπερστροφή ή σε υποστροφή. [3]

Από την πλευρά του οδηγού, η ροπή ευθυγράμμισης αποτελεί ανάδραση για το πότε χάνεται η πρόσφυση σε μια στροφή. Συγκεκριμένα, συγκρίνοντας την καμπύλη ροπής ευθυγράμμισης - γωνίας ολίσθησης και την καμπύλη εγκάρσιας δύναμης - γωνίας ολίσθησης, παρατηρούμε πως η μέγιστη τιμή της ροπής ευθυγράμμισης εμφανίζεται για μικρότερες γωνίες ολίσθησης σε σχέση με τη μέγιστη τιμή της εγκάρσιας δύναμης. Η διαφορά αυτή σχετίζεται με την κατασκευή και τη χρήση των ελαστικών.[10] Για παράδειγμα, σε ελαστικά που προορίζονται για αγωνιστική χρήση, όπως αυτά που μελετώνται στη προκειμένη Διπλωματική Εργασία, η διαφορά κυμαίνεται από 3° έως 6° γωνίας ολίσθησης. Έτσι όταν υπερβαίνεται η μέγιστη τιμή της ροπής, ο οδηγός αισθάνεται το τιμόνι πιο «ελαφρύ» με αποτέλεσμα οι έμπειροι οδηγοί να καταλαβαίνουν ότι έχουν ένα μικρό περιθώριο ακόμη πριν χαθεί η πρόσφυση με το οδόστρωμα.

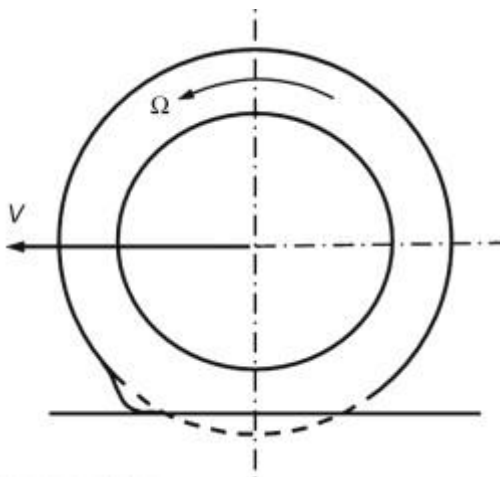
1.4.1.5 Ροπή αντίστασης κύλισης (Rolling Resistance Moment)

Η ροπή αντίστασης κύλισης, είναι η ροπή που αντιστέκεται στην κύλιση του ελαστικοφόρου τροχού. Αποτελεί τη ροπή που απαιτείται να εφαρμόζεται στους τροχούς μέσω του συστήματος μετάδοσης, προκειμένου να κυλίεται ο ελαστικοφόρος τροχός με σταθερή ταχύτητα. Δηλαδή, η ροπή είναι η προσπάθεια που απαιτείται για να κυλίεται ένα ελαστικό.

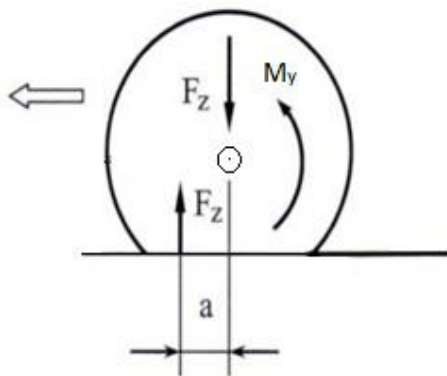
Ο τρόπος που δημιουργείται η συγκεκριμένη ροπή είναι παρόμοια με τον τρόπο δημιουργίας της ροπής ευθυγράμμισης. Συγκεκριμένα, οφείλεται στο ότι η κάθετη δύναμη δεν εφαρμόζεται στην αρχή των αξόνων αλλά σε μικρή απόσταση από αυτή. Προκειμένου να γίνει πιο εύκολα κατανοητό, ας υποθέσουμε την επιφάνεια επαφής του ελαστικού, όπου στη μέση αυτού βρίσκεται το σημείο αρχής των αξόνων. Επειδή το ελαστικό δεν είναι απαραμόρφωτο και η κάθετη δύναμη δεν ασκείται στη σημείο της αρχής των αξόνων, δημιουργείται ροπή με μοχλοβραχίονα το άκρο της επιφάνειας επαφής προς την πλευρά στην οποία κατευθύνεται. Η κάτοψη της επιφάνειας επαφής απεικονίζεται στο Σχήμα 1.10, ενώ η οι δυνάμεις και οι ροπές που ασκούνται στο Σχήμα 1.12.



Σχήμα 1.10: Κάτοψη Επιφάνειας Επαφής



Σχήμα 1.11: Προφίλ Ελαστικού και ο Λόγος Δημιουργίας της Ροπής Αντίστασης Κύλισης



Σχήμα 1.12: Άσκηση Κάθετης Δύναμης και Ροπής Αντίστασης Κύλισης στο Ελαστικό

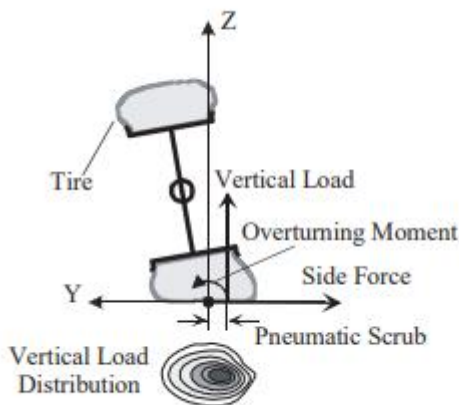
,όπου F_z η κάθετη δύναμη και a η απόσταση του σημείου εφαρμογής της αντίδρασης της κάθετης δύναμης από το σημείο αρχής των αξόνων.

Η ροπή αντίστασης κύλισης, αποτελεί τον συνηθέστερο τρόπο για να περιγράφονται απώλειες ενέργειας που σχετίζονται με τα ελαστικά. Για ένα ελαστικό που κυλιέται σε μια επίπεδη επιφάνεια χωρίς παραμόρφωση δεν θα υπήρχε αντίσταση. Ο κύριος λόγος δημιουργίας της ροπής αντίστασης κύλισης είναι ο μηχανισμός της υστέρησης. Για αυτό και σε επιφάνειες με πάγο ή χιόνι δεν δημιουργείται.

Ακόμη, η ροπή αντίστασης κύλισης αυξάνεται με τη γωνία ολίσθησης. Έτσι, αν δεν εφαρμοστεί ισχύς κατά τη διάρκεια μιας στροφής, το όχημα θα επιβραδυνθεί, σαν να ενεργοποιούνταν από τον οδηγό το σύστημα πέδησης. Η χρήση υψηλών γωνιών ολίσθησης για την επιβράδυνση του οχήματος αποτελεί τεχνική που χρησιμοποιείται από επαγγελματίες οδηγούς αγώνων ταχύτητας. Δηλαδή η ροπή επιτρέπει στον οδηγό να επιβραδύνει χωρίς να χρησιμοποιεί πραγματικά το σύστημα πέδησης αλλά δημιουργώντας εκούσια συνθήκες απότομης στροφής μια γωνία, προκειμένου να αναπτυχθούν υψηλές τιμές γωνίας ολίσθησης.

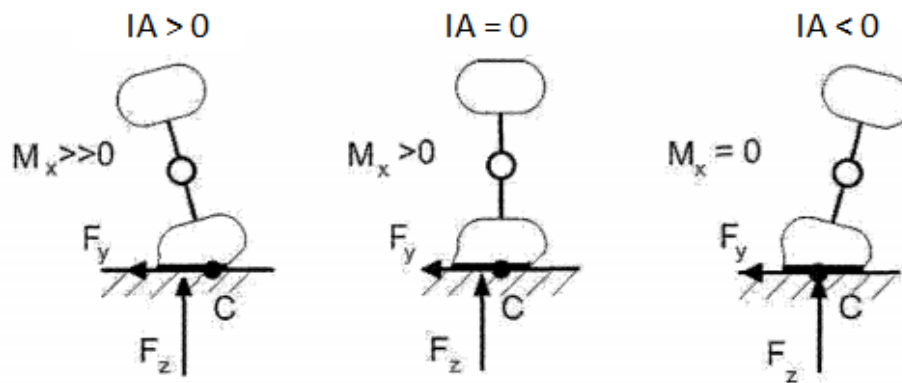
1.4.1.6 Ροπή ανατροπής (Overturning Moment)

Η ροπή ανατροπής είναι η ροπή που εφαρμόζεται γύρω από τον διαμήκη άξονα. Η αιτία δημιουργίας αυτής της ροπής είναι η εγκάρσια μετατόπιση του σημείου που εφαρμόζεται το κάθετο φορτίο κατά τη στροφή, όπως φαίνεται ακριβώς απεικονίζεται στο Σχήμα 1.13. Σε κατάσταση στροφής, όπως εξηγήσαμε, η επιφάνεια επαφής του ελαστικού με το οδόστρωμα είτε αυξάνεται είτε μειώνεται, αναλόγως τις ρυθμίσεις που έχουν επιλεγεί. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σημείο άσκησης της κατακόρυφης δύναμης, να αλλάζει από τη μέση της επιφάνειας επαφής και να μετατοπίζεται πάνω στον εγκάρσιο άξονα y . Η μετατόπιση αυτή ονομάζεται pneumatic scrub και δημιουργεί τη ροπή με μοχλοβραχίονα το άκρο της επιφάνειας επαφής.



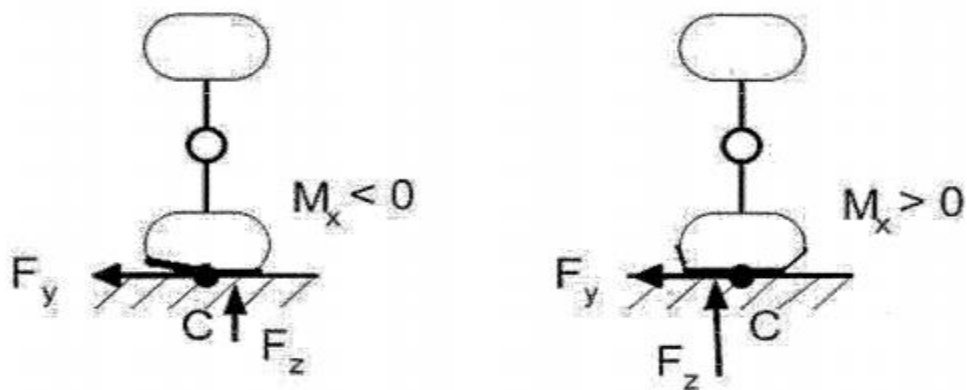
Σχήμα 1.13: Άσκηση Ροπής Ανατροπής στο Ελαστικό

Οι αλλαγές της γωνίας κλίσης έχουν σημαντική επίδραση στη ροπή ανατροπής. Οι θετικές γωνίες κλίσης αυξάνουν τις τιμές της ροπής και οι αρνητικές γωνίες κλίσης τις μειώνουν. Αυτή η εναλλαγή στις τιμές οφείλεται στη μετατόπιση του σημείου επαφής (C) που καθορίζει το pneumatic scrub (και επομένως τη ροπή ανατροπής). Τα χαρακτηριστικά με τις επιδράσεις γωνίας κλίσης απεικονίζονται στην Σχήμα 1.14. [8][9]



Σχήμα 1.14: Ροπή Ανατροπής σε Σχέση με Διάφορες Γωνίες Camber

Ακόμη, η ροπή ανατροπής αλλάζει για διάφορες τιμές του κάθετου φορτίου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι για μικρές τιμές κάθετου φορτίου χρησιμοποιείται μόνο ένα μέρος της επιφάνειας επαφής του ελαστικού. Επομένως, το pneumatic scrub θα είναι σε αντίθετο σημείο σε σχέση με την πλευρική δύναμη και άρα η ροπή ανατροπής θα είναι αρνητική. Αντίθετα για μεγάλο κάθετο φορτίο, χρησιμοποιείται ολόκληρη η επιφάνεια επαφής. Οπότε το pneumatic scrub εντοπίζεται στην ίδια πλευρά, σε σχέση με το μέσον της επιφάνειας επαφής, που ασκείται και εγκάρσια δύναμη, με αποτέλεσμα η ροπή ανατροπής να γίνει θετική. Αυτό φαίνεται στην Σχήμα 1.15.



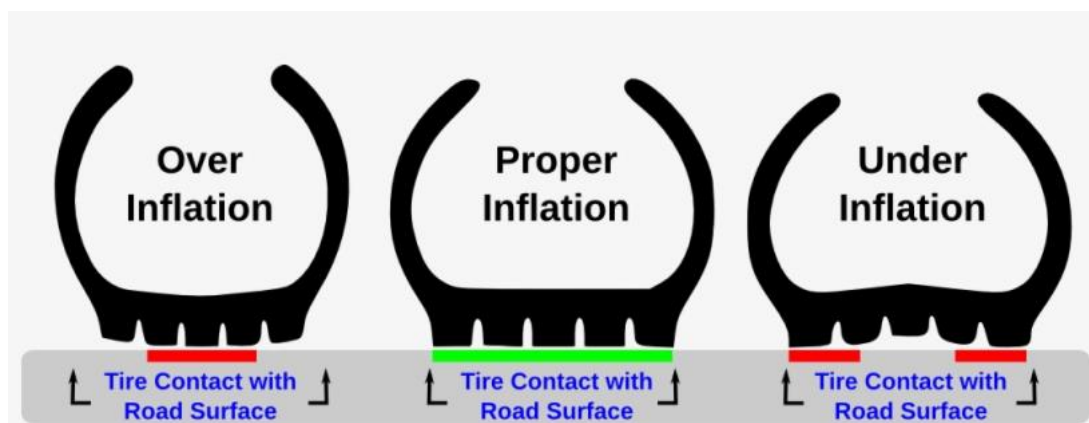
Σχήμα 1.15: Διαφορά Θετικής και Αρνητικής Ροπής Ανατροπής

1.4.2 Παράμετροι Ελαστικού

1.4.2.1 Πίεση Ελαστικού

Η πίεση στα ελαστικά αποτελεί παράγοντα μεγάλης σημασίας, καθώς ανάλογα με την πίεση του ελαστικού αλλάζουν αισθητά οι επιδόσεις του οχήματος όσον αφορά τη δυναμική του συμπεριφορά. Οι πιέσεις που είναι κατάλληλες για ένα κοινό ελαστικό, προτείνονται από τον κατασκευαστή του οχήματος. Ωστόσο, στη δική μας περίπτωση η κατάλληλη επιλογή της πίεσης των ελαστικών καθορίζεται, αρχικά, από τα πειραματικά δεδομένα που έχουμε στη διάθεσή μας και την ανάλυση αυτών. Στον αρχικό καθορισμό, επιλέγεται ένα εύρος τιμών πίεσης που σύμφωνα με την ανάλυση των δεδομένων θα αποδίδει σε μέγιστο βαθμό στην περίπτωση του οχήματός μας. Η τελική επιλογή των πιέσεων στα ελαστικά γίνεται κατά την περίοδο των δοκιμαστικών δοκιμών, όπου συγκρίνονται τόσο οι χρόνοι όσο και τα σχόλια του οδηγού, για διαφορετικές πιέσεις.

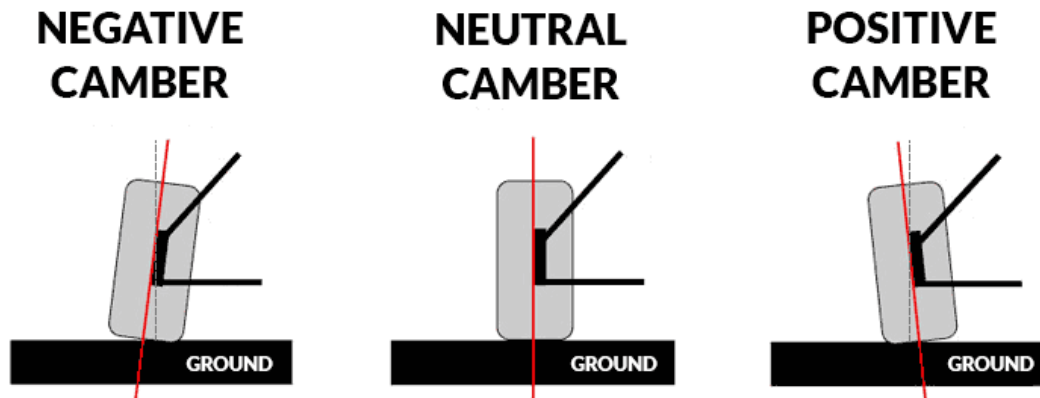
Αυτό που κάνει την πίεση τόσο σημαντική είναι οι αλλαγές στην επιφάνεια επαφής μεταξύ του πέλματος του ελαστικού και του οδοστρώματος. Η επιλογή μεγαλύτερης πίεσης στο ελαστικό οδηγεί σε μείωση της επιφάνειας επαφής, ενώ η μείωση της πίεσης σε αύξηση, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 1.16. Ταυτόχρονα, όσο η επιφάνεια επαφής του πέλματος του ελαστικού με το οδόστρωμα αυξάνεται, τόσο μεγαλύτερες δυνάμεις αναπτύσσονται. Συνεπώς, η επιλογή μικρότερης πίεσης σε ένα ελαστικό οδηγεί σε μεγαλύτερες τιμές εγκάρσιων και διαμηκών δυνάμεων και ροπών, ενώ μεγαλύτερες πιέσεις σε μικρότερες τιμές.



Σχήμα 1.16: Διαφορές στην Επιφάνεια Επαφής για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

1.4.2.2 Γωνία Κλίσης Τροχού (Γωνία Camber)

Η γωνία κλίσης του τροχού (γωνία Camber) είναι η γωνία που σχηματίζει ο τροχός με τον κάθετο ως προς τον δρόμο άξονα του. Σχηματικά η γωνία Camber απεικονίζεται στο Σχήμα 1.17.



Σχήμα 1.17: Διάταξη Αρνητικής, Μηδενικής και Θετικής Γωνίας Camber

Εάν ένας τροχός είναι απόλυτα κάθετος προς την επιφάνεια, η γωνία Camber θα είναι 0° . Η γωνία Camber περιγράφεται ως αρνητική όταν η κορυφή των ελαστικών αρχίζει να έχει κλίση προς τα μέσα, προς το εσωτερικό δηλαδή του θόλου του φτερού. Κατά συνέπεια, όταν η κορυφή των ελαστικών αρχίζει να γέρνει προς τα έξω από το όχημα θεωρείται θετική. Η γωνία Camber χρησιμοποιείται ακόμη στη σχεδίαση του συστήματος κατεύθυνσης και στο σχεδιασμό της ανάρτησης.

Η επιλογή μηδενικής γωνίας κλίσης τροχού αυξάνει την επιφάνεια επαφής, με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται μεγαλύτερες διαμήκεις δυνάμεις κατά την επιβράδυνση και την επιτάχυνση. Αυτό, αφενός, οδηγεί σε μικρότερες εγκάρσιες δυνάμεις σε κατάσταση στροφής λόγω της καμπυλόγραμμης κίνησης που εκτελεί το ελαστικό εξαιτίας της κινηματικής της αναάρτησης. Αφετέρου με μηδενική γωνία κλίσης του τροχού, παρατηρείται ομοιόμορφη φθορά στο πέλμα του ελαστικού.

Ένας ακόμη μηχανισμός επιρροής της γωνίας κλίσης του τροχού στην ανάπτυξη εγκάρσιας δύναμης, είναι το φαινόμενο της ώσης κλίσης (Camber thrust). Όταν ένας τροχός έχει γωνία Camber διάγφορη του μηδενός, τότε το ελαστικό του τείνει να εμφανίζει μια δύναμη κάθετη ως προς τη διεύθυνση της μεταφορικής κίνησης του τροχού και με κατεύθυνση προς την πλευρά που έχει κλίση λόγω Camber. Αυτό συμβαίνει, διότι αν θεωρήσουμε ένα σημείο του περιστρεφόμενου τροχού, αν προβάλαμε την τροχιά του στο έδαφος, θα έπρεπε να ήταν ελλειπτική, όμως λόγω της επαφής του ελαστικού με το οδόστρωμα και της αναπτυσσόμενης τριβής, η τροχιά του «εξαναγκάζεται» να γίνει ευθεία κατά το διάστημα της επαφής με το οδόστρωμα, προκαλώντας από αντίδραση την προαναφερθείσα δύναμη. Εξαιτίας αυτού του φαινομένου, το ελαστικό δεν έχει πλέον μία αντίθετη δύναμη που να εφαρμόζεται πάνω του και αυτό έχει ως αποτέλεσμα το όχημα να χάνει την πρόσφυσή του.

Έτσι, η επιλογή της γωνίας Camber αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα αφού πρέπει να επιτευχθεί μία συμβιβαστική λύση μεταξύ εγκάρσιας και διαμήκουσ απόδοσης. Σε αγωνιστικά οχήματα, συνήθιζεται να επιλέγεται γωνία κλίσης ανάλογα με τον τρόπο οδήγησης του εκάστοτε οδηγού καθώς και ανάλογα με το είδος του αγωνίσματος.

2 Δοκιμές Ελαστικών

Η συμπεριφορά των ελαστικών, όπως ήδη έχει αναφερθεί, επηρεάζει τη συμπεριφορά του οχήματος σε μεγάλο βαθμό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η κατανόηση και η προσομοίωση της συμπεριφοράς τους να είναι πρόβλημα μεγάλης σημασίας. Έτσι, έχει προκύψει η ανάγκη δημιουργίας και εύρεσης εγκαταστάσεων και μεθόδων δοκιμών. Η κύρια κατηγοριοποίηση αφορά τις συνθήκες στις οποίες λαμβάνουν χώρα οι δοκιμές, αν είναι σε εξωτερικό χώρο είτε σε εσωτερικό χώρο.

2.1 Δοκιμές Ελαστικών σε Εσωτερικό Χώρο

Ο εσωτερικός χώρος διεξαγωγής δοκιμών για ελαστικά προϋποθέτει την ύπαρξη ικανών εγκαταστάσεων. Σύνήθως ο χώρος αυτός είναι σε κάποιο εργαστήριο που διαθέτει τις απαραίτητες διατάξεις. Στη βιομηχανία παραγωγής ελαστικών αλλά και στους οργανισμούς που τα δοκιμάζουν κυριαρχούν δύο διατάξεις δοκιμών, η Διάταξη Επίπεδης Τροχιάς (Flat Plank) και ο Πύργος Μετρήσεων (Tire Measurement Tower).

Προκειμένου να κατανοήσουμε τη διάταξη δοκιμών επίπεδης τροχιάς, ας φανταστούμε μια συνηθισμένη κάθετη υδραυλική πρέσσα. Η πρέσσα αυτή στο άκρο της φέρει μια διάταξη, τέτοια ώστε να μπορεί να προσδεθεί ο ελαστικοφόρος τροχός. Το σημείο πρόσδεσης, ουσιαστικά, αποτελεί ένα hub στο οποίο μπορεί και εφαρμόζει το σώτρο, όπως ακριβώς συμβαίνει και σε ένα όχημα. Η πλήμνη δέχεται κίνηση από έναν ηλεκτρικό κινητήρα προκειμένου να προσομοιωθεί η κίνηση που παίρνει ο τρόχος από τον κινητήρα του οχήματος. Στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι η πλήμνη φέρει και σύστημα πέδησης για καταστάσεις πέδησης.

Έτσι, προσομοιώνεται το κάθετο φορτίο που δέχεται ο ελαστικοφόρος τροχός σε ένα όχημα που κινείται τόσο σε κατάσταση στροφής όσο και σε κατάσταση πέδησης. Ακόμη, η συγκεκριμένη διάταξη, επιτρέπει στο έμβολο της πρέσσας να περιστρέφεται γύρω από τον κάθετο άξονα, ελεγχόμενα, ανάλογα με τη δοκιμή που έχει επιλεγεί. Αυτή η κίνηση είναι χρήσιμη σε δοκιμές που προσομοιάζουν καταστάσεις στροφής, αφού η περιστροφική κίνηση αντιστοιχεί στην αλλαγή κατεύθυνση του τροχού μέσω του συστήματος διεύθυνσης.

Στο κάτω μέρος της διάταξης υπάρχει ένας ιμάντας ο οποίος περιστρέφεται γύρω από δύο τύμπανα. Ο ιμάντας αναπαριστά το οδόστρωμα και πάνω σε αυτόν κυλίνεται το ελαστικό. Η τραχύτητα του ιμάντα μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το πείραμα που διεξάγεται, ώστε να προσεγγίσει την ποιότητα του οδοστρώματος. Εναλλακτική του ιμάντα, αποτελεί ένας περιστρεφόμενο κύλινδρος που έρχεται σε επαφή με το ελαστικό με παρόμοιο τρόπο που περιγράφηκε πριν, αλλά επιτρέπει την ταυτόχρονη δοκιμή περισσότερων ελαστικών.

Στο σημείο πρόσδεσης, υπάρχει, προφανώς, η δυνατότητα να αλλάζει η γωνία κλίσης του τροχού και η πίεση. Η γωνία κλίσης του τροχού, ανάλογα με την εκάστοτε πειραματική διάταξη, μπορεί να αλλάζει είτε δυναμικά (χωρίς να σταματά ο ελαστικοφόρος τροχός) είτε στατικά. Η αλλαγή της πίεσης του ελαστικού γίνεται μόνο στατικά, δηλαδή με παύση του πειράματος προκειμένου να αλλαχθεί.

Στη συγκεκριμένη πειραματική διάταξη υπάρχει περιορισμός, αναφορικά με τη δοκιμή σε διάφορες συνθήκες περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, η μόνη προσομοίωση που μπορεί να γίνει είναι για υγρή επιφάνεια οδοστρώματος. Αυτό ωστόσο έχει περιορισμό, καθώς η εκάστοτε

εγκατάσταση έχει δυνατότητα διεξαγωγής του πειράματος για συγκεκριμένο ύψος νερού. Η προσομοίωση βρεγμένης επιφάνειας είναι πολύ δύσκολη έως αδύνατη.[12]

Οι διατάξεις της επίπεδης τροχιάς απεικονίζονται στην Εικόνα 2.1 και στην Εικόνα 2.2.



Εικόνα 2.1: Διάταξη Επίπεδης Τροχιάς (Flat Plank)



Εικόνα 2.2: Διάταξη Επίπεδης Τροχιάς (Flat Plank) με Επιφάνεια σε Μορφή Τυμπάνου

Όσον αφορά στη διάταξη του Πύργου Μετρήσεων (TMT), η μόνη διαφορά της με τη διάταξη της επίπεδης τροχιάς, είναι οι μεγαλύτερες ταχύτητες που μπορούν να επιτευχθούν λόγω της σιβαρότητας της πειραματικής διάταξης. Η διάταξη αυτή απεικονίζεται στην Εικόνα 2.3.



Εικόνα 2.3: Πύργος Μετρήσεων (Tire Measurement Tower)

Οι δοκιμές ελαστικών που πραγματοποιούνται σε εσωτερικό χώρο, έχουν το πλεονέκτημα των ελεγχόμενων συνθηκών αλλά σε περιορισμένο εύρος λειτουργίας. Πιο αναλυτικά, μπορεί να ελέγχεται το περιβάλλον που διεξάγεται το πείραμα για ατυπικές συνθήκες, αλλά σε ακραίες συνθήκες όπως πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές θερμοκρασίες είναι αδύνατη η διεξαγωγή του πειράματος. Βέβαια, το γεγονός ότι η πειραματική διάταξη και οι συνθήκες ελέγχονται σε όλες τις παραμέτρους τους, δίνει τη δυνατότητα της μεγάλης επαναληψιμότητας του πειράματος στις ίδιες συνθήκες ανεξαρτήτως ελαστικών. Ακόμη, δεν πρέπει να αμεληθεί η ευκολία στη λήψη μετρήσεων από τα μετρητικά μηχανήματα και τους αισθητήρες, καθώς οι εργαστηριακές συνθήκες που αυτά λειτουργούν είναι ιδανικές.

Αρνητικό για τις δοκιμές σε εσωτερικούς χώρους αποτελεί ο περιορισμός στην επιφάνεια οδοστρώματος. Ο μάντρας πάνω στον οποίο κυλίνεται ο τροχός, δεν μπορεί να προσομοιάσει πλήρως το πραγματικό οδόστρωμα, ενώ σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί ίδια η επιφάνεια με όλες τις επιφάνειες που υπάρχουν σε μια πόλη. Έτσι, κρίνεται επιτακτική η ανάγκη δοκιμών του ελαστικού και σε πραγματικές συνθήκες, κάτι που αυξάνει το ήδη πολύ υψηλό κόστος λειτουργίας τέτοιων διατάξεων δοκιμών.

Τέλος, λόγω του μεγάλου κόστους απόκτησης της διάταξης αυτής, υπάρχουν λίγες εγκαταστάσεις παγκοσμίως, οι οποίες ανήκουν, κυρίως, σε εταιρίες κατασκευής ελαστικών ή ελεγκτικούς φορείς για την ασφάλεια των ελαστικών.

2.2 Δοκιμές Ελαστικών σε Εξωτερικό Χώρο

Σε αντίθεση με τις δοκιμές σε εσωτερικό χώρο, στις δοκιμές σε εξωτερικό χώρο, το ελαστικό έρχεται σε άμεση επαφή με πραγματικό οδόστρωμα. Η πειραματική διάταξη για εξωτερικές δοκιμές ελαστικών περιέχεται μέσα σε ένα ειδικά διαμορφωμένο ρυμουλκούμενο όχημα είτε σε ορισμένες περιπτώσεις στον ειδικά διαμορφωμένο αμάξωμα φορτηγού οχήματος. Εκεί, το ελαστικό αφού εφαρμόσει σε ένα σώτρο, προδένεται σε ένα hub. Στην περίπτωση του ρυμουλκούμενου, το ελαστικό κυλίνεται ανάλογα με την ταχύτητα του ρυμουλκούμενου οχήματος και αναλογα με την ταχύτητα του φορτηγού οχήματος στη δεύτερη περίπτωση. Το σύστημα πέδησης για την πειραματική διάταξη συνδέεται με αυτό του κύριου οχήματος, ενώ στην περίπτωση του φορτηγού οχήματος, μεταδίδεται ισχύς και στην πλήμνη που είναι προσδεδεμένο το προς δοκιμή ελαστικό. Οι διατάξεις αυτές παρουσιάζονται στις Εικόνες 2.4 και 2.5 αντίστοιχα.



Εικόνα 2.4: Δοκιμή Ελαστικού σε Εξωτερικό Χώρο με Ελαστικό Προσδεμένο σε Ρυμουλκούμενο Όχημα



Εικόνα 2.5: Δοκιμή Ελαστικού σε Εξωτερικό Χώρο με Χρήση Ειδικά Διαμορφωμένου Φορτηγού Οχήματος

Στις συγκεκριμένες διατάξεις, η γωνία κλίσης τους τροχού έχει τη δυνατότητα να αλλάζει δυναμικά. Το hub συνδέεται με ένα βραχίονα όπου μπορεί να αλλάξει τη γωνία Camber ανάλογα με τις επιθυμητές συνθήκες πειράματος. Έτσι, προκειμένου να αλλάξει η τιμή της γωνιακής Κλίσης του τροχού δεν απαιτείται να διακοπεί η δοκιμή. Αντίθετα, για την αλλαγή της πίεσης του ελαστικού απαιτείται και εδώ η διακοπή του πειράματος.

Όσον αφορά την αλλαγή του κάθετου φορτίου που δέχεται ο ελαστικοφόρος τροχός, προστίθονται βάρη στο ρυμουλκούμενο όχημα. Όπως είναι εύκολα κατανοητό, αυτό περιορίζει σε μεγάλο βαθμό το εύρος δοκιμών, ενώ απαιτείται παύση αυτών προκειμένου να αλλαχθεί. Αυτός ο περιορισμός, αποτελεί και το μεγαλύτερο μειονέκτημα του συγκεκριμένου τρόπου δοκιμής ελαστικών.

Απο την αλλη με αυτή τη διάταξη δοκιμών, μπορούν να δοκιμαστούν τα ελαστικά σε κάθε είδους επιφάνεια οδοστρώματος. Δηλαδή μπορούν να δοκιμαστούν σε κάθε επιφάνεια στεγνού οδοστρώματος –άσφαλτο, χώμα, τσιμέντο, πλακόστρωτο- ανάλογα την επιθυμητή τους χρήση. Παράλληλα, σε υγρή επιφάνεια μπορούν να προσομοιωθούν όλα τα ύψη νερού, οι θερμοκρασίες νερού καθώς και σε ορισμένες εξειδικευμένες περιπτώσεις και η χημική σύσταση του νερού. Ακόμη, με τη συγκεκριμένη διάταξη μπορούν να λαμβάνονται μετρήσεις από τις δοκιμές σε επιφάνεια με χίονι, ακόμα και με πάγο. Σημαντικό θετικό παράγοντα ακόμα αποτελεί η ύπαρξη κάθε μορφής εξωγενών παράγοντα - σκόνη, φύλλα, σκουπίδια - που μπορεί να υπάρχουν επάνω στο οδόστρωμα και δεν μπορούν να μοντελοποιηθούν σε δοκιμές σε εσωτερικό χώρο.

Η συγκεκριμένη διάταξη, προσφέρει ένα πολύ αντικειμενικό τρόπο δοκιμών πολύ κοντά στα πραγματικά δεδομένα, αφού στα αποτελέσματα των δοκιμών υπάρχει και η αλληλεπίδραση του ελαστικού με το όχημα, κάτι που εκλείπει στις δοκιμές σε εσωτερικούς χώρους. Τέλος οι δοκιμές σε εξωτερικούς χώρους, συχραίνονται σε μεγάλο βαθμό τη λήψη μετρήσεων απο τα

Κεφάλαιο 2

μηχανήματα λήψης μετρήσεων και τους αισθητήρες που βρίσκονται μέσα στο ρυμουλκούμενο όχημα, ενώ επιβαρύνουν και το περιβάλλον. Παρόλα αυτά, έχουν πολύ χαμηλό κόστος διεξαγωγής.

Μια σχετικά νέα και καινοτόμα διάταξη δοκιμών σε εξωτερικό χώρο παρουσιάζεται στην Σχήμα 2.6.



Εικόνα 2.6: Καινοτόμη Διάταξη Δοκιμής Ελαστικών σε Εξωτερικό Χώρο

Η διάταξη αυτή αποτελείται από μια συσκευή που εφαρμόζει επάνω στο εξωτερικό του σώτρου με τη χρήση ενός ειδικού εξαρτήματος. Η συσκευή αυτή μέσω αισθητήρων συλλέγει δεδομένα τα οποία αποστέλλονται ασύρματα σε ένα κεντρικό υπολογιστή. Αυτή η διάταξη δεν απαιτεί κάποια ιδιαίτερη πρόσδεση του ελαστικού που δοκιμάζεται, ενώ έχει το πλεονέκτημα ότι το ελαστικό δοκιμάζεται απευθείας στο όχημα για το οποίο προορίζεται χωρίς να χρειάζεται κάποια μετατροπή και σε μικρό χρόνο τοποθέτησης. Αποτρεπτικός παράγοντας τη διάταξης είναι το πολύ μεγάλο κόστος της συσκευής αυτής καθώς και ο μικρός αριθμός δεδομένων που συλλέγονται σε αντίθεση με τις υπόλοιπες διατάξεις, αφού η συσκευή αυτή συλλέγει τιμές μόνο για τις δυνάμεις και τις ροπές σε όλες τις διαστάσεις που αναπτύσσονται από το ελαστικό. Όλα αυτά την καθιστούν ιδανική για περιπτώσεις που ζητάται μόνο η δυναμική μελέτη ενός ελαστικού και δεν μελετάται η συνολική του συμπεριφορά.

2.3 Δοκιμές Ελαστικών απο την Calspan

2.3.1 Εκτέλεση Πειράματος

Το πείραμα, όπως ήδη έχει αναφερθεί, έλαβαν χώρα στις εγκαταστάσεις της Calspan στις Η.Π.Α.. Η πειραματική διάταξη είναι επίπεδης τροχιάς και εκτελείται από το εξειδικευμένο προσωπικό της εταιρίας.

2.3.2 Μετρήσεις Πειράματος

Έχοντας παρουσιάσει τα γενικά δεδομένα του πειράματος που δημοσιεύονται, αξίζει να αναλύσουμε τα μεγέθη που μας παρέχονται προς επεξεργασία και τον τρόπο μέτρησης αυτών μέσω των αισθητήρων που βρίσκονται στην μηχανή δοκιμών. Τα μεγέθη αυτά λοιπόν είναι τα εξής:

- Θερμοκρασία Δωματίου: Μας δείχνει τις περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες εκτελέστηκε η δοκιμή του εκάστοτε ελαστικού και τυχόν διακυμάνσεις που είχε. Η θερμοκρασία αυτή είναι σταθερή σε όλους τους μέχρι στιγμής δημοσιευμένους κύκλους δοκιμών.

- Χρόνος: Ο χρόνος διεξαγωγής του πειράματος αποτελεί σημαντικό μέγεθος προκειμένου να κατανοήσουμε τη φθορά του ελαστικού σε σχέση με τη χρονική διάρκεια που αυτό καταπονούνται.
- Διαμήκης Δύναμη: Υπολογίζεται με τη χρήση αισθητήρων που βρίσκονται στο hub πάνω στο οποίο προσδένεται το ελαστικό.
- Εγκάρσια Δύναμη: Υπολογίζεται με τη χρήση αισθητήρων που βρίσκονται στο hub πάνω στο οποίο προσδένεται το ελαστικό.
- Κάθετο Φορτίο: Υπολογίζεται ανάλογα με το φορτίο που ασκείται από την πρέσσα της περιαματικής διάταξης. Η τιμές του κάθετου φορτίου και η σειρά με την οποία εφαρμόζονται καθορίζονται από το χρήστη της περιαματικής διάταξης.
- Γωνία Κλίσης Τροχού: Αν και επιλέγεται συγκεκριμένη τιμή γωνίας κλίσης τροχού, παρατηρούνται μικρές διακυμάνσεις από την ονομαστική λόγω της κύλισης του τροχού και των κινήσεων που γίνονται κατά τη διεξαγωγή του πειράματος. Πολλές από τις διακυμάνσεις μπορεί να οφείλονται σε σφάλμα του μετρητικού οργάνου. Η γωνία Camber του τροχού κάθε στιγμή μετράται με χρήση αισθητήρα κλίσης που βρίσκεται στο σημείο πρόσδεσης του τροχού, που θεωρείται πως είναι η μέση του.
- Ροπή Ανατροπής: Μετράται με τη χρήση αισθητήρων ροπή που υπάρχουν πάνω στην περιαματική διάταξη.
- Ροπή Ευθυγράμμισης: Μετράται με τη χρήση αισθητήρων ροπή που υπάρχουν πάνω στην περιαματική διάταξη.
- Ταχύτητα Περιστροφής Τροχού: Μετράται με χρήση αισθητήρων του ηλεκτρικού κινητήρα που δίνει την κίνηση στον τροχό. Η γωνιακή ταχύτητα καθορίζεται από τον χειριστή της πειραματικής διάταξης και αλλάζει ανάλογα με το είδος της δοκιμής που εκτελείται.
- Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη: Δεν υπάρχει κάποιος αισθητήρας προκειμένου να μετρηθεί το συγκεκριμένο μέγεθος. Ο υπολογισμός του γίνεται αριθμητικά, ως το πηλίκο της διαμήκους δύναμης που αναπτύσσεται στο ελαστικό ως προς το κάθετο φορτίο που εφαρμόζεται τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή.
- Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη: Δεν υπάρχει κάποιος αισθητήρας προκειμένου να μετρηθεί το συγκεκριμένο μέγεθος. Ο υπολογισμός του γίνεται αριθμητικά, ως το πηλίκο της εγκάρσιας δύναμης που αναπτύσσεται στο ελαστικό ως προς το κάθετο φορτίο που εφαρμόζεται τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή.
- Πίεση Ελαστικού: Η πίεση του ελαστικού μετράται με αισθητήρα ο οποίος βρίσκεται στο εσωτερικό του ελαστικού προσκολλημένος στο σώτρο.
- Ενεργός Ακτίνα: Για τον υπολογισμό της ενεργού ακτίνας δεν υπάρχει κάποιος τρόπος καταγραφής της με κάποιον αισθητήρα, καθώς αποτελεί θεωρητικό μέγεθος. Έτσι, υπολογίζεται σύμφωνα με τον ορισμό της ως το πηλίκο της οριζόντιας συνιστώσας της ταχύτητας προς τη γωνιακή ταχύτητα του τροχού. Η οριζόντια συνιστώσα της ταχύτητας ισούται με την ταχύτητα κίνησης του οδοστρώματος.
- Ακτίνα Έμφορτου: Στο κέντρο του ελαστικοφόρου τροχού εφαρμόζεται αποστασιόμετρο λέιζερ που μετρά την απόσταση του κέντρου του τροχού από την επιφάνεια στην οποία κυλιέται κάθε χρονική στιγμή. Η ακτίνα έμφορτου αλλάζει ανάλογα με την πίεση και το ασκούμενο κάθετο φορτίο.
- Θερμοκρασία Οδοστρώματος: Η θερμοκρασία του οδοστρώματος έχει μεγάλη σημασία στη δυναμική συμπεριφορά του ελαστικού αφού επηρεάζει άμεσα τη θερμοκρασία του. Η αλλαγή της θερμοκρασίας του ιμάντα, στον οποίο κυλιέται το

ελαστικό και προσομοιάζει το οδόστρωμα, οφείλεται κατά κύριο λόγο σε τριβή μεταξύ ελαστικού και επιφάνειας κύλισης.

- Γωνία Ολίσθησης: Στη μηχανή που εκτελείται το πείραμα υπάρχει και αισθητήρας μέτρησης της ταχύτητας κατά τον άξονα y , δηλαδή τον εγκάρσιο άξονα. Έτσι, υπολογίζεται, με γνωστή την οριζόντια συνιστώσα της ταχύτητας, η γωνία ολίσθησης μέσα από τη σχέση:

$$SA = \alpha = \tan^{-1} \left(-\frac{V_y}{V_x} \right)$$

- Λόγος Ολίσθησης (υπολογισμένος με βάση την ακτίνα έμφορτου): Ο λόγος ολίσθησης με βάση την ενεργό ακτίνα υπολογίζεται ως εξής:

$$SR = \frac{V_x - \Omega \cdot R_l}{\Omega \cdot R_l} \quad [\%]$$

Χρησιμοποιώντας τη σχέση αυτή για μηδενικό λόγο ολίσθησης έχουμε και μηδενική διαμήκη δύναμη.

- Λόγος Ολίσθησης (υπολογισμένος με βάση την ενεργό ακτίνα): Ο λόγος ολίσθησης με βάση την ακτίνα έμφορτου υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SR = \frac{V_x - \Omega \cdot R_e}{\Omega \cdot R_e} \quad [\%]$$

Η συγκεκριμένη σχέση χρησιμοποιείται για καλύτερο έλεγχο της μηχανής που εκτελούνται οι δοκιμές, ενώ για μηδενικό λόγο ολίσθησης δεν έχουμε μηδενική διαμήκη δύναμη.

- Θερμοκρασία στη μέση του ελαστικού: Το ελαστικό καθώς κυλιέται πάνω στον ιμάντα δοκιμής αναπτύσσει θερμοκρασία. Για την μέτρηση της επιφανειακής του θερμοκρασίας χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας, ο οποίος είναι τοποθετημένος πάνω από το ελαστικό σε μικρή απόσταση και «κοιτάει» το πέλμα του. Ο αισθητήρας αυτός χωρίζει το ελαστικό σε τρεις περιοχές και μετρά τη θερμοκρασία σε κάθε μία από αυτές ξεχωριστά κάθε χρονική στιγμή. Η μεσαία περιοχή αποτελεί την περιοχή η οποία έχει τις λιγότερες διακυμάνσεις, διότι πάντα βρίσκεται σε επαφή με τον ιμάντα στον οποίο κυλιέται.
- Θερμοκρασία στην εσωτερική πλευρά του ελαστικού: Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην περιαιματική διάταξη, το σύστημα αξόνων που χρησιμοποιείται είναι κατά SAE κάτι που σημαίνει ότι όλες οι δυνάμεις και οι ροπές, καθώς και η γωνία κλίσης του τροχού έχουν αντίθετη φορά. Συνεπώς, αυξάνοντας τη γωνία κλίσης του τροχού η εσωτερική πλευρά εμφανίζει μείωση της επιφανειακής της θερμοκρασίας αφού η επιφάνεια επαφής της περιοχής αυτής του πέλματος του ελαστικού μειώνεται.
- Θερμοκρασία στην εξωτερική πλευρά του ελαστικού: Για τον ίδιο λόγο που εξηγήθηκε προηγουμένως, όσο αυξάνεται η γωνία κλίσης του τροχού, η επιφανειακή θερμοκρασία της εξωτερικής πλευράς του ελαστικού στην περιαιματική διάταξη αυξάνεται. Στην περιοχή αυτή παρατηρούνται οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια των δοκιμών. Παραάλληλα η εσωτερική και εξωτερική πλευρά αυξάνεται η μειώνεται ανάλογα με γωνία στροφής, όταν εκτελείται δοκιμή σε κατάσταση στροφής.
- Ταχύτητα Οδοστρώματος: Το οδόστρωμα προσομοιάζεται με τον ιμάντα πάνω στον οποίο κυλιέται το ελαστικό που δοκιμάζεται. Ο ιμάντας αυτός περιστρέφεται με τη βοήθεια δύο τυμπάνων, όπου μεσω αυτών μετράται η ταχύτητα του ιμάντα. Η

τελευταία ισούται με την οριζόντια συνιστώσα της μεταφορικής ταχύτητας του ελαστικού V_x που είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό άλλων σημαντικών μεγεθών.

Στο σημείο αυτό να σημειωθεί πως όλα τα μεγέθη καταγράφονται για κάθε χρονική στιγμή. Το πλήθος των χρονικών στιγμών αυξάνεται στους πιο πρόσφατους κύκλους δοκιμών. Στον πρώτο κύκλο δοκιμών οι μετρήσεις λαμβάνονταν κάθε 0.02 s και η μέση διάρκεια δοκιμής κάθε ελαστικού ήταν περίπου στα 40 min, σε αντίθεση με τον πιο πρόσφατα δημοσιευμένο κύκλο δοκιμών, όπου ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων είναι 0.01 s και ο μέσος χρόνος που διαρκεία μία δοκιμήξ είναι περίπου 75 min. Η διαφορά αυτή οφείλεται στην εξέλιξη των μετρητικών μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται στην πειραματική διάταξη, ενώ είναι και ο λόγος που αυξάνεται ο όγκος των δεδομένων μεταξύ των κύκλων δοκιμών.

Επίσης, να τονιστεί ότι οι μετρήσεις των μεγεθών αυτών συλλέγονται για κάθε ελαστικό που δοκιμάζεται επιτυχώς. Παραμένουν ίδια τόσο για δοκιμές σε κατάσταση στροφής όσο και για δοκιμές σε κατάσταση πέδηση και επιτάχυνσης. Παράλληλα, τα ίδια μεγέθη μετρώνται σε κάθε κύκλο δοκιμών που έχει δημοσιευτεί.

Συμπερασματικά, τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν, αποτελούν τα δεδομένα που δημοσιεύονται από τις δοκιμές και είναι αυτά τα οποία μέσα από την επεξεργασία τους αντλούμε πληροφορίες για τη συμπεριφορά ενός ελαστικού. Αυτά αποτελούν εισόδους για τους κώδικες ταξινόμησης και προσέγγισης που έχουν αναπτυχθεί.

2.3.3 Δεδομένα

Τα δεδομένα που έχουμε στη διάθεσή μας και επεξεργαζόμαστε προέκυψαν από πειραματική διάταξη επίπεδης τροχίας στη μηχανή που βρίσκεται στα εργαστήρια της Calspan.

Οι αισθητήρες συλλέγουν δεδομένα κατά τη διάρκεια του πειράματος και αφού υποστούν επεξεργασία, δημοσιεύονται. Η επεξεργασία που υφίσταντε τα δεδομένα αποσκοπεί στο να μετατραπούν σε μορφή εύκολα επεξεργάσιμη. Για παράδειγμα από τους πρώτους κύκλους που είχαν δημοσιευθεί τα δεδομένα ήταν μόνο σε μορφή ASCII, ωστόσο σε επόμενα διατίθεται και μορφή .mat τα οποία είναι εύκολα επεξεργάσιμα με χρήση του λογισμικού MATLAB. Τα διαθέσιμα αρχεία που βρίσκονται σε ένα αρχείο δοκιμών απεικονίζονται στην Εικόνα 2.7.

Κεφάλαιο 2

fromCalspan_Round8	5/9/2018 1:16 μμ	Φάκελος αρχείων	
Photos_CalspanTIRF_Round8	16/10/2018 6:38 μμ	Φάκελος αρχείων	
Photos_Tires_Cornering_Round8	16/9/2018 6:36 μμ	Φάκελος αρχείων	
Photos_Tires_DriveBrake_Round8	16/10/2018 6:38 μμ	Φάκελος αρχείων	
RawData_Cornering_ASCII_Sl_10inch_Round8	16/10/2018 6:39 μμ	Φάκελος αρχείων	
RawData_Cornering_ASCII_Sl_13inch_Round8	16/10/2018 6:39 μμ	Φάκελος αρχείων	
RawData_Cornering_Matlab_Sl_10inch_Round8	16/10/2018 6:42 μμ	Φάκελος αρχείων	
RawData_Cornering_Matlab_Sl_13inch_Round8	16/10/2018 6:42 μμ	Φάκελος αρχείων	
RawData_DriveBrake_ASCII_Sl_13inch_Round8	16/10/2018 6:43 μμ	Φάκελος αρχείων	
RawData_DriveBrake_Matlab_Sl_13inch_Round8	16/10/2018 6:43 μμ	Φάκελος αρχείων	
RunData_Cornering_ASCII_Sl_10inch_Round8	16/10/2018 6:43 μμ	Φάκελος αρχείων	
RunData_Cornering_ASCII_Sl_13inch_Round8	16/10/2018 6:51 μμ	Φάκελος αρχείων	
RunData_Cornering_Matlab_Sl_10inch_Round8	16/10/2018 6:52 μμ	Φάκελος αρχείων	
RunData_Cornering_Matlab_Sl_13inch_Round8	16/10/2018 6:52 μμ	Φάκελος αρχείων	
RunData_DriveBrake_ASCII_Sl_13inch_Round8	16/10/2018 6:52 μμ	Φάκελος αρχείων	
RunData_DriveBrake_Matlab_Sl_13inch_Round8	16/10/2018 6:52 μμ	Φάκελος αρχείων	
Contents_Round8.pdf	4/9/2018 7:23 μμ	PDF-XChange Vie...	1.090 KB
RunGuide_Round8.pdf	4/9/2018 7:23 μμ	PDF-XChange Vie...	81 KB

Εικόνα 2.7: Αρχεία που Δημοσιεύονται για τον Πιο Πρόσφατο Κύκλο Δοκιμών

Σε συνδυασμό με τα δεδομένα που δημοσιεύονται, δημοσιεύεται και ο τρόπος με τον οποίο εκτελέστηκε η εκάστοτε δοκιμή. Πιο αναλυτικά, κάθε κύκλος δημοσιεύεται μαζί με δυο αρχεία τα οποία αναφέρουν τον αριθμό της δοκιμής που αντιστοιχεί σε κάθε ελαστικό και τις παραμέτρους με τις οποίες έγιναν οι δοκιμές. Δηλαδή για ποιες πιέσεις εκτελέστηκε η δοκιμή, για ποιες γωνίες κλίσης τροχού, για ποια κάθετα φορτία, καθώς και το πώς άλλαζαν αυτά κατά τη διάρκεια του πειράματος. Για παράδειγμα, σε ορισμένες δοκιμές η γωνία κλίσης του τροχού αλλάζει δυναμικά με σειρά από 2° πηγαίνει στις 4° και μετά στις 0° συμπεριλαμβάνοντας όλες τις ενδιάμεσες θέσεις. Σε αντίθεση με τις περισσότερες όπου οι τιμές που παίρνει είναι σταθερές 0°, 2°, 4°. Ακόμα, διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των δοκιμών στις γωνίες αλλά και στον λόγο ολίσθησης, διότι ανάλογα με την περίπτωση τα δύο αυτά μεγέθη παίρνουν όλες τις τιμές μεταξύ κάποιων ορίων που έχουν ορισθεί. Σε αντίθετη περίπτωση η δοκιμή εκτελείται για συγκεκριμένες τιμές και όχι και στις ενδιάμεσες. Επίσης, οι αλλαγές στην ταχύτητα που εκτελούνται οι δοκιμές δεν παραλείπονται.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι μεταξύ των κύκλων δοκιμών υπάρχουν διαφορές στο πόσες και ποιές πιέσεις, γωνίες κλίσης τροχού και κάθετα φορτία δοκιμάζονται. Το ίδιο συμβαίνει και με το πλήθος των μετρήσεων που λαμβάνονται. Υπάρχουν μεγάλες διαφορές αν συγκριθούν οι πρώτοι κύκλοι με τους τελευταίους. Αυτό οφείλεται αφενός στην εξέλιξη της μηχανής στην οποία γίνονται οι δοκιμές και αφετέρου στη τεχνολογική εξέλιξη του βήματος διακριτότητας των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται.

Ακόμη, μαζί με τα προς επεξεργασία δεδομένα, δημοσιεύονται και σχόλια που έγιναν κατά τη διάρκεια της εκάστοτε δοκιμής. Συχνό φαινόμενο αποτελεί κατά τη διάρκεια μια δοκιμής ένα ελαστικό να βγεί από το σώτρο στο οποίο έχει εφαρμοστεί. Κάτι τέτοιο όμως δεν μπορεί να γίνει αντιληπτό παρατηρώντας απλώς τα δεδομένα που είχαν συλλεχθεί μέχρι εκείνη τη στιγμή. Παράλληλα, μπορεί να μην έχουν δημοσιευθεί δεδομένα για κάποιο ελαστικό για την κατάσταση φρεναρίσματος, ενώ να έχουν δημοσιευθεί για κατάσταση στροφής. Ο λόγος συνήθως έγκειται στο ότι είναι δύσκολη η πρόσδεση του ελαστικοφόρου τροχού πάνω την πλήμνη που φέρει η μηχανή. Το πρόβλημα αυτό παρατηρείται κύριως σε ελαστικά χαμηλού προφίλ, δηλαδή μικρής ονομαστικής ακτίνας. Έτσι, τα σχόλια αυτά κρίνονται μεγάλης σημασίας καθώς είναι καθοριστικά για την επιλογή ενός ελαστικού αφού διαβάζοντάς τα διαπιστώνουμε τις πιθανότητες να αστοχήσει ένα ελαστικό κατά τη περίοδο δοκιμών του μονοθεσίου.

Επιπρόσθετα, με τον τρόπο δοκιμών, μας παρέχονται η θερμοκρασία, ο λόγος ελατηρίου και η πλευρική ακαμψία του ελαστικού. Οι πληροφορίες αυτές λαμβάνονται τόσο πριν όσο και μετά τη δοκιμή προκειμένου να συγκριθούν οι ιδιότητες του. Κάτι τέτοιο είναι πολύ βοηθητικό στη κατανόηση της συμπεριφοράς του ελαστικού, αφού από αυτό προκύπτουν τα συμπεράσματα για το όρια που ένα ελαστικό ανταποκρίνεται στα δυναμικά κριτήρια που έχουμε θέσει.

Όσον αφορά τις πληροφορίες που δίνονται για τη φθορά που παρατηρείται στο ελαστικό, δημοσιεύεται το βάρος του εκάστοτε ελαστικού πριν την εκκίνηση και μετά το πέρας της δοκιμής. Από αυτό έχοντας δεδομένα για το χρόνο διάρκειας της δοκιμής μπορούμε ευκολα να υπολογίσουμε τη φθορά του ελαστικού σε σχέση με την απόσταση που έχει διανύσει. Η φθορά ενός ελαστικού δεν εξαρτάται, όμως, μόνο από την διανυόμενη απόσταση αλλά και από την καταπόνηση που δέχεται. Για παράδειγμα μπορεί ένα ελαστικό δοκιμάζεται σε στροφή να φθαρεί λιγότερο από ένα ελαστικό το οποίο έχει δοκιμαστεί σε κατάσταση επιτάχυνσης και επιβράδυνσης. Για τον λόγο αυτόν για τη φθορά το ελαστικού δημοσιεύονται και φωτογραφίες οι οποίες απεικονίζουν το κάθε ελαστικό μετά από την εκάστοτε δοκιμή. Τελικά, γνωρίζοντας τον τρόπο και το είδος της δοκιμής να έχουμε μια πολύ ικανοποιητική Σχήμα για τη φθορά του ελαστικού και να μπορούμε να καταλήξουμε πιο εύκολα σε κάποιο αρχικό συμπέρασμα, αφού η φθορά που υπόκειται το ελαστικό πάνω στον ιμάντα της μηχανής με τη φθορά σε πραγματικές συνθήκες πάνω στο οδόστρωμα απέχουν πολύ μεταξύ τους.

Τέλος, από την ομάδα επεξεργασίας των δεδομένων παρέχονται ορισμένες προτάσεις επεξεργασίας αυτών. Συγκεκριμένα, όταν δοκιμάζεται κάθε λάστιχο στην αρχή ακολουθεί μια διαδικασία δοκιμής, προκειμένου να φτάσει το ελαστικό σε θερμοκρασία εντός του παραθύρου λειτουργίας. Το παράθυρο λειτουργίας του ελαστικού είναι ένα εύρος θερμοκρασίας μέσα στο οποίο αναπτύσσονται οι μέγιστες δυνάμεις και ροπές για αυτό. Για θερμοκρασίες μεγαλύτερες ή μικρότερες του παραθύρου λειτουργίας, το ελαστικό δεν αποδίδει στο μέγιστο των δυνατοτήτων του δυναμικά. Για τον λόγο αυτό, λοιπόν, η ομάδα επεξεργασίας των δεδομένων, προτείνει τακτικές ώστε να διαχωρίζεται η διαδικασία της «προθέρμανσης» από το κύριο μέρος της δοκιμής. Επίσης, έχοντας ήδη αναλύσει τα δεδομένα και έχοντας εντοπίσει τις μεγάλες διαφορές, προτείνει μεγέθη που αξίζει να συγκριθούν μεταξύ ελαστικών. Στην διαδικασία της «προθέρμανσης» δημοσιεύεται και ο τρόπος προθέρμανσης για πιθανή ανάλυση της συμπεριφοράς του ελαστικού όταν δεν λειτουργεί στο παράθυρο λειτουργίας, καθώς στα περισσότερα δυναμικά αγωνίσματα των διαγωνισμών τα ελαστικά του μονοθεσιου δεν λειτουργούν «μέσα» στο παράθυρο λειτουργίας. Έτσι, είναι σκόπιμο να μελετηθεί και η διαδικασία της «προθέρμανσης» προκειμένου να κατανοήσουμε τη δυναμική συμπεριφορά του ελαστικού όταν αυτό λειτουργεί εκτός παραθύρου λειτουργίας.

2.3.3.1 Διαθέσιμα Ελαστικά

Τα ελαστικά τα οποία έχουν δοκιμαστεί από τον οργανισμό TTC σε συνεργασία με την Calspan ακολουθούν παρακάτω. Για όλα αυτά υπάρχουν δεδομένα υπάρχουν δεδομένα και έχουν δημοσιευτεί.

1. Hoosier 20.0x6.0-13 R25B
2. Hoosier 20.5x6.0-13 R25B
3. Hoosier 20.5x7.0-13 R25B
4. Hoosier 20.0x7.5-13 R25B
5. Hoosier 20.5 x 7.0 - 13 R25B

Κεφάλαιο 2

6. Hoosier 18.0 x 6.0 - 10 R25B
7. Hoosier 18.0 x 6.0 - 10 LCO
8. Hoosier 18.0 x 7.5 10 R25B
9. Hoosier 16.0 x 6.0 - 10 LCO
10. Hoosier 16.0 x 6.0 - 10 R25B
11. Hoosier 16.0 x 7.5 - 10 LCO
12. Hoosier 16.0 x 7.5 - 10 R25B
13. Goodyear 18.0x6.5-10 Eagle Special Radial D1383
14. Goodyear 20.0x7.0-13 Eagle Special Radial
15. Goodyear 20.0x7.0-13 D2704
16. Michelin 16/25-13 Radial X F146045*
17. Michelin 16/53-13 Radial X S6B*
18. Dunlop 175/505R13*
19. Continental 205/510R13
20. Continental 205/470R-13
21. Avon 7.0/16.0-10
22. Avon 6.2/20-13 FITO
23. Avon 7.2/20-13 HDTO
24. Avon 8.2/20.0-13

Για ορισμένα απο αυτά (όσα έχουν αστερίσκο), σήμερα έχει διακοπεί η παραγωγή τους, ενώ όλα τα ελαστικά δοκιμάζονται εφαρμοσμένα σε σώτρο αλουμινίου της εταιρίας Keizer.

Όλα τα παραπάνω ελαστικά ενδείκνυνται για χρήση σε στεγνή η ελαφρώς βρεγμένη επιφάνεια, καθώς δεν υπάρχει, στη συγκεκριμένη μηχανή, η δυνατότητα δοκιμής ελαστικών για βροχή.

Εύκολα διαπιστώνεται πως πολλά ελαστικά που έχουν δοκιμαστεί έχουν ίδιες διαστάσεις αλλά διαφορετικό υλικό, κάτι που όπως έχει αναφερθεί αλλάζει ριζικά τη συμπεριφορά ενός ελαστικού. Ακόμη, τα ελαστικά αυτά δοκιμάζονται για διάφορα πλάτη σώτρου αφού το πλάτος του σώτρου επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το ελαστικό δυναμικά. Τα πλάτη σώτρου που έχουν δοκιμαστεί, κυμαίνονται απο 6 έως 8 ίντσες.

Προφανώς, υπάρχουν και άλλες εταιρίες που κατασκευάζουν ελαστικά αγώνες Formula Student. Ωστόσο δεν διαθέτουν τα ελαστικά τους προς πώληση, παρά μόνο σε ομάδες με τις οποίες συνεργάζονται και για αυτό το λόγο δεν τα διαθέτουν ούτε και για δοκιμές.

3 Προκαταρκτική Επεξεργασία Πειραματικών Δεδομένων

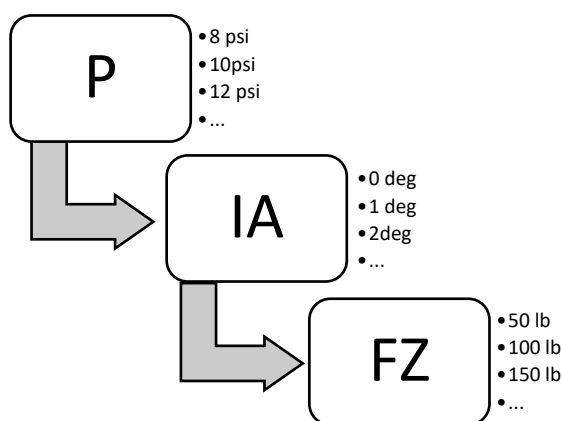
3.1 Σκοπός της διαδικασίας

Ο σκοπός της διαδικασίας είναι να ταξινομηθούν τα δεδομένα του πειράματος και να απορριφθούν τα μη αποδεκτά δεδομένα. Όλα τα δεδομένα που συλλέγονται από κάποιο πείραμα έχουν αποκλίσεις από τις επιθυμητές τιμές δηλαδή σφάλμα. Με τη διαδικασία αυτή, λοιπόν, ορίζονται τα περιθώρια του επιθυμητού σφάλματος στα βασικά μεγέθη σύμφωνα με τα οποία γίνεται η ταξινόμηση.

Η διαχείριση ενός τόσο μεγάλου όγκου δεδομένων και η εξατομίκευση των επιλογών ανάλογα με την περίπτωση απαιτεί μια σχετικά αυτοματοποιημένη διαδικασία, προκειμένου να εξοικονομείται χρόνος. Για τον λόγο αυτό αναπτύχθηκε κώδικας σε λογισμικό MATLAB, ώστε με ελάχιστες ενέργειες από το χρήστη, να ορίζεται το επιθυμητό σφάλμα και να ταξινομούνται τα πειραματικά δεδομένα για το εκάστοτε ελαστικό με βάση τα διαθέσιμα μεγέθη.

Πρωτού ξεκινήσει η ταξινόμηση ζητείται από τον χρήστη η δήλωση των επιθυμητών ορίων και σφαλμάτων των μεγεθών με βάση τα οποία γίνεται η ταξινόμηση. Τα μεγέθη αυτά είναι η πίεση του ελαστικού, η γωνία κλίσης του τροχού και το κάθετο φορτίο. Η επιλογή των μεγεθών σύμφωνα με τα οποία θα γίνει η ταξινόμηση, έγινε λόγω της σημασίας τους. Αυτά τα τρία επηρεάζουν κατά πολύ όλα τα υπόλοιπα μεγέθη και είναι αυτά από τα οποία εξαρτάται η δυναμική συμπεριφορά του ελαστικού. Αλλαγές στην πίεση, τη γωνία κλίσης του τροχού ή στο κάθετο φορτίο αλλάζουν ριζικά την απόδοση του ελαστικού όσον αφορά την ικανότητά του να αναπτύσει δυνάμεις.

Λαμβάνοντας αυτά υπόψη, αρχικά τα δεδομένα ταξινομήθηκαν σύμφωνα με την πίεση στην οποία αντιστοιχούν. Η πίεση είναι το μέγεθος που επηρεάζει στο μέγιστο τη δυναμική συμπεριφορά του ελαστικού. Ανάλογα με τον αριθμό των διαθέσιμων πιέσεων δημιουργείται ο αντίστοιχος αριθμός πινάκων. Έπειτα, ταξινομούνται τα δεδομένα για κάθε πίεση ανάλογα με τις διαθέσιμες γωνίες κλίσης του τροχού. Το αποδεκτό άνω και κάτω όριο από την ονομαστική τιμή της γωνίας κλίσης του τροχού ζητάται να οριστεί από το χρήστη μετά από παρατήρηση του διάγραμματος γωνίας κλίσης του τροχού για όλες τις χρονικές στιγμές. Έπειτα, τα δεδομένα για κάθε διαθέσιμη ταξινομούνται ανάλογα με το κάθετο φορτίο στο οποίο αντιστοιχούν. Το ποσοστιαίο αποδεκτό σφάλμα από την ονομαστική τιμή κάθε φορτίου, ζητάται από τον χρήστη. Συνεπώς, ο τρόπος ταξινόμησης των δεδομένων γίνεται με τη ροή που απεικονίζεται στο ακόλουθο Σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1: Διάγραμμα Ροής Ταξινόμησης Πειραματικών Δεδομένων

Έχοντας κάνει την ταξινόμηση που εξηγήθηκε παραπάνω, μπορούμε να δημιουργήσουμε όλα τα διαγράμματα που είναι απαραίτητα για την εκτίμηση της δυναμικής συμπεριφοράς. Πολλά διαγράμματα δεν μπορούν να δημιουργηθούν μετά τη διαδικασία της προσέγγισης καθώς αυτή αναφέρεται μόνο στη διαμήκη και την εγκάρσια δύναμη καθώς και στη ροπή ευθυγράμμισης.

Ταυτόχρονα, βλέπουμε αναλυτικά τις μέγιστες τιμές των βασικών μεγεθών ή του ελαστικού και τις τιμές της γωνίας ολίσθησης του λόγου ολίσθησης για τις οποίες εμφανίζονται. Αυτός μας δίνει τη δυνατότητα, να κάνουμε μια αρχική επιλογή των ελαστικών, για τα οποία έχουμε διαθέσιμα δεδομένα, που αξίζει να αναλύσουμε περαιτέρω. Πιο αναλυτικά, η επιλογή του κατάλληλου ελαστικού για ένα όχημα πραγματοποιείται σε τρία στάδια. Αρχικά, παρατηρούμε τις μέγιστες τιμές των βασικών μεγεθών για κάθε διαθέσιμη περίπτωση που προκύπτει από την ταξινόμηση αλλά και για κάθε πάχος σώτρου. Με τον τρόπο αυτό γίνεται μία προεπιλογή, ώστε να γίνει λεπτομερέστερη ανάλυση σε ένα μόνο μέρος των διαθέσιμων ελαστικών. Στο δεύτερο στάδιο γίνεται λεπτομερής ανάλυση με τη δημιουργία διαγραμμάτων για όλα τα σημαντικά μεγέθη για όλες τις περιπτώσεις του κάθε ελαστικού. Στο στάδιο, αυτό, λαμβάνονται υπόψιν όλες οι παράμετροι που διαμορφώνουν τη δυναμική συμπεριφορά του ελαστικού. Τέλος, το τρίτο και τελικό στάδιο αποτελεί την τελική επιλογή του ελαστικού που ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις που έχουν οριστεί από το χρήστη.

Δεν πρέπει να αμελήσουμε το ρόλο των ταξινομημένων δεδομένων στο επόμενο βήμα, αυτό της προσέγγισης. Τα δεδομένα της ταξινόμησης χρησιμοποιούνται ως είσοδοι στον κώδικα που έχει αναπτυχθεί. Παράλληλα μας βοηθά να οπτικοποιούμε τις διαφορές μεταξύ της απλής ταξινόμησης και της προσέγγισης, δημιουργώντας καμπύλες στο ίδιο διάγραμμα για την ταξινόμηση και την προσέγγιση.

3.2 Μεθοδολογία λειτουργίας κώδικα ταξινόμησης

Προκειμένου να γίνει η επιλογή και η ταξινόμηση των δεδομένων των δοκιμών πρέπει να ακολουθηθεί μια αλληλουχία βημάτων κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του κώδικα που έχει αναπτυχθεί. Ο κώδικας καθώς και οι επιμέρους συναρτήσεις του παρατιθενται στο Παράρτημα. Τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν απαριθμούνται παρακάτω.

1. Μελέτη των σχολίων του κύκλου δοκιμών

Πολυ σημαντική είναι η προσεκτική μελέτη των σχολίων που δημοσιεύονται για τον κύκλο δοκιμών που ενδιαφερόμαστε, καθώς είναι πιθανόν να περιέχουν πληροφορίες για το ελαστικό που ενδιαφερόμαστε.

2. Επιλογή των δεδομένων προς επεξεργασία

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, ο κάθε κύκλος δοκιμών περιέχει πολλές δοκιμές τόσο για διαφορετικά ελαστικά όσο και για διαφορετικό είδος δοκιμής. Ακόμη, ορισμένες δοκιμές έγιναν για διαφορετικές πιέσεις ή διαφορετικό πλάτος σώτρου. Για τον λόγο αυτό προκειμένου να επιλέξουμε το αρχείο που περιέχει τα δεδομένα της δοκιμής που ενδιαφερόμαστε, πρέπει να μελετήσουμε προσεκτικά το αρχείο «Run Guide» που μας δίνει πληροφορίες που χρειαζόμαστε.

3. Εύρεση πλάνου δοκιμής

Για κάθε δοκιμή δημοσιεύεται το πλάνο με το οποίο εκτελέστηκε. Μέσα από αυτό το πλάνο, λαμβάνουμε πληροφορίες για τον διαχωρισμό της κάθε φάσης (προθέρμανση, κυρίως δοκιμή), τις διαθέσιμες γωνίες κλίσης του τροχού, τις διαθέσιμες πιέσεις καθώς και τα κάθετο φορτία, για τα οποία εκτελέστηκε η δοκιμή. Στους πιο πρόσφατους κύκλους δοκιμών παρέχονται πληροφορίες και για τη σειρά με την οποία εφαρμόστηκαν το κάθε κάθετο φορτίο, η κάθε γωνία κλίσης του τροχού και η κάθε πίεση.

4. Εκκίνηση διαδικασιών κώδικα

Έχοντας ήδη επιλέξει τα δεδομένα που μας ενδιαφέρουν, επιλέγουμε την έναρξη των υπολογιστικών διαδικασιών του κώδικα

5. Παρατήρηση των κύριων διαγραμμάτων

Αρχικά, ο κώδικας δημιουργεί σε ένα διάγραμμα τις καμπύλες των βασικών μεγεθών για όλη τη διάρκεια της δοκιμής. Στο διάγραμμα αυτό απεικονίζεται η πίεση του ελαστικού, η γωνία κλίσης του τροχού, το κάθετο φορτίο, η ταχύτητα και η ακτίνα έμφορτου. Το διάγραμμα αυτό αποσκοπεί στην παρατήρηση της σειράς με την οποία εφαρμόστηκε το κάθε μέγεθος στην περίπτωση που δεν διατίθενται πληροφορίες για αυτά.

6. Διαχωρισμός σημείων ανάλογα με τη διαδικασία

Έχοντας μελετήσει τις πληροφορίες που δίνονται για το διαχωρισμό της μία διαδικασίας από την άλλη, στο διάγραμμα γωνίας ολίσθησης και λόγου ολίσθησης για δοκιμή σε κατάσταση στροφής και σε κατάσταση επιβράνδυσης-επιτάχυνσης αντίστοιχα, επιλέγουμε τα κατάλληλα σημεία διαχωρισμού. Για τον τρόπο επιλογής εμφανίζεται μήνυμα οδηγιών για τον χρήστη. Η διαδικασία από το σημείο αυτό και έπειτα γίνεται για τα δεδομένα που αντιπροσωπεύουν την κυρίως δοκιμή.

7. Καθορισμός επιθυμητού σφάλματος πίεσης

Σε προηγούμενες ενότητες εξηγήθηκε ο λόγος που υπάρχουν αποκλίσεις από την ονομαστική τιμή των μεγεθών, μετά από την παρατήρηση των τιμών για τις διαθέσιμες τιμές. Έτσι, δεδομένα με μεγαλύτερο ποσοστιαίο σφάλμα από αυτό που ορίστηκε δεν γίνονται αποδεκτές και κατά επέκταση δεν λαμβάνονται υπόψη.

8. Επιλογή διαθέσιμων πιέσεων

Ο χρήστης ορίζει τις διαθέσιμες πιέσεις που περιέχει το συγκεκριμένο αρχείο. Το περιεχόμενο του κάθε αρχείου προήλθε από τις ενέργειες που έγιναν στο 2^ο και 3^ο βήμα. Ακόμη, σε περίπτωση που ο χρήστης ενδιαφέρεται μόνο για μία πίεση εκ των διαθέσιμων, μπορεί να επιλέξει μόνο τη συγκεκριμένη, μειώνοντας έτσι το χρόνο εκτέλεσης του κώδικα.

9. Δυνατότητα απόρριψης σημείων

Με τον τρόπο με τον οποίο αναπτυχθηκε ο κώδικας ταξινόμησης, η πίεση έχει σημαντικό ρόλο. Έτσι, δίνεται στον χρήστη, προαιρετικά, η δυνατότητα να επιθεωρήσει τα σημεία που αντιστοιχούν σε κάθε μία από τις διαθέσιμες πιέσεις και να απορρίψει κάποια από αυτά. Ο χρήστης και εδώ, έχει τη δυνατότητα επιλογής των πιέσεων για τις οποίες ενδιαφέρεται. Το βήμα αυτό επαναλαμβάνεται μέσα από μηνύματα που εμφανίζονται, μέχρις ότου ο χρήστης να δηλώσει πως δεν επιθυμεί την περαιτέρω απόρριψη σημείων.

10. Επιλογή διαθέσιμων γωνιών κλίσης τροχού

Ακουλουθώντας την ίδια διαδικασία με το βήμα 8, ο χρήστης καλείται να επιλέξει τις διαθέσιμες γωνίες κλίσης τροχού που διατίθενται. Προφανώς, έχει τη δυνατότητα να επιλέξει από όλες τις διαθέσιμες έως και μία, για την οποία ενδιαφέρεται.

11. Καθορισμός εύρους τιμών γωνιών κλίσης τροχού

Έχοντας επιλέξει τις διαθέσιμες γωνίες κλίσης τροχού, ζητάτε από το χρήστη ο καθορισμός των αποδεκτών τιμών από την εκάστοτε ονομαστική τιμή. Ο καθορισμός αυτός γίνεται με ορισμό μέγιστης και ελάχιστης τιμής. Ο λόγος που δεν ζητάται ποσοστιαίο αποδεκτό σφάλμα είναι επειδή παρατηρήθηκε σε μία δοκιμή ανάλογα με τη γωνία κλίσης του τροχού έχουμε και διαφορετικό σφάλμα. Κάτι τέτοιο δεν μας επιτρέπει να ορίσουμε επιτρεπτό όριο ίδιο για όλες τις γωνίες κλίσης του τροχού. Έτσι, ο χρήστης καλείται να εστιάσει στο διάγραμμα που απεικονίζεται η καμπύλη γωνίας κλίσης του τροχού, σε όλη τη διάρκεια της δοκιμής, στην τιμή που εξετάζεται, ενώ έχει στη διάθεσή του 10 δευτερόλεπτα για αυτό. Έπειτα ρωτάται αν έχει επιλέξει ή χρειάζεται επιπλέον χρόνο. Σε περίπτωση που επιλεγεί πως είναι έτοιμος, καλείται να συμπληρώσει το ανώτατο και το κατώτατο όριο αποδεκτών τιμών από την ονομαστική τιμή. Σε αντίθετη περίπτωση επιλογής, στον διαθέσιμο χρόνο παρατήρησης προστίθενται 10 επιπλέον δευτερόλεπτα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλες τις διαθέσιμες γωνίες κλίσης τροχού που είχαν επιλεγεί από το χρήστη στο προηγούμενο βήμα. Να σημειωθεί πως έχει παρατηρηθεί ότι σε κάθε κύκλο δοκιμών οι αποκλίσεις από την κάθε ονομαστική τιμή είναι περίπου ίδια σε κάθε δοκιμή ανεξαρτήτως του είδους της δοκιμής.

12. Επιλογή διαθέσιμων κάθετων φορτίων

Ο χρήστης καλείται να επιλέξει τα διαθέσιμα κάθετα φορτία που περιέχονται στο συγκεκριμένο αρχείο δοκιμών. Πληροφορίες για τα διαθέσιμα φορτία αλλά και τον τρόπο εφαρμογής τους λαμβάνονται στο βήμα 3. Όμοια με τα προηγούμενα, ο χρήστης πρέπει να επιλέξει τουλάχιστον ένα κάθετο φορτίο.

13. Καθορισμός επιθυμητού σφάλματος κάθετων φορτίων

Σε αντίθεση με τη γωνία κλίσης τροχού, οι αποκλίσεις των κάθετων φορτίων από την ονομαστική τιμή, δεν αλλάζουν όσο αυτά αυξάνονται. Για το λόγο αυτό, ζητείται για το χρήστη να ορίσει το ποσοστιαίο επιθυμητό σφάλμα από την ονομαστική τιμή και το σφάλμα αυτό είναι ίδιο για όλα τα κάθετα φορτία.

14. Αναμονή για την εκτέλεση του κώδικα

Έχοντας επιλέξει όλα τα διαθέσιμα δεδομένα και έχοντας ορίσει το επιθυμητό σφάλμα για κάθε ένα από αυτά, εκτελούνται όλες οι υπολογιστικές διεργασίες στον κώδικα. Ο χρόνος που απαιτείται έως την ολοκλήρωση (επόμενο βήμα) εξαρτάται από τον όγκο των προς ταξινόμηση δεδομένων.

15. Ολοκλήρωση διεργασιών κώδικα

Με την ολοκλήρωση των διεργασιών του κώδικα, προτείνεται ο έλεγχος των ταξινομημένων δεδομένων. Συγκεκριμένα, έχει δημιουργηθεί ένας φάκελος με το όνομα «FINALcntprt», στον οποίο θα πρέπει να περιέχονται τα δεδομένα που

αντιστοιχούν στις επιλεγμένες πιέσεις, στις γωνίες κλίσης τροχού και στα κάθετα φορτία. Σε δοκιμές που αντιστοιχούν σε κατάσταση στροφής, ο κάθε πίνακας περιέχει πέντε σημεία που ορίζουν όλη την περιοχή. Σε δοκιμές που περιγράφουν κατάσταση επιβράδυνσης-επιτάχυνσης, το μέγεθος του πίνακα καθορίζεται από τον αριθμό των σημείων που αντιστοιχούν σε κάθε περίπτωση. Εναλλακτικός τρόπος επαλήθευσης της ταξινόμησης αποτελεί η δημιουργία βασικών διαγραμμάτων. Προτείνονται το διάγραμμα εγκάρσιας δύναμης σε συνάρτηση της γωνίας ολίσθησης για δεδομένα που αντιστοιχούν σε κατάσταση στροφής και το διάγραμμα διαμήκης δύναμεις σε σχέση με το λόφο ολίσθησης για δεδομένα που αντιστοιχούν σε κατάσταση επιβράδυνσης-επιτάχυνσης.

Να σημειωθεί πως όλα πεδία συμπλήρωσης, στα παράθυρα που ζητάται η συμπλήρωση κάποιου σφάλματος από το χρήστη, είναι συμπληρωμένα από προεπιλογή ενδεικτικές τιμές που ανταποκρίνονται ικανοποιητικά στους πιο πρόσφατους κύκλους δοκιμών.

3.3 Ανάλυση κυρίως κώδικα και συναρτήσεων

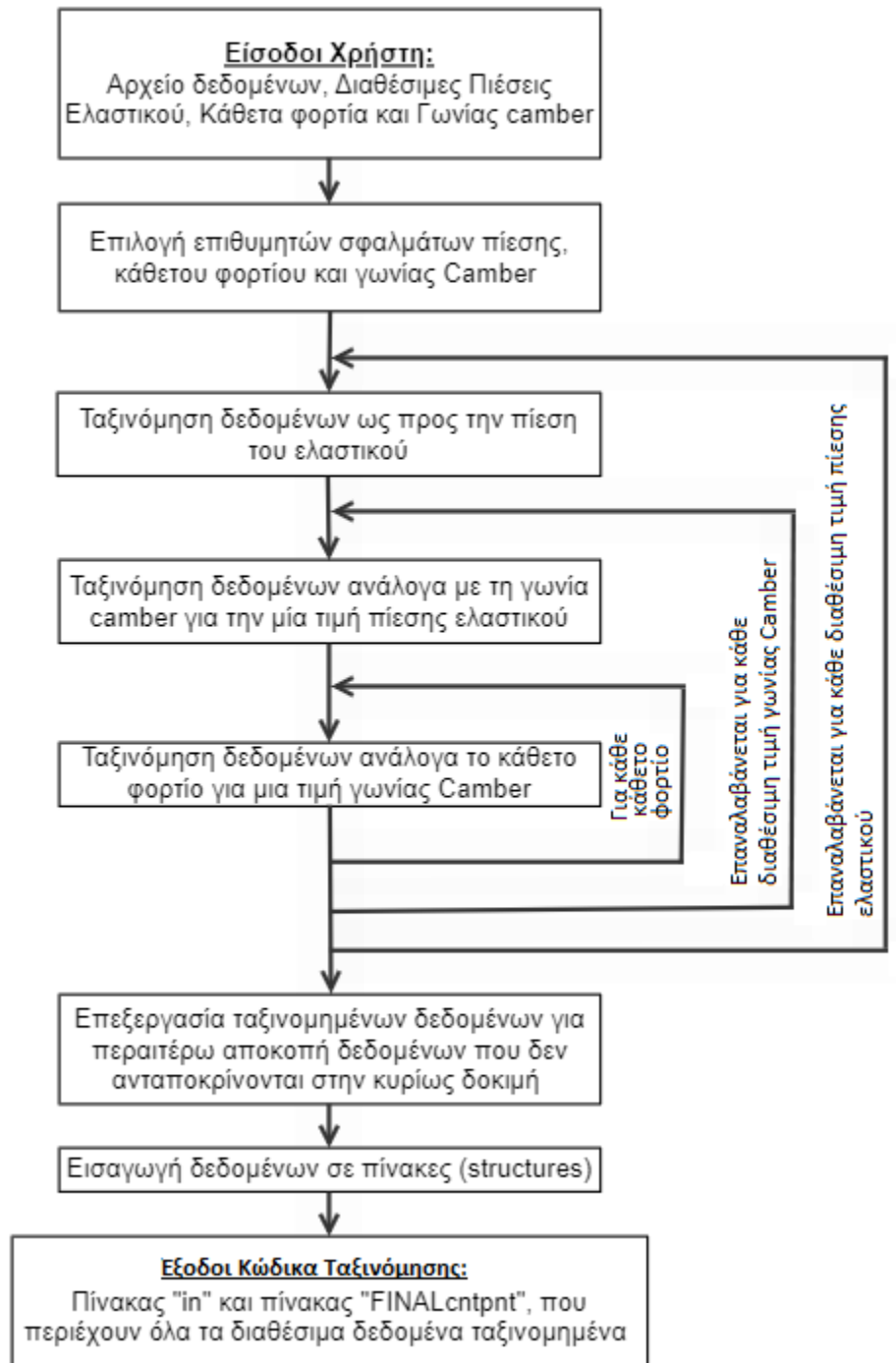
Η ταξινόμηση των δεδομένων γίνεται μέσα από διεργασίες που εκτελούνται τόσο μέσα στο κυρίως πρόγραμμα όσο και στις επιμέρους συναρτήσεις αυτού. Συνολικά χρησιμοποιούνται οκτώ συναρτήσεις εκ των οποίων οι πέντε καλούνται στον βασικό κώδικα, ενώ οι υπόλοιπες μέσα σε κάποιες από τις συναρτήσεις. Η χρήση ορισμένων συναρτήσεων καθορίζεται από τα διαθέσιμα δεδομένα. Συγκεκριμένα, εξαρτάται από τις διαθέσιμες πιέσεις ελαστικού και γωνίες κλίσης τροχού, αφού όπως εξηγήθηκε σε προηγούμενες παραγράφους, σύμφωνα με αυτά τα μεγέθη ταξινομήθηκαν τα πειραματικά δεδομένα. Τα υποπρογράμματα που χρησιμοποιούνται παραθέτονται στο Παράρτημα, ενώ η λειτουργία τους παρουσιάζεται παρακάτω.

- **Pressure_sort**
Το υποπρόγραμμα αυτό περιέχει όλα τα μηνύματα που εμφανίζονται στο χρήστη αναφορικά με τις πιέσεις του ελαστικού. Συγκεκριμένα, ζητείται το επιθυμητό σφάλμα πίεσης σε ποσοστό και η επιλογή διαθέσιμων πιέσεων που υπάχουν μέσα στο αρχείο δοκιμής το οποίο έχει φορτωθεί στο υπολογιστικό περιβάλλον της MATLAB.
- **Cutter**
Στη συνάρτηση αυτή λαμβάνει χώρα η επιπλέον απόρριψη δεδομένων πίεσης, εφόσον επιθυμεί ο χρήστης. Ο χρήστης επιλέγει χειροκίνητα τα όρια της αποδεκτής περιοχής.
- **Borders_for_IA**
Στη συγκεκριμένη συνάρτηση, δηλώνεται αρχικά οι διαθέσιμες ονομαστικές τιμές των γωνιών κλίσης του τροχού. Έπειτα ακολουθεί η διαδικασία ορισμού της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής σε κάθε μία από τις διαθέσιμες μετά από παρατήρηση από το χρήστη. Ανάλογα με τον αριθμό των διαφορετικών τιμών γωνιών κλίσης του τροχού, εμφανίζεται ισάριθμες φορές το διάγραμμα γωνίας κλίσης τροχού για όλες τις χρονικές στιγμές της δοκιμής. Κάθε φορά ο χρήστης πρέπει να εστιάζει στην περιοχή των τιμών που επιθυμεί, έχοντας αρχικά στη διάθεσή του δέκα δευτερόλεπτα. Μετά το πέρας του χρονικού περιθωρίου, ερωτάται αν έχει ήδη επιλέξει. Δίνονται τρεις δυνατές απαντήσεις που αντιστοιχούν σε θετική απάντηση στην ερώτηση που δέχθηκε, διακοπή της διαδικασίας επιλογής, όπου κατά επέκταση

διακοπή της διαδικασίας της ταξινόμησης και πως χρειάζεται επιπλέον χρόνο για την επιλογή. Η τελευταία επιλογή απάντησης δίνει στο χρήστη κάθε φορά το προηγούμενο χρονικό περιθώριο αυξημένο κατά δέκα δευτερόλεπτα έως ότου επιλέξει πως έχει καταλήξει στα επιθυμητά όρια. Τέλος, περιέχονται οι εντολές που απαιτούνται για την εμφάνιση του παραθύρου δήλωσης των ορίων που επιλέχθηκαν.

- **Define_Error_FZ**
Ο ρόλος της συνάρτησης είναι η εμφάνιση τις λίστας των διαθέσιμων κάθετων φορτίων και η επιλογής του από το χρήστη. Ακόλουθα ζητάται η δήλωση του επιθυμητού σφάλματος των κάθετων φορτίων σε ποσοστό.
- **SortforIAandFZpro**
Η συνάρτηση αυτή καλείται από το κύριο πρόγραμμα για κάθε μία από τις διαθέσιμες πιέσεις. Σε αυτήν, εκτελείται η ταξινόμηση των πειραματικών δεδομένων. Σύμφωνα με τις διαθέσιμες γωνίες κλίσης τροχού καλείται η συνάρτηση «TestforFZwhenIA*pro» για κάθε μία από αυτές. Στη συνέχεια δημιουργείται ένας πίνακας για όλα τα δεδομένα που αντιστοιχούν στην πίεση για την οποία έχει κληθεί, ο οποίος αποτελεί και τη μοναδική έξοδο της συνάρτησης στο κύριο πρόγραμμα.
- **TestforFZwhenIA*pro**
Για την εκάστοτε διαθέσιμη γωνία κλίσης τροχού καλείται η συγκεκριμένη συνάρτηση. Ο ρόλος της είναι η ταξινόμηση των δεδομένων σύμφωνα με τα διαθέσιμα καθετα φορτία και το επιθυμητό σφάλμα. Τα τελευταία λαμβάνονται στον κώδικα μέσω προηγούμενης συνάρτησης. Μετά την ταξινόμηση, δημιουργείται ένας πίνακας στον οποίο περιέχονται όλα τα ταξινομημένα δεδομένα τα οποία έπειτα ταξινομούνται για όλες τις διαθέσιμες γωνίες κλίσης τροχού στη συνάρτηση «SortforIAandFZpro». Για κάθε δυνατή τιμή γωνίας κλίσης τροχού, υπάρχει δεδομένη συνάρτηση, ενώ προκειμένου να αποτρέπεται η σύγχυση, στο όνομα κάθε συνάρτηση δηλώνεται και η ονομαστική τιμή, στη θέση του αστερίσκου.
- **Fitforfnzeros**
Ρόλος της συνάρτησης είναι η εύρεση των σημείων που η συνάρτηση της γωνίας ολίσθησης και του λόγου ολίσθησης, ανάλογα με την περίπτωση της δοκιμής, τέμνουν τον οριζόντιο άξονα. Προκειμένου να μειωθεί το υπολογιστικό κόστος της συγκεκριμένης διαδικασίας, καθότι επεξεργάζεται μεγάλος όγκος δεδομένων, η κάθε καμπύλη προσεγγίζεται με παρεμβολή περιοδικής καμπύλης.
- **Create_Final_Points**
Από τα στοιχεία που δημοσιεύονται για κάθε δοκιμή γνωρίζουμε τον αριθμό που κάθε συνδυασμός πίεσης, γωνίας κλίσης τροχού και κάθετου φορτίου επαναλαμβάνεται. Έτσι παρατηρώντας την καμπύλη γωνίας ολίσθησης των δεδομένων αυτών, παρατηρούμε πως για κάθε διαθέσιμο συνδυασμό η καμπύλη γωνίας ολίσθησης ή λόγου ολίσθησης, για δοκιμή στροφής ή επιτάχυνσης-επιβράδυνσης αντίστοιχα, τέμνει τον οριζόντιο άξονα δεδομένες φορές. Λαμβάνοντας αυτό υπόψη και χρησιμοποιώντας της συνάρτησης «Fitforfnzeros» εντοπίζουμε τα σημεία τομής. Έπειτα συγκρίνουμε τα σημεία τομής με τα αντίστοιχα ταξινομημένα σημεία προκειμένου να ορίσουμε την τελική περιοχή των αποδεκτών σημείων κάθε συνδυασμού. Έτσι, δημιουργούνται τα τελικά σημεία για κάθε συνδυασμό και αποθηκεύονται στον πίνακα «FINALcntprnt». Όλη η διαδικασία που περιγράφηκε, περιέχεται στη συνάρτηση αυτή και επαναλαμβάνεται για όλους τους διαθέσιμους συνδυασμούς πίεσης, γωνίας κλίσης τροχού και κάθετου φορτίου.

Η δομή του κώδικα ταξινόμησης παρουσιάζεται πιο αναλυτικά στο διάγραμμα ροής που ακολουθεί.



Διάγραμμα 3.1: Διάγραμμα Ροής Κυρίως Προγράμματος Κώδικα Ταξινόμησης

Στο σημείο αυτό να σημειωθεί πώς οι λίστες διαθέσιμων πιέσεων, γωνιών κλίσης τροχού και κάθετων φορτίων, περιέχουν όλες τις τιμές οι οποίες έχουν δοκιμαστεί στις έως τώρα δημοσιευμένες δοκιμές.

3.4 Επιλογή Ελαστικών προς Μελέτη

Η ταξινόμηση και η δημιουργία όλων διαγράμματος για όλα τα ελαστικά που υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα δεν αποτελεί βέλτιστη μέθοδο για την επιλογή ελαστικών. Ο λόγος αυτού είναι ο μεγάλος όγκος πληροφοριών από τα αποτελέσματα και η δυσκολία επεξεργασίας τους. Για το λόγο αυτό, αρχικά, γίνεται μια διαλογή στα ελαστικά.

Η διαλογή αρχικά γίνεται σύμφωνα με τα ελαστικά τα οποία είναι διαθέσιμα στην αγορά, καθώς όπως έχει ήδη αναφερθεί, ορισμένα από τα ελαστικά που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο Κεφάλαιο έχει σταματήσει πλέον η παραγωγή τους.

Λαμβάνοντας υπόψη, πλέον, τα εναπομείναντα ελαστικά, εφαρμόζουμε ένα σύστημα αξιολόγησης με βάση τα δεδομένα που προκύπτουν από τον κώδικα. Συγκεκριμένα, την αξιολόγηση αυτή, διαμορφώνουν η μέγιστη τιμή της κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμης, η πλευρική ακαμψία, το βάρος και η ροπή αδράνειας του ελαστικού. Όλα τα μεγέθη λαμβάνονται είτε μέσα από τις δημοσιευμένες πληροφορίες για τα ελαστικά είτε από τα αποτελέσματα του κώδικα. Σε κάθε ένα από τα μεγέθη του κριτηρίου δίνεται διαφορετική βαρύτητα μέσω των συντελεστών που επιλέγονται για αυτά.

Αρχικά εντοπίζονται για κάθε ελαστικό οι μέγιστες τιμές της κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμη ανεξαρτήτως πίεσης και γωνίας κλίσης τροχού, αλλά για κάθετο φορτίο της επιλογής μας. Έπειτα εντοπίζουμε τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή από όλες τις μέγιστες τιμές των δυνάμεων που προέκυψαν από τον κώδικα. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλα τα μεγέθη που επηρεάζουν το σύστημα αξιολόγησης. Έτσι, για κάθε ένα από τα μεγέθη προκύπτει μια βαθμολογία, ενώ η τελική βαθμολογία για το κάθε ελαστικό είναι το άθροισμα των επιμέρους βαθμολογιών των μεγεθών. Η μέγιστη βαθμολογία για το κάθε ελαστικό είναι οι 100 βαθμοί.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναλύσουμε τους λόγους επιλογής των συγκεκριμένων μεγεθών για τη διαμόρφωση της βαθμολογίας. Η κανονικοποιημένη εγκάρσια δύναμη αποτελεί ένα μέγεθος που φανερώνει τόσο τη δυνατότητα παραγωγής εγκάρσιας δύναμης όσο και το συντελεστή πρόσφησης του ελαστικού. Επιλέγοντας το μέγεθος αυτό και γνωρίζοντας το κάθετο φορτίο για το οποίο ενδιαφερόμαστε, λαμβάνοντας υπόψη ένα μόνο μέγεθος παίρνουμε δύο πληροφορίες. Η σημασία της πλευρικής ακαμψίας για τη δυναμική συμπεριφορά του ελαστικού έχει αναλυθεί στις προηγούμενες ενότητες. Το βάρος του ελαστικού είναι σημαντικό αφού προστίθεται στο ολικό βάρος του οχήματος με αποτέλεσμα να αυξάνει τις απαιτήσεις ισχύος του κινητήρα του οχήματος. Η αδράνεια του κάθε ελαστικού είναι σημαντική καθώς υποδηλώνει την επιπλέον δύναμη πέδησης που απαιτείται προκειμένου να ακινητοποιηθεί το όχημα.

Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα δύο φορές. Την πρώτη για ελαστικά με ακτίνα σώτρου 10 ιντσών και τη δεύτερη για διάμετρο σώτρου 13 ιντσών. Ο λόγος αυτής της κατηγοριοποίησης είναι η μεγάλη δυναμική διαφορά που παρατηρείται σε ελαστικά με διαφορετική ακτίνα σώτρου.

Κεφάλαιο 3

Για τις διαμήκεις δυνάμεις δεν ακολουθείται αντίστοιχη αξιολόγηση. Αυτό γίνεται διότι υποθέτουμε πως ένα ελαστικό πληρώντας τις προϋποθέσεις για την εγκάρσια δυναμική του συμπεριφορά, τότε θα πληροί και τις προϋποθέσεις για τη διαμήκη δυναμική συμπεριφορά.

Οι συντελεστής «βαρύτητας» για κάθε μέγεθος που έχουν επιλεχθεί είναι σταθεροί για κάθε ακτίνα σώτρου και παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Συντελεστές Βαρύτητας

Συντελεστές Βαρύτητας			
NFY	Cornering Stiffness	Weight	Inertia
0,75	0,05	0,15	0,05

Η εξίσωση σύμφωνα με την οποία προκύπτει η βαθμολογία είναι η εξής:

$$Score_i = coef_i \cdot \left(1 + 99 \cdot \frac{TireValue_i - MinValue_i}{MaxValue_i - MinValue_i} \right)$$

,όπου ο δείκτης i υποδηλώνει τον δείκτη κάθε μεγέθους και η μεταβλητή $TireValue_i$ την τιμή που αντιστοιχεί στο εκάστοτε ελαστικό.

Οι επιμέρους βαθμολογίες καθώς και οι συνολικές βαθμολογίες για το κάθε ελαστικό για ακτίνα σώτρου 10 και 13 ιντσών εμπεριέχονται στον Πίνακα 3.2 και Πίνακα 3.3 αντίστοιχα.

Πίνακας 3.2: Βαθμολογία Ελαστικών με Ακτίνα Σώτρου 10 in

Tyre	Score NFY	Score Cornering Stifgness	Score Weight	Score Tire's Inertia	TOTAL SCORE
Hoosier 18.0 x 6.0 10 LCO	37,87	0,05	12,98	2,69	53,60
Hoosier 18.0 x 6.0 10 R25B	36,39	4,85	7,65	1,60	50,49
Hoosier 18.0 x 7.5 10 R25B	75,00	1,37	0,15	0,05	76,57
Hoosier 16.0x7.5-10 R25B	50,13	3,76	11,28	4,47	69,64
Hoosier 16.0 x 6.0 - 10 LCO	30,96	3,92	14,41	4,92	54,20
Hoosier 16.0 x 6.0 - 10 R25B	36,51	1,47	15,00	5,00	57,97
Hoosier 16.0 x 7.5 - 10 LCO	41,75	1,51	11,92	4,53	59,73
Goodyear 18.0x6.5-10 Eagle Special Radial D1383	5,21	5,00	3,03	0,64	13,88
Avon 7.0/16.0-10	0,75	1,83	12,64	4,66	19,89

Tyre	Score NFY	Score Cornering Stifgness	Score Weight	Score Tire's Inertia	TOTAL SCORE
Hoosier 20.5x7.0-13 R25B	73,81	6,62	7,01	1,79	89,23
Hoosier 20.0x7.5-13 R25B	62,12	8,82	1,72	0,70	73,35
Hoosier 20.0x6.0-13 R25B	40,69	2,47	5,07	0,70	48,92
Hoosier 20.5x6.0-13 R25B	49,46	2,73	7,68	1,79	61,66
Goodyear 20.0x7.0-13 Eagle Special Radial	47,51	5,00	11,78	1,58	65,87
Goodyear 20.0x7.0-13 D2704	60,99	3,58	13,27	1,78	79,62
Michelin 16/53-13 Radial X S6B	29,97	4,04	15,00	5,00	54,02
Dunlop 175/505R13	29,97	3,60	13,35	3,83	50,74
Continental 205/510R13	41,66	3,89	9,99	0,92	56,47
Continental 205/470R-13	75,00	0,05	14,17	1,13	90,36
Avon 6.2/20-13 FITO	0,75	0,18	4,10	3,85	8,88
Avon 7.2/20-13 HDTO	21,21	0,05	0,15	0,05	21,46
Avon 8.2/20.0-13	48,48	1,67	2,24	0,32	52,71

Στο σημείο αυτό, να τονισθεί ότι όλες οι τιμές που εμπεριέχονται στους παραπάνω πίνακες συλλέχθηκαν για κάθετο φορτίο 250 lb, καθώς το φορτίο αυτό είναι το φορτίο που δέχεται ο κάθε τροχός του μονοθεσίου για αγώνες Formula Student P20 της Prom Racing.

Σύμφωνα με τις τελικές βαθμολογίες που προέκυψαν, επιλέγουμε τρία ελαστικά από κάθε πίνακα με τη μεγαλύτερη βαθμολογία προκειμένου να τα αναλύσουμε περαιτέρω δημιουργώντας διαγράμματα για όλα τα σημαντικά μεγέθη.

3.5 Συμπεράσματα από την Ταξινόμηση Δεδομένων

Από την παραπάνω ταξινόμηση δεδομένων, προκύπτουν συμπεράσματα που βοηθούν στην κατανόηση της δυναμικής συμπεριφοράς του κάθε ελαστικού που επιλέχθηκε για μελέτη. Συγκεκριμένα, μέσω της ταξινόμησης λαμβάνονται οι μέγιστες τιμές των δυνάμεων και των ροπών που αναπτύσσει κάθε ελαστικό, καθώς και το θερμοκρασιακό παράθυρο λειτουργίας κάθε ελαστικού. Για κάθε ένα από αυτά τα χαρακτηριστικά δημιουργείται ένα διάγραμμα για καλύτερη κατανόηση κάθε δυναμικού μεγέθους. Στα διαγράμματα αυτά απεικονίζονται οι σχέσεις μεταξύ κύριων μεγεθών που περιγράφουν τη δυναμική συμπεριφορά ενός ελαστικού και αναλυτικά είναι:

- Η σχέση εγκάρσιας δύναμης και γωνίας ολίσθησης
- Η σχέση κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμης και γωνίας ολίσθησης
- Η σχέση ροπής ευθυγράμμισης και γωνίας ολίσθησης
- Η σχέση εγκάρσιας δύναμης και θερμοκρασίας ελαστικού
- Η σχέση κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμης και θερμοκρασίας ελαστικού
- Η σχέση διαμήκου δύναμης και λόγου ολίσθησης
- Η σχέση κανονικοποιημένης διαμήκου δύναμης και λόγου ολίσθησης

Κεφάλαιο 3

- Η σχέση διαμήκου δύναμης και θερμοκρασίας ελαστικού
- Η σχέση κανονικοποιημένης διαμήκου δύναμης και θερμοκρασίας ελαστικού

Ακόμη, για κάθε ελαστικό δημιουργείται ένας πίνακας, που περιέχει τις μέγιστες τιμές δύναμης που αναπτύσσονται. Προκειμένου, να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ αυτών, επιλέχθηκαν κοινές πιέσεις, γωνίες Camber και κάθετα φορτία για όλα τα ελαστικά.

Για χάριν συντομίας παραθέτονται αναλυτικά όλα τα διαγράμματα μόνο για το ελαστικό Hoosier 18.0x7.5-10 R25B, ενώ για τα υπόλοιπα μοντέλα ελαστικών που μελετήθηκαν, τα διαγράμματα των κύριων δυναμικών μεγεθών τους, περιέχονται στο Παράρτημα της Διπλωματικής Εργασίας.

3.5.1 Hoosier 18.0x7.5-10 R25B

Οι μέγιστες τιμές των μεγεθών του συγκεκριμένου ελαστικού περιέχονται στον Πίνακα 3.3 για τη δοκιμή στροφής, ενώ οι αντίστοιχες τιμές για τη δοκιμή επιτάχυνσης-πέδησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3.

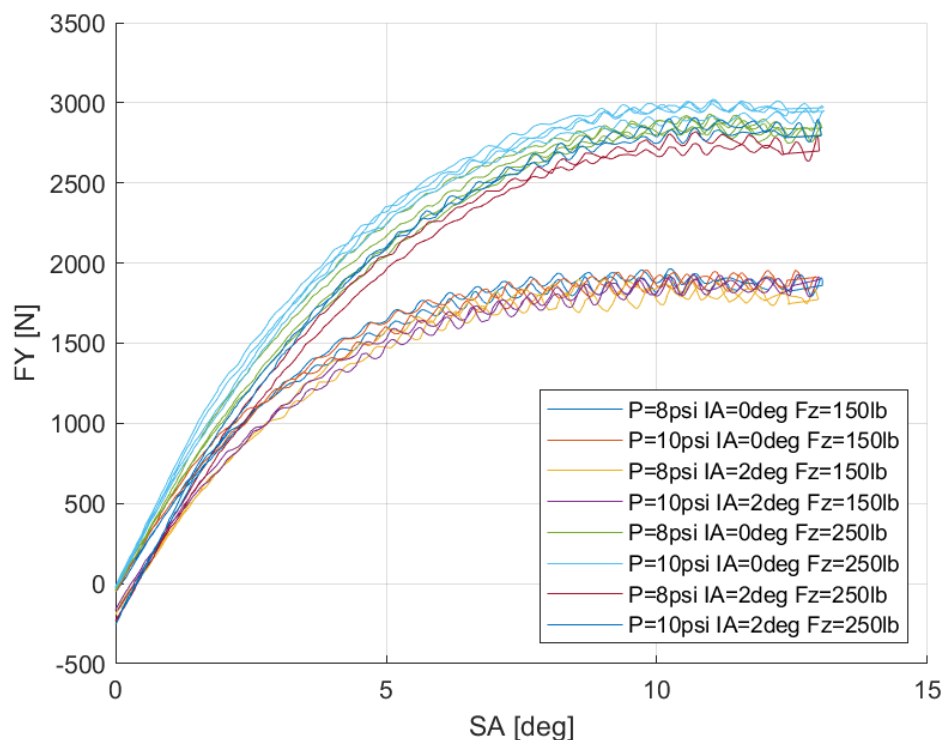
Πίνακας 3.3: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Hoosier 18.0 x 7.5-10 R25B από Δοκιμή Στροφής

			Hoosier 18.0x7.5-10 R25B					
P (psi)	IA (deg)	FZ (lbs)	FY (N)	SA (deg)	NFY	SA (deg)	MZ (Nm)	SA (deg)
8	0	50	754,48	8,52	3,51	8,56	18,41	3,76
		150	1964,83	10,26	2,97	10,30	44,90	4,67
		250	2929,43	11,00	2,75	10,52	94,12	5,03
	2	50	694,15	8,60	3,39	8,60	23,13	2,16
		150	1900,06	9,05	2,95	10,31	60,81	13,28
		250	2853,96	11,12	2,73	10,58	95,29	4,72
	4	50	626,49	12,49	3,02	12,49	19,47	1,84
		150	1773,22	10,81	2,78	9,75	49,93	3,14
		250	2875,84	11,28	2,74	11,23	95,76	4,64
10	0	50	733,31	7,18	3,53	8,17	65,82	13,13
		150	1957,02	12,56	3,00	10,41	41,44	5,27
		250	3031,06	11,13	2,89	9,57	83,94	5,42
	2	50	697,18	8,88	3,34	11,60	61,77	13,21
		150	1929,36	12,62	2,91	9,65	55,68	13,27
		250	2935,52	10,85	2,79	10,33	84,95	4,72
	4	50	635,98	12,17	3,14	11,63	60,10	13,11
		150	1755,57	12,13	2,70	12,10	62,41	13,21
		250	2905,88	11,17	2,72	11,17	84,68	3,92

Πίνακας 3.4: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Hoosier 18.0 x 7.5 10 R25B από Δοκιμή Επιτάχυνσης-Πέδησης

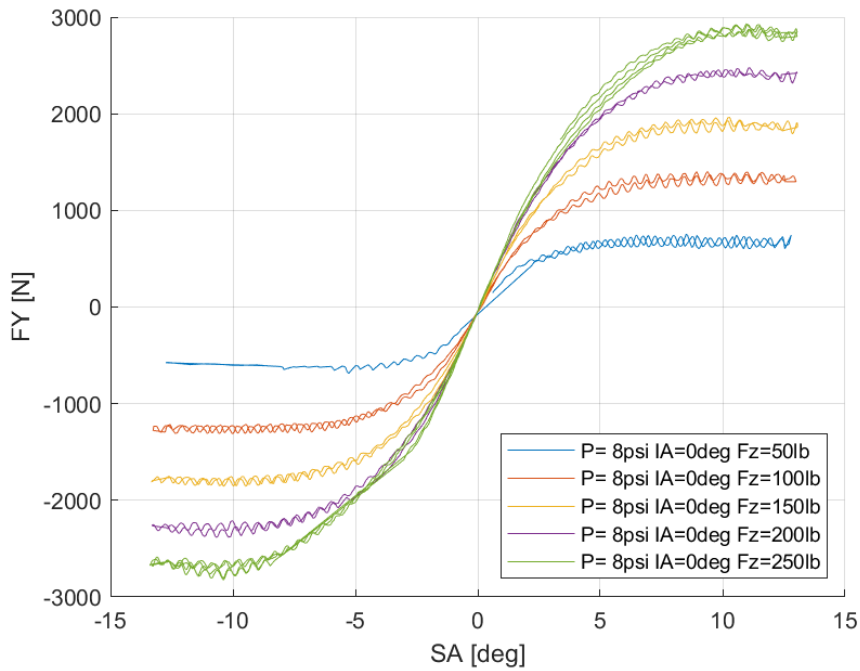
			Hoosier 18.0 x 7.5-10 R25B					
P (psi)	IA (deg)	FZ (lbs)	FX (N)	SR (%)	NFX	SR (%)	MX (Nm)	SR (%)
8	0	50	995,67	0,125	4,56	0,106	27,158	0,175
		150	2250,01	0,124	3,49	0,13	26,715	0,172
		250	3427,17	0,13	3,21	0,133	26,282	0,168
	2	50	960,95	0,137	4,34	0,159	27,182	0,176
		150	2262,39	0,152	3,49	0,142	26,815	0,175
		250	3421,6	0,153	3,24	0,151	26,645	0,178
	4	50	815,78	0,17	3,84	0,112	27,327	0,187
		150	2067,87	0,138	3,2	0,144	26,913	0,181
		250	3222,36	0,153	3	0,155	26,601	0,181
10	0	50	809,34	0,097	3,86	0,116	27,22	0,17
		150	1962,74	0,14	3,08	0,14	26,785	0,166
		250	2870,78	0,148	2,65	0,147	26,588	0,169
	2	50	791,42	0,175	3,73	0,094	27,276	0,174
		150	1891,37	0,139	2,89	0,139	27,146	0,179
		250	2839,82	0,137	2,69	0,161	26,93	0,18
	4	50	769,65	0,117	3,44	0,117	27,509	0,186
		150	1853,39	0,128	2,83	0,128	27,242	0,186
		250	2788,74	0,129	2,55	0,163	26,931	0,182

3.5.1.1 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης

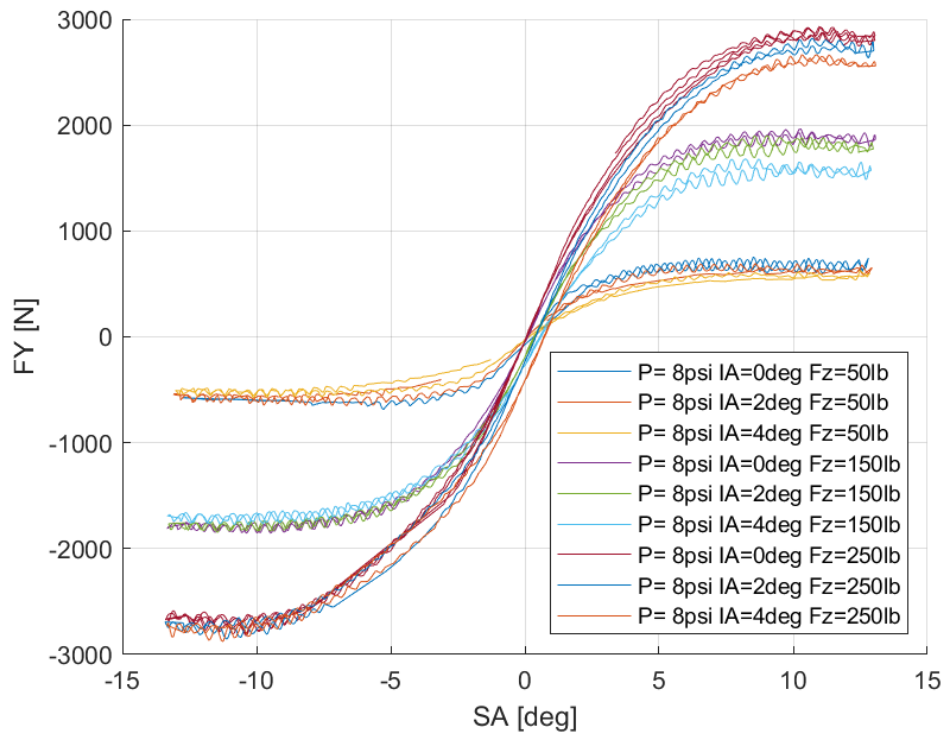


Διάγραμμα 3.2: Εγκάρσια Δύναμη Συνάρτησι της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πίεση Ελαστικού

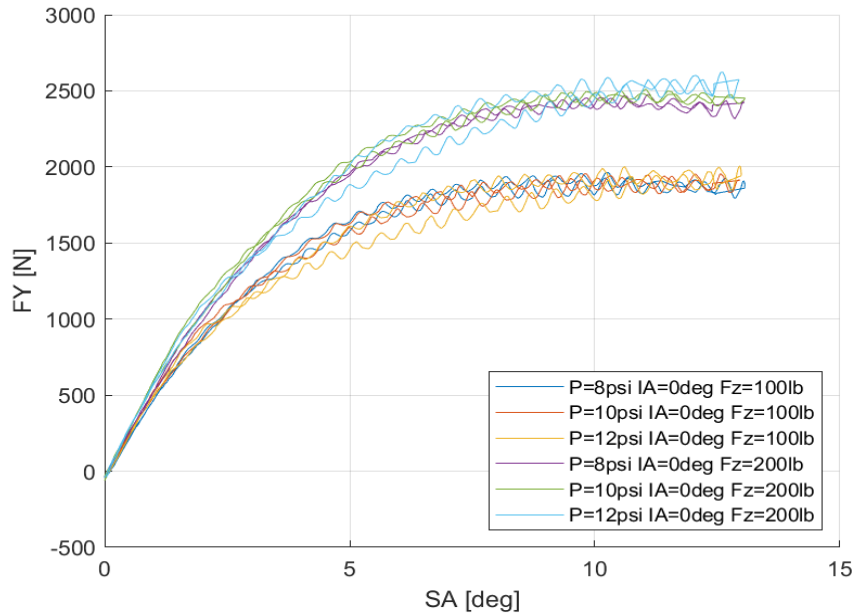
Κεφάλαιο 3



Διάγραμμα 3.3: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 3.4: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

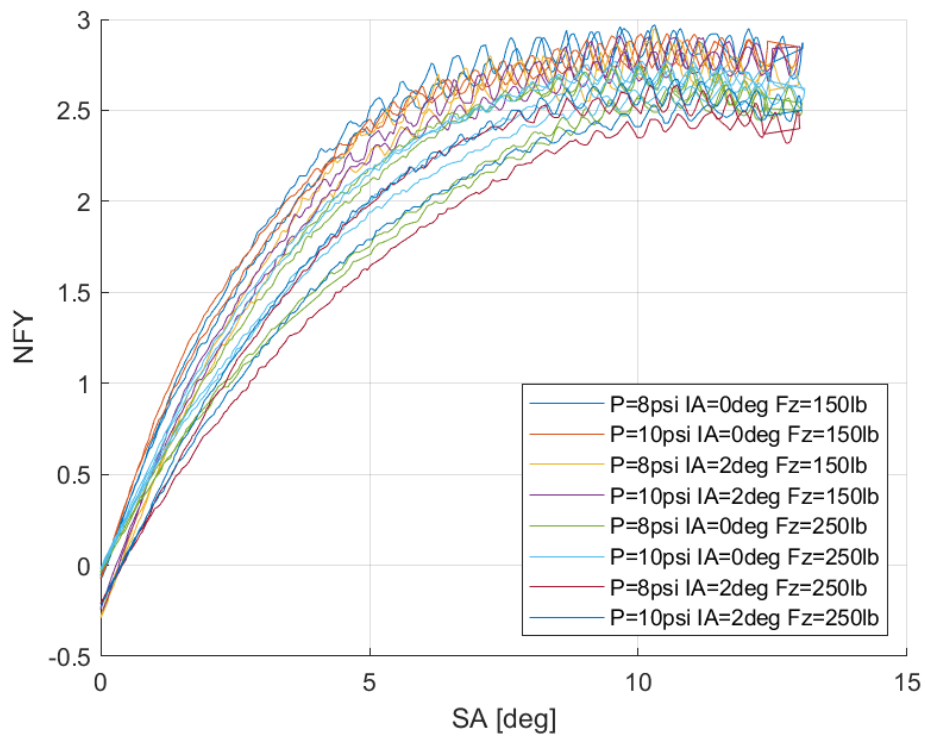


Διάγραμμα 3.5: Εγκάρσια Δύναμη Συνάρτησει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πίεσεις Ελαστικού

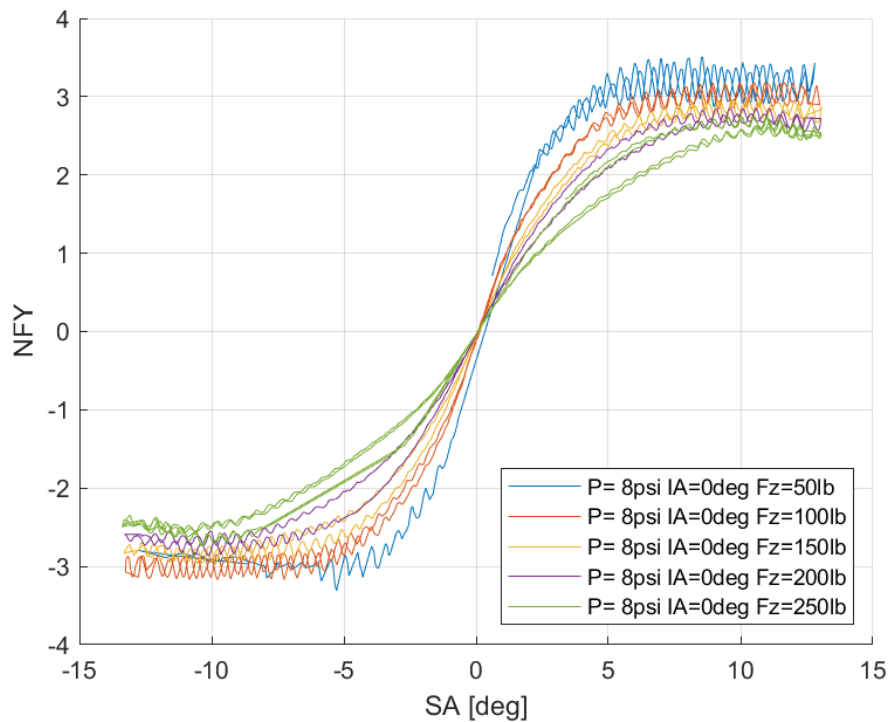
Από τα παραπάνω διαγράμματα συμπεραίνεται εύκολα η κρίσιμη σημασία του κάθετου φορτίου. Συγκεκριμένα, αύξηση 50% στο κάθετο φορτίο που δέχεται το ελαστικό οδηγεί στη αύξηση 50% της παραγόμενης εγκάρσιας δύναμης που παράγεται. Η γωνία κλίσης του τροχού είναι επίσης σημαντική καθώς επηρεάζει τη μέγιστη τιμή της εγκάρσιας δύναμης. Η εγκάρσια δύναμη παίρνει μέγιστη τιμή για μικρές γωνίες κλίσης τροχού, όπως 0° και 2°, ενώ μεγάλες γωνίες κλίσης οδηγούν σε σχετική μείωση της εγκάρσιας δύναμης, παρόλο που την επηρεάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό. Παράλληλα, η μέγιστη τιμή της καμπύλης εντοπίζεται για γωνία ολίσθησης περίπου 10° ανεξάρτητα από το κάθετο φορτίο, την γωνία κλίσης του τροχού και την πίεση του ελαστικού. Όσον αφορά την πίεση του ελαστικού, παρουσιάζει την μικρότερη επηρροή στην εγκάρσια δύναμη του ελαστικού, αφού όπως παρατηρούμε, για διαφορετικές πίεσης και ίδιο κάθετο φορτίο και γωνία κλίσης τροχού, οι καμπύλες διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους. Τέλος, η κλίση της καμπύλης, δηλαδή η πλευρική ακαμψία, επηρεάζεται κυρίως από τη μεταβολή του κάθετου φορτίου.

Κεφάλαιο 3

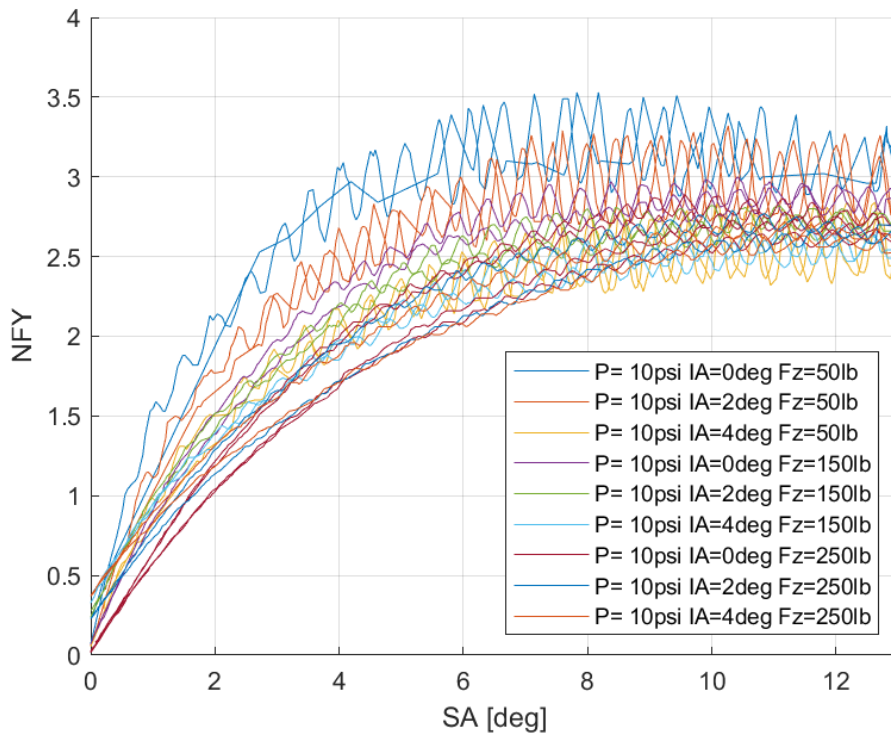
3.5.1.2 Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης



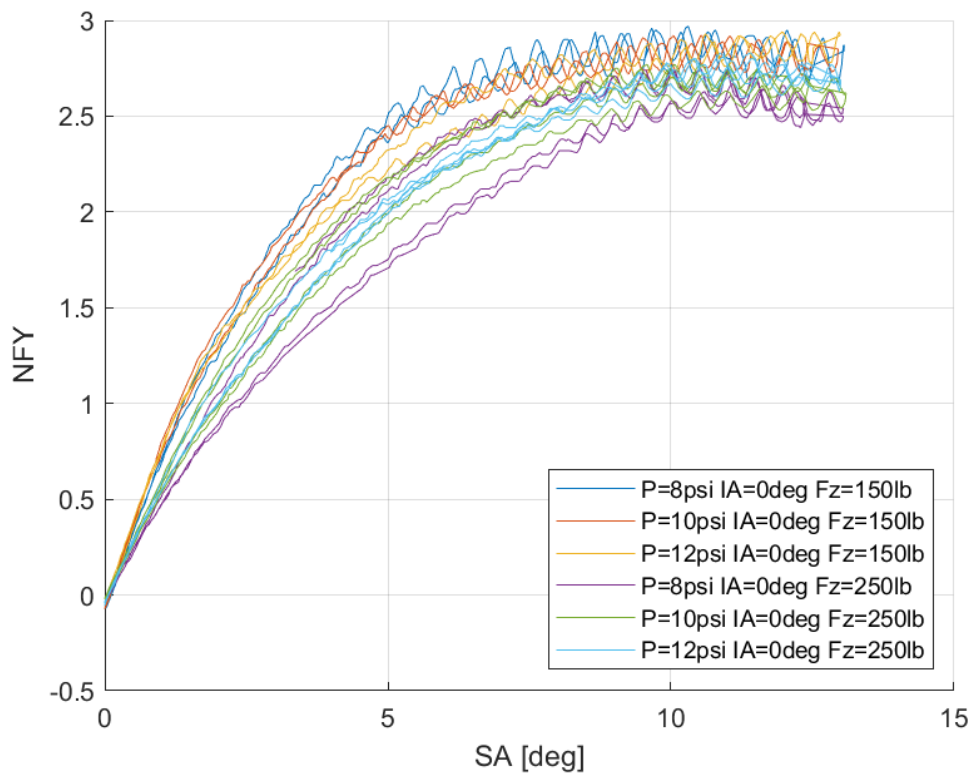
Διάγραμμα 3.6: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πίεση Ελαστικού



Διάγραμμα 3.7: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 3.8: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

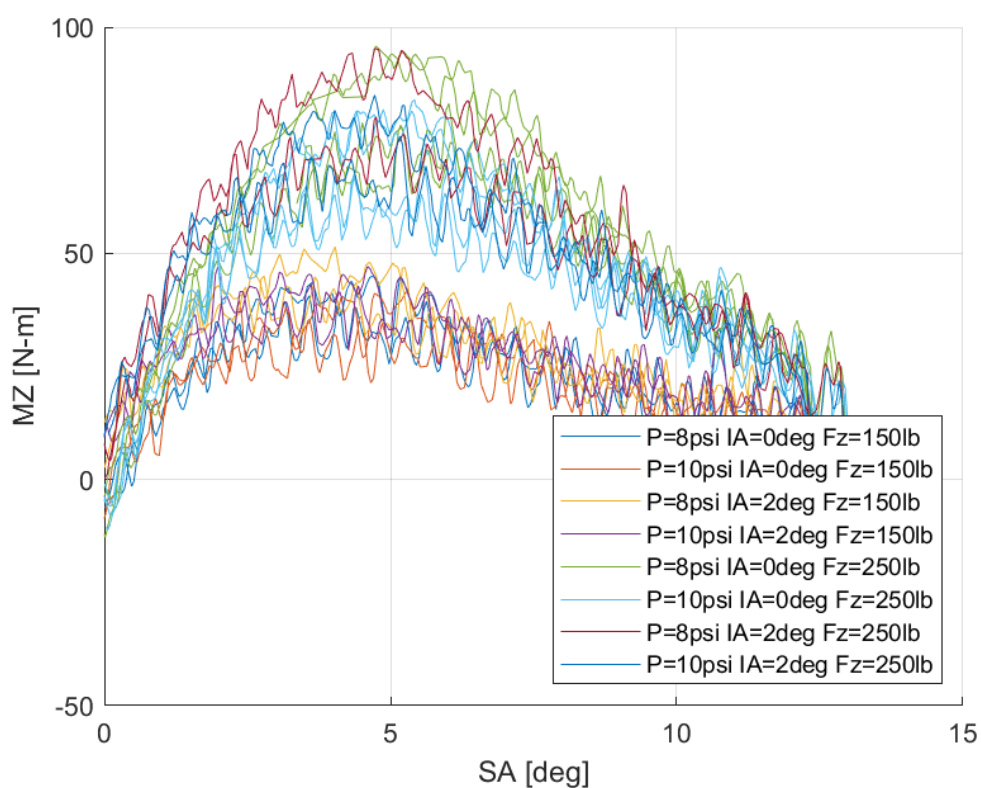


Διάγραμμα 3.9: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

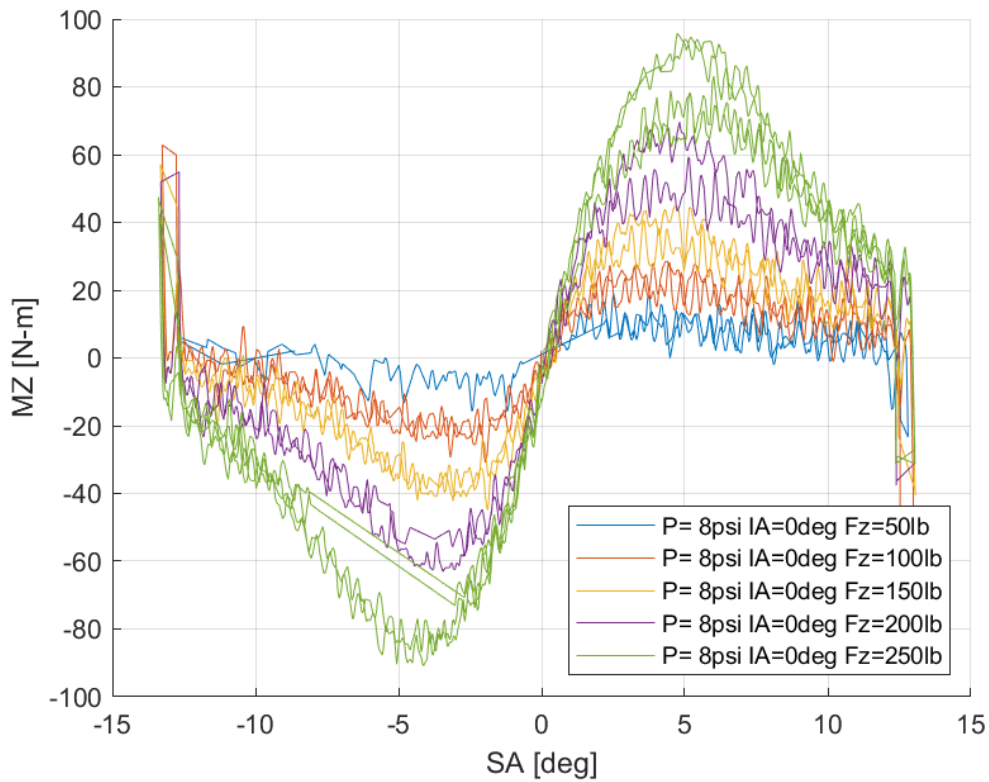
Κεφάλαιο 3

Η καμπύλη της κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμης, όπως ήταν αναμενόμενο, έχει την ίδια μορφή με την καμπύλη της εγκάρσιας δύναμης με τη γωνία ολίσθησης. Η μόνη διαφορά τους έγκυται στο γεγονός ότι μέγιστο στη συγκεκριμένη καμπύλη εντοπίζεται για το μικρότερο κάθετο φορτίο, κάτι που οφείλεται στον ορισμό τους μεγέθους NFY. Οι ομαδοποιήσεις στα διαγράμματα αυτά δεν είναι ευδιάκριτες λόγω των μη πυκνών δεδομένων. Παρόλα αυτά, την μεγαλύτερη επιρροή στις καμπύλες την έχει το κάθετο φορτίο και εν συνεχεία η γωνία κλίσης του τροχού. Αύξηση της τελευταίας οδηγεί σε μείωση της κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμης. Η πίεση του ελαστικού έχει τον μικρότερη σημασία για την καμπύλη, ενώ η μέγιστη τιμή της καμπύλης παρατηρείται για περίπου 10° γωνίας ολίσθησης.

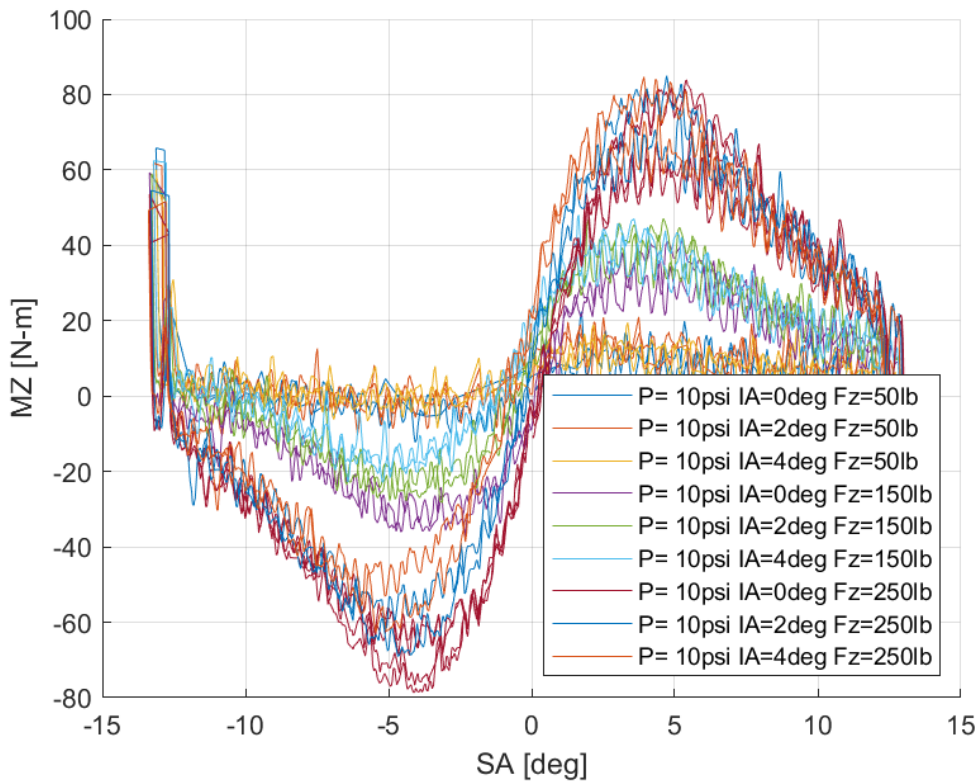
3.5.1.3 Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης



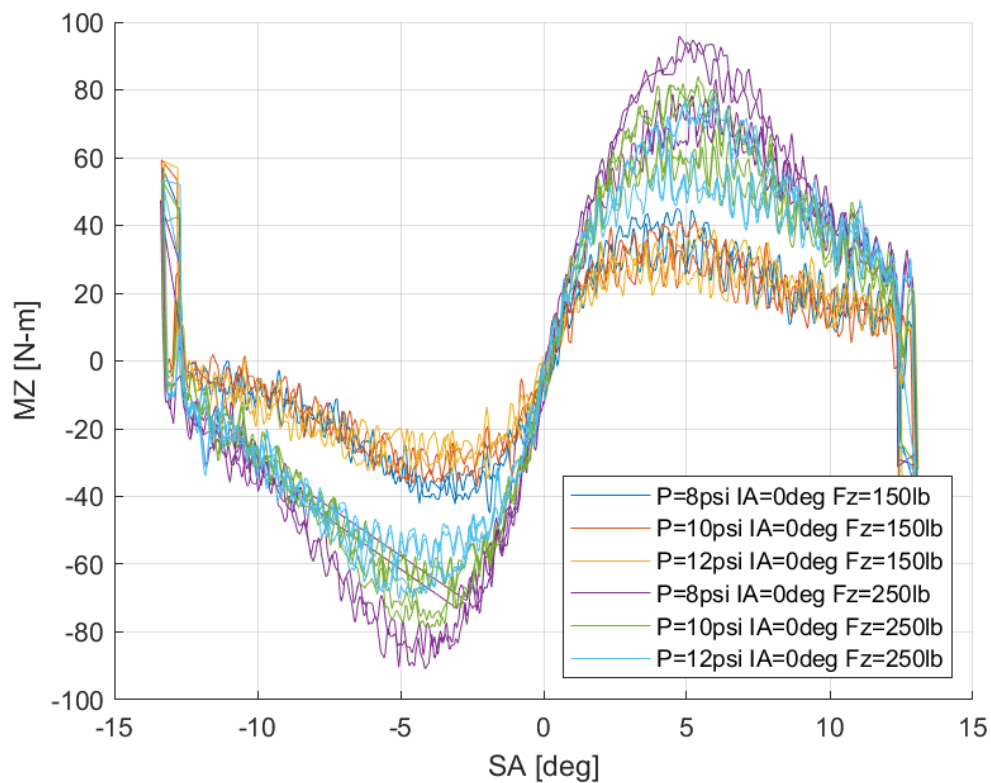
Διάγραμμα 3.10: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πίεση Ελαστικού



Διάγραμμα 3.11: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



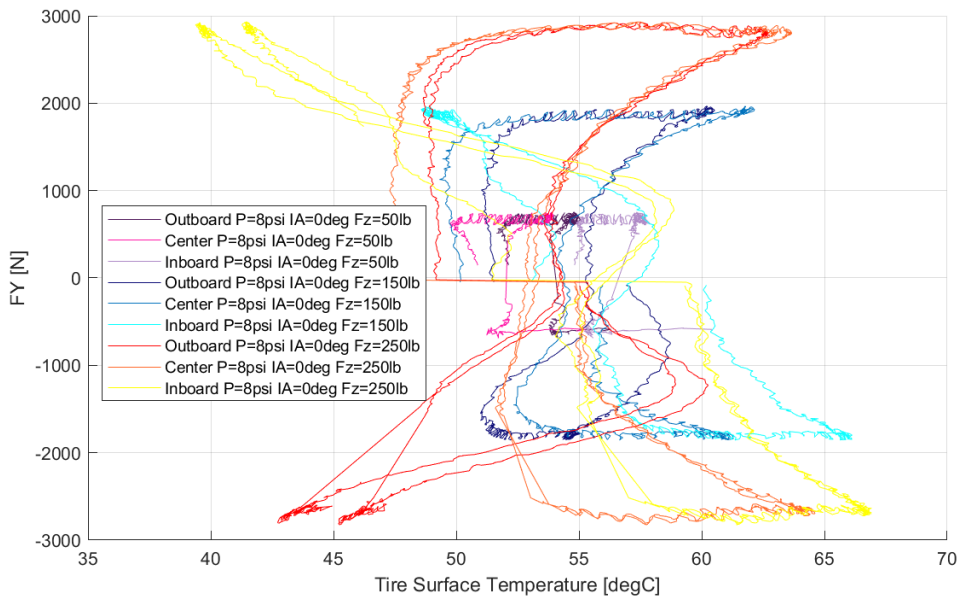
Διάγραμμα 3.12: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber



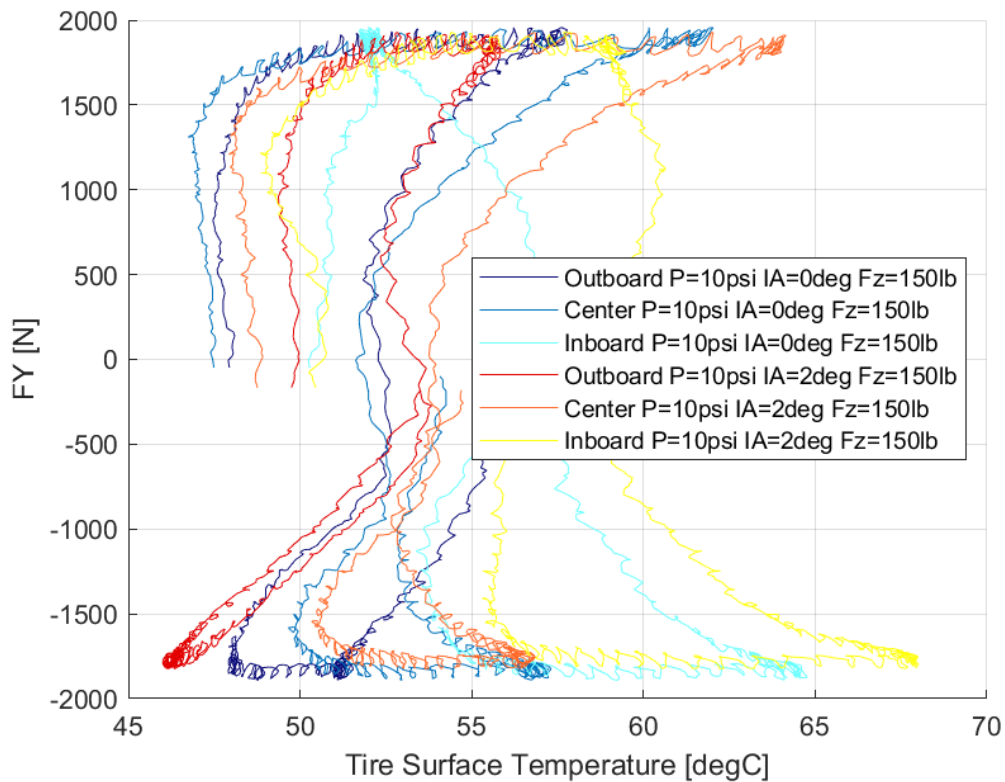
Διάγραμμα 3.13: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Η ροπή ευθυγράμμισης που παράγεται στο πέλμα του ελαστικού επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το κάθετο φορτίο που δέχεται ο ελαστικοφόρος τροχός. Την καμπύλη, ωστόσο, επηρεάζουν με φθίνουσα σειρά σημασίας, η γωνία κλίσης του τροχού καθώς και η πίεση του ελαστικού. Συνεπώς, η μέγιστη τιμή εντοπίζεται για μέγιστο κάθετο φορτίο και για ελάχιστες τιμές γωνίας κλίσης τροχού και πίεσης ελαστικού. Για όλες τις περιπτώσεις που περιέχονται στα διαγράμματα παρουσιάζουν μέγιστο για γωνία ολίσθησης περίπου 5°. Αυτό σημαίνει πως οδηγός από όταν αισθάνεται πως χάνει την πρόσφυση μέσω της «ελάφρυνσης» του τιμονιού έως την πραγματική απώλεια πρόσφυσης, έχει 5° περιθώριο καθώς η ροπή ευθυγράμμισης παρουσιάζει μέγιστη τιμή στις περίπου 5° ενώ η καμπύλη της εγκάρσιας δύναμης περίπου στις 10° γωνίας ολίσθησης.

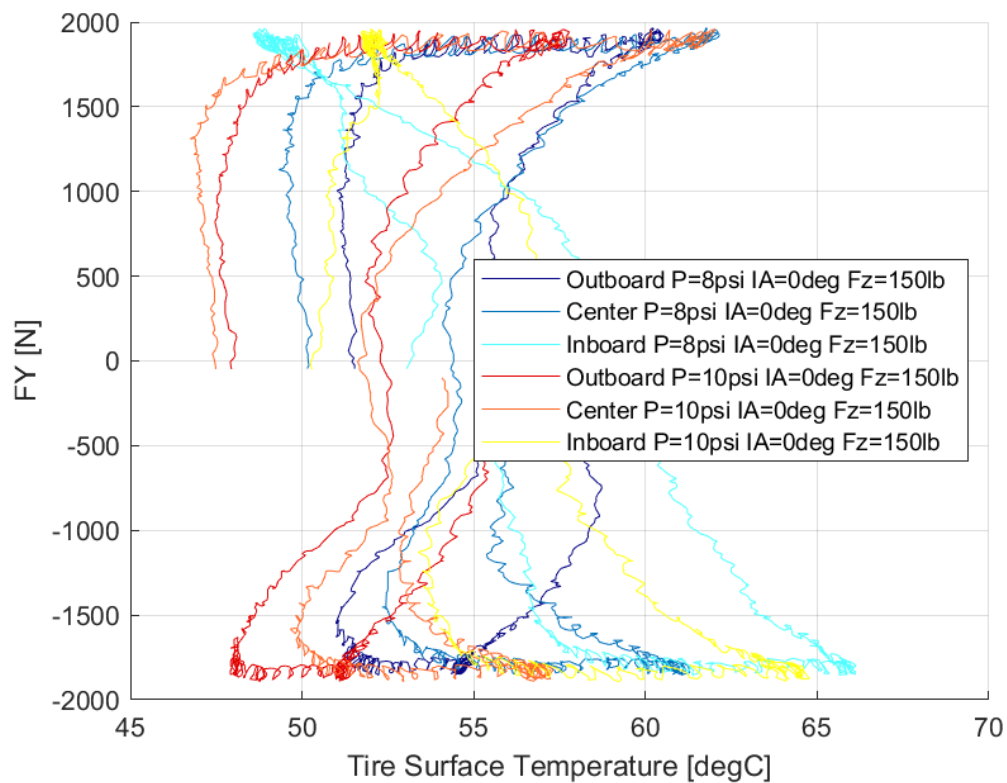
3.5.1.4 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού



Διάγραμμα 3.14: Εγκάρσια Δύναμη Συνάρτησει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



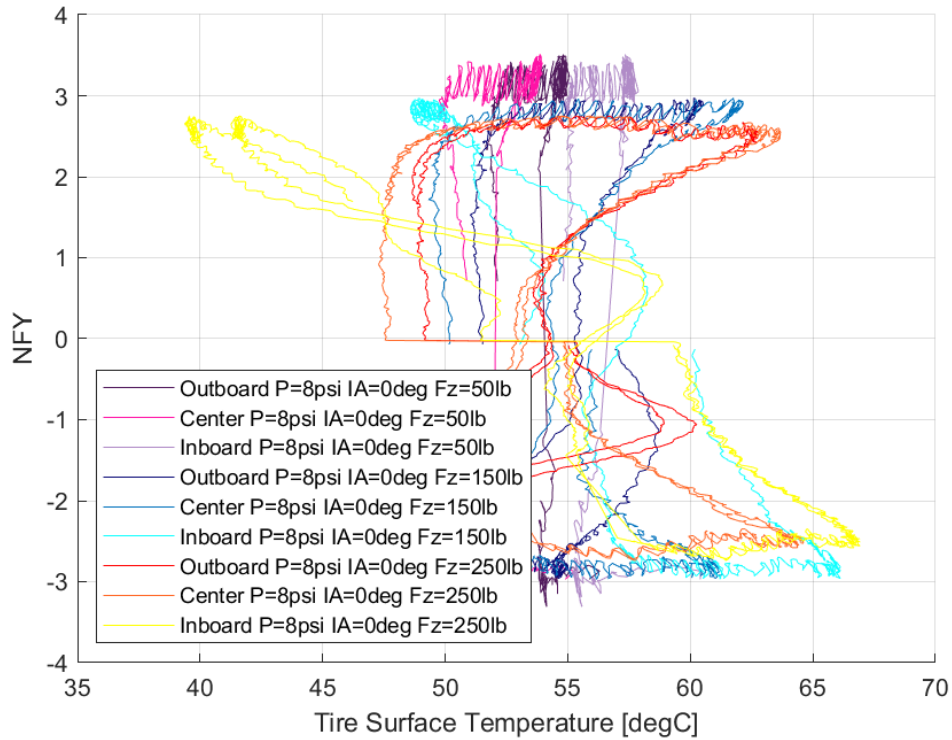
Διάγραμμα 3.15: Εγκάρσια Δύναμη Συνάρτησει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber



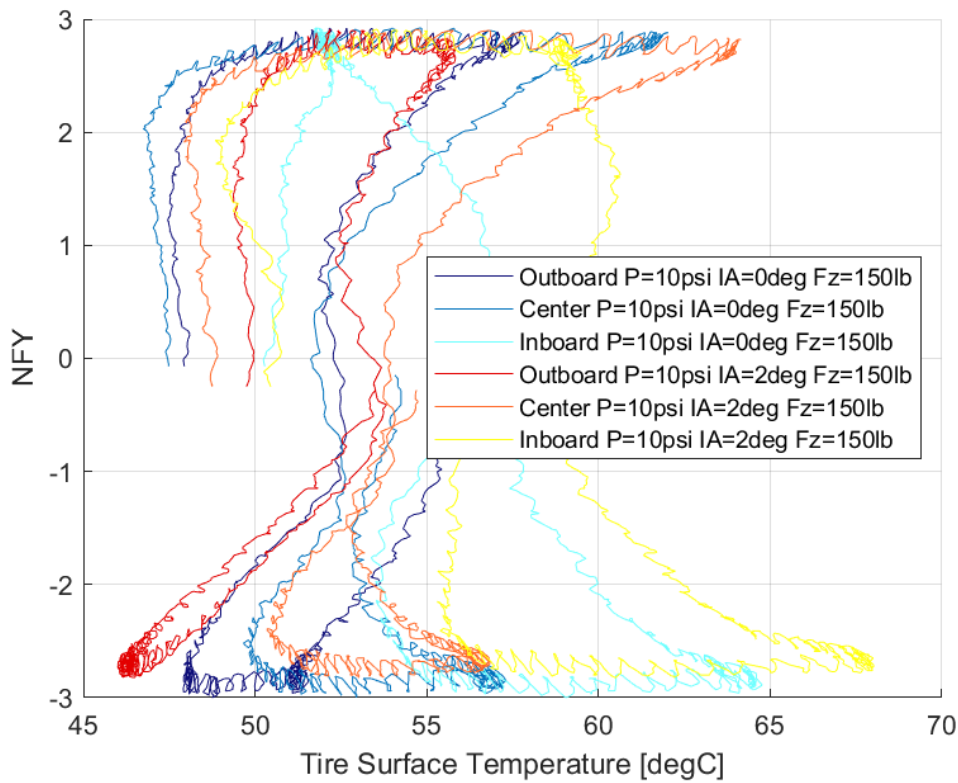
Διάγραμμα 3.16: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφάνειας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Μέσα από τα διάγραμματα της εγκάρσιας δύναμης συναρτήσει της θερμοκρασίας της επιφάνειας παρατηρούμε το παράθυρο λειτουργίας του ελαστικού. Στο συγκεκριμένο ελαστικό το παράθυρο λειτουργίας εντοπίζεται από 45°C έως περίπου 65°C. Όπως παρατηρούμε για μεγαλύτερες τιμές του άθετου φορτίου, το παράθυρο λειτουργίας του ελαστικού «ανοίγει» για ελαφρώς χαμηλότερες θερμοκρασίες. Ακόμη, όσο αυξάνεται η πίεση του ελαστικού αυξάνεται και το εύρος των θερμοκρασιών της επιφάνειας αυτού και αυτό συμβαίνει λόγω της καταστατικής εξίσωσης των ιδανικών αερίων. Τέλος, από τις καμπύλες που αντιστοιχούν σε ελαστικά με μη μεδενική γωνία κλίσης τροχού, παρατηρούμε πως η εσωτερική πλευρά του ελαστικού αναπτύσσει θερμοκρασίες σε μεγαλύτερο εύρος από ότι η εξωτερική και η μεσαία, καθώς η συγκεκριμένη πλευρά βρίσκεται συνεχώς σε επαφή με το οδόστρωμα σε αντίθεση με τις άλλες δύο περιοχές της επιφάνειας του ελαστικού.

3.5.1.5 Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού

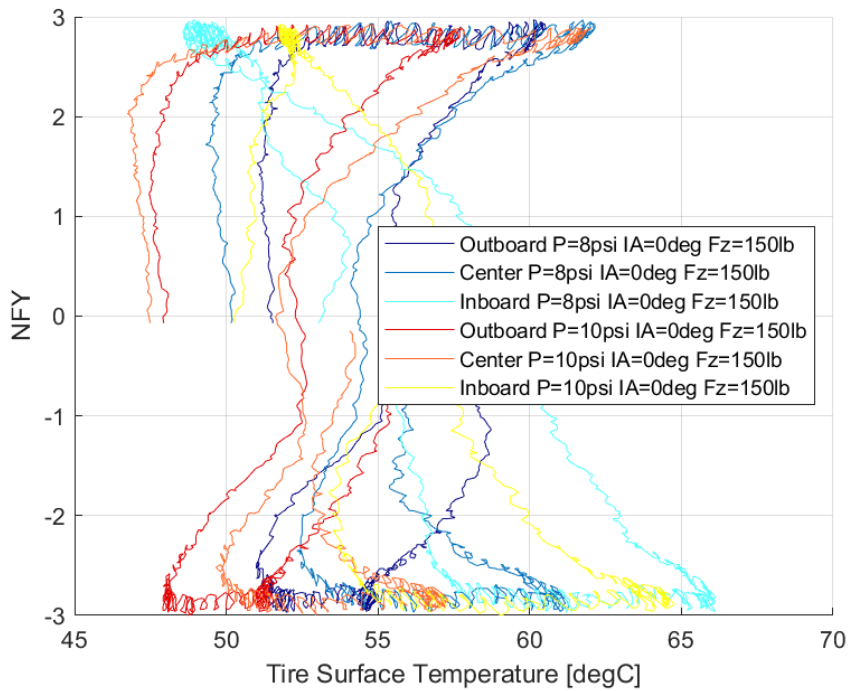


Διάγραμμα 3.17: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 3.18: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber

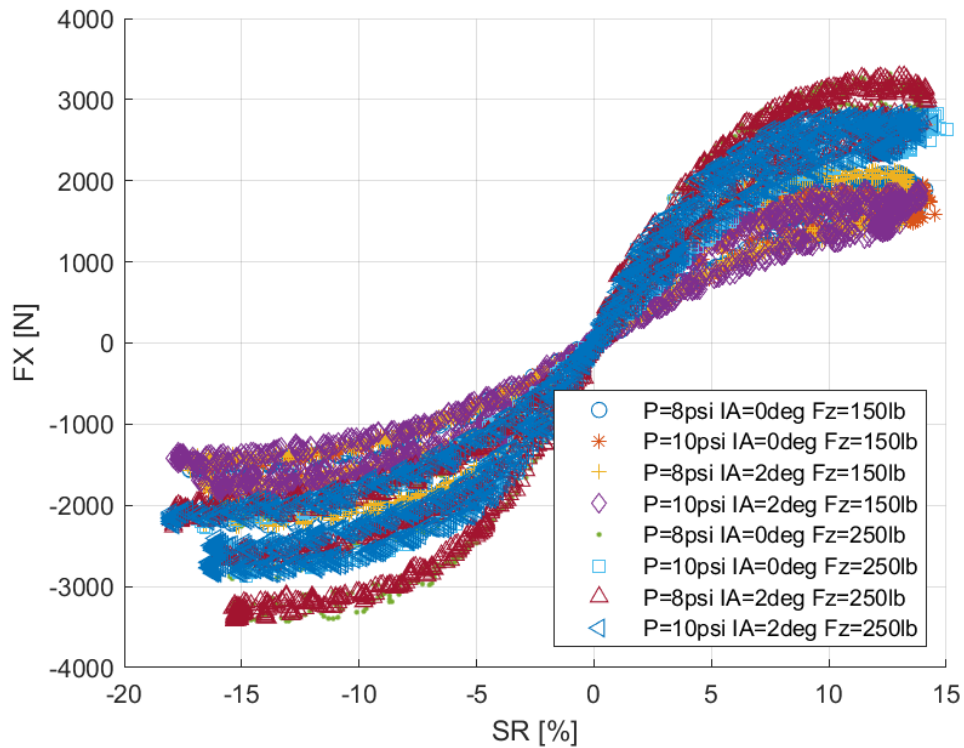
Κεφάλαιο 3



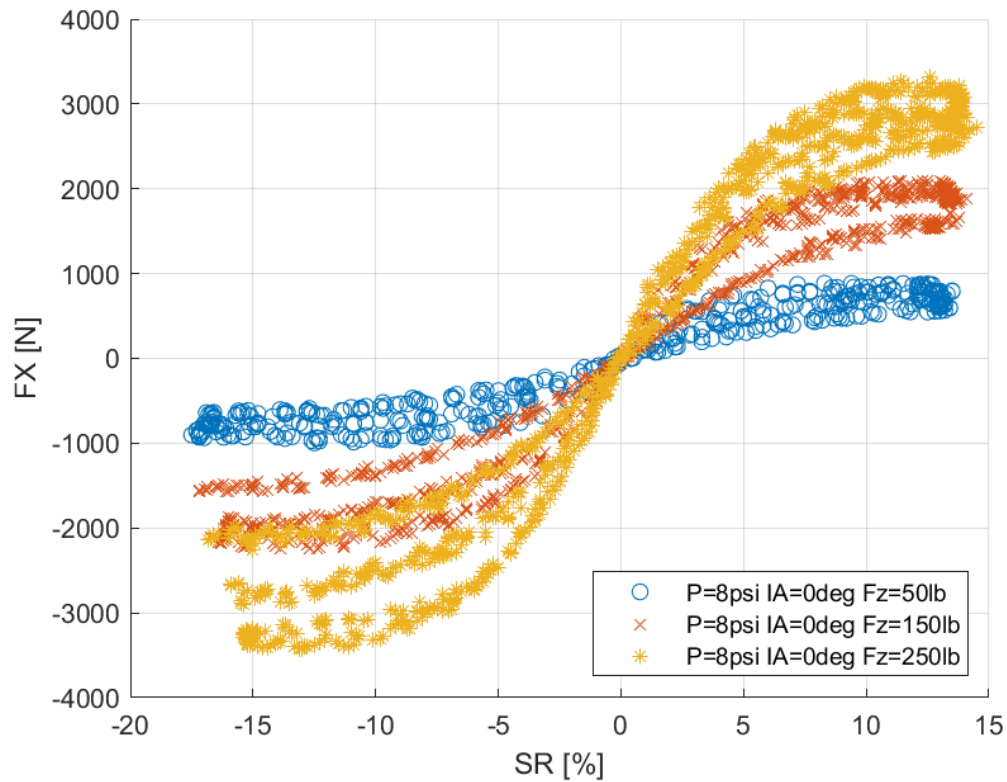
Διάγραμμα 3.19: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Μέσα από τα διάγραμμα της κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμης συναρτήσει της θερμοκρασίας της επιφάνειας παρατηρούμε τη μεταβολή της πρόσφυσης σε σχέση με τη θερμοκρασία. Πιο αναλυτικά, όσο μεγαλώνει το κάθετο φορτίο, τόσο η πρόσφυση λαμβάνει μέγιστες τιμές για μικρότερες θερμοκρασίες στην επιφάνεια του ελαστικού. Το ίδιο συμβαίνει και για μεγαλύτερες τιμές πιέσεων, ενώ κάτι τέτοιο δεν παρατηρείται για διάφορες τιμές γωνίας κλίσης του τροχού. Για όλες τις περιπτώσεις γωνίας κλίσης τροχού, η κανονικοποιημένη εγκάρσια δύναμη λαμβάνει μέγιστη τιμή σε θερμοκρασία επιφάνειας ελαστικών περίπου 45°C στην εσωτερική πλευρά.

3.5.1.6 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης

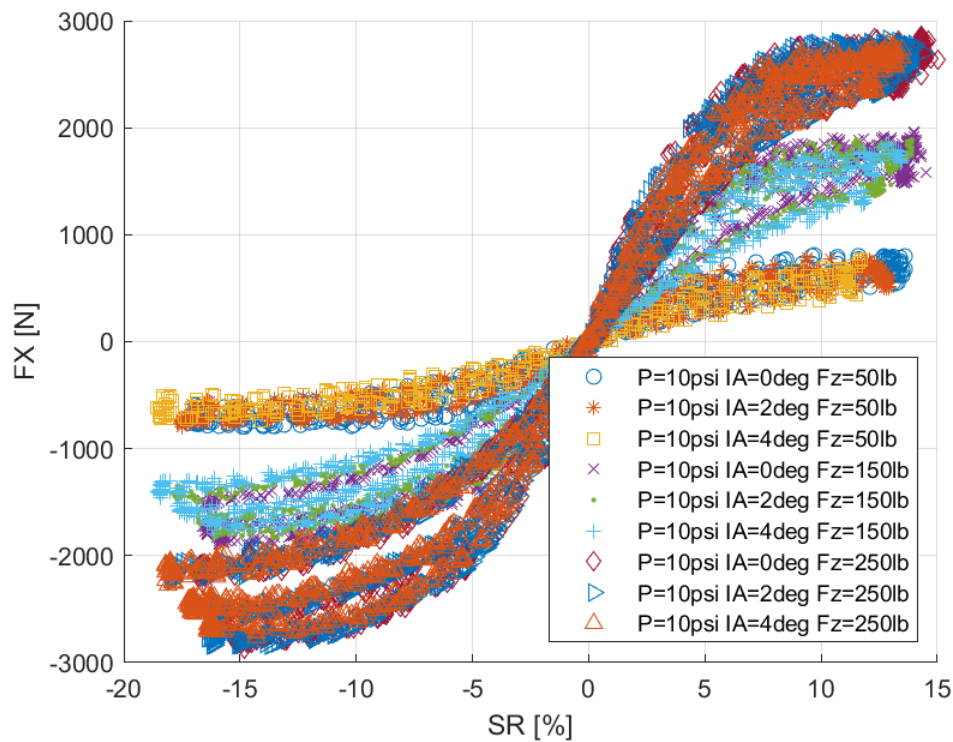


Διάγραμμα 3.20: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού

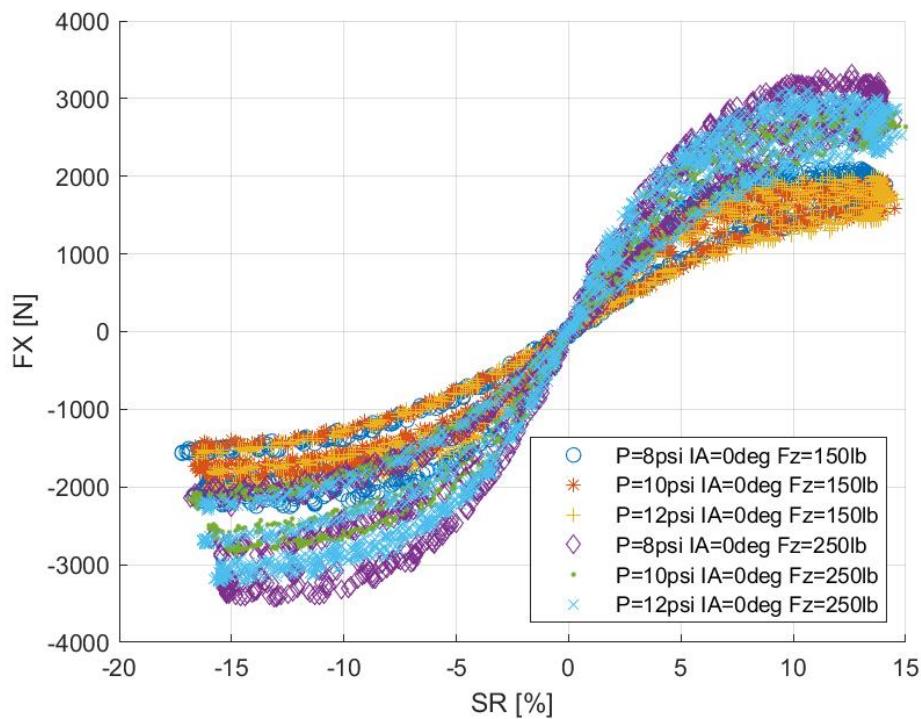


Διάγραμμα 3.21: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

Κεφάλαιο 3



Διάγραμμα 3.22: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

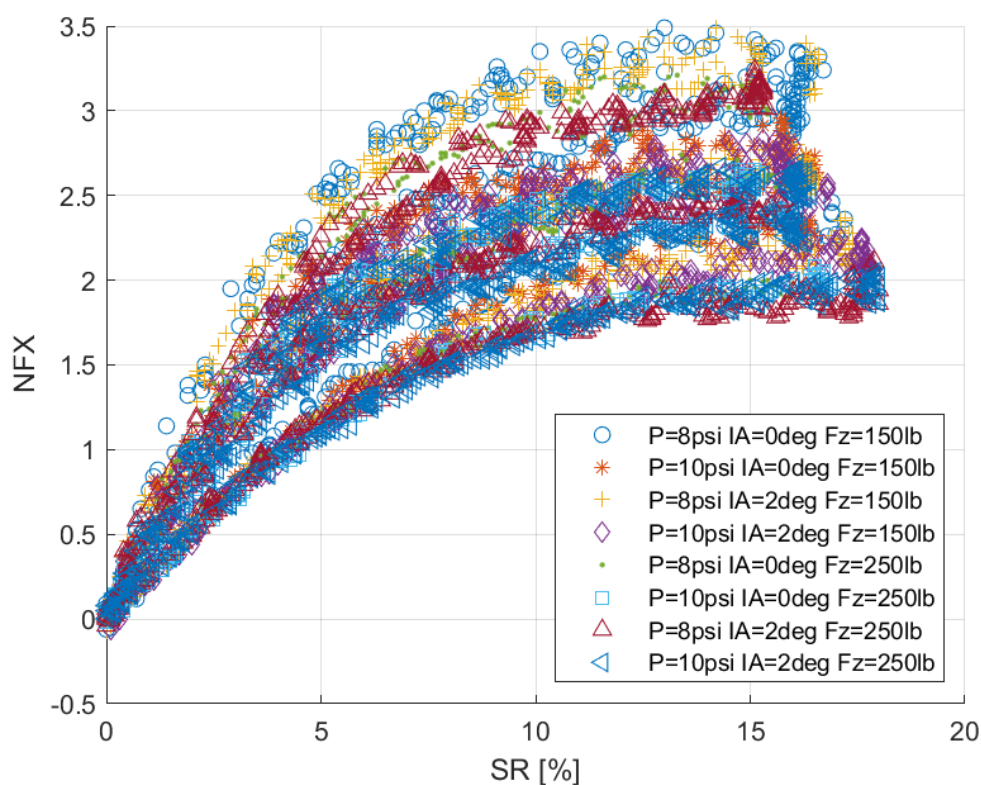


Διάγραμμα 3.23: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

Λόγω της μεγάλης διασποράς των δεδομένων του πειράματος επιτάχυνσης-επιβράδυνσης, τα διαγράμματα αυτά δημιουργήθηκαν με τη χρήση σημείων και όχι γραμμής προκειμένου

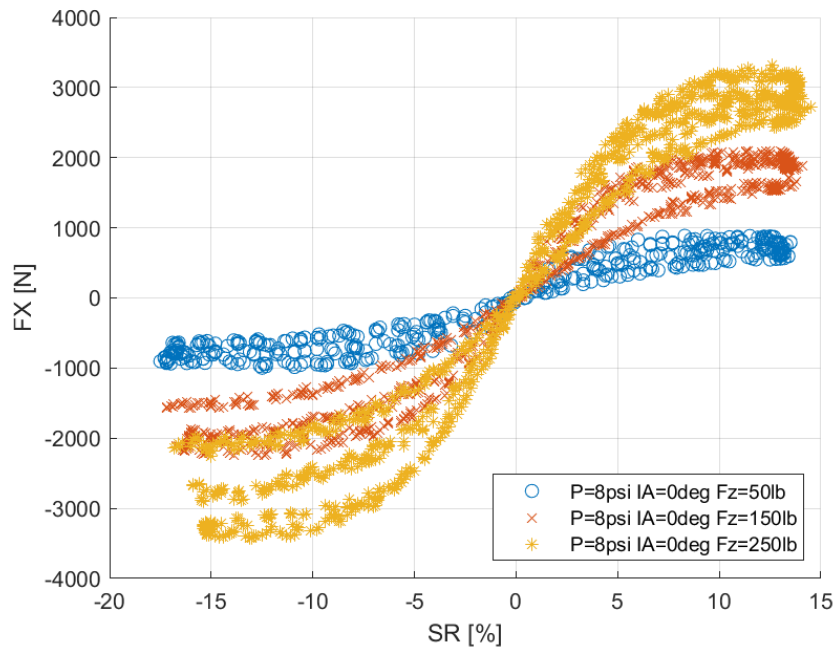
να είναι πιο εύκολα κατανοητή η μορφή τους. Παρατηρώντας, λοιπόν, αυτά συμπεραίνεται εύκολα η κρίσιμη σημασία του κάθετου φορτίου. Συγκεκριμένα, αύξηση 30% στο κάθετο φορτίο που δέχεται το ελαστικό οδηγεί στη αύξηση περίπου 40% της παραγόμενης διαμήκου δύναμης που παράγεται. Η γωνία κλίσης του τροχού είναι επίσης σημαντική καθώς επηρεάζει τη μέγιστη τιμή της διαμήκου δύναμης. Η τελευταία, παίρνει μέγιστη τιμή για μικρές γωνίες κλίσης τροχού, όπως 0° και 2° , ενώ μεγάλες γωνίες κλίσης οδηγούν σε σχετική μείωση της διαμήκου δύναμης, παρόλο που την επηρεάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό. Παράλληλα, η μέγιστη τιμή της καμπύλης εντοπίζεται για λόγο ολίσθησης περίπου 10% ανεξάρτητα από το κάθετο φορτίο, την γωνία κλίσης του τροχού και την πίεση του ελαστικού. Η πίεση του ελαστικού, παρουσιάζει την μικρότερη επιρροή στην διαμήκη δύναμη του ελαστικού, αφού όπως παρατηρούμε, για ίδιο κάθετο φορτίο και γωνία κλίσης τροχού, με διαφορετικές πιέσεις οι καμπύλες είναι σχεδόν ίδιες. Τέλος, η κλίση της καμπύλης, δηλαδή η ακαμψία ολίσθησης, επηρεάζεται κυρίως από τη μεταβολή του κάθετου φορτίου.

3.5.1.7 Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκου Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης

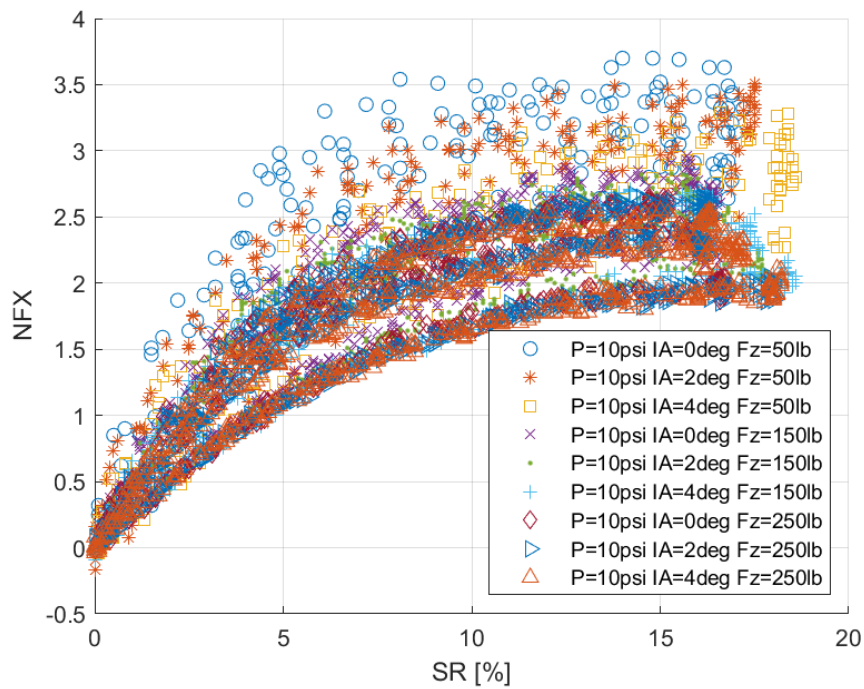


Διάγραμμα 3.24: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού

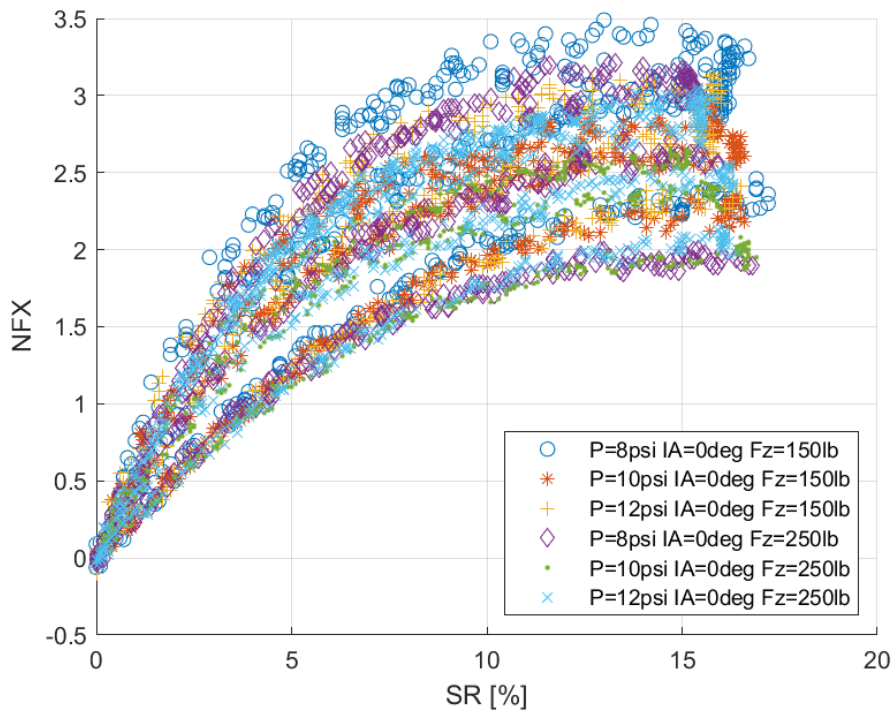
Κεφάλαιο 3



Διάγραμμα 3.25: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεσι του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 3.26: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεσι του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

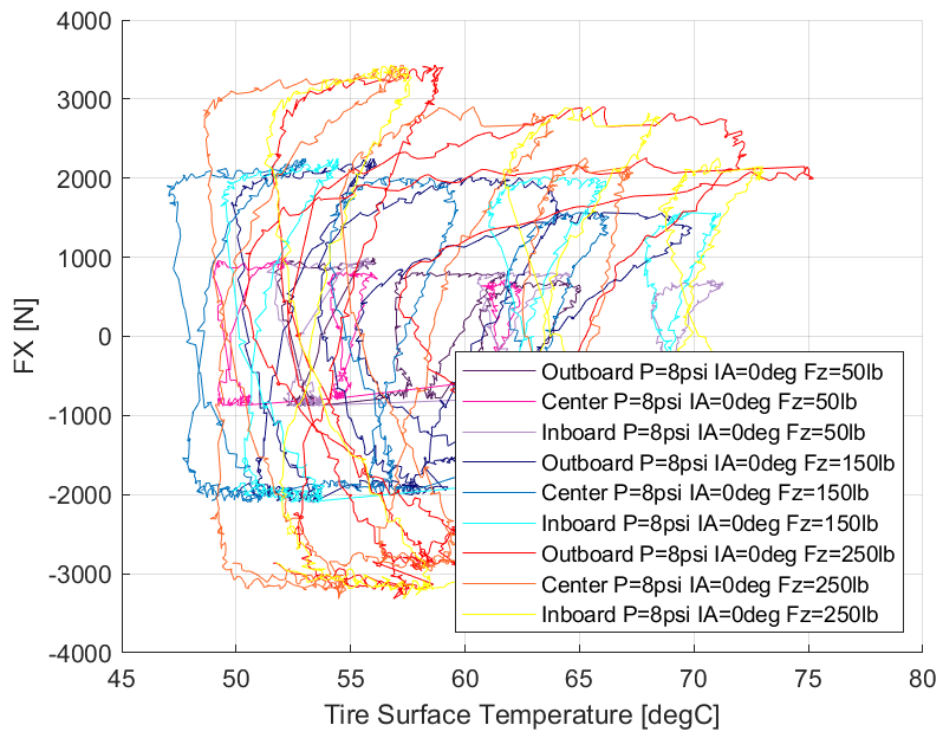


Διάγραμμα 3.27: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

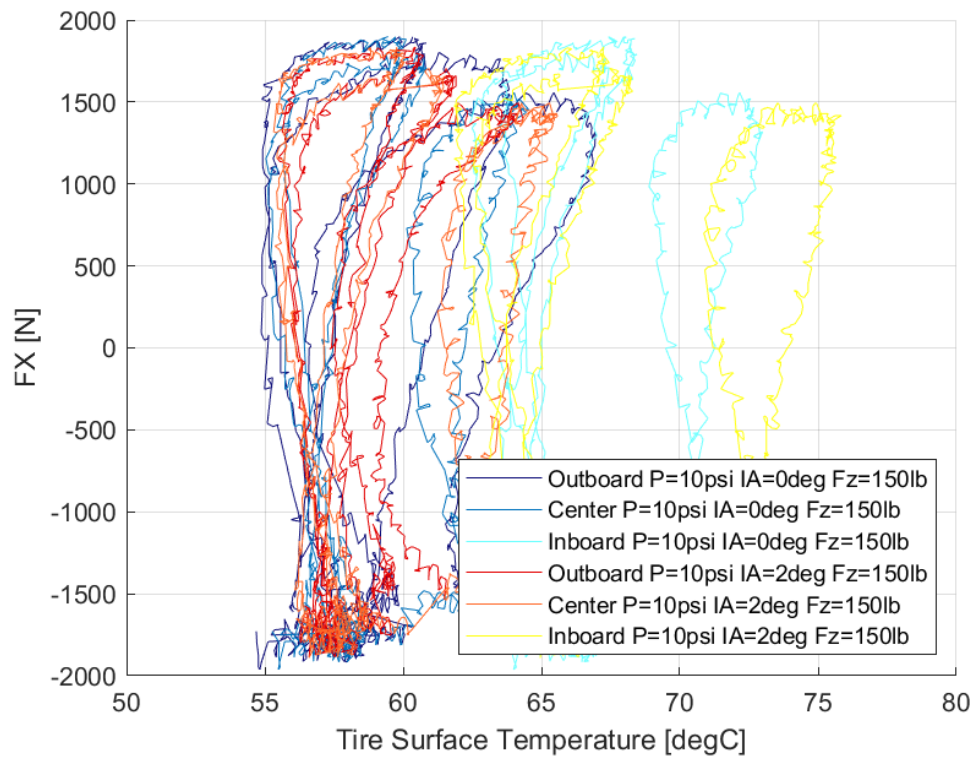
Η καμπύλη της κανονικοποιημένης διαμήκους δύναμης, όπως ήταν αναμενόμενο, έχει την ίδια μορφή με την καμπύλη της διαμήκους δύναμης με το λόγο ολίσθησης. Η διαφορά των δύο αυτών καμπλών έγκυται στο γεγονός ότι μέγιστο στην καμπύλη NFX εντοπίζεται για το μικρότερο κάθετο φορτίο, κάτι που οφείλεται στον ορισμό τους μεγέθους που αναλύθηκε σε προηγούμενες ενότητες. Οι ομαδοποιήσεις στα διαγράμματα αυτά δεν είναι ευδιάκριτες λόγω των μη πυκνών δεδομένων, ενώ και σε αυτή την περίπτωση δεν χρησιμοποιούνται γραμμές για τις καμπύλες αλλά σημεία για να είναι πιο ξεκάθαρες οι διαφορές τους. Την μεγαλύτερη επιρροή στις καμπύλες την έχει το κάθετο φορτίο και εν συνεχεία η γωνία κλίσης του τροχού. Αύξηση της τελευταίας οδηγεί σε μείωση της κανονικοποιημένης διαμήκους δύναμης. Η πίεση του ελαστικού έχει τον μικρότερη σημασία για την καμπύλη, ενώ η μέγιστη τιμή της καμπύλης παρατηρείται για περίπου 10% λόγο ολίσθησης.

Κεφάλαιο 3

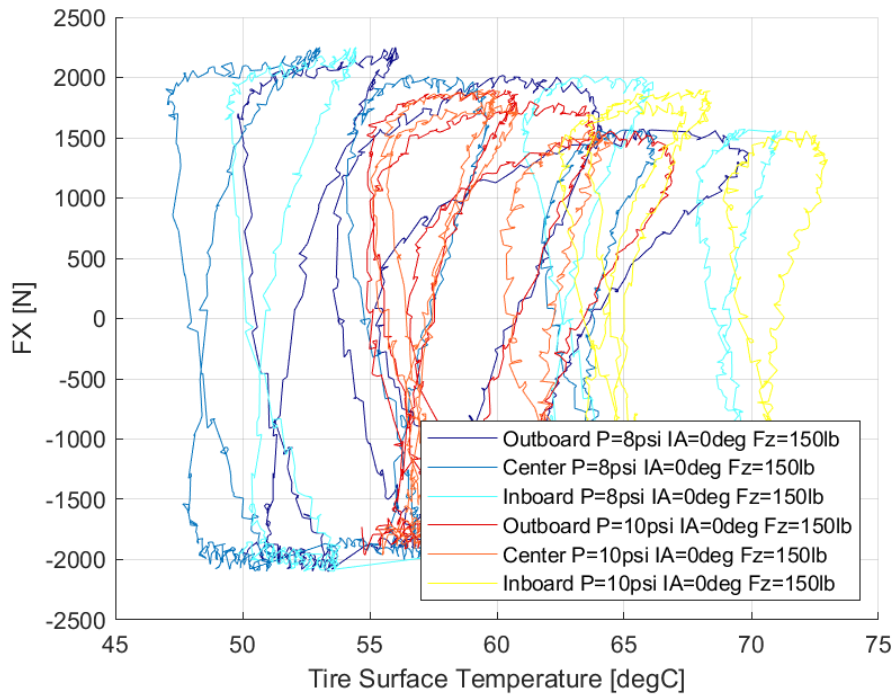
3.5.1.8 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Θέρμοκραςίας Ελαστικού



Διάγραμμα 3.28: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει της Θέρμοκραςίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 3.29: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει της Θέρμοκραςίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber

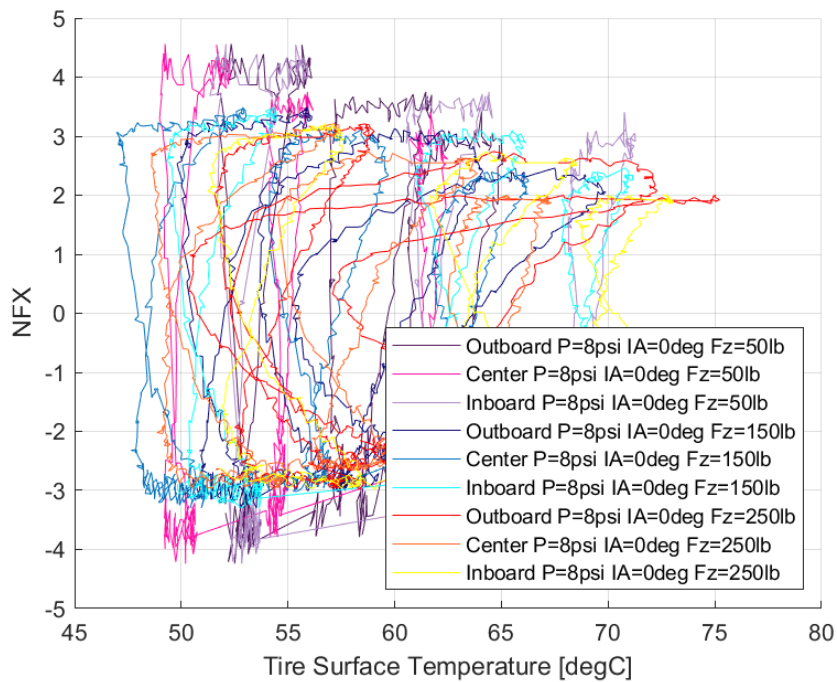


Διάγραμμα 3.30: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφάνειας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

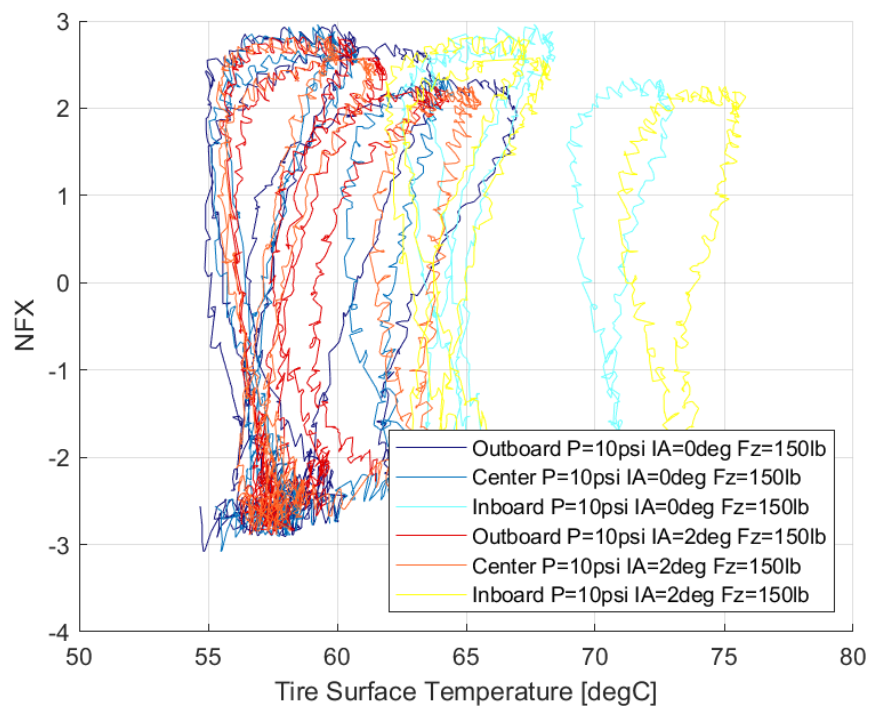
Το διάγραμμα της διαμήκου δύναμης συναρτήσει της θερμοκρασίας της επιφάνειας καταδεικνύει το παράθυρο λειτουργίας του ελαστικού. Στην περίπτωση αυτή το παράθυρο λειτουργίας εντοπίζεται από 50°C έως περίπου 70°C. Από αυτό συμπεραίνεται πως το παράθυρο λειτουργίας του ελαστικού για κατάσταση επιβράδυνσης-επιτάχυνσης «ανοίγει» σε μεγαλύτερη θερμοκρασία από το αντίστοιχο παράθυρο σε κατάσταση στροφής. Η επίδραση του κάθετου φορτίου, της γωνίας κλίσης του τροχού και της πίεσης του ελαστικού παραμένει σχεδόν ίδια. Η μόνη διαφορά εντοπίζεται στις θερμοκρασίες επιφάνειας της εσωτερικής πλευράς του τροχού, όπου εκεί αναπτύσσονται πολύ μεγαλύτερες θερμοκρασίες συγκριτικά με τις υπόλοιπες επιφάνειες, κυρίως για μεγάλες τιμές γωνίας κλίσης του τροχού και κάθετου φορτίου.

Κεφάλαιο 3

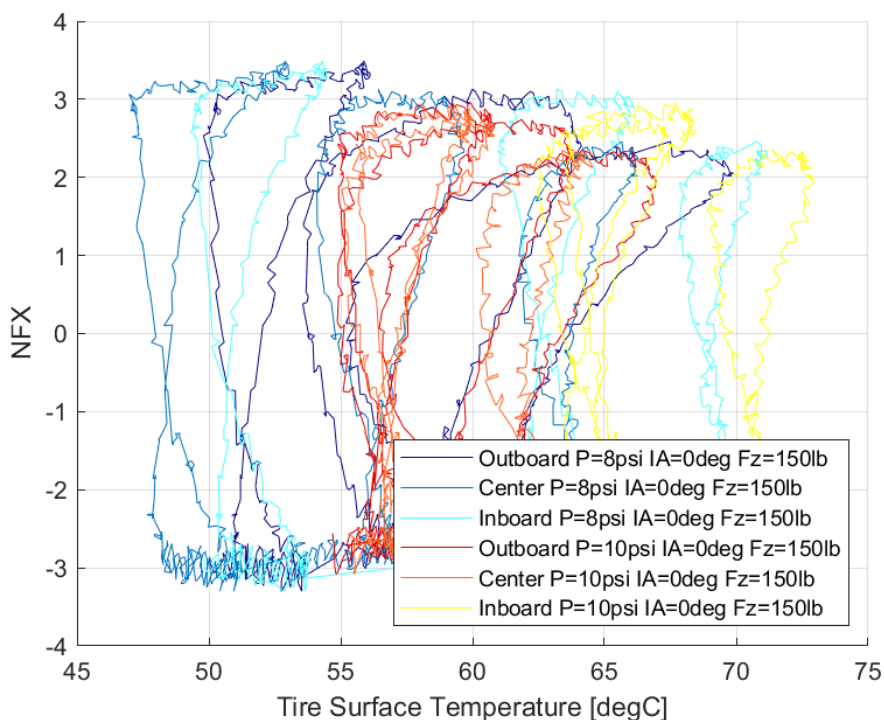
3.5.1.9 Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκους Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού



Διάγραμμα 3.31: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 3.32: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber



Διάγραμμα 3.33: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Από τα διάγραμμα της κανονικοποιημένης διαμήκους δύναμης συναρτήσει της θερμοκρασίας της επιφάνειας παρατηρούμε τη μεταβολή της πρόσφυσης σε σχέση με τη θερμοκρασία. Συγκεκριμένα, η πρόσφυση στον διαμήκη άξονα φτάνει τη μέγιστη τιμή της για θερμοκρασίες από 50°C και άνω, ενώ η επίδραση της πίεσης, της γωνίας κλίσης του τροχού και του κάθετου φορτίου παραμένει η ίδια.

3.5.2 Σύνοψη Συμπερασμάτων Όλων των Ελαστικών

Οι παρακάτω πίνακες, εμπεριέχουν τις μέγιστες τιμές των δυνάμεων και των ροπών των ελαστικών που μελετήθηκαν, ενώ γίνεται κατηγοριοποίηση με βάση την ακτίνα σώτρου των ελαστικών. Οι μέγιστες τιμές της εγκάρσιας δύναμης των ελαστικών με ακτίνα σώτρου 10 ιντσών, της κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμης και της ροπής ευθυγράμμισης παρουσιάζονται αντίστοιχα στον Πίνακα 3.4, Πίνακα 3.5 και Πίνακα 3.6.

Κεφάλαιο 3

Πίνακας 3.5: Μέγιστες Τιμές Εγκάρσιας Δύναμης Ελαστικών με Ακτίνα Σώτρου 10"

	P (psi)	8						10					
	IA (deg)	0			2			0			2		
	FZ (lbs)	50	150	250	50	150	250	50	150	250	50	150	250
Hoosier 18.0 x 7.5 10 R25B		754,5	1964,8	2929,4	694,2	1900,1	2854,0	626,5	1773,2	2875,8	733,3	1957,0	3031,1
Hoosier 18.0 x 6.0 10 R25B		665,5	1839,8	3029,1	621,9	1716,6	2661,3	601,2	1717,9	2712,4	625,0	1767,2	2828,0
Hoosier 16.0x7.5-10 R25B		753,3	1802,4	2746,2	740,6	1819,7	2777,5	636,1	1745,9	2709,2	686,6	1824,9	2881,8
Hoosier 16.0 x 7.5 - 10 LCO		806,3	1876,3	2738,9	738,0	1847,5	2748,5	675,6	1795,6	2687,9	765,7	1851,2	2816,6

Πίνακας 3.6: Μέγιστες Τιμές Εγκάρσιας Κανονικοποιημένης Δύναμης Ελαστικών με Ακτίνα Σώτρου 10"

	P (psi)	8						10					
	IA (deg)	0			2			0			2		
	FZ (lbs)	50	150	250	50	150	250	50	150	250	50	150	250
Hoosier 18.0 x 7.5 10 R25B		3,51	2,97	2,75	3,39	2,95	2,73	3,02	2,78	2,74	3,53	3,00	2,89
Hoosier 18.0 x 6.0 10 R25B		3,84	2,84	2,60	3,76	2,89	2,64	3,24	2,79	2,56	3,29	2,77	2,64
Hoosier 16.0x7.5-10 R25B		3,53	2,85	2,55	3,38	2,82	2,54	3,18	2,76	2,49	3,27	2,76	2,57
Hoosier 16.0 x 7.5 - 10 LCO		2,95	2,71	2,98	2,76	2,55	2,42	2,56	2,50	2,45	2,70	2,59	2,56

Πίνακας 3.7: Μέγιστες Τιμές Ροπής Ευθυγράμμισης Ελαστικών με Ακτίνα Σώτρου 10"

	P (psi)	8						10					
		0			2			0			2		
	IA (deg)												
	FZ (lbs)	50	150	250	50	150	250	50	150	250	50	150	250
Hoosier 18.0 x 7.5 10 R25B		23,38	57,07	95,85	62,22	60,81	95,29	60,66	58,30	95,76	65,82	59,33	83,94
Hoosier 18.0 x 6.0 10 R25B		105,52	115,57	131,43	106,65	124,65	144,59	102,14	128,13	154,47	102,50	114,58	131,64
Hoosier 16.0x7.5- 10 R25B		105,72	119,04	134,59	107,10	126,03	144,19	105,59	129,06	153,96	103,31	112,95	128,60
Hoosier 16.0 x 7.5 - 10 LCO		45,54	46,13	120,08	47,27	47,40	91,15	46,12	50,26	97,44	44,91	47,80	82,06

Στον Πίνακα 3.4 παρατηρούμε πως για μικρές τιμές κάθετων φορτίων το ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 LCO αναπτύσσει μεγαλύτερες δυνάμεις από τα υπόλοιπα ελαστικά που μελετήθηκαν ανεξαρτήτως της πίεσης και της γωνίας Camber. Παράλληλα, διαπιστώνουμε πως σε μεγάλες τιμές κάθετων φορτίων, αποδίδουν καλύτερα ελαστικά με μεγαλύτερο πάχος και πιο σκληρό υλικό («γόμα»), καθώς παρατηρούμε πως για τιμή 250 lbs. κάθετου φορτίου το ελαστικό Hoosier 18.0x7.5-10 R25B αναπτύσσει τη μεγαλύτερη εγκάρσια δύναμη. Για μεγάλες τιμές γωνιών Camber το μοντέλο Hoosier 18.0x6.0-10 R25B μπορεί να αναπτύξει τις μεγαλύτερες τιμές της δύναμης. Τέλος, παρατηρούμε πως για αύξηση του κάθετου φορτίου και της γωνίας Camber, μοντέλα ελαστικών με μεγαλύτερη ακτίνα και πάχος μπορούν να υποστηρίξουν την ανάπτυξη μεγαλύτερων εγκάρσιων δυνάμεων. Για την κανονικοποιημένη συμπεραίνεται πως αύξηση της γωνίας κλίσης του τροχού και πίεσης ελαστικού οδηγεί σε μείωση της παραγόμενης δύναμης, ενώ ελαστικά με σκληρό υλικό κατασκευής, μεγάλη ακτίνα και πάχος, αναπτύσσουν μεγαλύτερες τιμές κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμης. Αντίθετα, για μικρές τιμές του κάθετου φορτίου και γωνιών Camber, ελαστικά με μαλακό υλικό κατασκευής και μικρή ακτίνα παρουσιάζουν καλύτερες επιδόσεις. Τέλος, για τις τιμές της ροπής ευθυγράμμισης που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.6, ελαστικά με μεγαλύτερη διάμετρο και ακτίνα σώτρου, παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές για αύξηση της πίεσης του ελαστικού και του κάθετου φορτίου.

Κεφάλαιο 3

Όμοια με προηγουμένως, στον Πίνακα 3.7, Πίνακα 3.8 και Πίνακα 3.9, παρουσιάζονται οι μέγιστες τιμές των δυναμικών μεγεθών για ελαστικά με ακτίνα σώτρου 13 ιντσών.

Πίνακας 3.8: Μέγιστες Τιμές Εγκάρσιας Δύναμης Ελαστικών με Ακτίνα Σώτρου 13"

	P (psi)	8						10					
	IA (deg)	0			2			0			2		
	FZ (lbs)	50	150	250	50	150	250	50	150	250	50	150	250
Hoosier 20.5x7.0-13 R25B		774,9	2033,8	3073,7	788,9	2078,4	3069,3	712,3	1998,0	3001,4	721,5	2058,5	3114,8
Goodyear 20.0x7.0-13 D2704		786,9	2037,3	3294,6	792,5	2001,7	2903,7	737,2	1929,5	2855,4	717,9	2062,0	3052,8
Continental 205/470R- 13		861,9	2096,7	2901,3	812,5	2068,0	2982,2	842,6	2153,6	3122,2	889,1	2091,1	2890,7

Πίνακας 3.9: Μέγιστες Τιμές Εγκάρσιας Κανονικοποιημένης Δύναμης Ελαστικών με Ακτίνα Σώτρου 13"

	P (psi)	8						10					
	IA (deg)	0			2			0			2		
	FZ (lbs)	50	150	250	50	150	250	50	150	250	50	150	250
Hoosier 20.5x7.0-13 R25B		3,64	3,13	2,79	3,79	3,14	2,81	3,42	3,08	2,74	3,35	3,10	2,86
Goodyear 20.0x7.0-13 D2704		4,09	3,14	2,23	3,88	3,13	2,72	3,34	3,01	2,65	3,35	3,11	2,76
Continental 205/470R-13		3,86	3,21	2,66	3,97	3,21	2,78	3,93	3,28	2,89	4,11	3,20	2,66

Πίνακας 3.10: Μέγιστες Τιμές Ροπής Ευθυγράμμισης Ελαστικών με Ακτίνα Σώτρου 13"

	P (psi)	8						10					
	IA (deg)	0			2			0			2		
	FZ (lbs)	50	150	250	50	150	250	50	150	250	50	150	250
Hoosier 20.5x7.0-13 R25B		52,0	54,1	100,4	59,5	58,7	102,2	57,2	60,7	102,9	49,3	60,5	85,9
Goodyear 20.0x7.0-13 D2704		135,0	150,3	139,3	130,4	154,2	178,9	129,0	156,2	192,3	134,8	152,8	175,7
Continental 205/470R-13		139,8	153,0	169,0	132,9	155,5	172,3	130,4	66,3	173,4	137,4	151,9	166,4

Για την εγκάρσια δύναμη των ελαστικών (Πίνακας 3.7) διαπιστώνεται, και εδώ πως σε μεγάλα κάθετα φορτία, ελαστικά κατασκευασμένα από σκληρό υλικό αναπτύσσουν μεγαλύτερη εγκάρσια δύναμη, όπως είναι το μοντέλο ελαστικού Hoosier 20.5x7.0-13 R25B. Αντιθέτως, σε μικρές τιμές της κάθετης δύναμης, ελαστικά με μαλακό υλικό κατασκευής όπως το Continental 205/470R-13 αποδίδει καλύτερα ανεξάρτητα με την πίεση και τη γωνία camber. Στην εγκάρσια κανονικοποιημένη δύναμη (Πίνακας 3.8) το ελαστικό Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 υποστηρίζει την μεγαλύτερη παραγόμενη δύναμη για μικρά κάθετα φορτία και μεγάλες πιέσεις, ενώ τα υπόλοιπα ελαστικά παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές για μεγάλες κάθετες δυνάμεις. Όσον αφορά τη ροπή ευθυγράμμισης (Πίνακας 3.9), παρατηρούμε πως το ελαστικό της Goodyear και της Continental παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά, ενώ οι μέγιστες τιμές που εμφανίζουν είναι σχεδόν ίσες.

Στον Πίνακα 3.11 παρουσιάζονται οι θερμοκρασίες έναρξης του θερμοκρασιακού παραθύρου λειτουργίας κάθε ελαστικού ανάλογα με την πίεση του ελαστικού.

Πίνακας 3.11: Θερμοκρασίες Έναρξης του Παραθύρου Λειτουργίας για Κάθε Ελαστικό

	T (degC)	
	P=8psi	P=10psi
Hoosier 16.0x7.5-10 R25B	53	46
Hoosier 16.0x7.5-10 LC0	46	46
Hoosier 18.0x6.0-10 R25B	49	48
Hoosier 18.0x7.5-10 R25B	50	47
Hoosier 20.5x7.0-13 R25B	51	54
Goodyear 20.0x7.0-13 D2704	53	54
Continental 205/470R-13	47	49

Από τον παραπάνω πίνακα γίνεται εύκολα αντιληπτό πως η επιλογή μεγαλύτερης πίεσης ελαστικού οδηγεί στην ελαττώνει τη θερμοκρασία έναρξης του παραθύρου λειτουργίας του. Αυτό προϋπεί λόγω της καταστατικής εξίσωσης των ιδανικών αερίων που ισχύει. Επιπλέον, παρατηρείται πως ελαστικά κατασκευασμένα από μαλακό υλικό (μαλακή «γόμα») θερμαίνονται ευκολότερα, ενώ παρατηρείται και σχετική ομοιομορφία στις θερμοκρασίες ανάμεσα σε ελαστικά ίδιων διαστάσεων.

Γενικά, αύξηση του κάθετου φορτίου οδηγεί σε αύξηση της παραγόμενης εγκάρσιας δύναμης (ή μείωση της εγκάρσιας κανονικοποιημένης δύναμης) και παράλληλα αύξηση της γωνίας Camber μειώνει την εγκάρσια δύναμη. Μείωση της δύναμης παρατηρείται και αύξηση της πίεσης του ελαστικού, αλλά αυτή πραγματοποιείται με μεγαλύτερο ρυθμό.

Συγκρίνοντας τις μέγιστες τιμές των ελαστικών με ακτίνα σώτρου 10" και ελαστικών με ακτίνα σώτρου 13" παρατηρείται πως τα ελαστικά με μεγαλύτερη διάμετρο σώτρου αναπτύσσουν αρκετά μεγαλύτερες εγκάρσιες δυνάμεις. Ωστόσο, παρατηρώντας την κανονικοποιημένη εγκάρσια δύναμη, που ποσοτικοποιεί την πρόσφυση, δεν εντοπίζεται μεγάλες διαφορές, ενώ για μεγάλες τιμές κάθετης δύναμης ελαστικά μικρής ακτίνας σώτρου παρουσιάζουν καλύτερη πρόσφυση. Για την ροπή ευθυγράμμισης, όπως ήταν αναμενόμενο, ελαστικά με μικρότερων διαστάσεων παρουσιάζουν μικρότερη μέγιστη τιμή, κάτι που όπως έχει αναλυθεί σε προηγούμενο Κεφάλαιο είναι επιθυμητό.

4 Μοντελοποίηση Ελαστικού Με Χρήση Magic Formula

4.1 Μοντελοποίηση που Εφαρμόζεται

Η μοντελοποίηση ενός ελαστικού μπορεί να γίνει με μαθηματικό, ημιεμπειρικό ή φυσικό τρόπο. Ο μαθηματικός τρόπος περιέχει την προσέγγιση των δυναμικών καμπύλων, που προκύπτουν από το πείραμα, με κάποιο είτε πολυώνυμο είτε με μια spline. Ημιεμπειρικοί τρόποι αποτελούν όλες οι μοντελοποιήσεις οι οποίες βασίζονται σε μη φυσικό υπόβρατρο, όπως η "Magic Formula", ενώ ο φυσικός τρόπος αποτελεί την μοντελοποίηση του ελαστικού με μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων. Στην προκειμένη διπλωματική εργασία επιλέγεται η μοντελοποίηση με χρήση του ημιεμπειρικού τρόπου "Magic Formula".

Ο H.B.Pacejka ανέπτυξε μια σειρά μοντέλων σχεδιασμού ελαστικών, τα οποία ονομάστηκαν "Magic Formula" λόγω του μη φυσικού υποβάθρου τους. Συγκεκριμένα, οι εξισώσεις που περιγράφουν τα μοντέλα προέκυψαν μετά από πειραματικές δοκιμές. Κάθε ελαστικό χαρακτηρίζεται από συντελεστές για κάθε σημαντικό δυνάμικο μέγεθος που παράγεται στην επιφάνεια επαφής πέλματος ελαστικού και οδοστρώματος. Τα μοντέλα ελαστικών Pacejka χρησιμοποιούνται ευρέως σε επαγγελματικές προσομοιώσεις δυναμικής οχημάτων, καθώς είναι αρκετά ακριβή και λύνονται γρήγορα με χρήση υπολογιστή.

Ενα ελαστικό όπως έχει αναφερθεί παραπάνω μπορεί να περιγραφεί δυναμικά από τις κύριες δυνάμεις και ροπές που αναπτύσσονται στην επιφάνεια επαφής πέλματος ελαστικού και οδοστρώματος. Η μοντελοποίηση "Magic Formula" χρησιμοποιεί την εγκάρσια, τη διαμήκη δύναμη και την ροπή ευθυγράμμισης προκειμένου να περιγράψει πλήρως δυναμικά ένα ελαστικό. Οι δυνάμεις αυτές προκύπτουν μέσα από τις εξισώσεις που θα αναλυθούν στην επόμενη υποενότητα, ωστόσο απαιτείται ο ορισμός κάποιων σταθερών μεγεθών που χρησιμοποιούνται στις εξισώσεις. Τα σταθερά μεγέθη αυτά θεωρούνται οι είσοδοι στις εξισώσεις μοντελοποίησης και είναι:

- Γωνία Ολίσθησης
- Λόγος Ολίσθησης
- Κάθετο Φορτίο
- Γωνία Κλίσης Τροχού
- Πίεση Ελαστικού*
- Συντελεστές Κάθε Εξίσωσης*

Τα παραπάνω παραμένουν ίδια ανεξαρτήτως των εκδόσεων της "Magic Formula", εκτός από αυτά τα οποία φέρουν αστερίσκο. Η πίεση του ελαστικού λαμβάνεται ως δεδομένο σε σχετικά πρόσφατες εκδόσεις, δηλαδή από την έκδοση MF 6.1. και έπειτα. Όσον αφορά του συντελεστές που υπάρχουν σε κάθε εξίσωση, ο αριθμός που απαιτείται για την περιγραφή της δυναμικής συμπεριφοράς ενός ελαστικού εξαρτάται από την έκδοση που έχει επιλεγεί.

Η μοντελοποίηση "Magic Formula" εξελίσσεται συνεχώς ακόμα και σήμερα. Με τον όρο εξέλιξη εννοείται η αύξηση του αριθμού των παραμέτρων που περιγράφουν το ελαστικό και εξαρτάται από την αύξηση της υπολογιστικής ισχύς των ηλεκτρονικών υπολογιστών και τη διαθεσιμότητα αυτών. Αύξηση των συντελεστών περιγραφής του ελαστικού αυξάνεται ταυτόχρονα και η υπολογιστική ισχύς που απαιτείται ώστε να επιλυθούν οι εξισώσεις.

Συνεπώς, λόγω του μεγάλου υπολογιστικού κόστους ο χρόνος καθώς και η δυνατότητα επίλυσης των εξισώσεων κρίνεται από τον κάθε υπολογιστή. Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο τη δυνατότητα της επίλυσης των εξισώσεων της μοντελοποίησης από

κοινούς υπολογιστές σε σχετικά μικρό χρόνο, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται η έκδοση MF 5.2. του 1995.

4.2 Εξισώσεις & Παράμετροι Magic Formula 5.2

Στην ενότητα αυτή θα αναλυθούν οι εξισώσεις των μεγεθών που προκύπτουν από τη μοντελοποίηση της «Magic Formula» καθώς και οι παράμετροι που τις απαρτίζουν.

4.2.1 Εγκάρσια Δύναμη

Η εγκάρσια δύναμη που προκύπτει από τη μοντελοποίηση περιγράφεται από την εξίσωση:

$$F_{y_0} = D_y \cdot \sin \left\{ C_y \cdot \operatorname{atan} \left[B_y \cdot (a + S_H) - E_y \cdot \left(B_y \cdot (a + S_H) - \operatorname{atan} \left(B_y \cdot (a + S_H) \right) \right) \right] \right\} + S_V \quad \text{Εξ. 4.1}$$

, όπου οι επιμέρους μεταβλητές και οι κύριοι παράγοντες είναι οι εξής:

- Παράγοντας Μορφής
Ο παράγοντας μορφής αποτελεί την κυρία μεταβλητή η οποία επηρεάζει τη μορφή της καμπύλης και κρίνεται μεγάλης σημασίας. Η εξίσωσή της είναι:

$$C_y = p_{Cy1} \cdot \lambda_{Cy} \quad \text{Εξ. 4.2}$$

- Παράγοντας Κορυφής
Ο παράγοντας αυτός επηρεάζει το μέγιστο που παρουσιάζει η καμπύλη και δίνεται από τον τύπο

$$D_y = (p_{Dy1} + p_{Dy2} \cdot dF_z) (1 - p_{Dy3} \cdot \gamma_y^2) \cdot F_z \cdot \lambda_y \quad \text{Εξ. 4.3}$$

- Παράγοντας Ακαμψίας
Ο παράγοντας ακαμψίας καθορίζει την κλίση της καμπύλης εγκάρσιας δύναμης-γωνίας ολίσθησης και δηλαδή περιγράφει την πλευρική ακαμψία του ελαστικού μέσα από τον τύπο:

$$B_y = \frac{K_{y_a}}{C_y \cdot D_y} \quad \text{Εξ. 4.4}$$

- Παράγοντας καμπυλότητας
Επηρεάζει τη μορφή που έχει η καμπύλη στην περιοχή γύρω από το ακρότατο σημείο της. Δηλαδή μοντελοποιεί τη συμπεριφορά του ελαστικού κοντά στη μέγιστη τιμή της εγκάρσιας δύναμης και περιγράφεται από την εξίσωση:

$$E_y = (p_{Ey1} + p_{Ey2} \cdot dF_z) \left[1 - (p_{Ey3} + p_{Ey4} \cdot \gamma) \cdot \operatorname{sgn}(a + S_H) \right] \cdot \lambda_{Ey} \quad \text{Εξ. 4.5}$$

- Παράγοντας Οριζόντιας Μετατόπισης
Μοντελοποιεί το πόσο απέχει, κατά τον οριζόντιο άξονα, το σημείο όπου έχουμε μηδενική γωνία ολίσθησης από το σημείο αρχής των αξόνων.

$$S_{H_y} = (p_{Hy1} + p_{Hy2} \cdot dF_z) + p_{Hy3} \cdot \gamma_y \cdot \lambda_{Ky_y} - 1 \quad \text{Εξ. 4.6}$$

- Παράγοντας Κατακόρυφης Μετατόπισης
Μοντελοποιεί το πόσο απέχει, κατά τον κατακόρυφο άξονα, το σημείο όπου έχουμε μηδενική γωνία ολίσθησης από το σημείο αρχής των αξόνων.

$$S_{V_y} = F_z \cdot \left\{ (p_{Vy1} + p_{Vy2} \cdot dF_z) \cdot \lambda_{Vy} + (p_{Vy3} + p_{Vy4} \cdot dF_z) \cdot \lambda_{Ky_y} \cdot \gamma_y \right\} \quad \text{Εξ. 4.7}$$

Κεφάλαιο 4

- Κλίση

Η εξίσωση αυτή έχει πιο πολύ βοηθητικό ρόλο στη μοντελοποίηση της πλευρική ακαμψίας του ελαστικού, ενώ περιγράφει την κλίση που έχει η καμπύλη.

$$K_{y_a} = p_{ky1} \cdot F_{z0} \cdot \sin \left[2 \cdot \text{atan} \left(\frac{F_z}{p_{ky2} \cdot F_{z0}} \right) \right] \left(1 - p_{ky3} \cdot |\gamma_y| \right) \cdot \lambda_{kya} \quad \text{Εξ. 4.8}$$

Στις παραπάνω εξισώσεις η μεταβλητή α αποτελεί τη γωνία ολίσθησης, ενώ μεταβλητή γ την γωνία κλίσης του τροχού και οι μεταβλητές λ αποτελούν συντελεστές βαρύτητας.[2][11]
Όσον αφορά το κάθετο φορτίο ισχύουν τα εξής:

- F_z : το κάθετο φορτίο στο ελαστικό τη δεδομένη στιγμή
- F_{z0} : το ονομαστικό κάθετο φορτίο
- $dF_z = \frac{F_z - F_{z0}}{F_{z0}}$: η κανονικοποιημένη μεταβολή του κάθετου φορτίου τη δεδομένη στιγμή από την ονομαστική τιμή

Όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές που εμφανίζονται μέσα στις παραπάνω εξισώσεις, αποτελούν τις δευτερεύουσες μεταβλητές. Οι ενδεικτικές τιμές αυτών περιέχονται στον Πίνακα 4.1, ωστόσο για ελαστικά που χρησιμοποιούνται για αγωνιστική χρήση, οι τιμές τους αποκλείουν αρκετά από τις ενδεικτικές.

Πίνακας 4.1: Ενδεικτικές Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών Magic Formula 5.2 για Εγκάρσια Δύναμη

p_{Cy1}	1,2÷1,8	p_{Hy2}	-1÷1
p_{Dy1}	-80÷80	p_{Hy3}	-0,1÷0,1
p_{Dy2}	900÷1700	p_{Vy1}	-200÷200
p_{Ky1}	500÷2000	p_{Vy2}	-10÷10
p_{Ky2}	0÷50	p_{Vy3}	-10÷10
p_{Ky3}	-0,1÷0,1	p_{Vy4}	-15÷15
p_{Ey1}	-2÷2	p_{Dy3}	-0,01÷0,01
p_{Ey2}	-20÷1	p_{Ey3}	-0,1÷0,1
p_{Hy1}	-1÷1	p_{Ey4}	-1÷1

4.2.2 Διαμήκης Δύναμη

Η διαμήκης δύναμη που προκύπτει από τη μοντελοποίηση περιγράφεται από την εξίσωση:

$$F_{x_0} = D_x \cdot \sin \left\{ C_x \cdot \operatorname{atan} \left[B_x \cdot (k + S_{Hx}) - E_x \cdot \left(B_x \cdot (k + S_{Hx}) - \operatorname{atan} \left(B_x \cdot (k + S_{Hx}) \right) \right) \right] \right\} + S_{V_x} \quad \text{Εξ. 4.9}$$

, όπου οι επιμέρους μεταβλητές και οι κύριοι παράγοντες είναι οι εξής:

- Παράγοντας Μορφής
Ο παράγοντας μορφής αποτελεί την κυρία μεταβλητή η οποία επηρεάζει τη μορφή της καμπύλης και κρίνεται μεγάλης σημασίας. Η εξίσωσή της είναι:

$$C_x = p_{Cx1} \cdot \lambda_{Cx} \quad \text{Εξ. 4.10}$$

- Παράγοντας Κορυφής
Ο παράγοντας αυτός επηρεάζει το μέγιστο που παρουσιάζει η καμπύλη και δίνεται από τον τύπο

$$D_x = (p_{Dx1} + p_{Dx2} \cdot dF_z) (1 - p_{Dx3} \cdot \gamma_x^2) \cdot F_z \cdot \lambda_{\mu x} \quad \text{Εξ. 4.11}$$

- Παράγοντας Ακαμψίας
Ο παράγοντας ακαμψίας καθορίζει την κλίση της καμπύλης διαμήκους δύναμης-λόγου ολίσθησης και δηλαδή περιγράφει τη διαμήκη ακαμψία του ελαστικού μέσα από τον τύπο:

$$B_x = \frac{K_x}{C_x \cdot K_x} \quad \text{Εξ. 4.12}$$

- Παράγοντας καμπυλότητας
Επηρεάζει τη μορφή που έχει η καμπύλη στην περιοχή γύρω από το ακρότατο σημείο της. Δηλαδή μοντελοποιεί τη συμπεριφορά του ελαστικού κοντά στη μέγιστη τιμή της διαμήκους δύναμης και περιγράφεται από την εξίσωση:

$$E_x = (p_{Ex1} + p_{Ex2} \cdot dF_z + p_{Ex3} \cdot dF_z^2) [1 - p_{Ex4} \cdot \operatorname{sgn}(k + S_{Hx})] \cdot \lambda_{Ex} \quad \text{Εξ. 4.13}$$

- Οριζόντια Μετατόπιση
Μοντελοποιεί το πόσο απέχει, κατά τον οριζόντιο άξονα, το σημείο όπου έχουμε μηδενικό λόγο ολίσθησης από το σημείο αρχής των αξόνων.

$$S_{H_x} = (p_{Hx1} + p_{Hx2} \cdot dF_z) \cdot \lambda_{Hx} \quad \text{Εξ. 4.14}$$

- Κατακόρυφη Μετατόπιση
Μοντελοποιεί το πόσο απέχει, κατά τον κατακόρυφο άξονα, το σημείο όπου έχουμε μηδενικό λόγο ολίσθησης από το σημείο αρχής των αξόνων.

$$S_{V_x} = F_z \cdot (p_{Vx1} + p_{Vx2} \cdot dF_z) \cdot \lambda_{Vx} \cdot \lambda_{\mu x} \quad \text{Εξ. 4.15}$$

- Κλίση
Η εξίσωση αυτή έχει πιο πολύ βοηθητικό ρόλο στη μοντελοποίηση της διαμήκους ακαμψίας του ελαστικού, ενώ περιγράφει την κλίση που έχει η καμπύλη.

$$K_x = F_z \cdot (p_{Kx1} + p_{Kx2} \cdot dF_z) \cdot \exp(p_{Kx3} \cdot dF_z) \cdot \lambda_{Kx} \quad \text{Εξ. 4.16}$$

Κεφάλαιο 4

Στις παραπάνω εξισώσεις η μεταβλητή κ αποτελεί το λόγο ολίσθησης, ενώ η μεταβλητή γ την γωνία κλίσης του τροχού και οι μεταβλητές λ αποτελούν συντελεστές βαρύτητας. Όσον αφορά το κάθετο φορτίο ισχύουν τα εξής:

- F_z : το κάθετο φορτίο στο ελαστικό τη δεδομένη στιγμή
- F_{z0} : το ονομαστικό κάθετο φορτίο
- $dF_z = \frac{F_z - F_{z0}}{F_{z0}}$: η κανονικοποιημένη μεταβολή του κάθετου φορτίου τη δεδομένη στιγμή από την ονομαστική τιμή

Όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές που εμφανίζονται μέσα στις παραπάνω εξισώσεις, αποτελούν τις δευτερεύουσες μεταβλητές. Οι ενδεικτικές τιμές αυτών περιέχονται στον Πίνακα 4.2, ωστόσο για ελαστικά που χρησιμοποιούνται για αγωνιστική χρήση, οι τιμές τους αποκλείουν αρκετά από τις ενδεικτικές.

Πίνακας 4.2: Ενδεικτικές Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών Magic Formula 5.2 για Διαμήκη Δύναμη

ρ_{Cx1}	1,4÷1,8	ρ_{Ex1}	-0,1÷0,1
ρ_{Dx1}	-80÷80	ρ_{Ex2}	-1÷1
ρ_{Dx2}	900÷1700	ρ_{Ex3}	-20÷1
ρ_{Dx3}	-0,01÷0,01	ρ_{Hx1}	-5÷5
ρ_{Kx1}	-20÷20	ρ_{Hx2}	-1÷1
ρ_{Kx2}	100÷500	ρ_{Vx1}	-100÷100
ρ_{Kx3}	-1÷1	ρ_{Vx2}	-10÷10
ρ_{Ex13}	-1÷1		

4.2.3 Ροπή ευθυγράμμισης

Η ροπή ευθυγράμμισης που προκύπτει με τη μοντελοποίηση περιγράφεται από την εξίσωση:

$$M_{z0} = -t_0 \cdot F_{y0} + M_{zr0} \quad \text{Εξ. 4.17}$$

,όπου το F_{y0} αποτελεί την εγκάρσια δύναμη που υπολογίστηκε προηγουμένως, t_0 το πνευματικό ίχνος και M_{zr0} υπολειπόμενη ροπή που δημιουργεί μια μετατόπιση της καμπύλης.

Το πνευματικό ίχνος υπολογίζεται μέσα από τους παρακάτω τύπους.

$$t_0 = D_t \cdot \cos \left\{ C_t \cdot a \tan \left[B_t \cdot (a + S_{Ht}) - E_t \left(B_t \cdot (a + S_{Ht}) - a \tan (B_t \cdot (a + S_{Ht})) \right) \right] \right\} \cos \alpha \quad \text{Εξ. 4.18}$$

,όπου οι μεταβλητές είναι οι εξής:

- Παράγοντας Μορφής

$$C_t = q_{Cz1} \quad \text{Εξ. 4.19}$$

- Παράγοντας Κορυφής

Ο παράγοντας αυτός επηρεάζει το μέγιστο που παρουσιάζει η καμπύλη και δίνεται από τον τύπο

$$D_t = \frac{F_z \cdot R_0}{F_{z0}} \cdot (q_{Dz1} + q_{Dz2} \cdot dF_z) (1 + q_{Dz3} \cdot \gamma + q_{Dz4} \cdot \gamma^2) \cdot \lambda_t \quad \text{Εξ. 4.20}$$

- Παράγοντας Ακαμψίας

Ο παράγοντας ακαμψίας καθορίζει την κλίση της καμπύλης μέσα από τον τύπο:

$$B_t = (q_{Bz1} + q_{Bz2} \cdot dF_z + q_{Bz3} \cdot dF_z^2) \cdot (1 + q_{Bz4} \cdot \gamma + q_{Bz5} \cdot |\gamma|) \cdot \frac{\lambda_{Ky\alpha}}{\lambda_{\mu y}} \quad \text{Εξ. 4.21}$$

- Παράγοντας καμπυλότητας

Επηρεάζει τη μορφή που έχει η καμπύλη στην περιοχή γύρω από το ακρότατο σημείο της. Δηλαδή μοντελοποιεί τη συμπεριφορά του ελαστικού κοντά στη μέγιστη τιμή ροπής ευθυγράμμισης και περιγράφεται από την εξίσωση:

$$E_t = (q_{Ez1} + q_{Ez2} \cdot dF_z + q_{Ez3} \cdot dF_z^2) \left\{ 1 + (q_{Ez4} + q_{Ez5} \cdot \gamma) \cdot \frac{2}{\pi} \cdot a \tan [B_t \cdot C_t \cdot (a + S_{Ht})] \right\}$$

Εξ. 4.22

- Οριζόντια Μετατόπιση

Μοντελοποιεί το πόσο απέχει, κατά τον οριζόντιο άξονα, το σημείο όπου έχουμε μηδενική γωνία ολίσθησης από το σημείο αρχής των αξόνων.

$$S_{Ht} = q_{Hz1} + q_{Hz2} \cdot dF_z + (q_{Hz3} + q_{Hz4} \cdot dF_z) \cdot \gamma \quad \text{Εξ. 4.23}$$

Η υπολοιπόμενη ροπή προκύπτει από τον τύπο

$$M_{zr0} = D_r \cdot \cos \{ C_r a \tan (B_r \cdot a_r) \} \quad \text{Εξ. 4.24}$$

,όπου

- Γωνία ολίσθησης με μετατόπιση

$$\alpha_t = a + S_{Hy} + \frac{S_{Vy}}{K_{y\alpha}} \quad \text{Εξ. 4.25}$$

- Παράγοντας Κορυφής

$$D_r = F_z \cdot R_0 \cdot [(q_{Dz6} + q_{Dz7} \cdot dF_z) + (q_{Dz8} + q_{Dz9} \cdot dF_z) \cdot \gamma \cdot \lambda_{Kz\gamma}] \cdot \cos a \cdot \lambda_{\mu y} - 1 \quad \text{Εξ. 4.26}$$

- Παράγοντας Μορφής

$$C_r = \zeta_7 \quad \text{Εξ. 4.27}$$

- Παράγοντας Ακαμψίας

$$B_r = q_{Bz9} \cdot \frac{\lambda_{Ky}}{\lambda_{\mu y}} + q_{Bz10} \cdot B_y \cdot C_y \quad \text{Εξ. 4.28}$$

Στις παραπάνω εξισώσεις η μεταβλητή α αποτελεί τη γωνία ολίσθησης, ενώ μεταβλητή γ την γωνία κλίσης του τροχού και οι μεταβλητές λ αποτελούν συντελεστές βαρύτητας. Όσον αφορά το κάθετο φορτίο ισχύουν τα εξής:

- F_z : το κάθετο φορτίο στο ελαστικό τη δεδομένη στιγμή
- F_{z0} : το ονομαστικό κάθετο φορτίο
- $dF_z = \frac{F_z - F_{z0}}{F_{z0}}$: η κανονικοποιημένη μεταβολή του κάθετου φορτίου τη δεδομένη στιγμή από την ονομαστική τιμή

Όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές που εμφανίζονται μέσα στις παραπάνω εξισώσεις, αποτελούν τις δευτερεύουσες μεταβλητές.

4.3 Μοντελοποίηση Εξισώσεων Magic Formula 5.2

Σκοπός της μοντελοποίησης Magic Formula, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι ο υπολογισμός της εγκάρσιας και διαμήκου δύναμης καθώς και της ροπής ευθυγράμμισης. Ο υπολογισμός γίνεται μέσα από τις εξισώσεις που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα.

Παρατηρώντας τις εξισώσεις 4.1 έως 4.28, γίνεται εύκολα κατανοητός ο μεγάλος αριθμός των μεταβλητών και των εξισώσεων που πρέπει να υπολογιστούν προκειμένου να οδηγηθούμε στην εύρεση των δυναμικών μεγεθών που περιγράφουν το ελαστικό. Ωστόσο ο υπολογισμός αυτών, έχει μεγάλο υπολογιστικό κόστος και καθίσταται αδύνατη η επίλυση με χρήση ενός κοινού υπολογιστή. Για τον λόγο αυτό οι παραπάνω εξισώσεις χρησιμοποιούνται στον κώδικα επίλυσης που έχει αναπτυχθεί με ορισμένες παρατάγες που θα παρουσιαστούν αναλυτικά στη συνέχεια. Ακόμη, παρατηρείται πως οι εξισώσεις είναι ανεξάρτητες της πίεσης του ελαστικού, με συνέπεια τα αποτελέσματα του κώδικα, δηλαδή οι δευτερεύουσες μεταβλητές, να διαφέρουν ανάλογα την πίεση.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναλυθεί η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται στον κώδικα για την επίλυση των εξισώσεων που παρουσιάστηκαν. Για την επίλυση του κώδικα απαιτούνται τα ταξινομημένα πειραματικά δεδομένα που προέκυψαν από την ταξινόμηση που αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα. Ο χρήστης γνωρίζοντας με ακρίβεια το συνδυασμό πίεσης ελαστικού, γωνία κλίσης τροχού και κάθετου φορτίου, επιλέγει και χρησιμοποιεί αυτό που επιθυμεί.

Ορίζοντας, λοιπόν, ο χρήστης τον προς μοντελοποίηση συνδυασμό, ο κώδικας λαμβάνει τα δεδομένα που περιγράφουν το ελαστικό και με βάση αυτά υπολογίζονται οι μεταβλητές. Συγκεκριμένα, αρχικοποιούνται τα όρια τιμών καθώς και ο ρυθμός αυξησης αυτής. Ο ορισμός των οριακών τιμών γίνεται με βάση τις προτεινόμενες τιμές για ελαστικά που χρησιμοποιούνται από εμπορικά επιβατικά οχήματα. Όσον αφορά το βήμα αλλαγής των μεταβλητών αυτών, ορίζεται ανάλογα με την υπολογιστική ισχύ που υπάρχει διαθέσιμη.

Στη συνέχεια, υπολογίζονται όλοι οι κύριοι παράγοντας για κάθε διαφορετική τιμή των μεταβλητών. Ο υπολογισμός των κύριων παραγόντων γίνεται μέσα από τις εξισώσεις που θα παρουσιαστούν παρακάτω. Ταυτόχρονα, γνωρίζουμε την επίδραση που έχει ο κάθε κύριος παράγοντας στην καμπύλη του κάθε δυναμικού μεγέθους και κατα επέκταση γνωρίζουμε σε ποιο μέγεθος της δυναμικής συμπεριφοράς του ελαστικού αντιστοιχεί. Έτσι, κάθε τιμή των κύριων παραγόντων, συγκρίνεται με τις αντίστοιχες τιμές που είναι διαθέσιμες από την ταξινόμηση και ως τελική λαμβάνεται αυτή με το μικρότερο απόλυτο σφάλμα από την

πειραματική. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζονται όλοι οι κύριοι παράγοντες και έπειτα το δυναμικό μέγεθος στο οποίο αντιστοιχούν.

Αντίστοιχη διαδικασία με την εύρεση των κύριων παραγόντων, ακολουθείται και για την εύρεση των δυναμικών μεγεθών. Το εκάστοτε δυναμικό μέγεθος συγκρίνεται με αντίστοιχό του που προέκυψε από τη διαδικασία της ταξινόμησης, το οποίο θεωρείται μέγεθος αναφοράς. Το απόλυτο σφάλμα που υπολογίζεται, παρουσιάζεται στο χρήστη του κώδικα, ο οποίος τελικά κρίνει αν είναι αποδεκτό.

Συμπερασματικά, προκειμένου να περιοριστεί το υπολογιστικό κόστος του κώδικα, ώστε να μπορεί να εκτελείται εύκολα σε κάθε υπολογιστή, έγιναν ορισμένες μοντελοποιήσεις στις εξισώσεις της Magic Formula. Οι μοντελοποιημένες εξισώσεις παρουσιάζονται παρακάτω για κάθε περίπτωση.

Οι κύριοι παράγοντες στον υπολογισμό της εγκάρσιας δύναμης μοντελοποιούνται με τον εξής τρόπο:

- **Παράγοντας Κορυφής**

Ο παραγόντας κορυφής μοντελοποιείται μέσω της μέγιστης τιμής της εκάστοτε καμπύλης. Σε όλα τα μεγέθη που μοντελοποιούνται με τη Magic Formula, στην εκάστοτε καμπύλη εντοπίζεται η μέγιστη τιμή. Έπειτα υπολογίζεται ο παράγοντας κορυφής μέσω των εξισώσεων μοντελοποίησης για κάθε τιμή των μεταβλητών. Τέλος, συγκρίνονται οι τιμές αυτές με τη μέγιστη τιμή της καμπύλης, υπολογίζεται το απόλυτο σφάλμα διαφοράς τους και επιλέγεται η τιμή με το μικρότερο απόλυτο σφάλμα. Παράλληλα επιλέγονται και οι τιμές των μεταβλητών οι οποίες αντιστοιχούν στην τιμή του παράγοντα κορυφής που επιλέχθηκε.

Στην περίπτωση της ροπής ευθυγράμμισης, τόσο στην εξίσωση του πνευματικού ίχνους (Εξ. 4.20) όσο και στην εξίσωση της υπολειπόμενης ροπής ευθυγράμμισης (Εξ. 4.26), παρτηρούνται τέσσερις δευτερεύουσες μεταβλητές. Προκειμένου να υπολογιστούν οι δευτερεύουσες μεταβλητές που περιγράφουν αυτές τις εξισώσεις του πνευματικού ίχνους και της υπολειπόμενης ροπής, αμελούνται οι μεταβλητές q_{Dz3} και q_{Dz9} αντίστοιχα. Συγκεκριμένα, η μεταβλητή q_{Dz3} περιγράφει την εναλλαγή της μέγιστης τιμής του ίχνους σε σχέση με την γωνία Camber και επιλέχθηκε να αμεληθεί λόγω της ελάχιστης επιρροής της στο τελικό αποτέλεσμα εξαιτίας των μικρών τιμών που λαμβάνει σύμφωνα με τη βιβλιογραφία. Όμοια, η μεταβλητή q_{Dz9} περιγράφει την εναλλαγή της μέγιστης τιμής του ίχνους σε σχέση με την κανονικοποιημένη διαφορά του κάθετου φορτίου από την ονομαστική του τιμή. Αυτό σημαίνει πώς όρος λαμβάνει πολύ μικρές τιμές και μπορεί να αμεληθεί, αφού δεν επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό το τελικό αποτέλεσμα της εξίσωσης.

- **Παράγοντας Καμπυλότητας**

Η μοντελοποίηση της καμπυλότητας της καμπύλης γίνεται με μαθηματική προσέγγιση. Συγκεκριμένα, η καμπύλη προσεγγίζεται με πολυώνυμο ενάτου βαθμού ώστε να ελαχιστοποιήσουμε το σφάλμα προσέγγισης. Έπειτα, παραγωγίζεται το πολυώνυμο που προέκυψε και λύνεται η εξίσωση με το μηδέν του παραγωγισμένου πολυωνύμου. Με τον τρόπο αυτό εντοπίζουμε για ποια τιμή της γωνίας ολίσθησης ή του λόγου ολίσθησης (ανάλογα με την περίπτωση), η καμπύλη του μεγέθους που εξετάζεται παρουσιάζει μέγιστο και κατά επέκταση οι μεταβλητές τις εξίσωσης

μπορούν να εντοπιστούν. Ωστόσο η εξίσωση του παράγοντα καμπυλότητας για όλα τα μεγέθη αποτελείται από τουλάχιστον τέσσερις μεταβλητές, κάτι που καθιστά την εύρεση όλων των μεταβλητών αδύνατη, καθώς η επίλυση πίνακα τεσσάρων ή πέντε διαστάσεων (περίπτωση ροπής ευθυγράμμισης) είναι αδύνατη στο υπολογιστικό περιβάλλον της MATLAB. Για τον λόγο αυτό οι εξισώσεις που περιγράφουν τον παράγοντα καμπυλότητας σε κάθε περίπτωση μοντελοποιούνται ώστε να μετατραπούν σε εξισώσεις που είναι εφικτές να υπολογιστούν.

→ Εγκάρσια Δύναμη

Στις εξισώσεις που μοντελοποιούν το μέγεθος της εγκάρσιας δύναμης παρατηρείται πως η Εξ. 4.5 περιέχουν τέσσερις μεταβλητές. Για τον λόγο αυτό, η μεταβλητή P_{Ey3} αμελήται. Η συγκεκριμένη μεταβλητή κρίνεται μικρής σημασίας καθώς επηρεάζει ελάχιστα τον παράγοντα καμπυλότητας και παίρνει τιμές από -0,01 έως 0,01. Έτσι, δεν λαμβάνεται υπόψη και γίνεται η υπόθεση πως ισούται με μηδέν.

→ Διαμήκης Δύναμη

Η εξίσωση που περιγράφει τον παράγοντα καμπυλότητας στην μοντελοποίηση της διαμήκου δύναμης (Εξ. 4.13) περιέχει τέσσερις μεταβλητές. Προκειμένου να υπολογιστεί ο παράγοντας καμπυλότητας, η μεταβλητή P_{Ex3} θεωρήται πως ισούται με μηδέν και αμελήται. Η μεταβλητή επηρεάζει ελάχιστα τον υπολογισμό του κύριου παράγοντα, καθώς περιγράφει την εναλλαγή με της καμπυλότητας με το τετράγωνο της κανονικοποιημένης μεταβολής του κάθετου φορτίου, όπου αποτελεί ένα πολύ μικρό όρο της εξίσωσης και επηρεάζει ανεπαίσθητα το τελικό αποτέλεσμα.

→ Ροπή Ευθυγράμμισης

Ο παραγοντας καμπυλότητας για το συγκεκριμένο μέγεθος περιγράφεται από μια εξίσωση (Εξ. 4.22) η οποία περιέχει πέντε μεταβλητές. Από αυτές οι μεταβλητές q_{Ez3} και q_{Ez4} θεωρούνται ίσες με το μηδέν και αμελούνται. Η q_{Ez3} περιγράφει την εναλλαγή με της καμπυλότητας με το τετράγωνο της κανονικοποιημένης μεταβολής του κάθετου φορτίου, όπου είναι ένα πολύ μικρό μέγεθος. Η q_{Ez4} κρίνεται ελάχιστης σημασίας καθώς παίρνει πολύ μικρές τιμές και δεν επηρεάζεται το αποτέλεσμα της εξίσωσης.

- **Παράγοντας Ακαμψίας**

Ο παράγοντας ακαμψίας υπολογίζεται μέσω του παράγοντα που περιγράφει την κλίση της καμπύλης. Για κάθε συνδυασμό πίεσης ελαστικού, γωνίας κλίσης τροχού και κάθετου φορτίου, είναι η γνωστή η κλίση της καμπύλης των διαγραμμάτων που περιγράφουν τα προς μοντελοποίηση δυναμικά μεγέθη. Γνωρίζοντας την κλίση, για τις διάφορες τιμές των μεταβλητών υπολογίζεται η κλίση της μοντελοποιημένης καμπύλης καθώς και ο παράγοντας ακαμψίας. Τέλος, επιλέγεται η κλίση η οποία έχει το μικρότερο σφάλμα σε σχέση με την κλίση που υπολογίστηκε από τα πειραματικά δεδομένα, ενώ μπορούν να προσδιοριστούν και οι μεταβλητές που απαρτίζουν την εξίσωση. Στην περίπτωση της ροπής ευθυγράμμισης, δηλαδή στην εξίσωση Εξ. 4.21, οι δευτερεύουσες μεταβλητές q_{Bz3} και q_{Bz5} αμελούνται λόγω της μικρής τους επιρροής στο αποτέλεσμα της εξίσωσης. Πιο αναλυτικά, ο όρος q_{Bz3} πολλαπλασιάζεται με το τετράγωνο της διαφοράς της τιμής του κάθετου φορτίου της εκάστοτε τιμής από την ονομαστική τιμή του κάθετου φορτίου, κάτι που σημαίνει πως η τιμή του συγκεκριμένου όρου είναι πολύ μικρή. Όσον αφορά τον όρο q_{Bz5} ,

αμελήται καθώς πολλαπλασιάζεται με την απόλυτη τιμή της γωνίας Camber, η επίδραση της οποία περιγράφεται πλήρως από την μεταβλητή q_{Bz4} . Αμφότερες οι δύο μεταβλητές λαμβάνουν πολύ μικρές τιμές, σύμφωνα με τις ενδεικτικές τιμές των δευτερευσών μεταβλητών. Αντίθετα, για την περίπτωση του παράγοντα ακαμψία της υπολειπόμενης ροπής ευθυγράμμισης (Εξ. 4.28), η μεταβλητή q_{Bz10} θεωρείται ίση με μονάδα, ώστε οι παράγοντες ακαμψίας και μορφής της εγκάρσιας δύναμης του ελαστικού να επηρεάζουν πλήρως την ροπή ευθυγράμμισης.

- **Παράγοντας Οριζόντιας μετατόπισης**

Η οριζόντια μετατόπιση υπολογίζεται μέσα από την καμπύλη του εκάστοτε μεγέθους που μελετάται. Υπολογίζεται το σημείο στον οριζόντιο άξονα για το οποίο μηδενίζεται η καμπύλη. Για παράδειγμα σε μια καμπύλη εγκάρσιας δύναμης – γωνίας ολίσθησης, εντοπίζεται το σημείο στον οριζόντιο άξονα για το οποίο η εγκάρσια δύναμη έχει μηδενική τιμή και υπολογίζεται η απόσταση του από την αρχή των αξόνων. Έπειτα, υπολογίζεται ο παράγοντας της οριζόντιας μετατόπισης για όλες τις τιμές των μεταβλητών και συγκρίνεται με την απόσταση του σημείου από την αρχή των αξόνων που προσδιορίστηκε προηγουμένως. Επιλέγεται τελικά η τιμή με το μικρότερο απόλυτο σφάλμα. Όσον αφορά την περίπτωση της ροπής ευθυγράμμισης όπου η εξίσωση μοντελοποίησης (Εξ. 4.23) αποτελείται από τέσσερις μεταβλητές, η μεταβλητή q_{H24} αμελήται καθώς πολλαπλασιάζεται με την κανονικοποιημένης μεταβολή του κάθετου φορτίου, όπου είναι ένα πολύ μικρό μέγεθος. Για τον λόγο αυτό έχει ελάχιστη επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα και γίνεται η θεώρηση πως ισούται με μηδέν. Οι υπολογισμοί για το τελικό αποτέλεσμα ακολουθούν την πορεία που περιγράφηκε παραπάνω.

- **Παράγοντας Κατακόρυφης Μετατόπισης**

Η κατακόρυφης μετατόπιση υπολογίζεται με αντίστοιχο τρόπο που υπολογίστηκε και ο παράγοντας της οριζόντιας μετατόπισης. Η διαφορά τους είναι πως εντοπίζεται το σημείο στον κατακόρυφο άξονα για το οποίο το μελετούμενο μέγεθος ισούται με μηδέν και υπολογίζεται η κάθετη απόστασή του από το σημείο αρχής των αξόνων. Οι υπόλοιποι υπολογισμοί συνεχίζονται κατά τον ίδιο τρόπο. Ωστόσο η εξίσωση του παράγοντα κατακόρυφης μετατόπισης στην εγκάρσια δύναμη (Εξ. 4.7) αποτελείται από τέσσερις μεταβλητές. Η μεταβλητή r_{vy2} θεωρείται ίση με μηδέν, διότι πολλαπλασιάζεται με την κανονικοποιημένης μεταβολή του κάθετου φορτίου, όπου είναι ένα πολύ μικρό μέγεθος. Έτσι η επίδρασή της στο τελικό αποτέλεσμα είναι ελάχιστη και μπορεί να αμεληθεί.

- **Παράγοντας Μορφής**

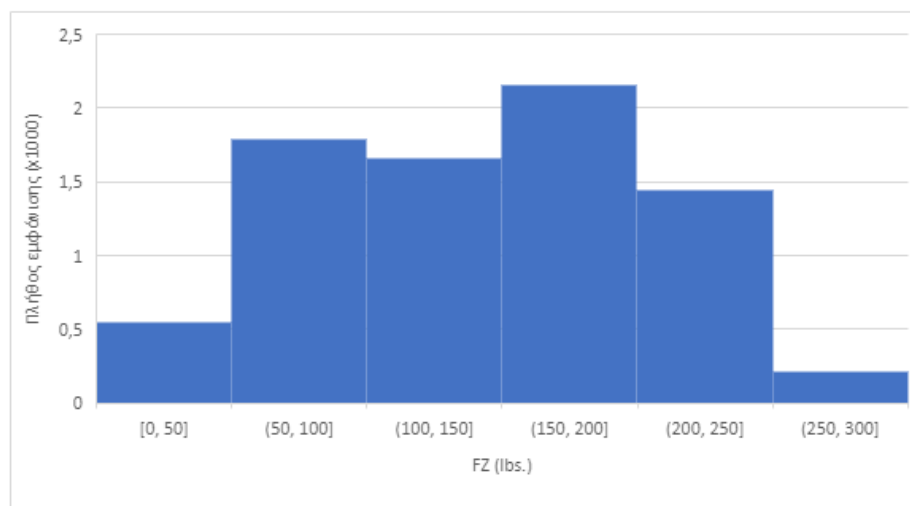
Έχοντας ήδη υπολογιστεί οι υπόλοιποι κύριοι παράγοντες, υπολογίζεται στη συνέχεια ο παράγοντας μορφής. Σε όλες τις περιπτώσεις, ο παράγοντας μορφής εξαρτάται από μια μόνο μεταβλητή. Επομένως, υπολογίζεται το κάθε μέγεθος από την εξίσωση μοντελοποίησης για τις διάφορες τιμές της μεταβλητής και συγκρίνεται με τις πειραματικές τιμές του δυναμικού μεγέθους. Η τελική τιμή του παράγοντα μορφής είναι η τιμή για την οποία το απόλυτο σφάλμα του δυναμικού μεγέθους πειραματικών δεδομένων και μοντελοποίησης είναι ελάχιστο.

Κεφάλαιο 4

Στο σημείο αυτό να σημειωθεί πως όλοι οι συντελεστές βαρύτητας λ_i που παρουσιάζονται στις εξισώσεις της MF 5.2, θεωρήθηκαν ίσοι με τη μονάδα καθώς δεν ήταν απαραίτητη η χρήση τους.

Η παραπάνω μοντελοποίηση και ο κώδικας, επιστρέφουν στον χρήστη τις δευτεύουσες μεταβλητές της MF 5.2 ξεχωριστά για κάθε συνδυασμό πίεσης ελαστικού, γωνίας Camber και κάθετου φορτίου. Προκειμένου να λάβει ο χρήστης τις τελικές μοναδικές τιμές για κάθε πίεση του εκάστοτε ελαστικού, χρησιμοποιούνται συντελεστές βαρύτητας για τα διαθέσιμα κάθετα φορτία και τις διαθέσιμες γωνίες Camber.

Οι συντελεστές βαρύτητας καθορίζονται από δεδομένα για το κάθετο φορτίο και τη γωνία Camber που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια των διαγωνισμών Formula Student από τη φοιτητική ομάδα Prom Racing. Τα δεδομένα επεξεργάζονται και λαμβάνονται οι συχνότερες τιμές καθετου φορτίου και γωνίας Camber, ενώ παρουσιάζονται σε ιστόγραμμα στο Διάγραμμα 4.1. Οι συντελεστές βαρύτητας για κάθε φορτίο απεικονίζονται στον Πίνακα 4.3.



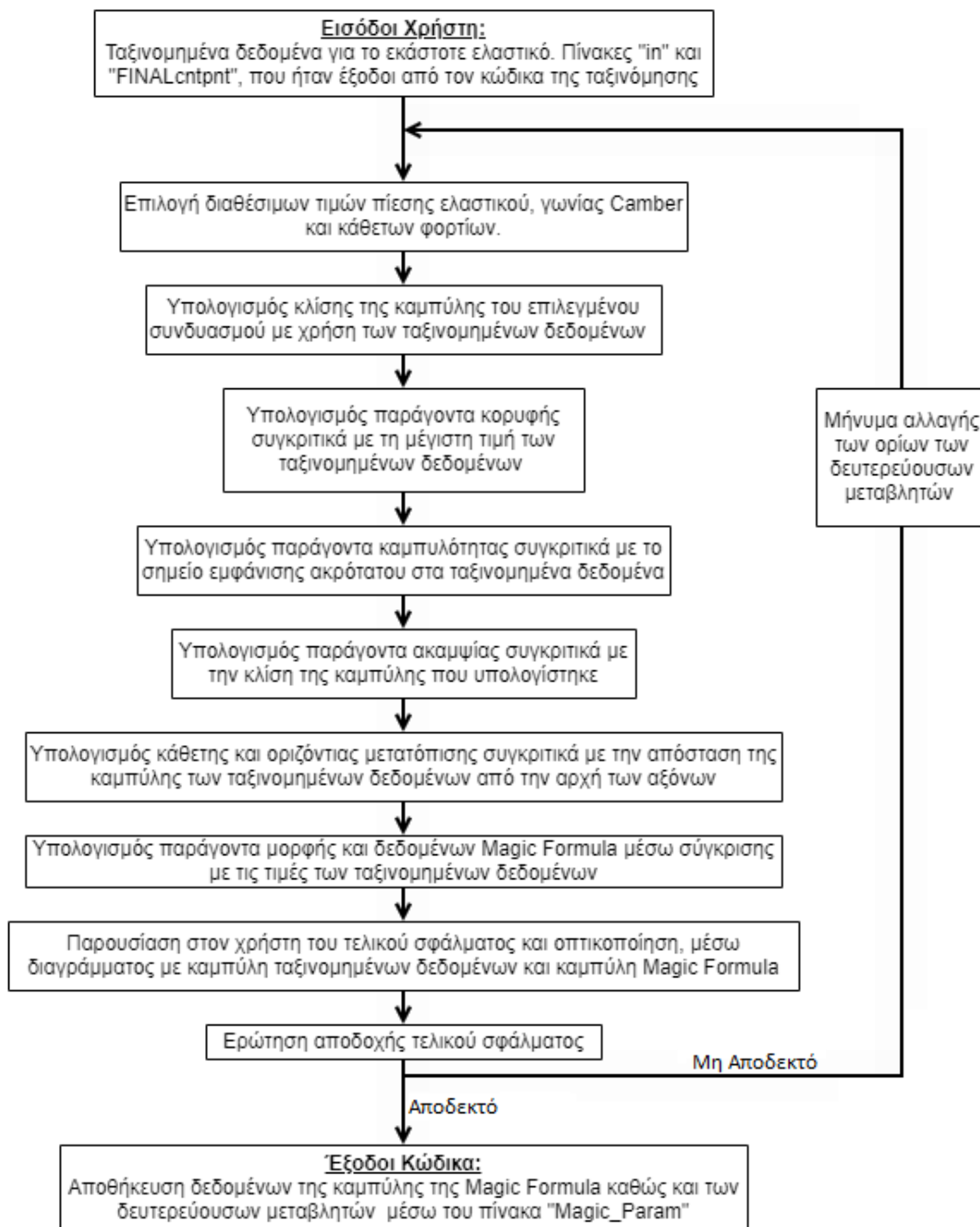
Διάγραμμα 4.1: Ιστόγραμμα Ασκούμενων Κάθετων Φορτίων που Συλλέχθηκαν κατά τη Διάρκεια Διαγωνισμού

Πίνακας 4.3: Συντελεστές Βαρύτητας για την Εύρεση των Τελικών Τιμών των Παραμέτρων της Magic Formula

Final MF Parameters Coef.		
FZ (lbs.)	250	0,1682
	200	0,1818
	150	0,3318
	100	0,2273
	50	0,0909
IA (deg)	0	0,85
	2	0,15

4.4 Αποτελέσματα κώδικα - Διαγράμματα

Οι παραπάνω εξισώσεις και οι μοντελοποιήσεις εφαρμόστηκαν στον κώδικα που αναπτύχθηκε και προέκυψαν τα διαγράμματα που ακολουθούν στις επόμενες ενότητες, ξεχωριστά για κάθε ελαστικό που εξετάζεται. Τα διαγράμματα ροής του κώδικα και των συναρτήσεων που αναπτύχθηκε παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα. Συγκεκριμένα τα διαγράμματα ροής αναφέρονται στον κώδικα εγκάρσιας δύναμης.



Διάγραμμα 4.2: Διάγραμμα Ροής Συναρτήσεων Προσέγγισης Παραγόντων Κώδικα Μοντελοποίησης

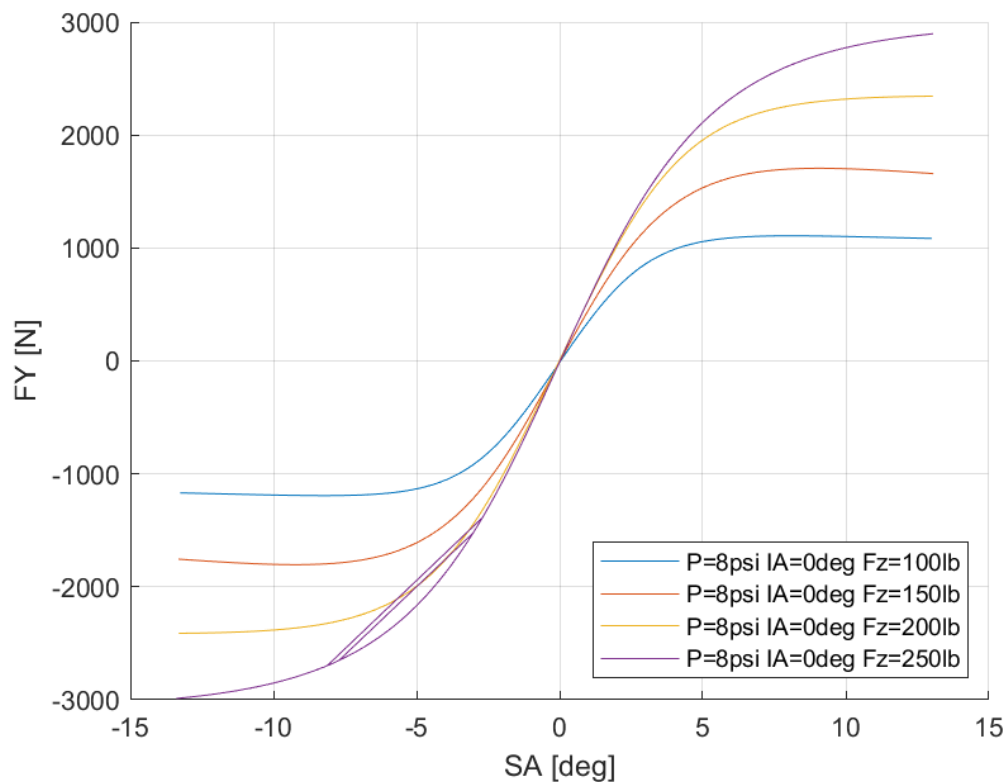
Η μόνη διαφορά του παραπάνω διαγράμματος με το αντίστοιχο διάγραμμα μοντελοποίησης για διαμήκη δύναμη είναι η μείωση των δευτερεύουσων μεταβλητών. Παρόλα αυτά ο τρόπος προσέγγισης παραμένει ίδιος.

Κεφάλαιο 4

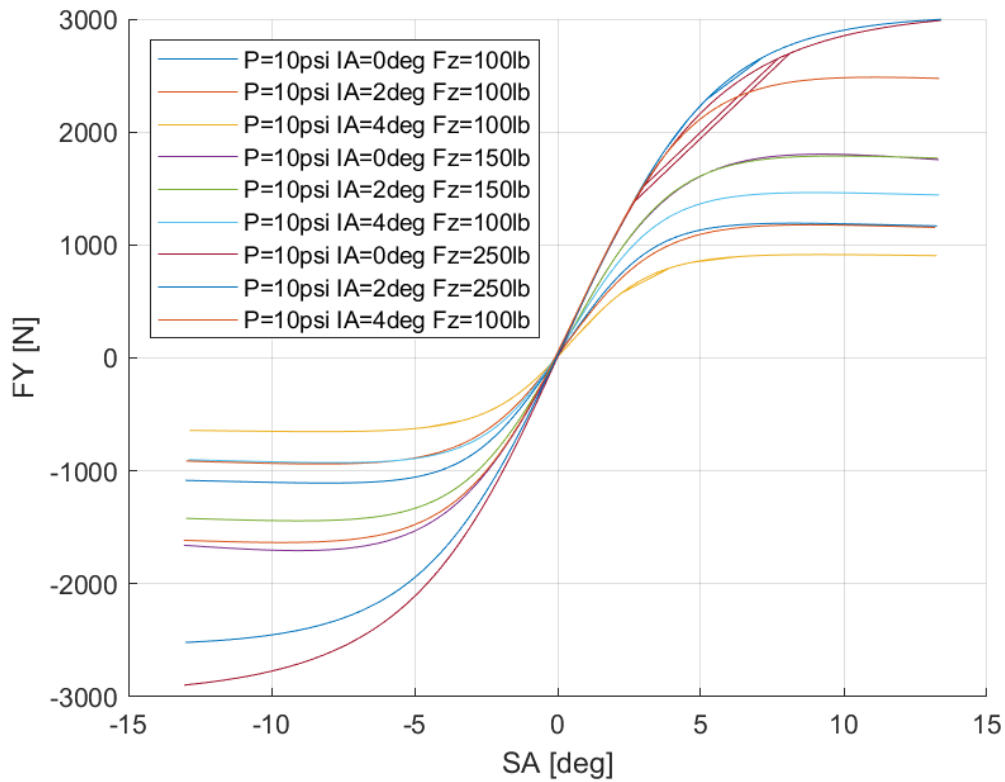
Για λόγους συντομίας, παρουσιάζονται αναλυτικά τα διαγράμματα για το ελαστικό Hoosier 18.0x7.5-10 R25B, ενώ για όλα τα υπόλοιπα ελαστικά που μελετήθηκαν, τα διαγράμματα που προέκυψαν από την μοντελοποίηση παραθέτονται στο Παράρτημα της Διπλώματικής Εργασίας.

4.4.1 Hoosier 18.0x7.5-10 R25B

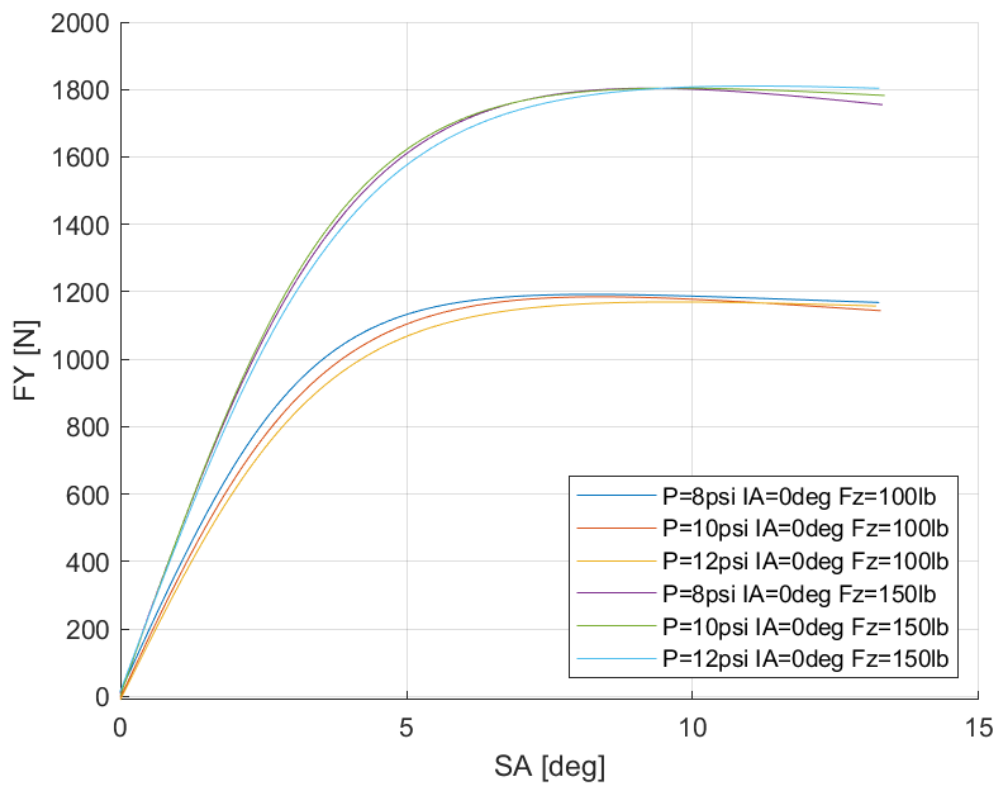
4.4.1.1 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης



Διάγραμμα 4.3: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 4.4: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 4.5: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 4

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται πως η μορφή των καμπυλών των μοντελοποιημένων δεδομένων είναι παρόμοια με τη μορφή των καμπυλών των ταξινομημένων δεδομένων. Συγκεκριμένα, για αύξηση του κάθετου φορτίου αυξάνεται η παραγόμενη εγκάρσια δύναμη, ενώ μειώνεται για αύξηση της πίεσης του ελαστικού και της γωνίας Camber. Ο ρυθμός μείωσης της εγκάρσιας δύναμης λόγω αύξησης της πίεσης είναι μεγαλύτερος από αυτόν λόγω αύξησης της γωνίας Camber. Ακόμη, σε ορισμένες καμπύλες παρουσιάζεται διπλή γραμμή σε ένα εύρος περιοχών. Αυτό συμβαίνει λόγω του σφάλματος που έχει αυτή η ημι εμπειρική μέθοδος που χρησιμοποιείται. Με καλύτερη προσέγγιση των δευτερεύοντων μεταβλητών δεν υπάρχει η επιπλέον γραμμή. Παρόλα αυτά το σφάλμα που έχουμε στην συγκεκριμένη προσέγγιση είναι αποδεκτό είναι περίπου 13% το οποίο είναι αποδεκτό.

Οι δευτερεύοντες συντελεστές για την εγκάρσια δύναμη του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 4.4 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 4.5.

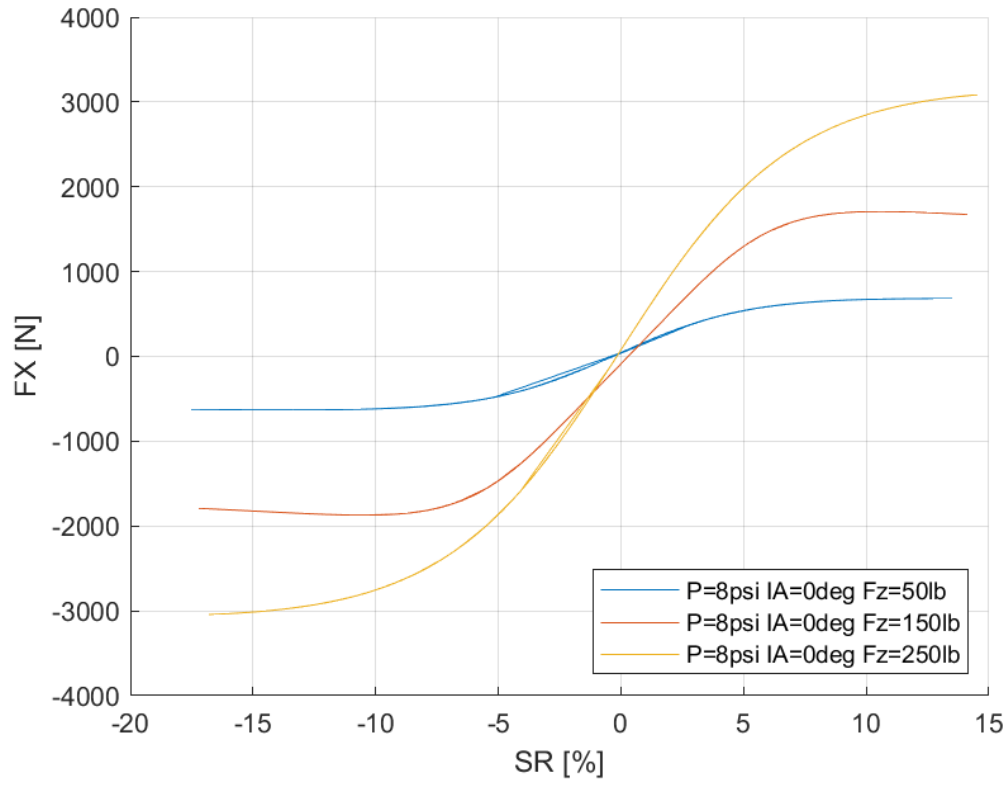
Πίνακας 4.4: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x7.5-10 R25B για Πίεση 8 psi

ρ_{Cy1}	0,05978	ρ_{Hy1}	0,01645
ρ_{Dy2}	9,05455	ρ_{Hy3}	-0,0036
ρ_{Dy1}	113,491	ρ_{Vy1}	-7,6939
ρ_{Ky1}	51,1407	ρ_{Vy2}	-
ρ_{Ky2}	0,13943	ρ_{Vy3}	-0,8264
ρ_{Ky3}	-0,004	ρ_{Vy4}	-0,6818
ρ_{Ey2}	0,05668	ρ_{Dy3}	0,00091
ρ_{Ey1}	-0,0556	ρ_{Ey4}	-0,0004
ρ_{Hy2}	-0,0174	ρ_{Ey3}	-

Πίνακας 4.5: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x7.5-10 R25B για Πίεση 10 psi

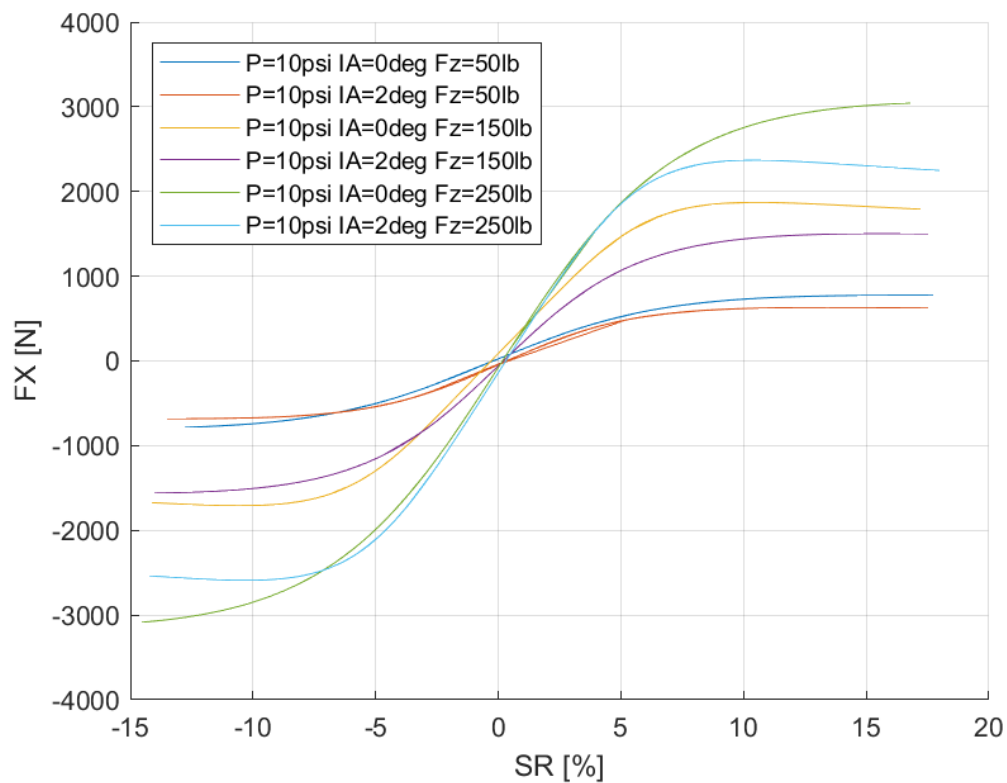
ρ_{Cy1}	0,05944	ρ_{Hy1}	-0,0044
ρ_{Dy2}	9,05455	ρ_{Hy3}	-0,0035
ρ_{Dy1}	113,491	ρ_{Vy1}	-7,6732
ρ_{Ky1}	54,3315	ρ_{Vy2}	-
ρ_{Ky2}	0,15417	ρ_{Vy3}	-0,8182
ρ_{Ky3}	-0,0036	ρ_{Vy4}	-0,6818
ρ_{Ey2}	0,01654	ρ_{Dy3}	0,00091
ρ_{Ey1}	-0,033	ρ_{Ey4}	-0,0004
ρ_{Hy2}	0,01059	ρ_{Ey3}	-

4.4.1.2 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης

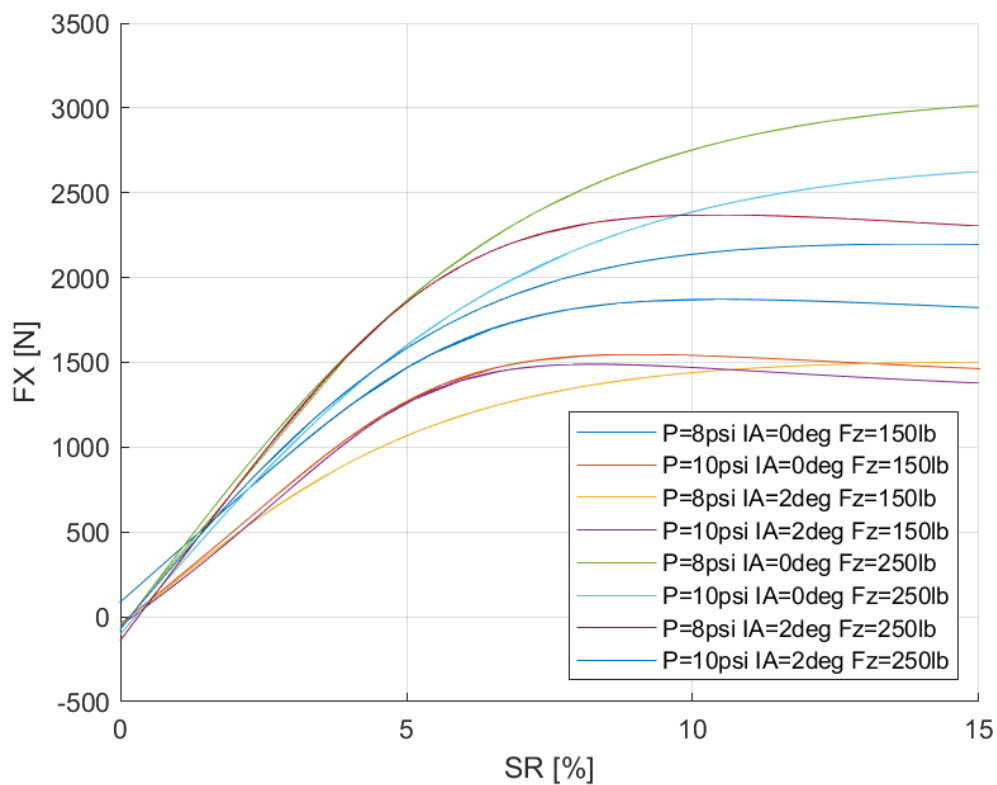


Διάγραμμα 4.6: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 4



Διάγραμμα 4.7: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθεται Φορτία και Γωνίες Camber για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 4.8: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθεται Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται πως η μορφή των καμπυλών των μοντελοποιημένων δεδομένων είναι παρόμοια με τη μορφή των καμπυλών των ταξινομημένων δεδομένων, όπως ήταν αναμενόμενο. Η διαφορά, ωστόσο, έγκειται στο γεγονός ότι πλέον δεν υπάρχει διασπορά δεδομένων αλλά μόνο μία γραμμή που αντιπροσωπεύει την καμπύλη. Από το Διάγραμμα 4.6 παρατηρείται πως αύξηση 30% στο κάθετο φορτίο που δέχεται το ελαστικό οδηγεί στη αύξηση περίπου 40% της παραγόμενης διαμήκουσ δύναμης. Η αναλογία αυτή είναι παρόμοια με την αναλογία της καμπύλης των ταξινομημένων δεδομένων, κάτι που επαληθεύει την αντιπροσωπευτική μοντελοποίηση. Ακόμη, αύξηση της πίεσης του ελαστικού και της γωνίας Camber συνεπάγεται με μείωση της παραγόμενης διαμήκουσ δύναμης, ενώ το μέγιστο της καμπύλης εντοπίζεται για λόγο ολίσθησης περίπου 10% ανεξαρτήτως του καθέτου φορτίου, της γωνίας κλίσης του τροχού και της πίεσης του ελαστικού. Το τελικό σφάλμα μεταξύ καμπύλης ταξινομημένων δεδομένων και καμπύλης Magic Formula είναι περίπου 22%, το οποίο είναι μεγάλο λόγω της μεγάλης διασποράς των πειραματικών δεδομένων.

Οι δευτερεύοντες συντελεστές για τη διαμήκη δύναμη του ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 4.6 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 4.7.

Πίνακας 4.6: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x7.5-10 R25B για Πίεση 8 psi

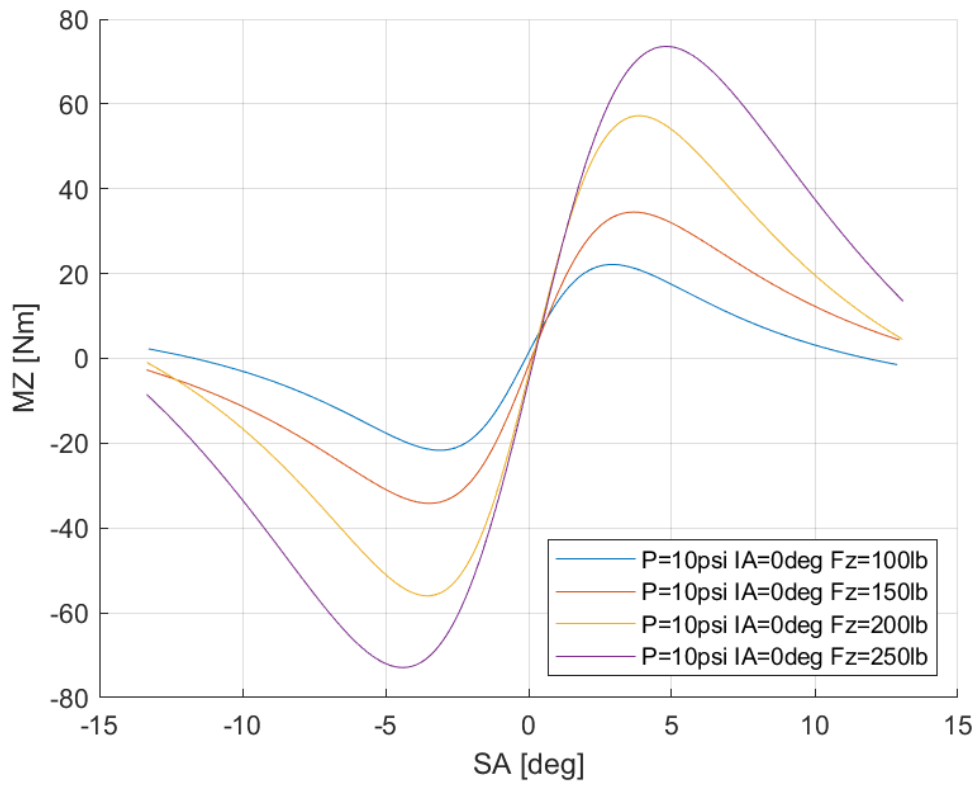
p_{Cx1}	0,12712	p_{Ex2}	-0,0453
p_{Dx1}	24,0864	p_{Ex1}	-0,0732
p_{Dx2}	234,797	p_{Hx2}	0,04553
p_{Kx2}	0,06029	p_{Hx1}	-0,0335
p_{Kx1}	42,8343	p_{Vx1}	-9,09
p_{Kx3}	0,00297	p_{Vx2}	-1,3635
p_{Ex3}	-	p_{Ex4}	-0,0004
		p_{Dx3}	0,00288

Πίνακας 4.7: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x7.5-10 R25B για Πίεση 10 psi

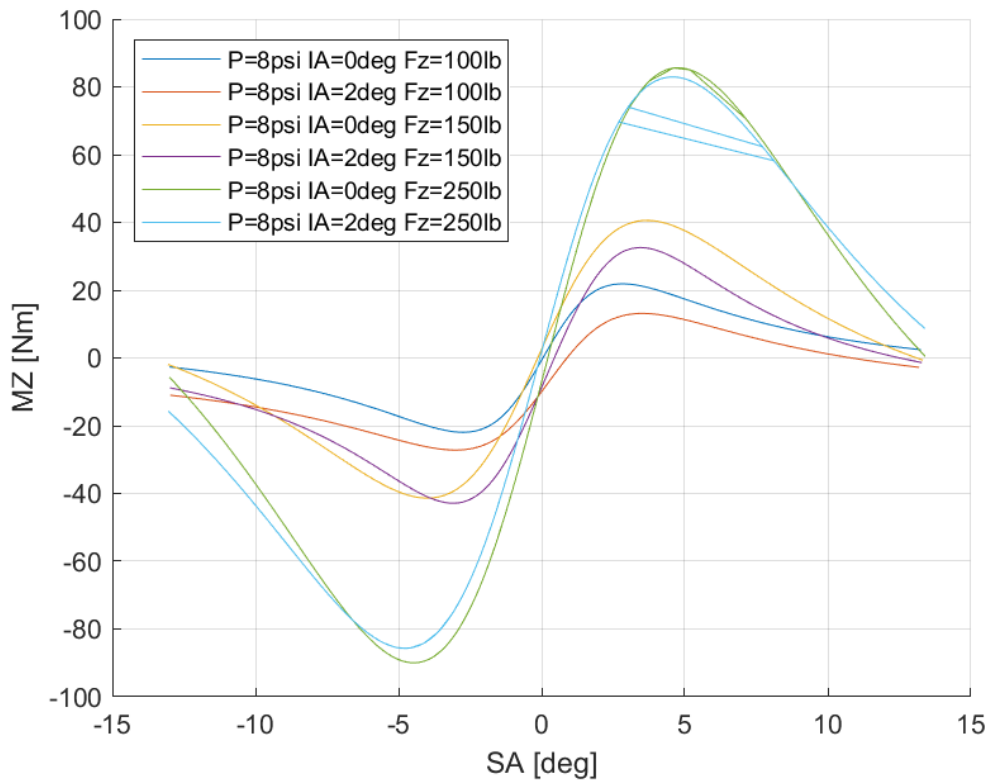
p_{Cx1}	0,12719	p_{Ex2}	0,06117
p_{Dx1}	23,3854	p_{Ex1}	-0,1096
p_{Dx2}	241,807	p_{Hx2}	0,03074
p_{Kx2}	1,12586	p_{Hx1}	-0,0226
p_{Kx1}	33,5925	p_{Vx1}	-9,09
p_{Kx3}	0,00155	p_{Vx2}	-1,3635
p_{Ex3}		p_{Ex4}	-0,0007
		p_{Dx3}	0,00288

Κεφάλαιο 4

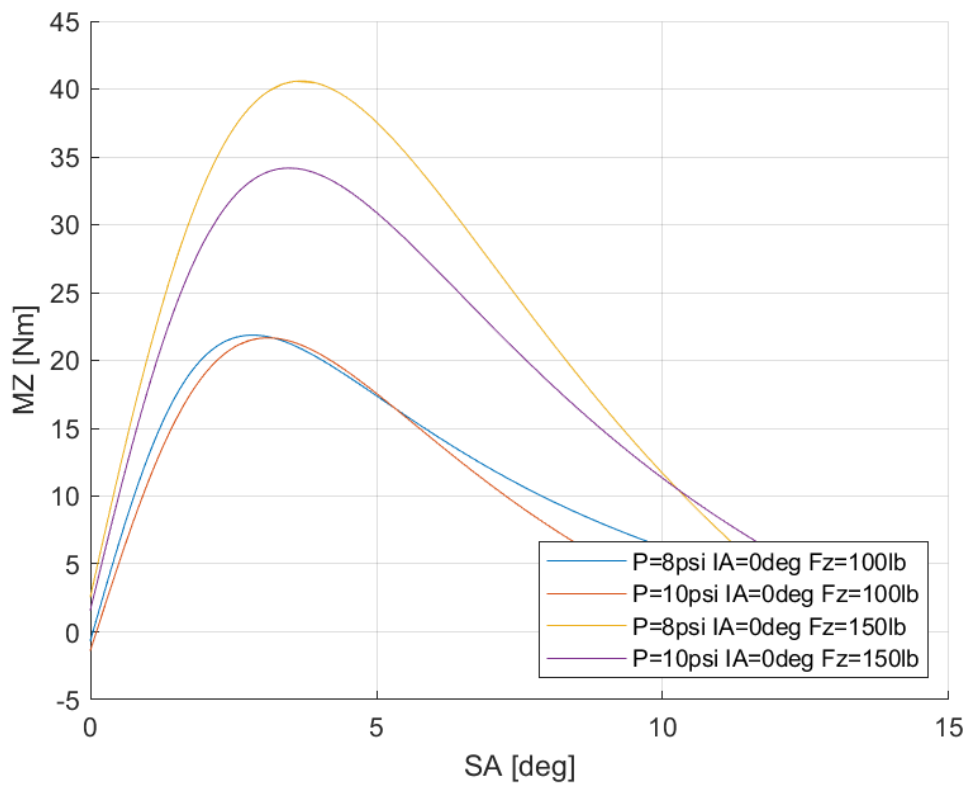
4.4.1.3 Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης



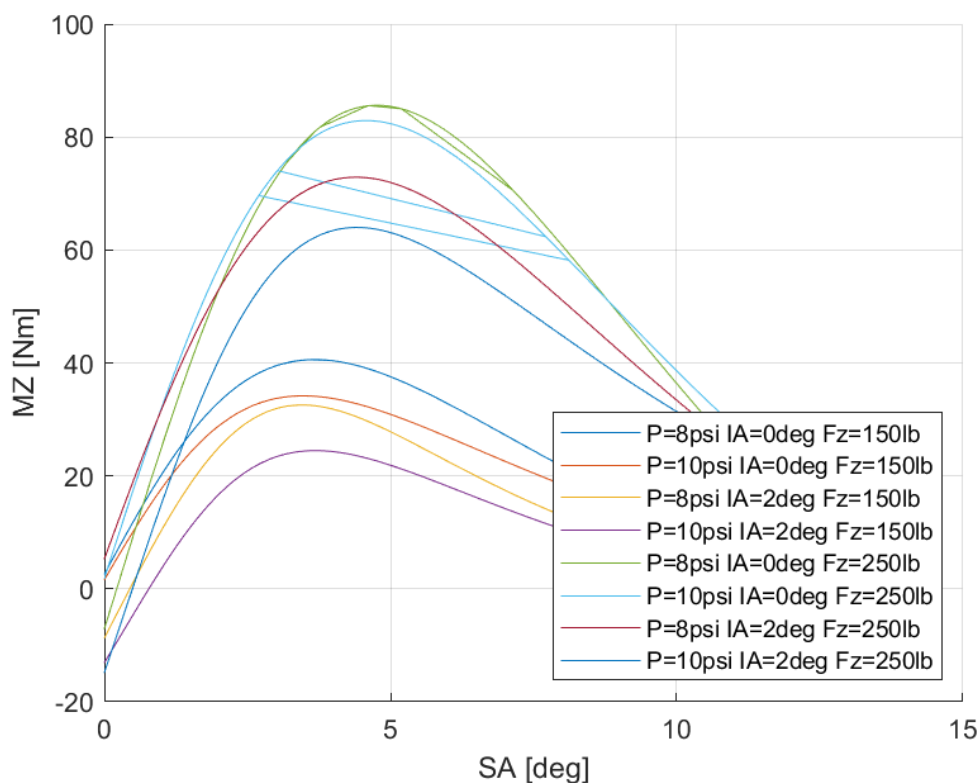
Διάγραμμα 4.9: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 4.10: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήση της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber και Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 4.11: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήση της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 4.12: Ροπή Ευθυγράμμισης Συνάρτησει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνίες Camber και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Η ροπή ευθυγράμμισης που παράγεται στο πέλμα του ελαστικού επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το κάθετο φορτίο που δέχεται ο ελαστικοφόρος τροχός. Την καμπύλη, ωστόσο, επηρεάζουν με φθίνουσα σειρά σημασίας, η γωνία κλίσης του τροχού καθώς και η πίεση του ελαστικού. Συνεπώς, η μέγιστη τιμή εντοπίζεται για μέγιστο κάθετο φορτίο και για ελάχιστες τιμές γωνίας κλίσης τροχού και πίεσης ελαστικού. Για όλες τις περιπτώσεις που περιέχονται στα διαγράμματα παρουσιάζουν μέγιστο για γωνία ολίσθησης περίπου 5°. Αυτό σημαίνει πως οδηγός από όταν αισθάνεται πως χάνει την πρόσφυση μέσω της «ελάφρυνσης» του τιμονιού έως την πραγματική απώλεια πρόσφυσης, έχει 5° περιθώριο καθώς η ροπή ευθυγράμμισης παρουσιάζει μέγιστη τιμή στις περίπου 5° ενώ η καμπύλη της εγκάρσιας δύναμης περίπου στις 10° γωνίας ολίσθησης. Οι δευτερεύουσες μεταβλητές για τη ροπή ευθυγράμμισης απεικονίζονται στους Πίνακες 4.8 και 4.9 για πίεση 8psi και 10psi αντίστοιχα.

Μοντελοποίηση Ελαστικού Με Χρήση Magic Formula

Πίνακας 4.8: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x7.5-10 R25B για Πίεση 8 psi

q_{Cz1}	0,11492	q_{Hz1}	-0,6831
q_{Dz2}	0,45273	q_{Ez2}	0,01463
q_{Dz1}	2,48945	q_{Ez1}	-0,0078
q_{Dz4}	0,00091	q_{Ez5}	-0,0004
q_{Bz2}	0,22727	q_{Dz3}	-
q_{Bz1}	1,2728	q_{Bz3}	-
q_{Bz4}	-0,0013	q_{Bz5}	-
q_{Dz8}	-0,0327	q_{Hz4}	-
q_{Dz7}	0,13997	q_{Ez3}	-
q_{Dz6}	-0,0884	q_{Ez4}	-
q_{Hz3}	-1,1721	q_{Dz9}	-
q_{Hz2}	-1,251	q_{Bz10}	-

Πίνακας 4.9: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x7.5-10 R25B για Πίεση 10 psi

q_{Cz1}	0,11912	q_{Hz1}	-1,0011
q_{Dz2}	0,45273	q_{Ez2}	0,02771
q_{Dz1}	2,26934	q_{Ez1}	-0,0323
q_{Dz4}	0,00091	q_{Ez5}	-0,0004
q_{Bz2}	0,22727	q_{Dz3}	-
q_{Bz1}	1,18425	q_{Bz3}	-
q_{Bz4}	-2E-05	q_{Bz5}	-
q_{Dz8}	-0,0367	q_{Hz4}	-
q_{Dz7}	0,15527	q_{Ez3}	-
q_{Dz6}	-0,0597	q_{Ez4}	-
q_{Hz3}	-1,1545	q_{Dz9}	-
q_{Hz2}	-1,3598	q_{Bz10}	-

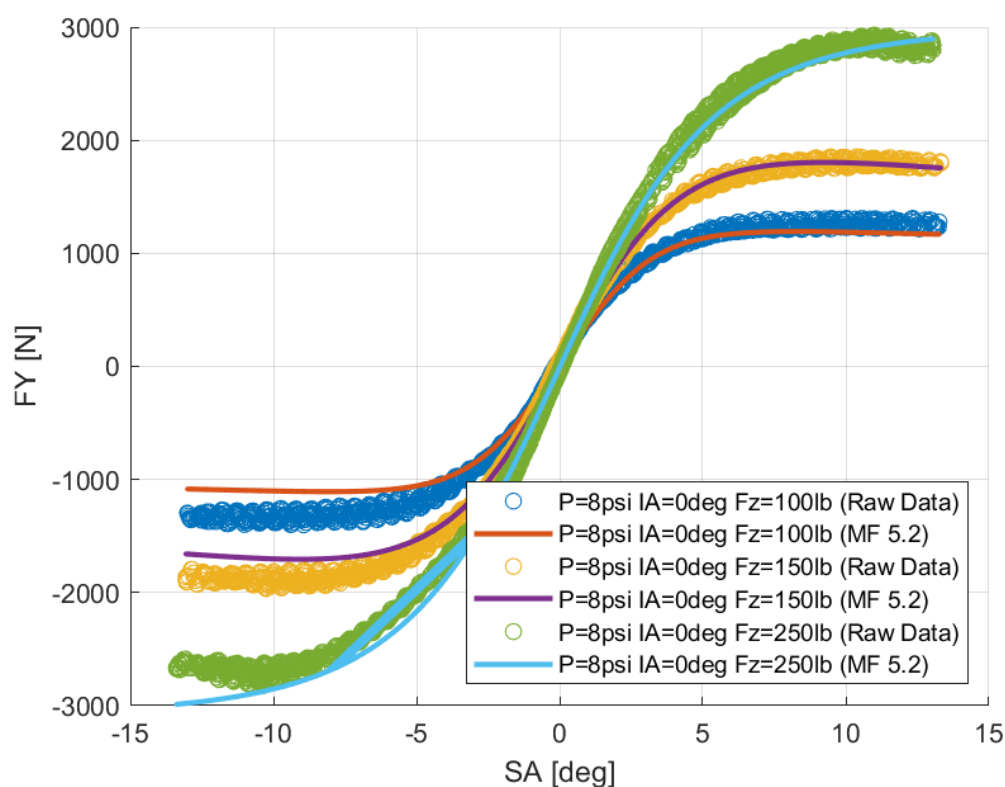
5 Συμπερασματα & Προτάσεις Εξέλιξης

5.1 Σύγκριση Διαγραμμάτων και Αποτελεσμάτων Προκαταρκτικής Επεξεργασίας και Μοντελοποίησης

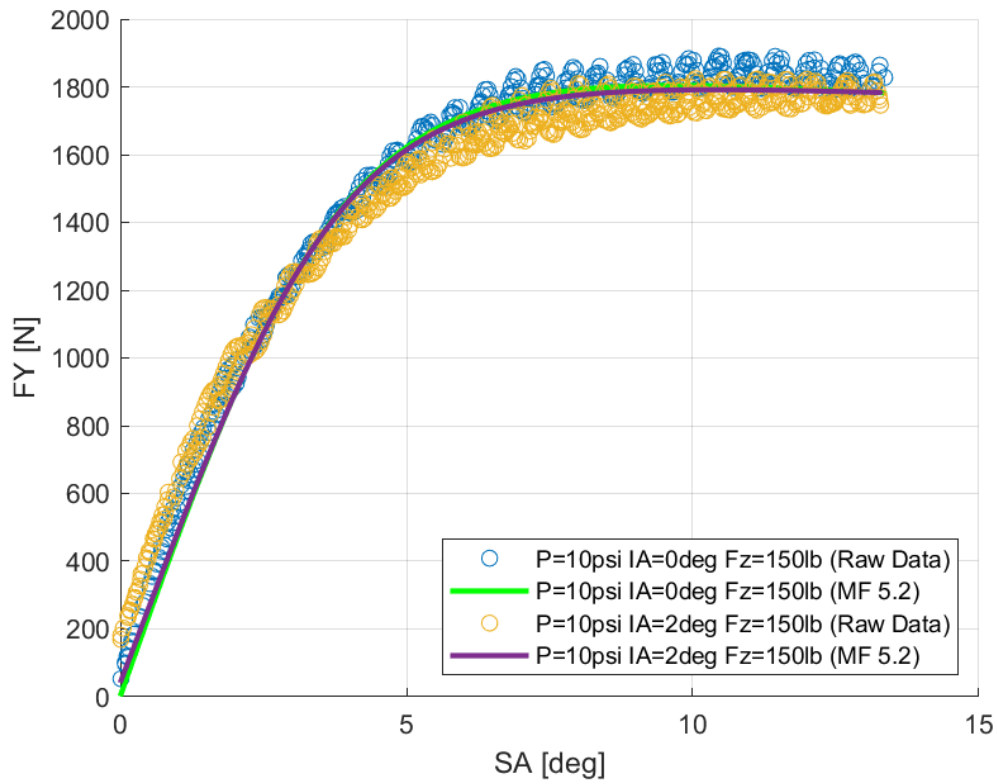
Στις προηγούμενες ενότητες αναλύθηκε ο λόγος και ο τρόπος επεξεργασίας και μοντελοποίησης των περιβαματικών δεδομένων των ελαστικών. Η ταξινόμηση των περιβαματικών δεδομένων αποτελεί, όπως ήδη έχει αναφερθεί, μια προσομοίωση των πραγματικών δυναμικών μεγεθών του ελαστικού. Συνεπώς, οι έξοδοι από τη διαδικασία της ταξινόμησης αποτελούν τη βάση σύγκρισης για την ακρίβεια των δεδομένων που προέκυψαν από τη διαδικασία της μοντελοποίησης. Στα ακόλουθα διαγράμματα παρουσιάζονται από κοινού οι καμπύλες δεδομένων ταξινόμησης και δεδομένων μοντελοποίησης. Συγκεκριμένα, για κάθε ελαστικό παρουσιάζονται οι καμπύλες της εγκάρσιας δύναμης, της διαμήκου δύναμης και της ροπής ευθυγράμμισης.

Ακολουθούν τα διαγράμματα για το ελαστικό Hoosier 18.0x7.5-10 R25B, ενώ τα ελαστικά για υπόλοιπα ελαστικά εμπεριέχονται στο Παράρτημα.

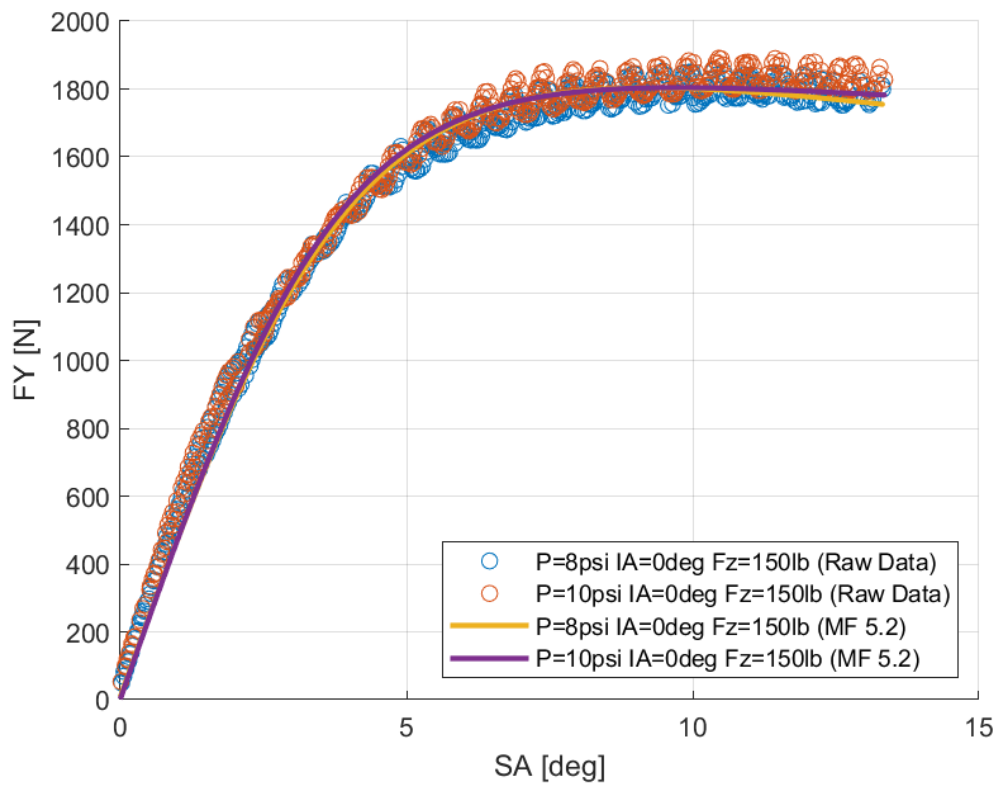
5.1.1 Σύγκριση Αποτελεσμάτων Ταξινόμησης και Μοντελοποίησης του Ελαστικού Hoosier 18.0x7.5-10 R25B



Διάγραμμα 5.1: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Εγκάρσιας Δύναμης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

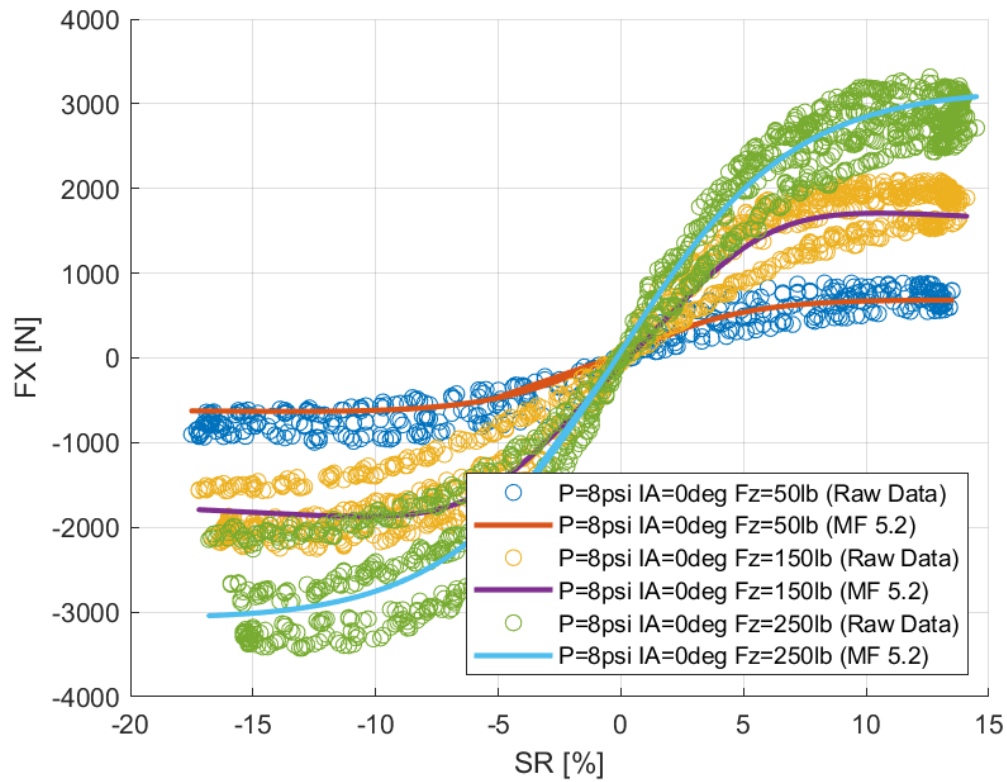


Διάγραμμα 5.2: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Εγκάρσιας Δύναμης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber

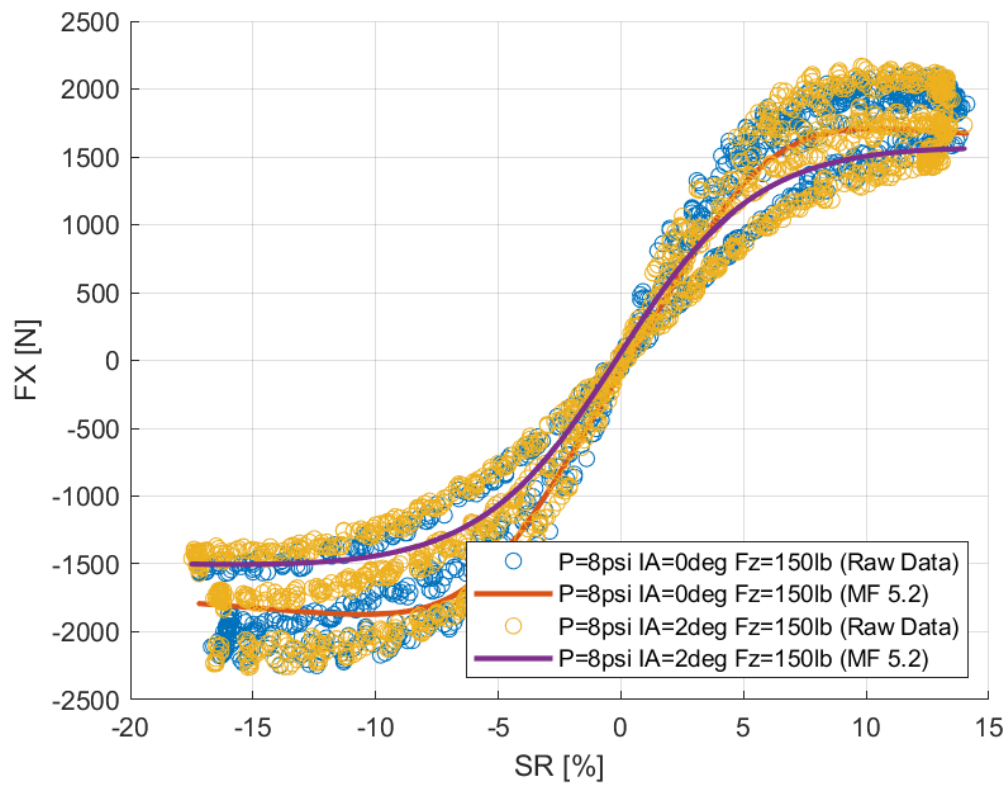


Διάγραμμα 5.3: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Εγκάρσιας Δύναμης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

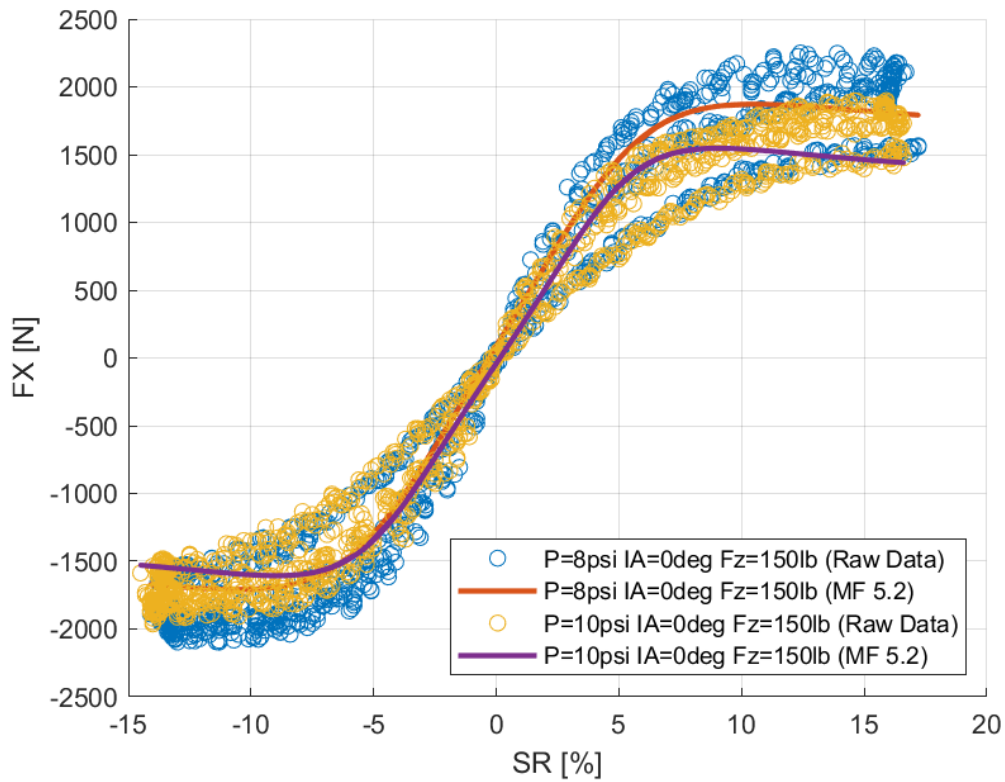
Κεφάλαιο 5



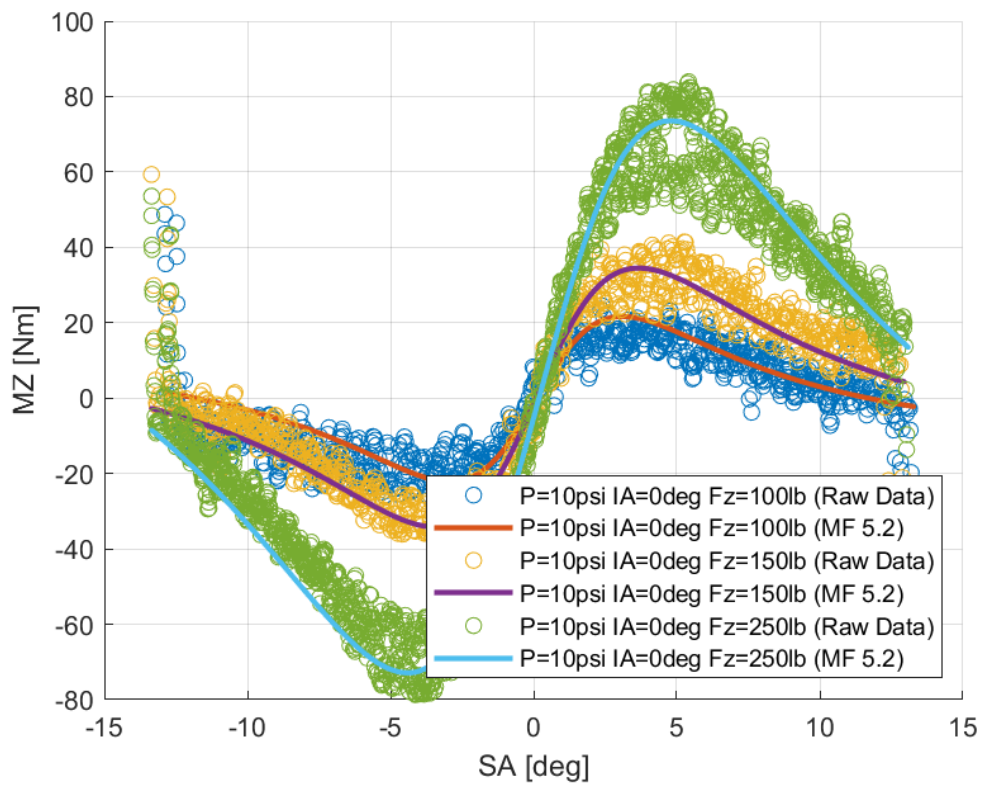
Διάγραμμα 5.4: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 5.5: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber

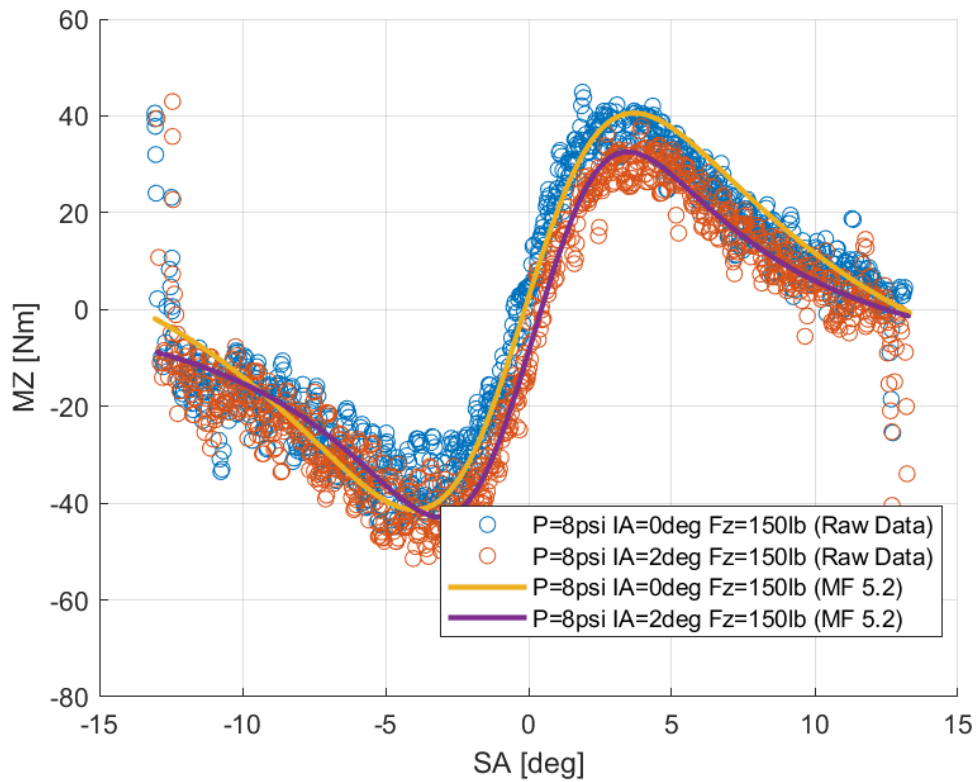


Διάγραμμα 5.6: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

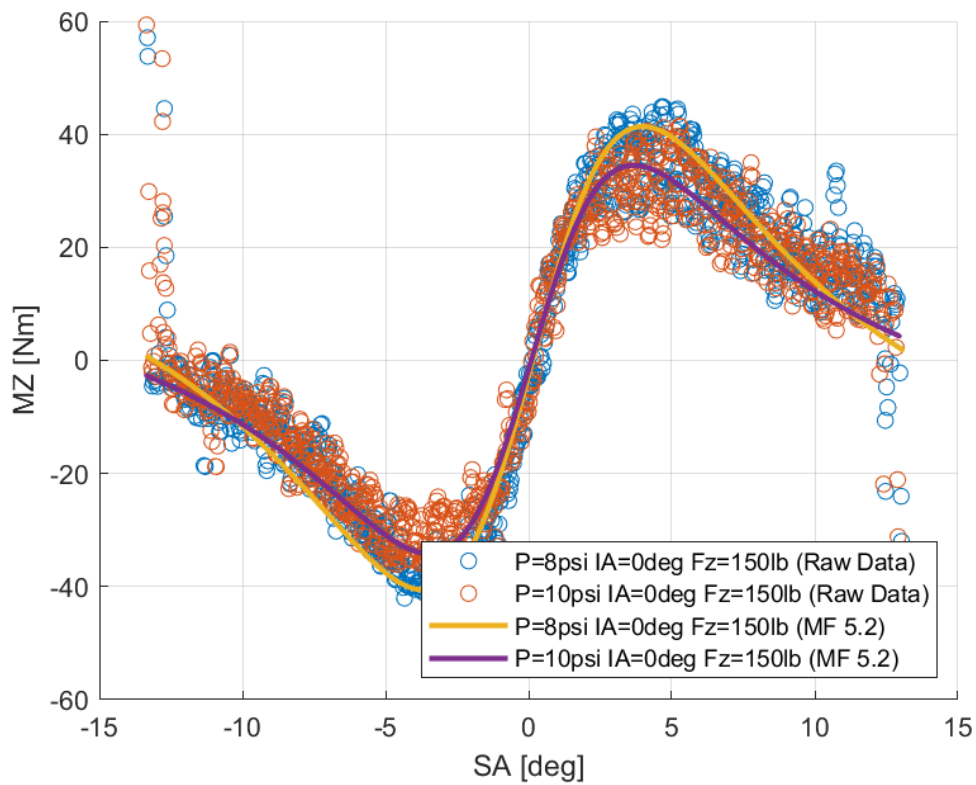


Διάγραμμα 5.7: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

Κεφάλαιο 5



Διάγραμμα 5.8: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber



Διάγραμμα 5.9: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Στα παραπάνω διαγράμματα οι καμπύλες των ταξινομημένων δεδομένων απεικονίζονται με χρήση σημείων και όχι με γραμμή, ώστε να τονίζεται η διασπορά των σημείων ταξινόμησης σε σύγκριση με τα σημεία μοντελοποίησης. Έτσι, από τα παραπάνω διαγράμματα (Διάγραμμα 5.1 έως Διάγραμμα 5.9) παρατηρούμε πως οι καμπύλες μοντελοποίησης βρίσκονται περίπου μέση των σημείων ταξινόμησης, κάτι που καταδεικνύει πως η μοντελοποίηση είναι αντιπροσωπευτική, με μικρό σφάλμα. Το σχετικό σφάλμα υπολογίστηκε 13% για τη μοντελοποίηση της εγκάρσιας δύναμης, 27% για τη μοντελοποίηση της διαμήκου δύναμης και 30% για τη ροπή ευθυγράμμισης. Η μεγάλη τιμή του σχετικού σφάλματος οφείλεται στην ανομοιόμορφη κατανομή των ταξινομημένων σημείων.

5.2 Προτάσεις Εξέλιξης Διαδικασιών

Οι διαδικασίες που αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες αποτελούν μια προσέγγιση που είναι αποδεκτή για τις απαιτήσεις του προβλήματος που αντιμετωπίζεται. Παρόλα αυτά υπάρχει η δυνατότητα εξέλιξης των διαδικασιών σε όλους του τομείς.

Ο οργανισμός που εκτελεί τις πειραματικές δοκιμές θα μπορούσε να εκτελέσει πειράματα για μεγαλύτερο εύρος τιμών και με περισσότερες διακριτές τιμές, σε όλους του παράγοντες που επηρεάζουν την δυναμική συμπεριφορά του ελαστικού. Αυτό προαπαιτεί, πιθανόν, μεγαλύτερη ακρίβεια της πειραματικής διάταξης καθώς και περισσότερο χρόνο χρήσης των εγκαταστάσεων. Ακόμη, είναι επιτακτική η ανάγκη εκτέλεσης δοκιμών επιβράδυνσης-επιτάχυνσης για ελαστικά για τα οποία η δοκιμή αυτή δεν υπάρχει, ενώ η δοκιμή των νέων μοντέλων ελαστικών θα πρέπει να αποτελεί κύρια προτεραιότητα.

Η εξέλιξη του κώδικα ταξινόμησης και μοντελοποίηση που αναπτύχθηκε, θα μπορούσε να εστιαστεί στην μείωση του χρόνου εκτέλεσης αυτών. Η μείωση αυτή μπορεί να επιτευχθεί αφενός με χρήση υπολογιστών με μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ και αφετέρου μέσω της βελτιστοποίησης του υπάρχοντος κώδικα. Η βελτιστοποίηση του κώδικα θα μπορούσε να γίνει στο πλαίσιο προσέγγισης των δευτερευουσών μεταβλητών της Magic Formula. Ο υπάρχων τρόπος εύρεσης των μεταβλητών αυτών, απαιτεί πολλές πράξεις, με αποτέλεσμα να αυξάνει το χρόνο εκτέλεσης του κώδικα, καθώς και δεν επιτρέπει την εύρεση ορισμένων μεταβλητών. Συνεπώς, με χρήση μια διαφορετικής μεθόδου προσέγγισης των μεταβλητών αυτών, τα προβλήματα θα μπορούσαν να λυθούν.

Ο κώδικας μοντελοποίησης των πειραματικών δεδομένων διαθέτει αρκετά περιθώρια βελτιώσεις, λόγω των εκδόσεων της Magic Formula. Όσο πιο ακριβείς και πιο πολλές είναι οι παράμετροι που περιγράφουν ένα ελαστικό, τόσο πιο ακριβές είναι και το δυναμικό μοντέλο που προκύπτει. Για τον λόγο αυτό η μοντελοποίηση της Magic Formula θα μπορούσε να γίνει ακριβέστερη χρησιμοποιώντας κάποια νεότερη έκδοση, όπως είναι η έκδοση MF 6.1, στην οποία λαμβάνεται υπόψιν και η πίεση του ελαστικού. Ωστόσο χρήση μεταγενέστερων εκδόσεων από την έκδοση MF 5.2 που χρησιμοποιείται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, προαπαιτεί ορισμένες από τις παραπάνω προτάσεις εξέλιξης.

Τέλος, οι κώδικες θα μπορούσαν να μετατραπούν, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν σε ένα άλλο υπολογιστικό περιβάλλον το οποίο να εκμεταλλεύεται πιο αποδοτικά τις υπολογιστικές δυνατότητες του κάθε υπολογιστή.

6 Βιβλιογραφία

- [1] William F. Milliken, and Douglas L. Milliken. 1994. "Race Car Vehicle Dynamics." *SAE International*: 918.
<https://www.sae.org/publications/books/content/r-146/>.
- [2] Pacejka, Hans. 2005. *Tire and Vehicle Dynamics*. Elsevier.
- [3] Reza N., Jazar, Riemannian Geometry, and Geometric Analysis. 2014. *Vehicle Dynamics Theory an Application*.
- [4] Smith, Carroll. 1978. *Tune to Win*. Aero Publishers Fallbrook.
- [5] Persson, B. N.J. 2011. "Rubber Friction and Tire Dynamics." *Journal of Physics Condensed Matter* 23(1).
- [6] Zheng, Binshuang et al. 2018. "Adhesion Characteristics of Tire-Asphalt Pavement Interface Based on a Proposed Tire Hydroplaning Model" ed. Ivan Giorgio. *Advances in Materials Science and Engineering* 2018: 5916180.
<https://doi.org/10.1155/2018/5916180>.
- [7] Mofidi, Mohammadreza, Elisabet Kassfeldt, and Braham Prakash. 2008. "Tribological Behaviour of an Elastomer Aged in Different Oils." *Tribology International*.
- [8] Merckx, L. 2004. "Overturning Moment Analysis Using the Flat Plank Tyre Tester." 2004(2004).
- [9] Takahashi, Toshimichi, Masatoshi Hada, Kozo Oyama, and Hideki Sakai. 2004. "New Model of Tire Overturning Moment Characteristics and Analysis of Their Influence on Vehicle Rollover Behavior." *Vehicle System Dynamics* 42(1–2): 109–18.
- [10] Τσιαπάρας, Άγγελος. 2016. "Ανάλυση Προσέγγισης Σχεδιασμού Συστήματος Ανάρτησης Πρωτότυπου Αγωνιστικού Οχήματος." Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- [11] Vasileios Ch. Tsiniias. 2014. "A Hybrid Approach to Tyre Modelling Based on Modal Testing and Non-Linear Tyre-Wheel Motion."
- [12] "Calspan." <https://www.calspan.com/services/transportation-testing-research-equipment/tire-performance-testing/force-moment-testing/>.
- [13] "Formula SAE." <http://students.sae.org/competitions/formulaseries/>.

7 Παραρτημα Α

7.1 Διαγράμματα Ταξινομημένων Δεδομένων Κατηγοριοποιημένα ανά Ελαστικό

7.1.1 Hoosier 16.0x7.5-10 R25B

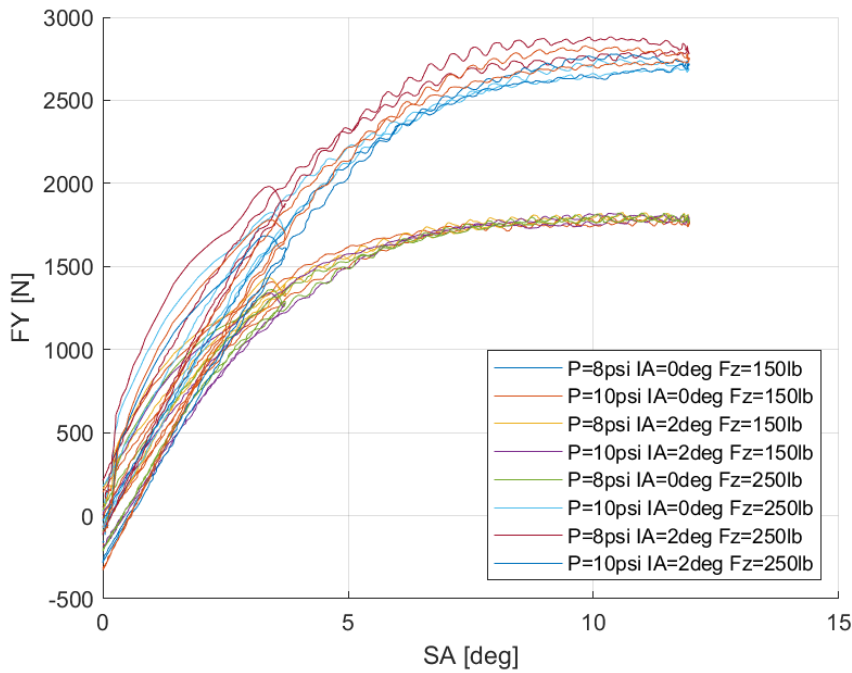
Για το συγκεκριμένο ελαστικό δεν πραγματοποιήθηκε δοκιμή επιτάχυνσης-επιβράδυνσης καθώς, σύμφωνα με τα σχόλια που δημοσιεύονται, δεν κατέσται δυνατή η πρόσδεση του ελαστικοφόρου τροχού πάνω στη μηχανή δοκιμών.

Έτσι, οι μέγιστες τιμές των δυνάμεων και των ροπών που αναπτύχθηκαν κατά τη δοκιμή της στροφής εμπεριέχονται στον Πίνακα 6.1.

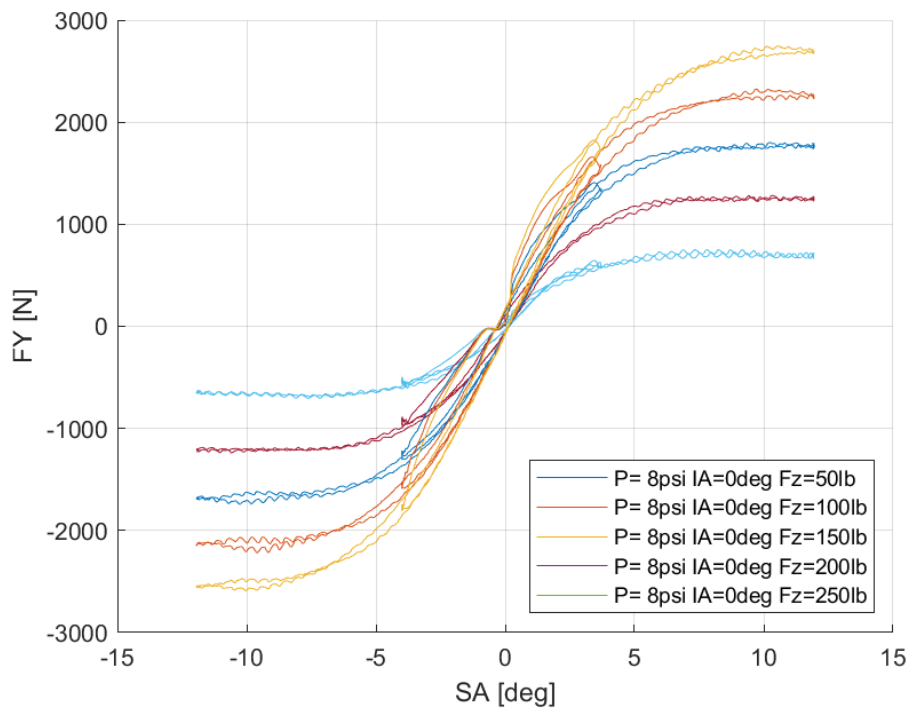
Πίνακας 7.1: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Hoosier 16.0 x 7.5-10 R25B από Δοκιμή Στροφής

			Hoosier 16.0x7.5-10 R25B					
P (psi)	IA (deg)	FZ (lbs)	FY (N)	SA (deg)	NFY	SA (deg)	MZ (Nm)	SA (deg)
8	0	50	753,31	7,35	3,84	7,89	105,52	0,38
		150	1802,38	10,22	2,84	10,28	115,57	0,36
		250	2746,22	10,56	2,60	10,38	131,43	0,38
	2	50	740,60	7,47	3,76	6,64	106,65	0,37
		150	1819,70	10,34	2,89	10,43	123,63	0,36
		250	2777,54	10,35	2,64	9,78	144,59	0,37
	4	50	636,09	7,64	3,24	10,35	102,14	0,41
		150	1745,94	10,88	2,79	9,43	128,13	0,41
		250	2709,19	10,51	2,56	10,04	154,47	0,38
10	0	50	686,56	9,23	3,29	5,73	102,50	0,38
		150	1824,93	10,60	2,77	11,43	114,58	0,40
		250	2881,76	10,34	2,64	9,94	131,64	0,38
	2	50	686,63	9,18	3,14	8,69	105,18	0,40
		150	1822,30	10,99	2,79	10,91	120,61	0,39
		250	2828,21	9,85	2,61	9,93	143,54	0,37
	4	50	624,77	10,42	2,93	8,78	99,10	0,39
		150	1718,85	10,40	2,64	10,35	121,45	0,37
		250	2736,12	11,40	2,54	9,93	149,58	0,40

7.1.1.1 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης

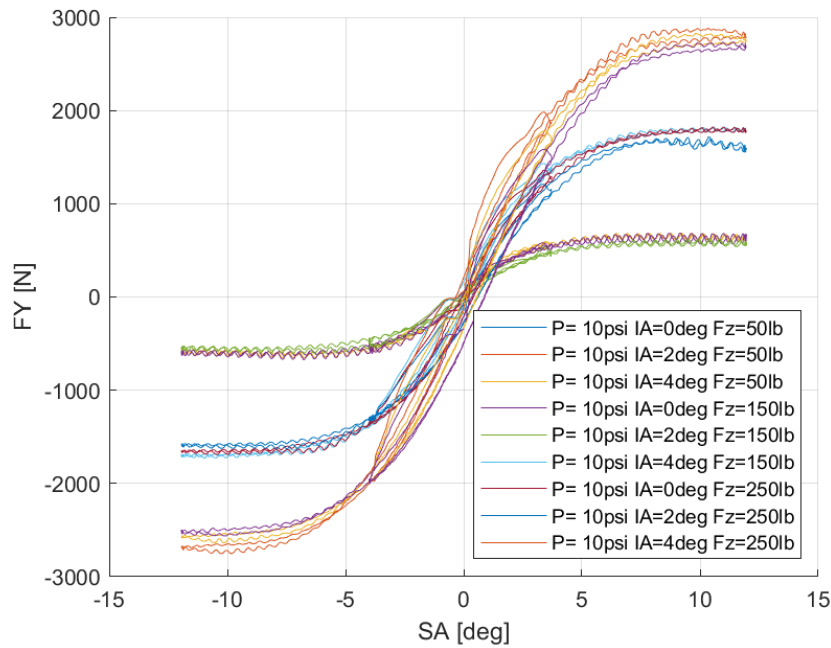


Διάγραμμα 7.1: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πίεση Ελαστικού

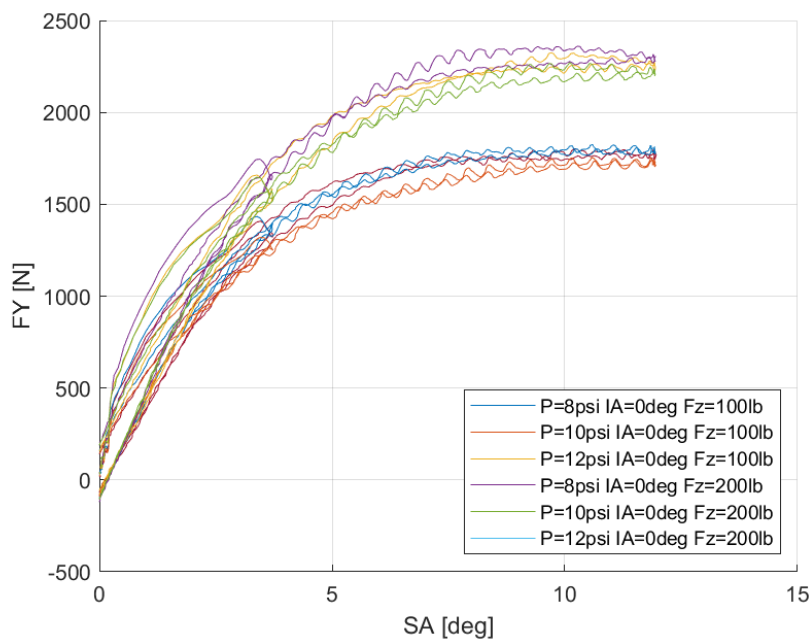


Διάγραμμα 7.2: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.3: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

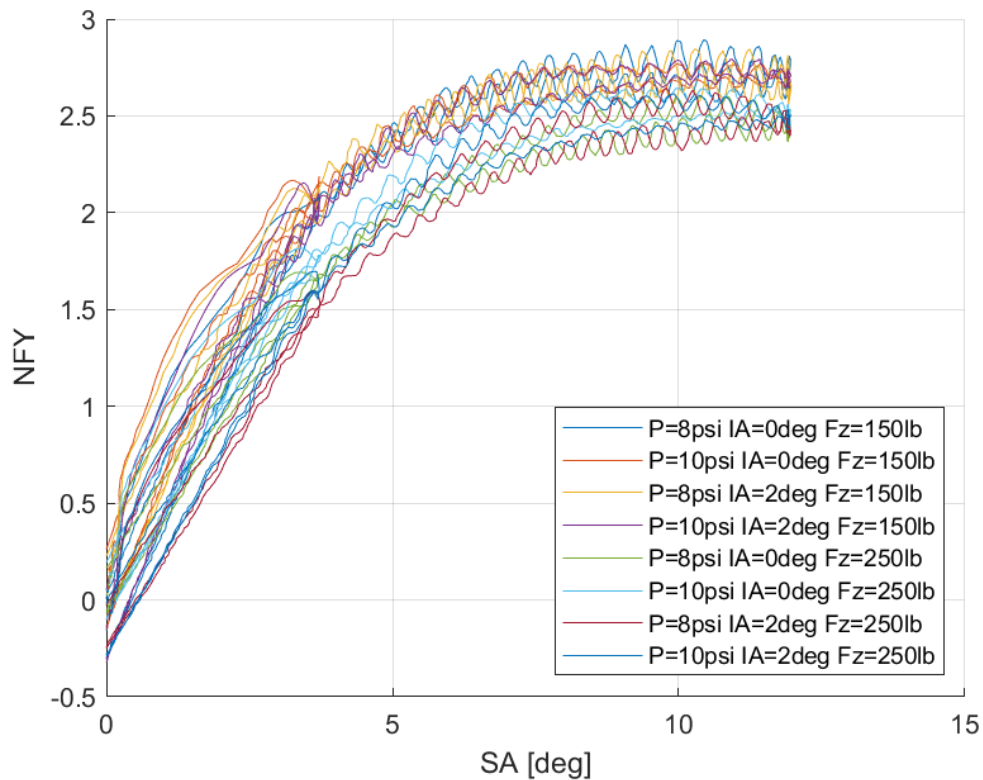


Διάγραμμα 7.4: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

Από τα παραπάνω διαγράμματα συμπεραίνεται εύκολα η κρίσιμη σημασία του κάθετου φορτίου. Συγκεκριμένα, αύξηση 50% στο κάθετο φορτίο που δέχεται το ελαστικό οδηγεί σε αύξηση περίπου 40% της παραγόμενης εγκάρσιας δύναμης που παράγεται. Η εγκάρσια δύναμη παίρνει μέγιστη τιμή για μικρές γωνίες κλίσης τροχού, όπως 0° και 2°, ενώ μεγάλες γωνίες κλίσης οδηγούν σε σχετική μείωση της εγκάρσιας δύναμης. Η διαφορές αυτές είναι μεγαλύτερες (και πιο ευδιάκριτες) για μεγαλύτερα κάθετα φορτία. Παράλληλα, η μέγιστη τιμή της καμπύλης εντοπίζεται για γωνία ολίσθησης περίπου 10° ανεξάρτητα από το κάθετο

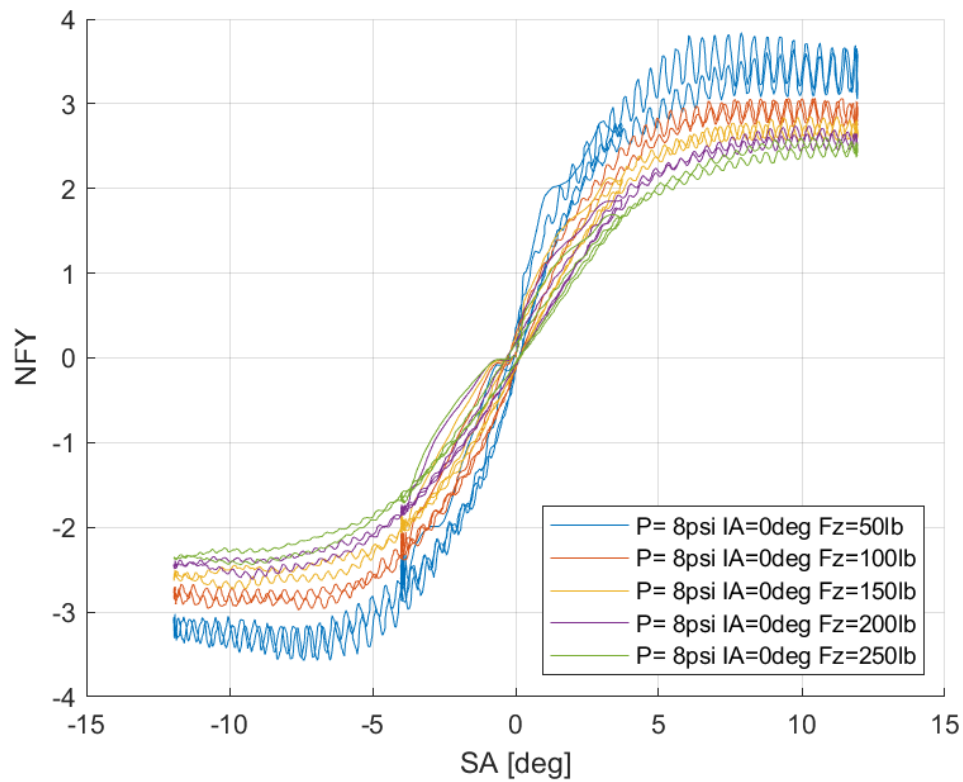
φορτίο, την γωνία κλίσης του τροχού και την πίεσης του ελαστικού. Όσον αφορά την πίεση του ελαστικού, παρουσιάζει την μικρότερη επηρροή στην εγκάρσια δύναμη του ελαστικού, αφού όπως παρατηρούμε, για διαφορετικές πιέσεις και ίδιο κάθετο φορτίο και γωνία κλίσης τροχού, οι καμπύλες διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους. Παρόλα αυτά μεγαλύτερες πιέσεις οδηγούν σε μείωση της εγκάρσιας δύναμης. Για το συγκεκριμένο ελαστικό για μεγάλα φορτία παρατηρείται το αντίθετο, κάτι το οποίο πιθανόν να οφείλεται είτε στις ιδιότητες του ελαστικού είτε σε σφάλμα του πειράματος. Τέλος, η κλίση της καμπύλης, δηλαδή η πλευρική ακαμψία, επηρεάζεται κυρίως από τη μεταβολή του κάθετου φορτίου.

7.1.1.2 Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης

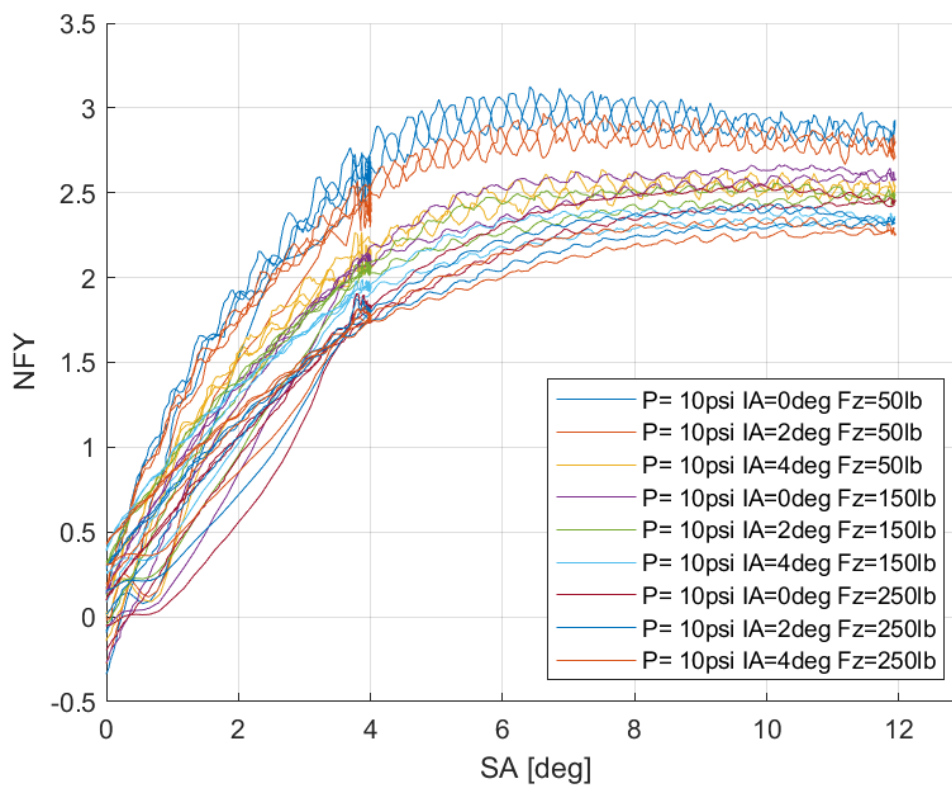


Διάγραμμα 7.5: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού

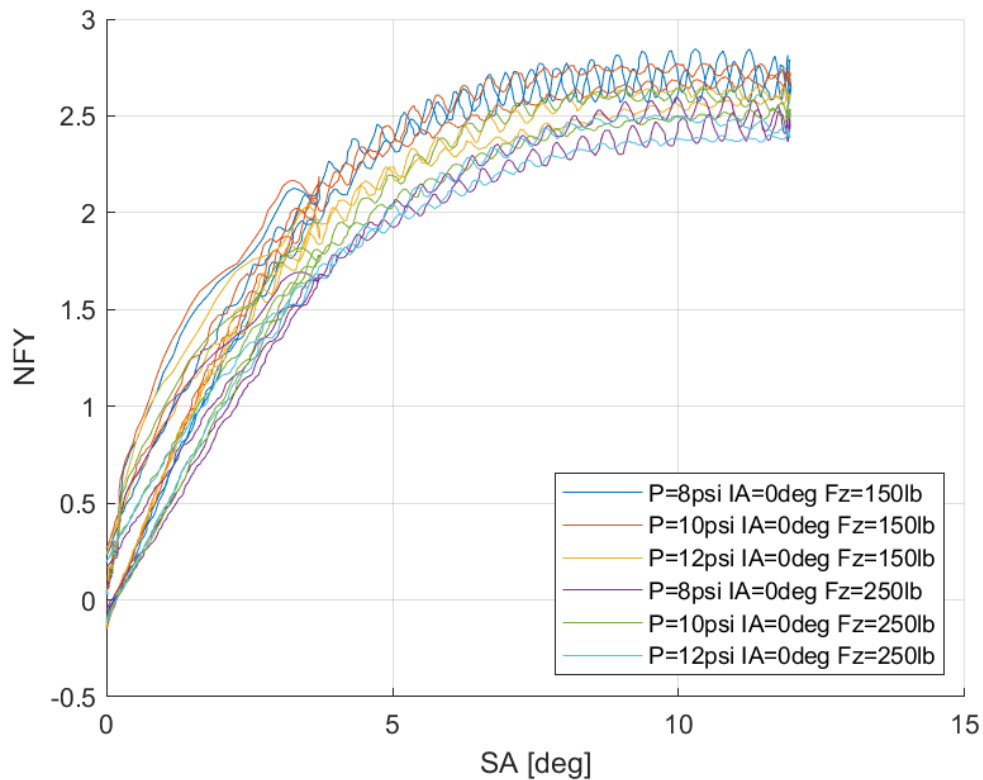
Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.6: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεσι της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.7: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεσι της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

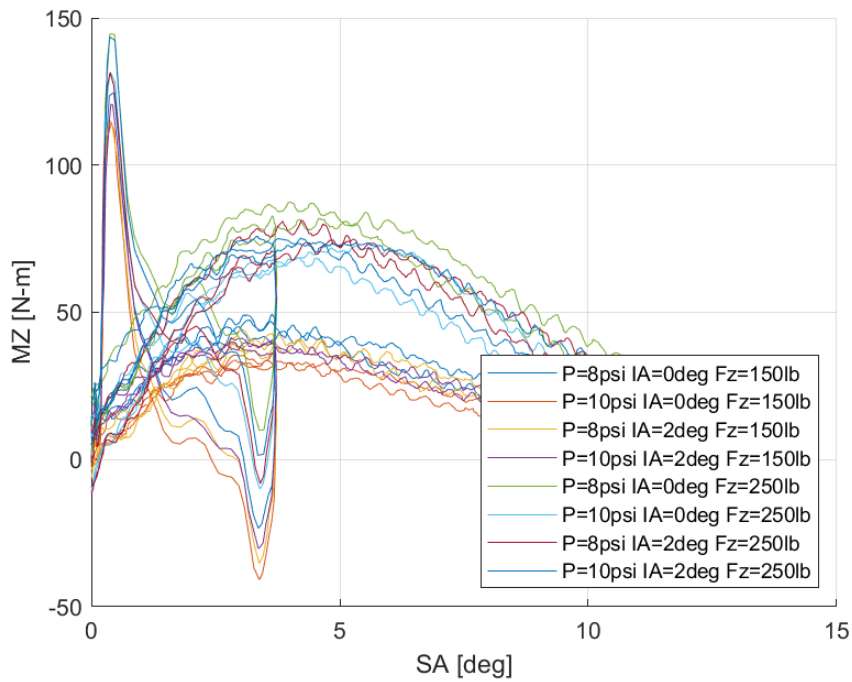


Διάγραμμα 7.8: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

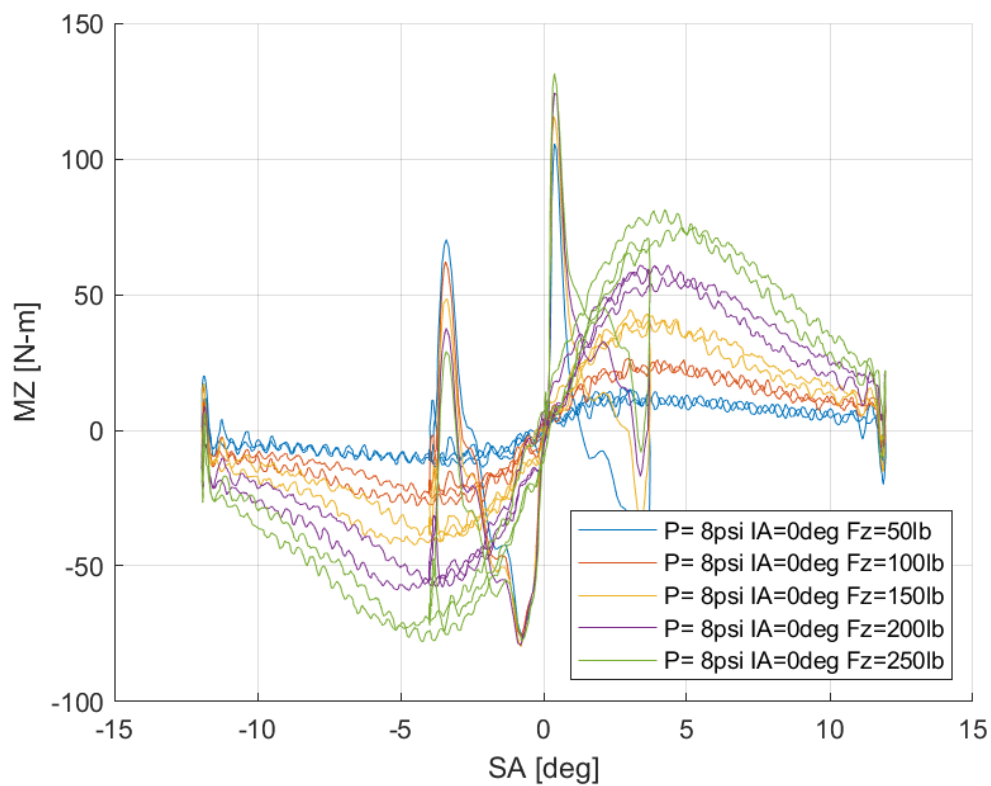
Η καμπύλη της κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμης, όπως ήταν αναμενόμενο, έχει την ίδια μορφή με την καμπύλη της εγκάρσιας δύναμης με τη γωνία ολίσθησης. Η μόνη διαφορά τους έγκυται στο γεγονός ότι μέγιστο στη συγκεκριμένη καμπύλη εντοπίζεται για το μικρότερο κάθετο φορτίο, κάτι που οφείλεται στον ορισμό τους μεγέθους NFY. Η μεγαλύτερη επιρροή στις καμπύλες προέρχεται από το κάθετο φορτίο και εν συνεχεία τη γωνία κλίσης του τροχού. Αύξηση της τελευταίας οδηγεί σε μείωση της κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμης. Η πίεση του ελαστικού έχει τον μικρότερη σημασία για την καμπύλη Στο Διαγραμμα 3.40 εύκολα παρατηρείται πως η κανονικοποιημένη εγκάρσια δύναμη για μεγάλες τιμές γωνιών κλίσης τροχού μειώνεται σε μεγάλο βαθμό. Συνεπώς, προκύπτει το συμπέρασμα πως το συγκεκριμένο ελαστικό μειωνεκτεί σε πρόφυση για μεγάλες γωνίες κλίσης τροχού.

Κεφάλαιο 7

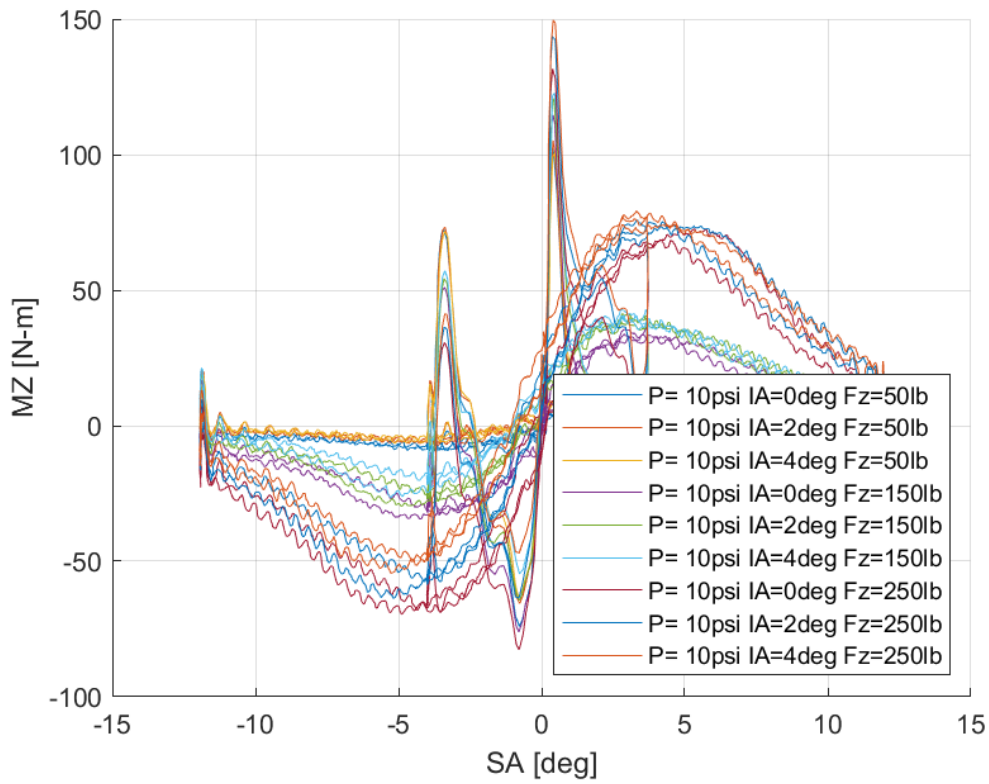
7.1.1.3 Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης



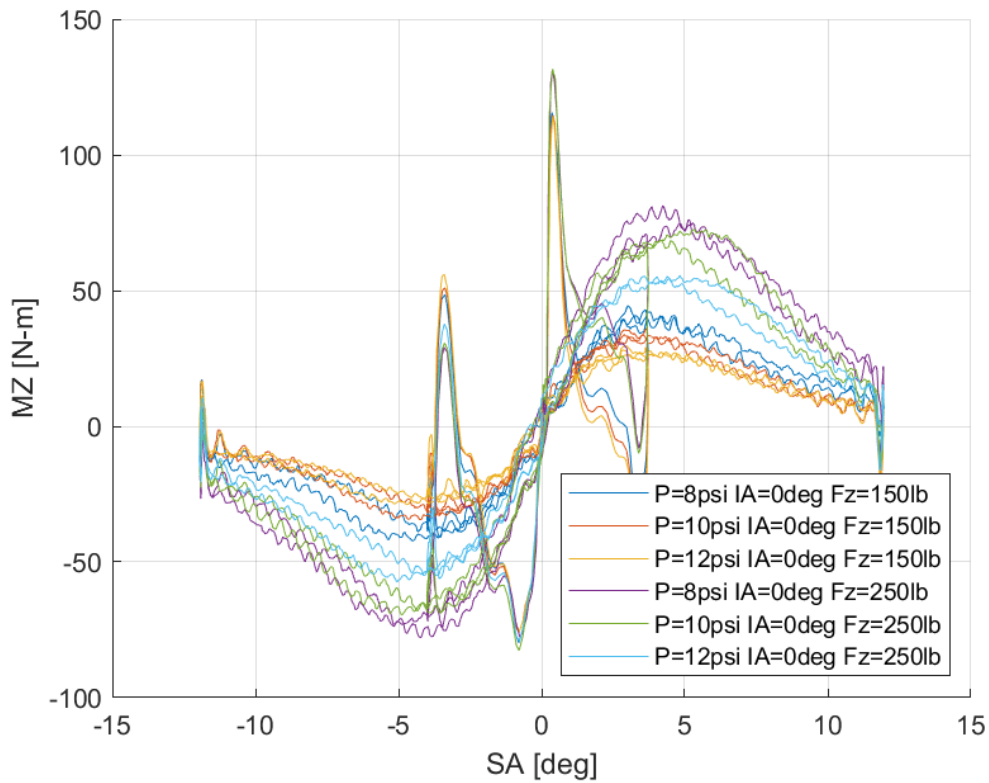
Διάγραμμα 7.9: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού



Διάγραμμα 7.10: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.11: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber

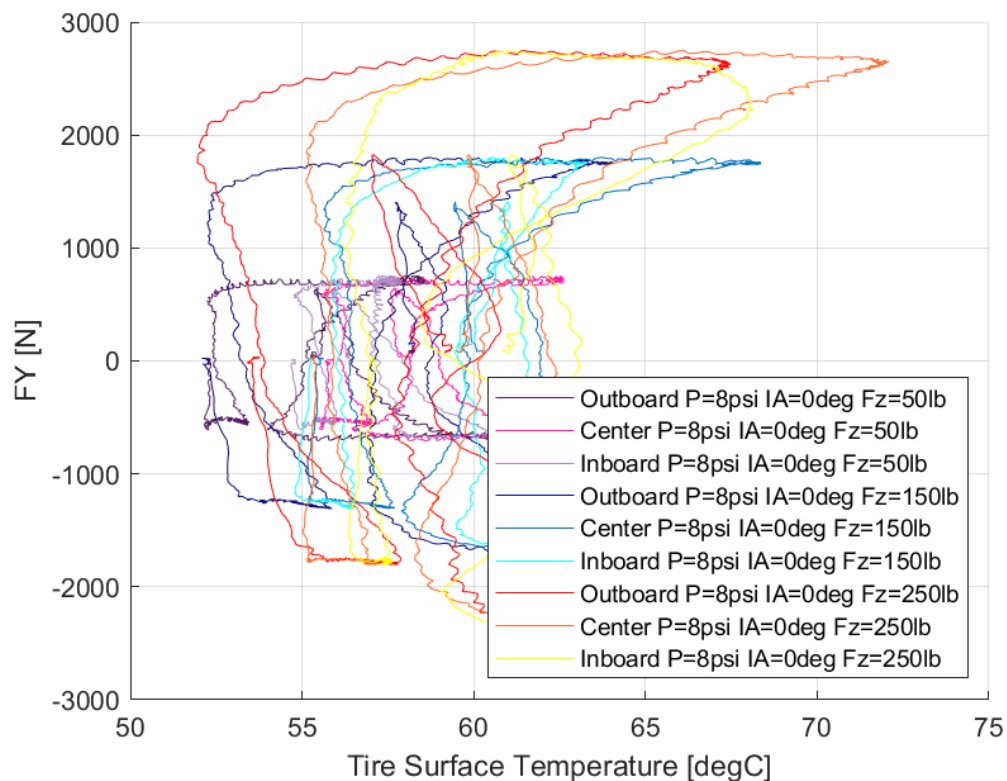


Διάγραμμα 7.12: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

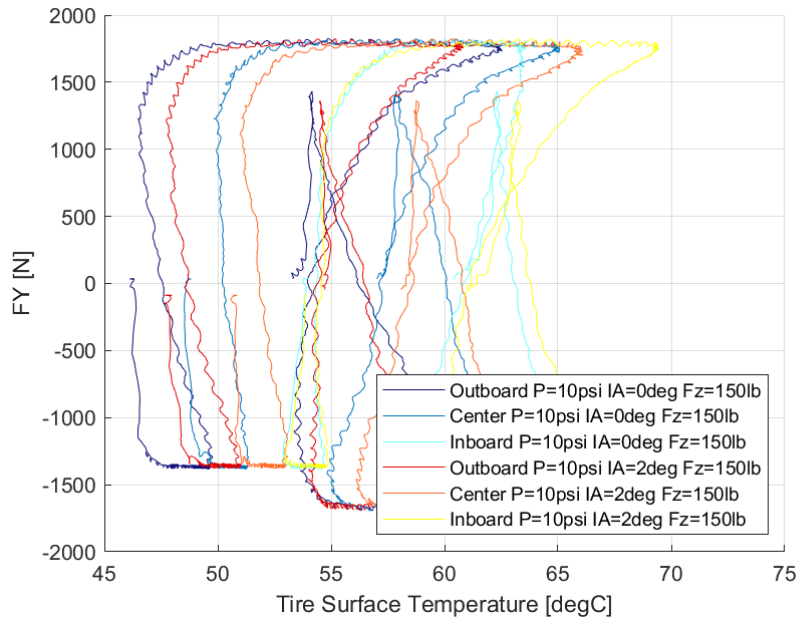
Κεφάλαιο 7

Η ροπή ευθυγράμμισης που παράγεται στο πέλμα του ελαστικού επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το κάθετο φορτίο που δέχεται ο ελαστικοφόρος τροχός. Την καμπύλη, ωστόσο, επηρεάζουν με φθίνουσα σειρά σημασίας, η γωνία κλίσης του τροχού καθώς και η πίεση του ελαστικού, όπως ήταν αναμενόμενο. Ωστόσο για μεγάλα κάθετα φορτία παρατηρείται πως η επίδραση της πίεσης του ελαστικού είναι σχεδόν μηδενική. Για όλες τις περιπτώσεις που περιέχονται στα διαγράμματα παρουσιάζεται μέγιστο για γωνία ολίσθησης περίπου 4° κάτι που δίνει στον οδηγό 6° περιθώριο από όταν αισθάνεται, μέσω του συστήματος κατεύθυνσης, απώλεια πρόσφυσης έως την πραγματική απώλεια πρόσφυσης.

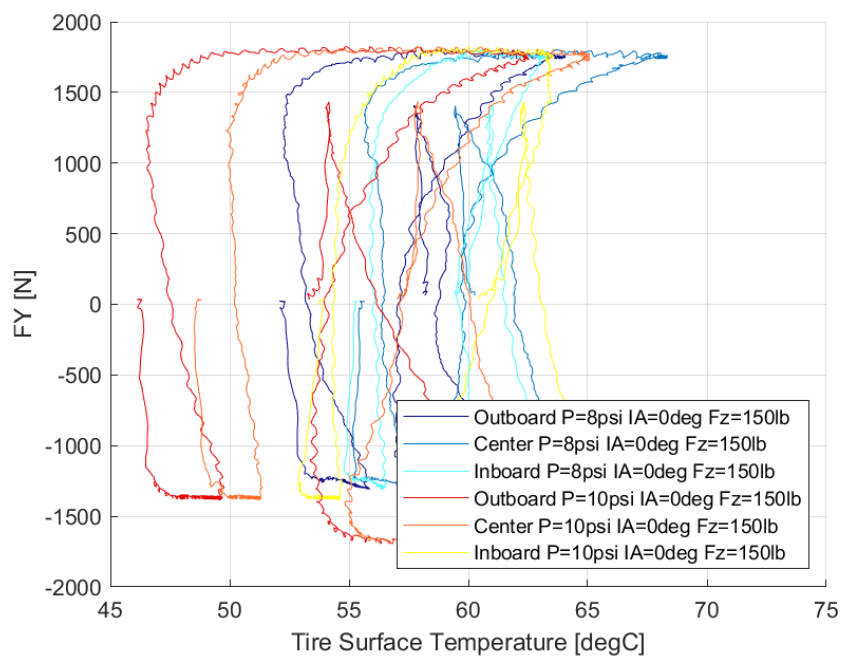
7.1.1.4 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού



Διάγραμμα 7.13: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.14: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber

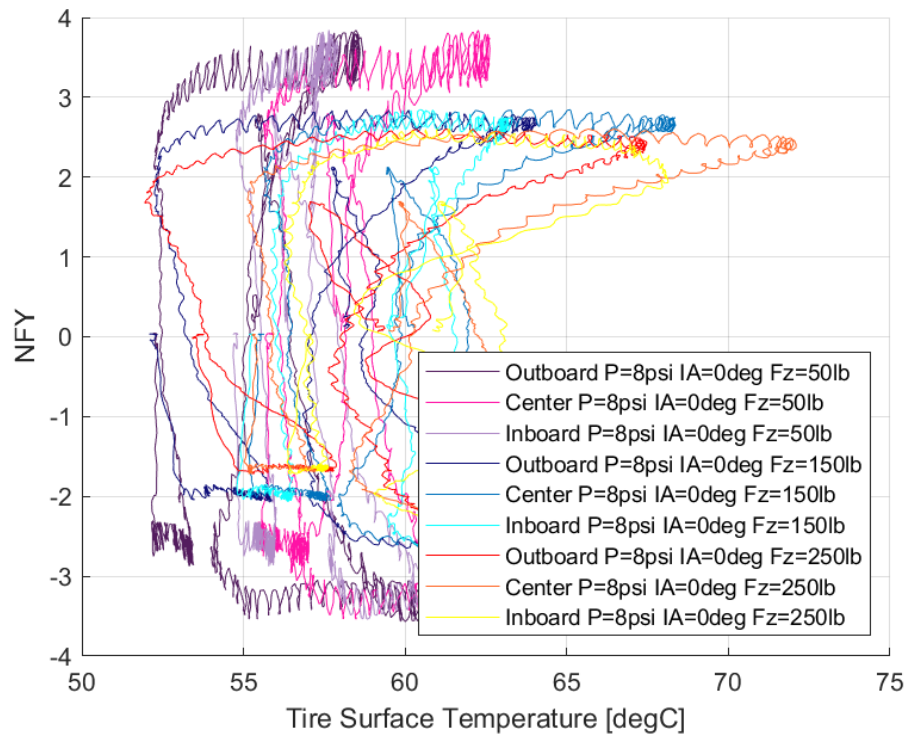


Διάγραμμα 7.15: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

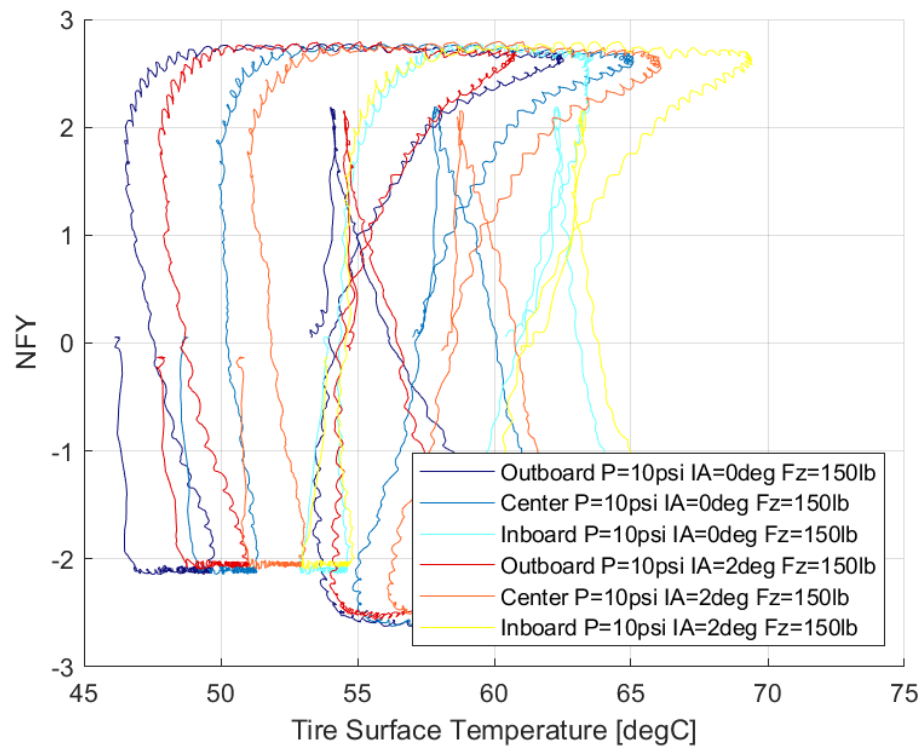
Μέσα από τα διάγραμματα της εγκάρσιας δύναμης συναρτήσει της θερμοκρασίας της επιφάνειας παρατηρούμε το παράθυρο λειτουργίας του ελαστικού, το οποίο εντοπίζεται από 50°C έως περίπου 70°C. Αυτό που παρατηρείται έντονα είναι πως για μεγάλες τιμές της γωνιακής κλίσης, η θερμοκρασία στην οποία αναπτύσσεται η μέγιστη τιμή της εγκάρσιας δύναμης στην εσωτερική πλευρά του ελαστικού, είναι αρκετά μικρότερη από τις θερμοκρασίες στις οποίες αναπτύσσονται οι μέγιστες τιμές στην υπόλοιπη επιφάνεια. Η διαφορά αυτή είναι περίπου 5°C.

Κεφάλαιο 7

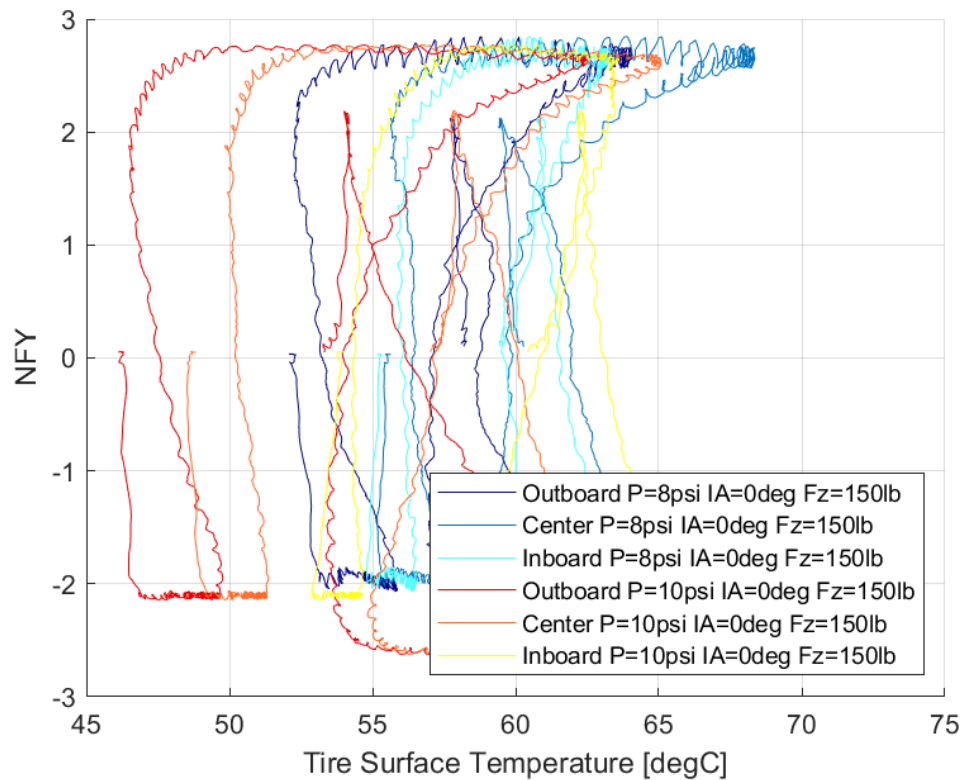
7.1.1.5 Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού



Διάγραμμα 7.16: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεϊ της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.17: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεϊ της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber



Διάγραμμα 7.18: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Όπως και για την εγκάρσια δύναμη έτσι και εδώ το παράθυρο λειτουργίας εντοπίζεται μεταξύ 50 και 70°C. Παρατηρείται και εδώ η διαφορά στις θερμοκρασίες που επιτυγχάνονται οι μέγιστες τιμές της κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμης, όπως είχε επισημανθεί προηγουμένως.

7.1.2 Hoosier 16.0x7.5-10 LC0

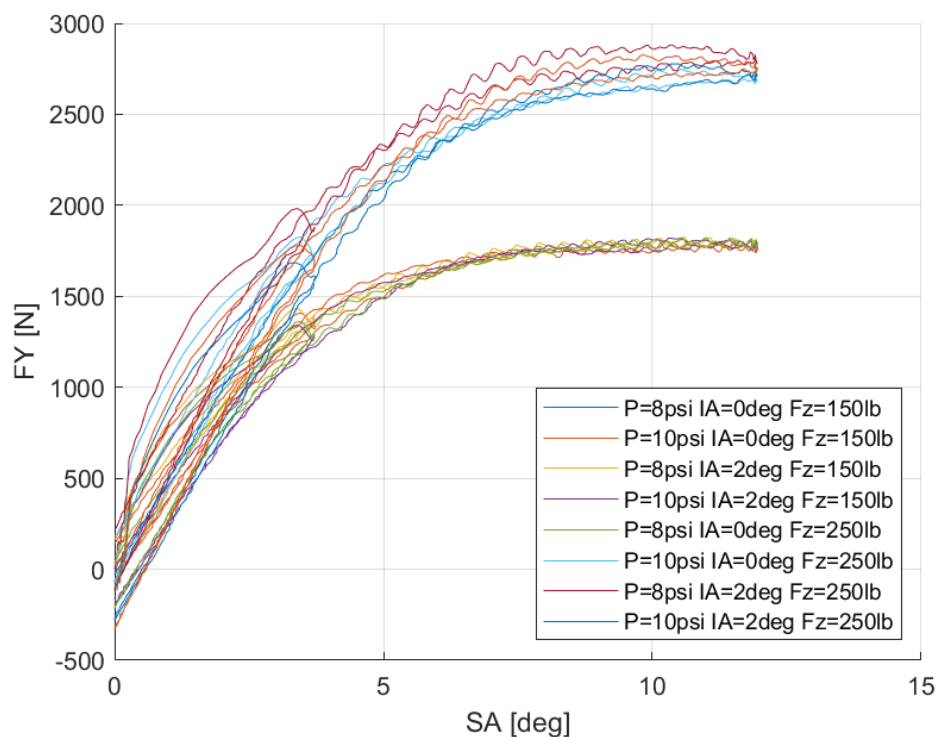
Τα σχόλια του πειράματος αναφέρουν πως η πρόσδεση του ελαστικοφόρου τροχού πάνω στη μηχανή δοκιμών για δοκιμή επιτάχυνσης-επιβράδυνσης, δεν κατέστη δυνατή, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν δεδομένα για τη διαμήκη δύναμη. Το πρόβλημα αυτό παρουσιάστηκε για όλα τα ελασικά εσωτερικής διαμέτρου 10 ιντών. Παρόλα αυτά, οι μέγιστες τιμές των δυνάμεων και των ροπών που αναπτύχθηκαν κατά τη δοκιμή της στροφής εμπεριέχονται στον Πίνακα 6.2.

Κεφάλαιο 7

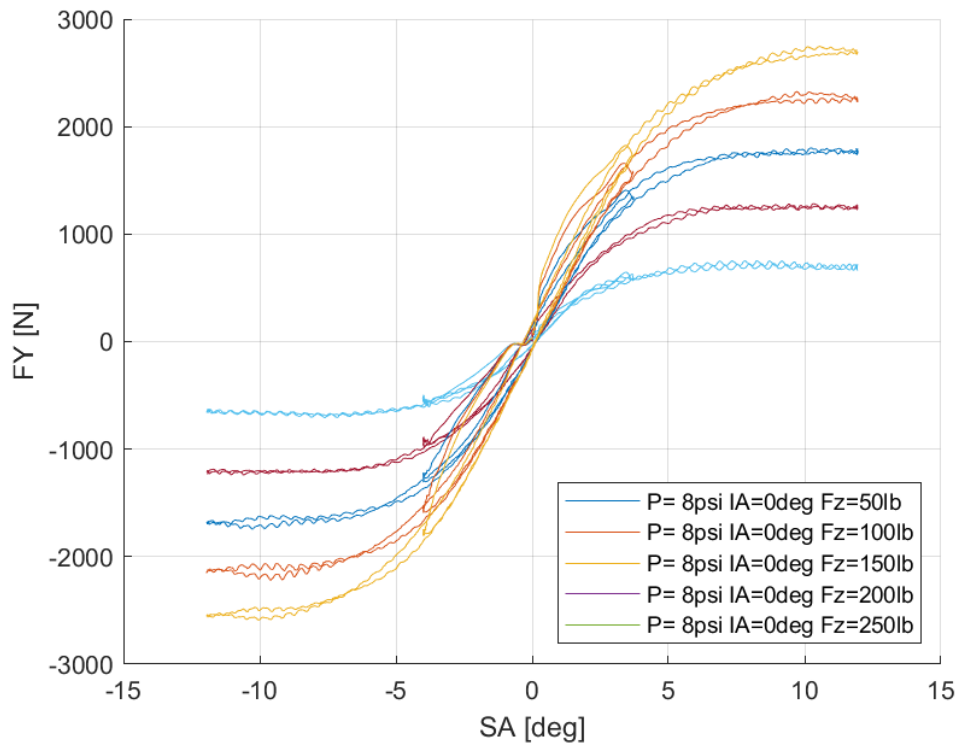
Πίνακας 7.2: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Hoosier 16.0 x 7.5 - 10 LCO από Δοκιμή Στροφής

			Hoosier 16.0x7.5-10 LCO					
P (psi)	IA (deg)	FZ (lbs)	FY (N)	SA (deg)	NFY	SA (deg)	MZ (Nm)	SA (deg)
8	0	50	806,31	7,00	3,53	8,27	105,72	0,39
		150	1876,27	9,88	2,85	9,88	119,04	0,39
		250	2738,87	11,93	2,55	11,88	134,42	0,38
	2	50	737,95	6,46	3,38	11,81	107,10	0,38
		150	1847,50	10,76	2,82	9,39	126,03	0,36
		250	2748,50	11,89	2,54	9,87	144,19	0,39
	4	50	675,64	11,95	3,18	11,87	104,88	0,40
		150	1795,61	10,36	2,76	9,91	126,68	0,38
		250	2687,85	11,83	2,49	10,08	152,14	0,39
10	0	50	765,74	6,65	3,27	7,23	103,31	0,39
		150	1851,16	11,92	2,76	10,42	112,95	0,39
		250	2816,59	11,83	2,57	11,43	128,60	0,38
	2	50	711,84	6,82	3,19	7,69	103,93	0,39
		150	1854,23	11,90	2,78	10,44	118,28	0,40
		250	2784,95	10,71	2,55	10,22	136,83	0,40
	4	50	670,93	7,15	3,02	11,82	100,79	0,38
		150	1797,70	11,91	2,72	10,45	120,41	0,37
		250	2746,69	11,19	2,51	10,23	141,26	0,39

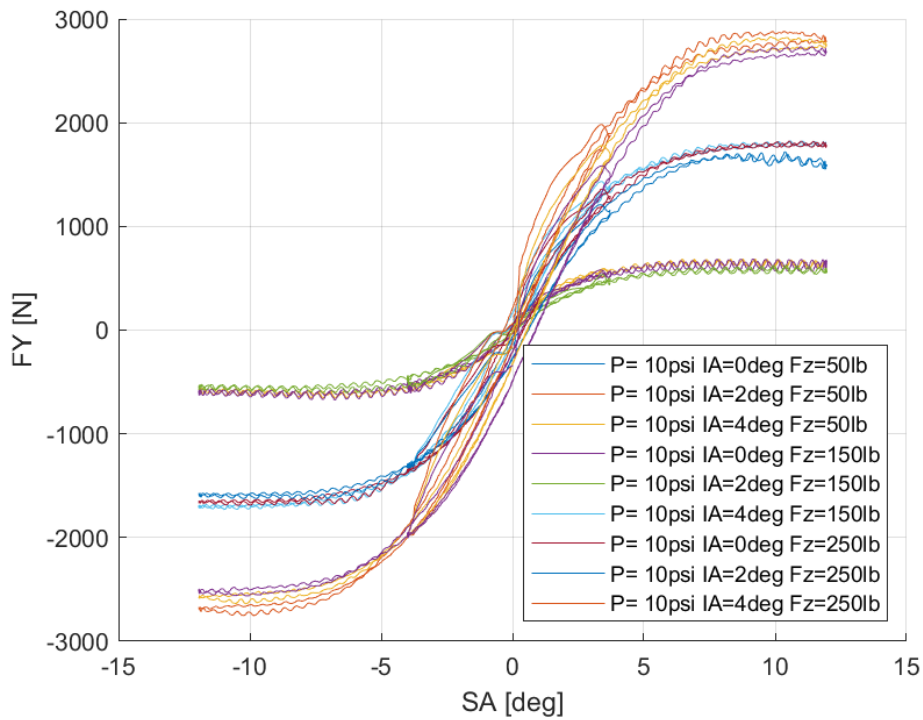
7.1.2.1 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης



Διάγραμμα 7.19: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πίεση Ελαστικού

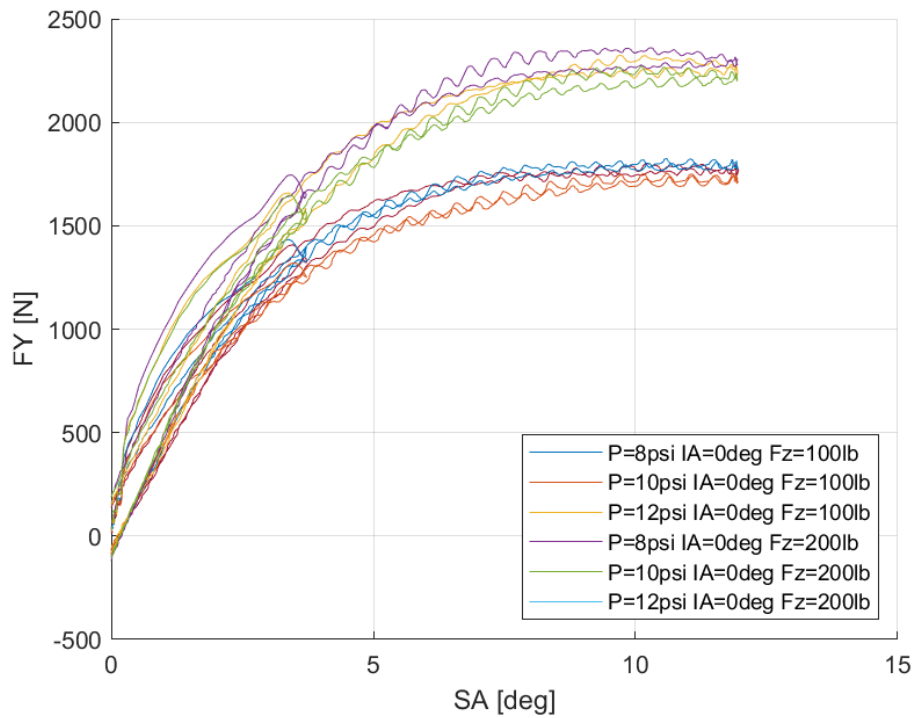


Διάγραμμα 7.20: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.21: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

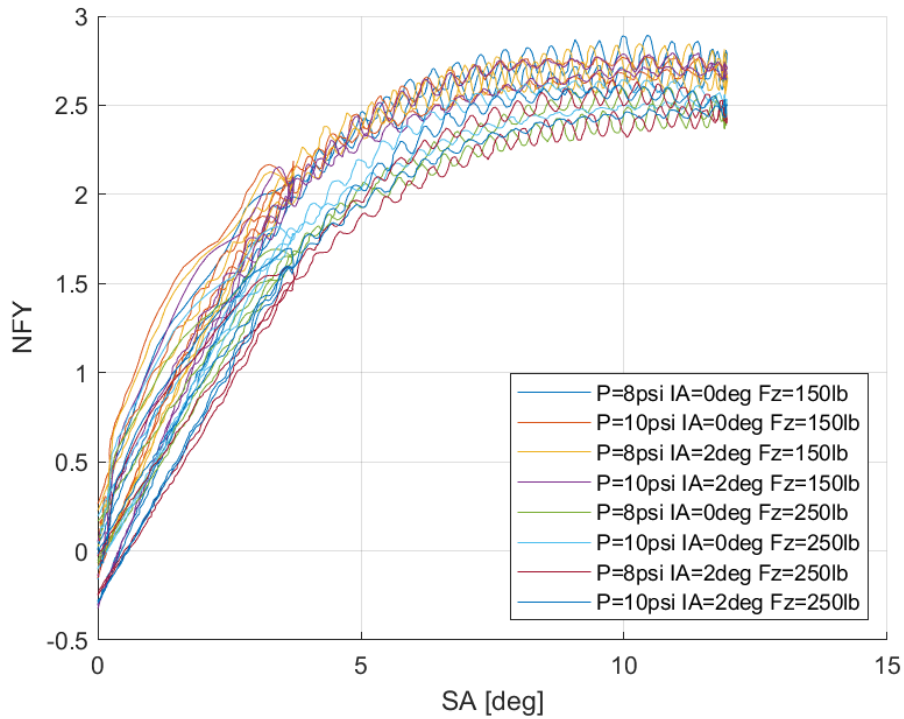
Κεφάλαιο 7



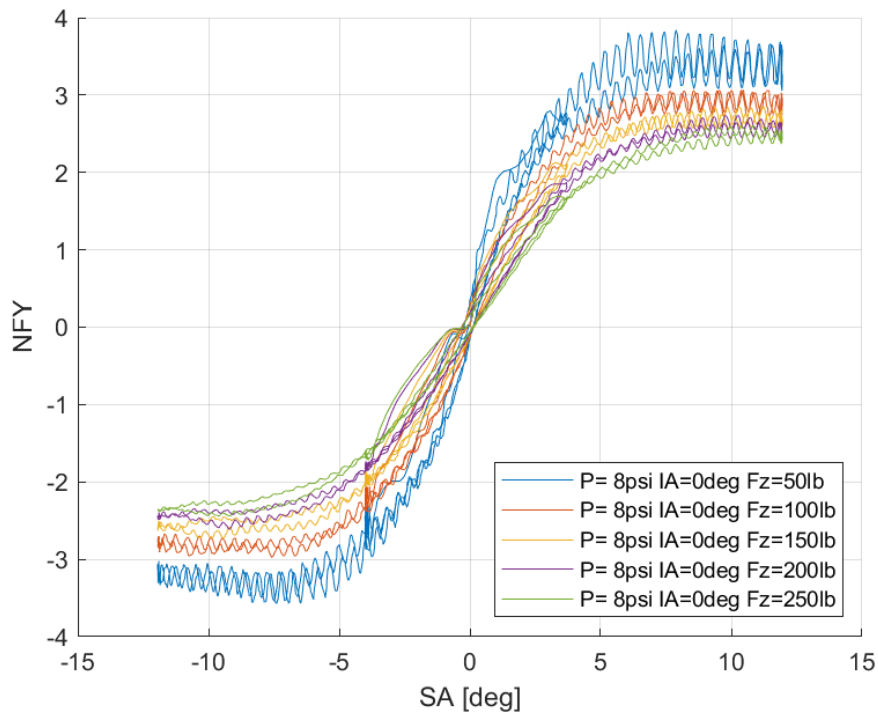
Διάγραμμα 7.22: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

Εύκολα συμπεραίνεται πως το κάθετο φορτίο έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στην εγκάρσια δύναμη, καθώς αύξηση 50% στο κάθετο φορτίο που δέχεται το ελαστικό οδηγεί στη αύξηση 50% της παραγόμενης εγκάρσιας δύναμης. Το κάθετο φορτίο με σειρά φθίνουσας σημασίας ακολουθούν η γωνία κλίσης του τροχού και η πίεση των ελαστικών. Ακόμη, η μέγιστη τιμή της καμπύλης εντοπίζεται για γωνία ολίσθησης περίπου 10° , ενώ στην κλίση της καμπύλης, δηλαδή στην πλευρική ακαμψία, επιδρά κυρίως η μεταβολή του κάθετου φορτίου.

7.1.2.2 Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης

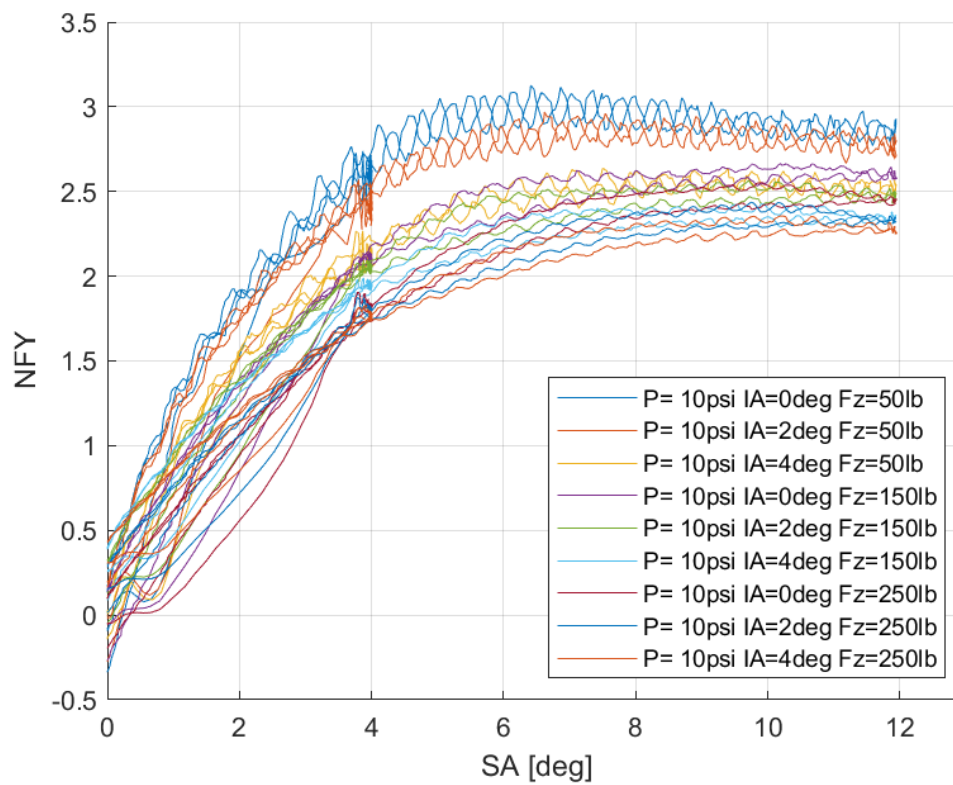


Διάγραμμα 7.23: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού

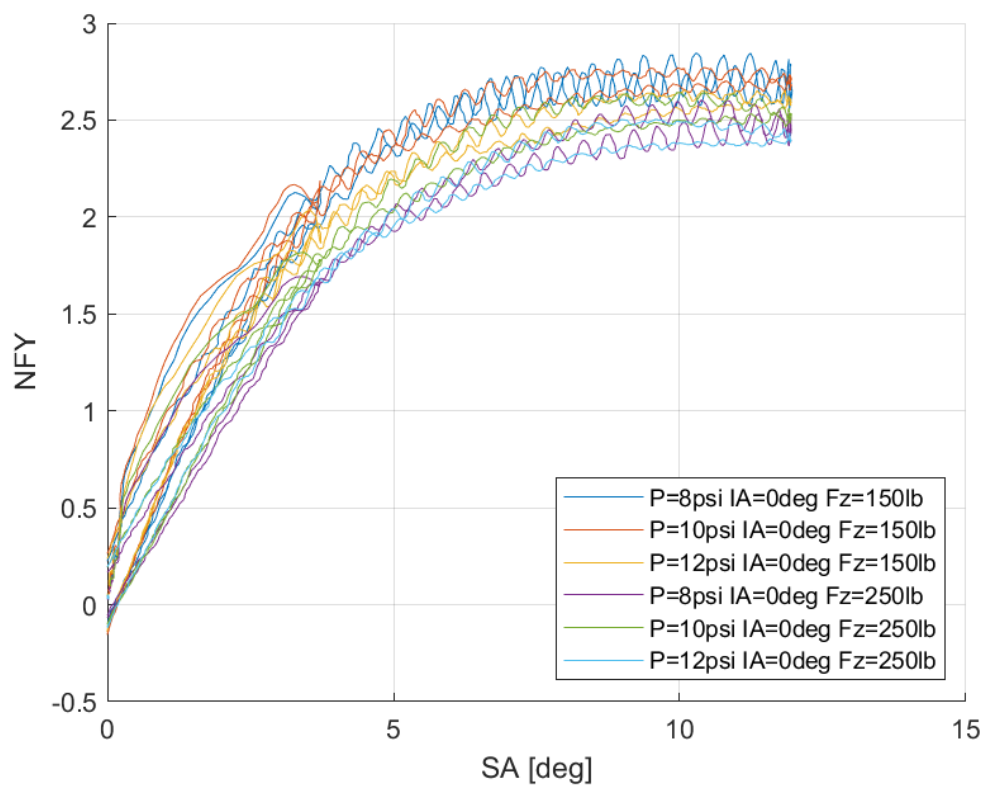


Διάγραμμα 7.24: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

Κεφάλαιο 7



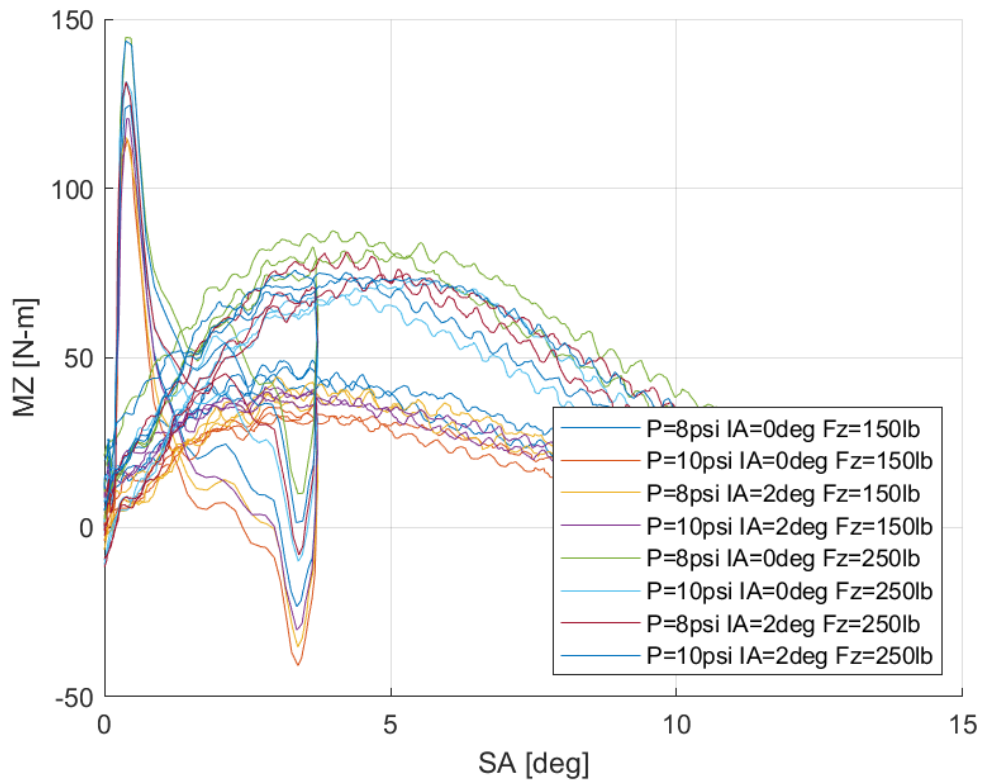
Διάγραμμα 7.25: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber



Διάγραμμα 7.26: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

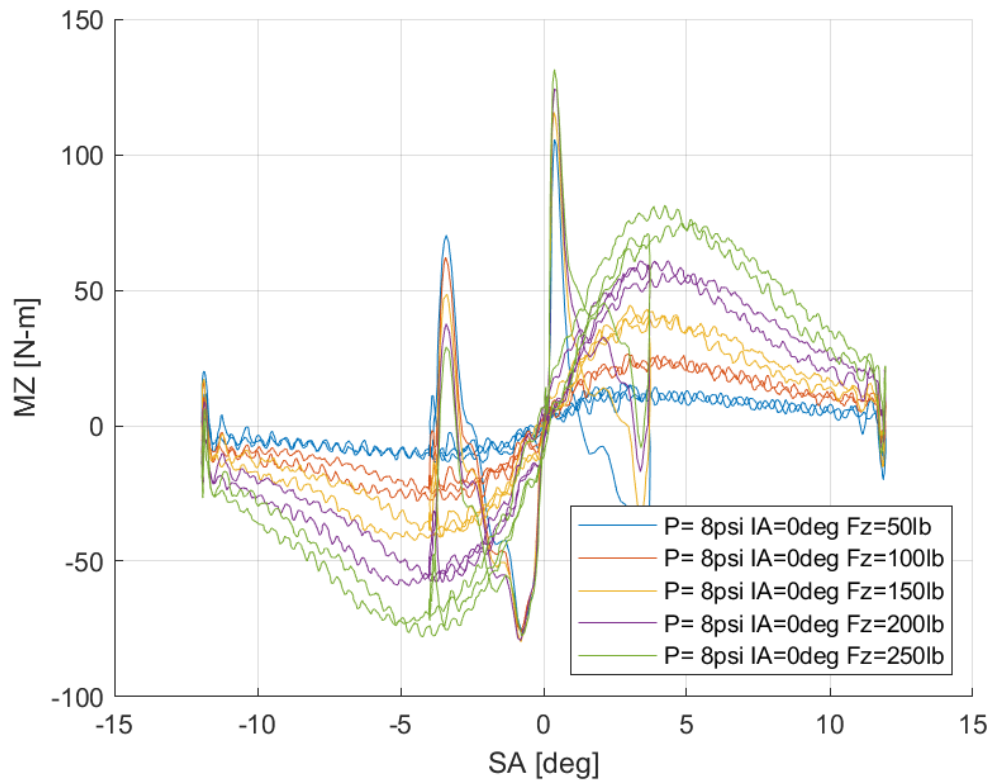
Στην καμπύλη της κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμης, παρατηρούμε πως η γωνία κλίσης του τροχού έχει μεγαλύτερη επίδραση για μικρές τιμές κάθετου φορτίου, σε αντίθεση με την καμπύλη της εγκάρσιας δύναμης. Ταυτόχρονα, μέγιστη επίδραση έχει το κάθετο φορτίο ενώ τη μικρότερη η πίεση του ελαστικού. Όπως παρατηρείται η μέγιστη τιμή της δύναμης εντοπίζεται για περίπου 10° γωνίας ολίσθησης, ανεξαρτήτως φορτίου, γωνίας κλίσης τροχού και πίεσης.

7.1.2.3 Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης

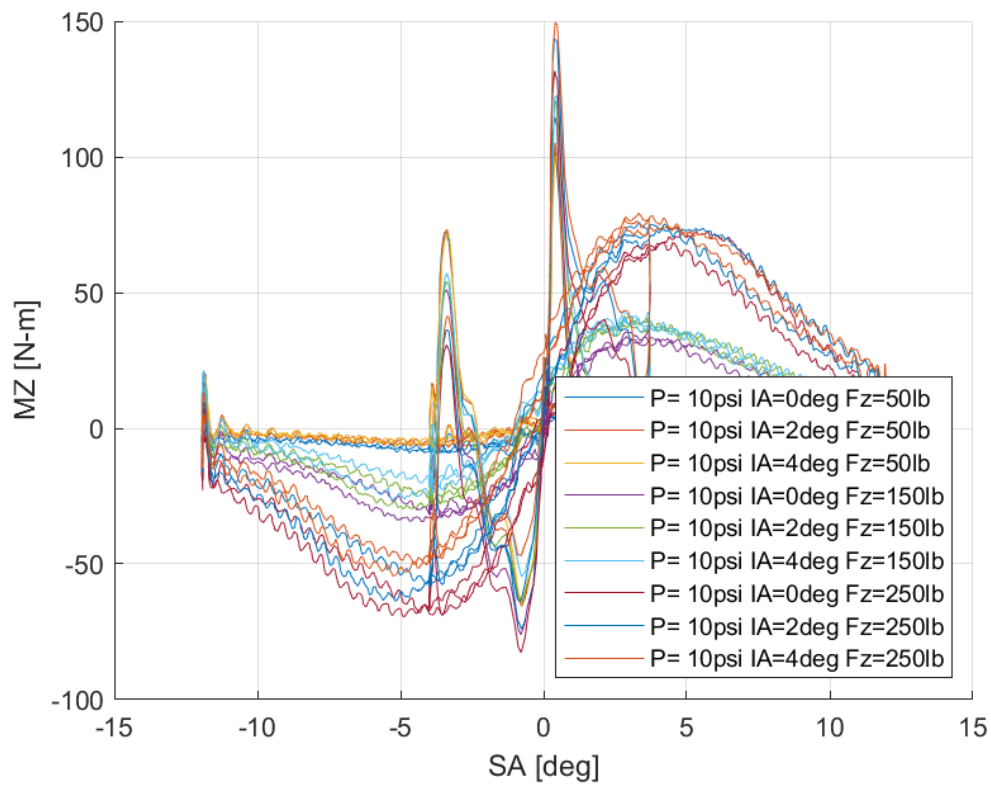


Διάγραμμα 7.27: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού

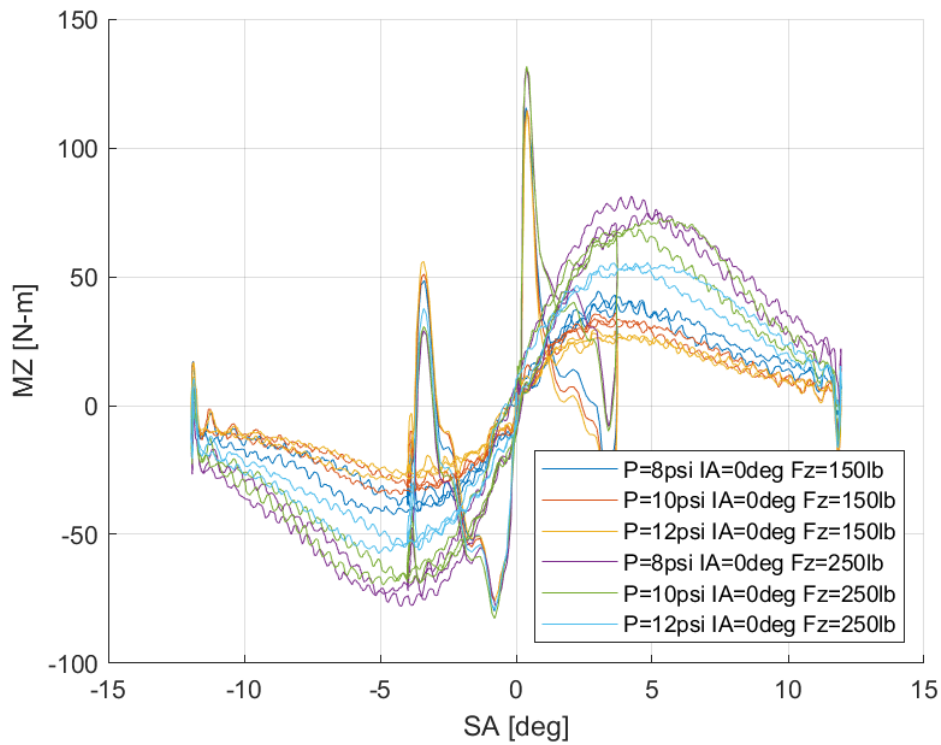
Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.28: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.29: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber

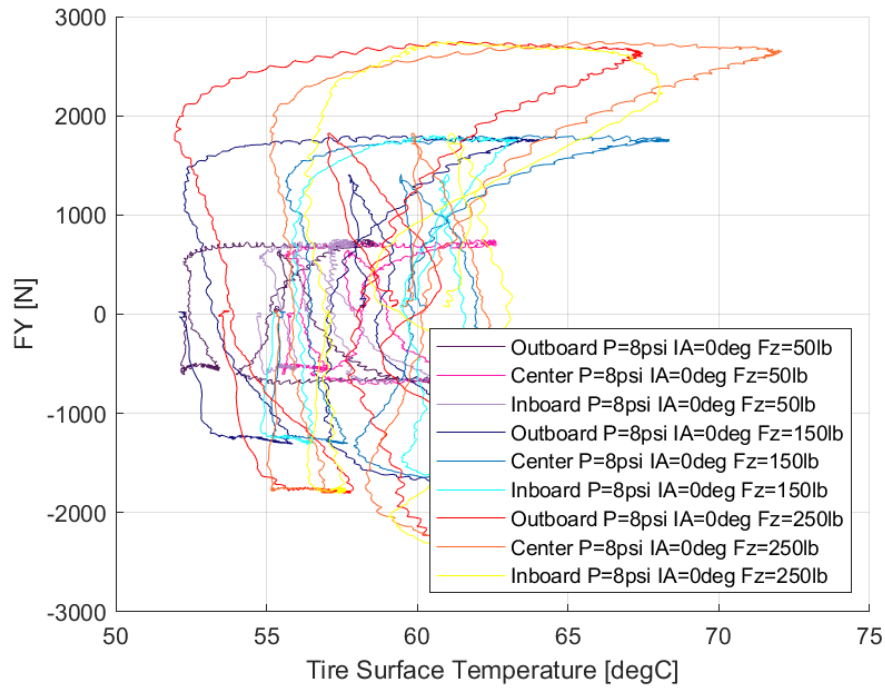


Διάγραμμα 7.30: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

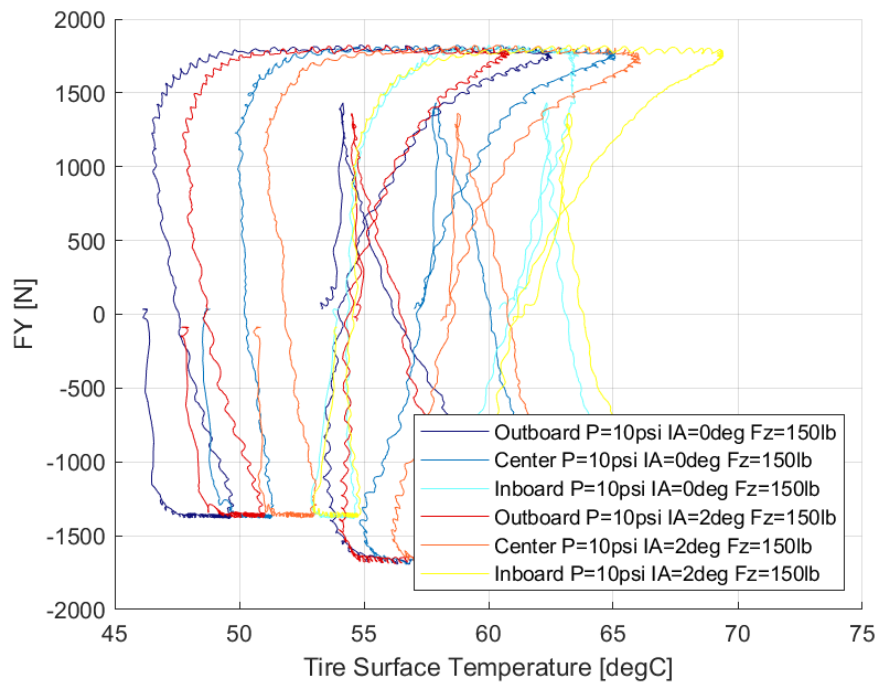
Η ροπή ευθυγράμμισης που παράγεται στο πέλαμα του ελαστικού επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το κάθετο φορτίο που δέχεται ο ελαστικοφόρος τροχός. Την καμπύλη, ωστόσο, επηρεάζουν με φθίνουσα σειρά σημασίας, η γωνία κλίσης του τροχού καθώς και η πίεση του ελαστικού. Παρατηρείται μέγιστο της καμπύλης για γωνία ολίσθησης περίπου 4° . Αυτό δίνει στον οδηγό 6° περιθώριο από την πλασματική έως την πραγματική απώλεια πρόσφυσης.

Κεφάλαιο 7

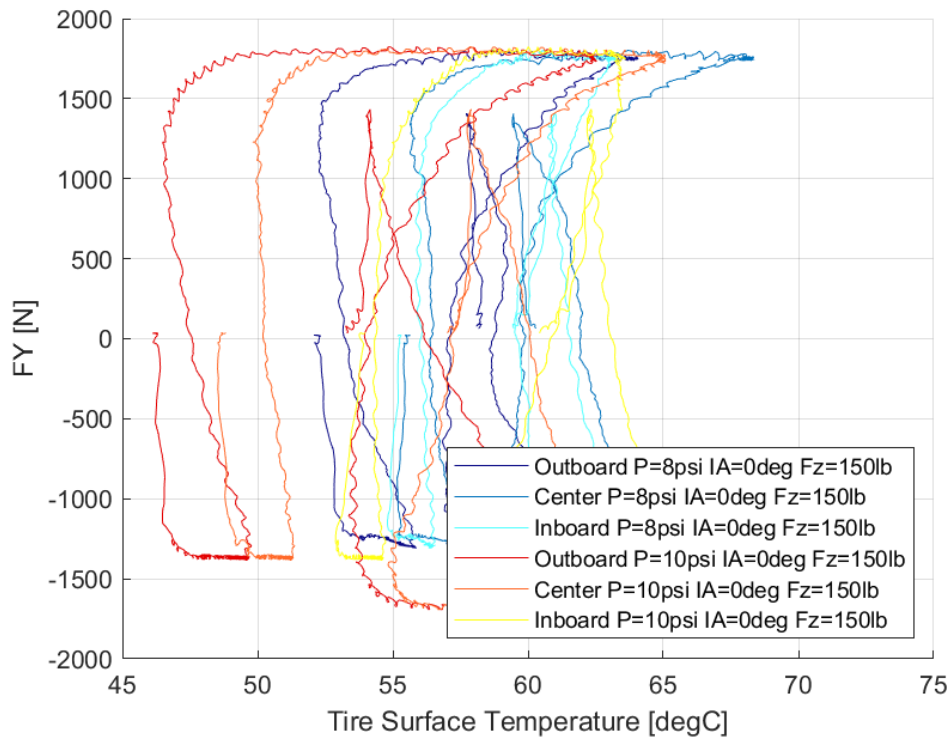
7.1.2.4 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού



Διάγραμμα 7.31: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.32: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber

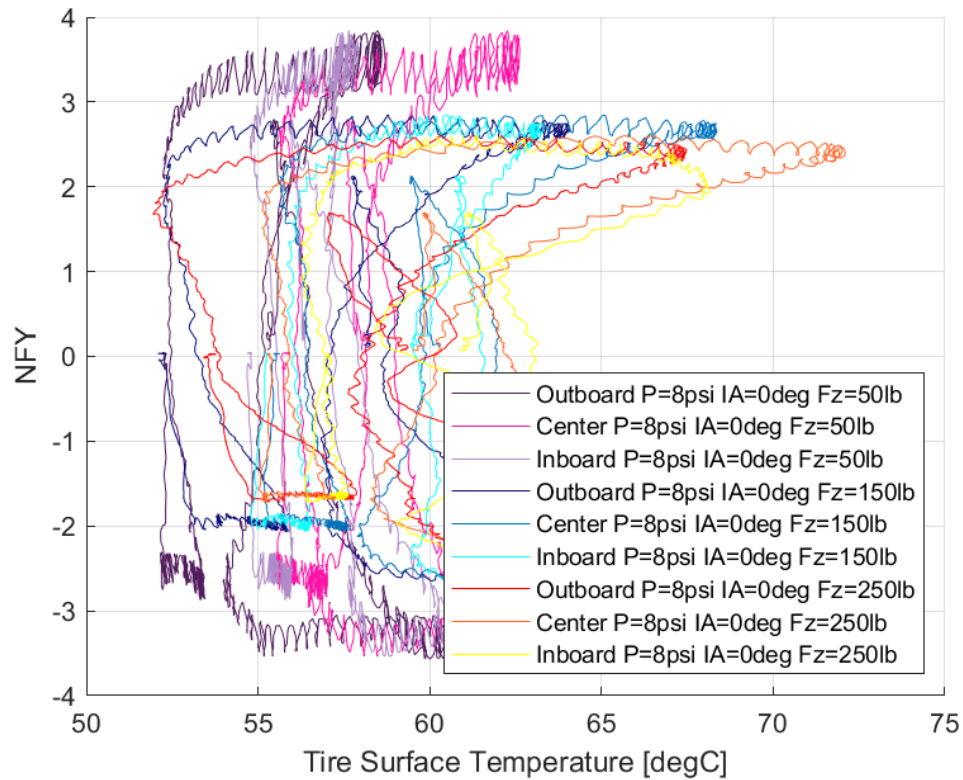


Διάγραμμα 7.33: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

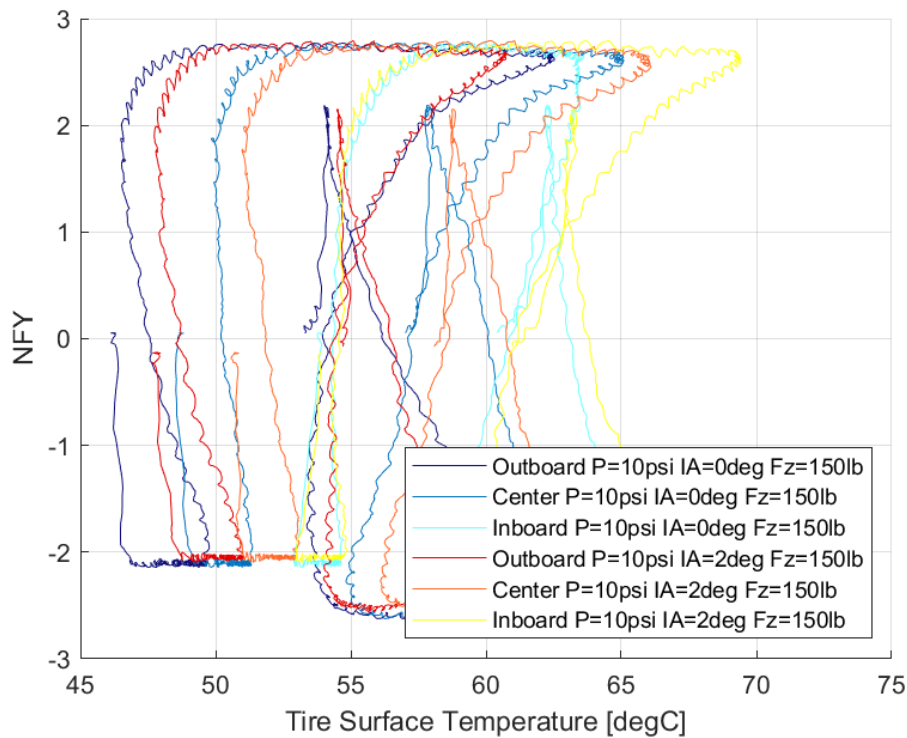
Το παράθυρο λειτουργίας του ελαστικού εντοπίζεται από από 50°C έως περίπου 70°C. Παράλληλα παρατηρούμε πως η μέγιστη εγκάρσια δύναμη επιτυγχάνεται για θερμοκρασία πιο κοντά στο χαμηλότερο θερμοκρασιακά όριο του παραθύρου λειτουργίας, σε σύγκριση με το ελαστικό της ενότητας 3.5.2 παρόλο που έχουν ακριβώς τις ίδιες διαστάσεις. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο υλικό κατασκευής.

Κεφάλαιο 7

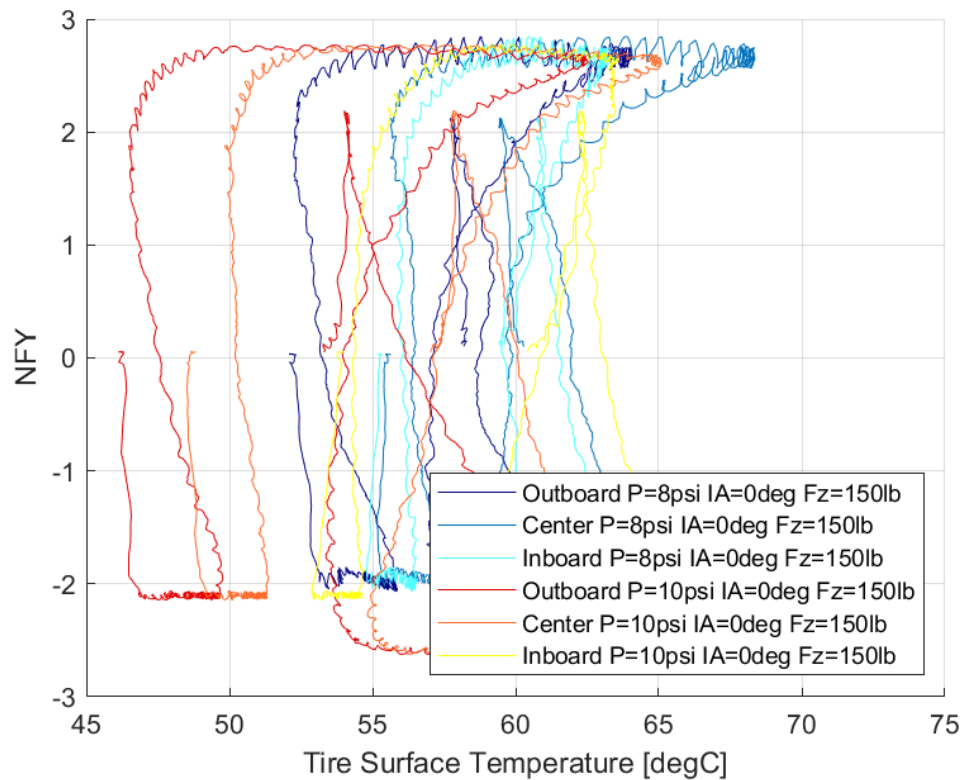
7.1.2.5 Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού



Διάγραμμα 7.34: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.35: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber



Διάγραμμα 7.36: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Το παράθυρο λειτουργίας στο οποίο αναπτύσσεται η κανονικοποιημένη εγκάρσια δύναμη του ελαστικού εντοπίζεται περίπου μεταξύ 50 και 70°C.

7.1.3 Hoosier 18.0x6.0-10 R25B

Οι μέγιστες τιμές των δυνάμεων και των ροπών που αναπτύχθηκαν κατά τη δοκιμή της στροφής εμπεριέχονται στον Πίνακα 6.3, ενώ για οι τιμές που προέκυψαν από τη δοκιμή επιτάχυνσης-πέδησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.4.

Κεφάλαιο 7

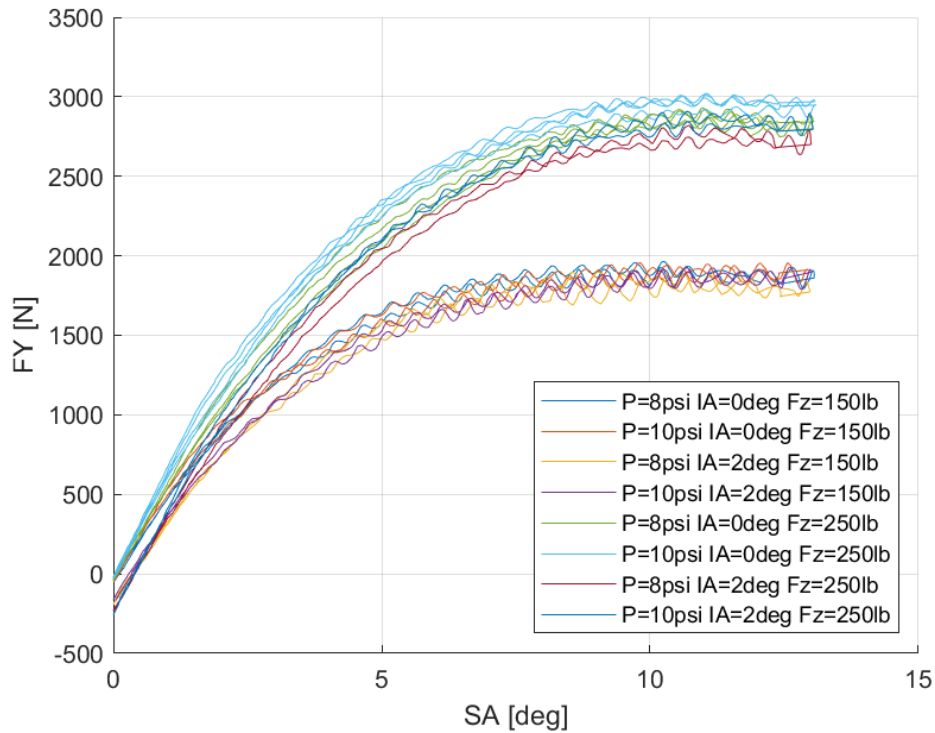
Πίνακας 7.3: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Hoosier 18.0 x 6.0-10 R25B από Δοκιμή Στροφής

			Hoosier 18.0x6.0-10 R25B					
P (psi)	IA (deg)	FZ (lbs)	FY (N)	SA (deg)	NFY	SA (deg)	MZ (Nm)	SA (deg)
8	0	50	665,47	6,43	2,95	4,21	45,54	12,71
		150	1839,78	9,62	2,71	8,07	45,62	3,54
		250	3029,14	9,69	2,98	9,69	120,08	6,15
	2	50	621,93	12,02	2,76	9,27	39,20	12,69
		150	1716,61	8,61	2,55	8,71	46,82	2,26
		250	2661,25	12,27	2,42	9,84	91,15	5,34
	4	50	601,15	8,47	2,56	8,39	46,12	12,82
		150	1717,94	8,95	2,50	8,95	50,26	3,08
		250	2712,41	11,47	2,45	10,16	97,44	4,61
10	0	50	624,95	9,80	2,70	9,45	44,91	12,82
		150	1767,18	8,88	2,59	9,19	40,77	12,71
		250	2827,97	10,11	2,56	10,02	82,06	4,59
	2	50	599,27	12,83	2,61	10,27	41,32	12,71
		150	1658,51	9,60	2,47	8,22	46,60	12,82
		250	2653,01	9,44	2,38	9,44	81,58	3,81
	4	50	569,78	12,52	2,39	12,28	47,57	12,84
		150	1627,27	8,95	2,36	8,38	49,37	12,82
		250	2616,21	10,01	2,32	9,03	78,88	3,01

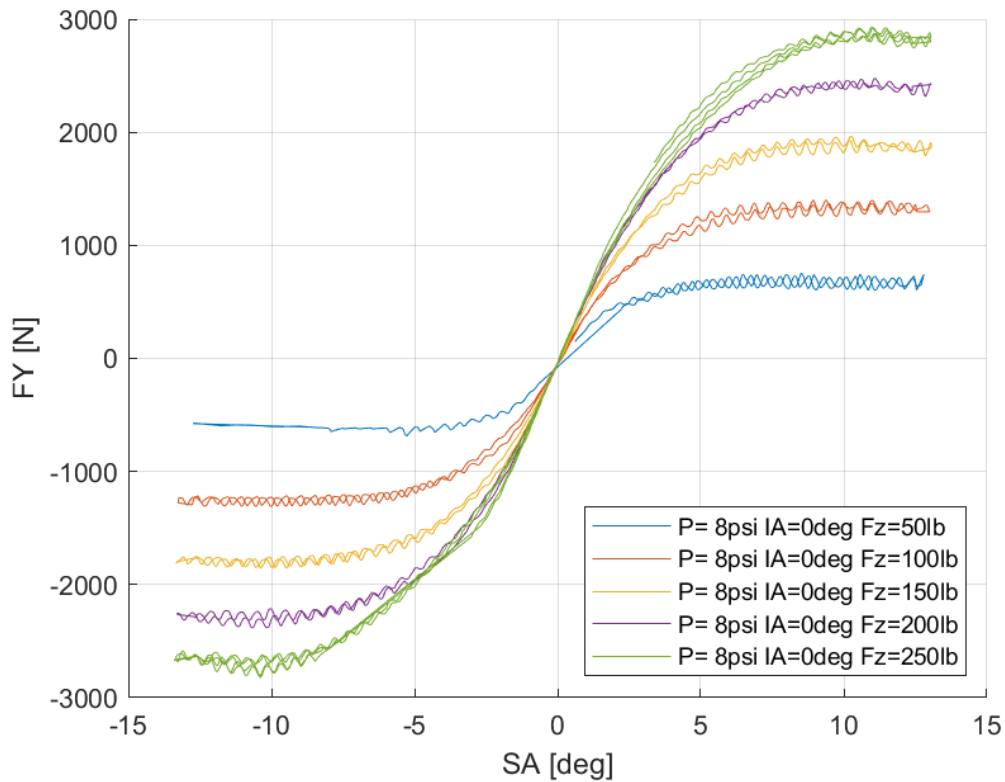
Πίνακας 7.4: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Hoosier 18.0 x 6.0-10 R25B από Δοκιμή Επιτάχυνσης-Πέδησης

			Hoosier 18.0 x 6.0-10 R25B					
P (psi)	IA (deg)	FZ (lbs)	FX (N)	SR (%)	NFX	SR (%)	MX (Nm)	SR (%)
8	0	50	908,54	0,058	4,17	0,054	28,924	0,246
		150	2043,51	0,106	3,06	0,147	28,083	0,227
		250	2934,38	0,146	2,71	0,119	27,219	0,21
	2	50	848,81	0,08	3,86	0,062	28,98	0,251
		150	2059,1	0,106	3,07	0,092	27,988	0,225
		250	2998,63	0,146	2,79	0,104	27,051	0,205
	4	50	745,4	0,146	3,49	0,14	29,132	0,26
		150	1969	0,1	2,97	0,106	28,04	0,229
		250	2979,38	0,139	2,77	0,107	27,02	0,204
10	0	50	835,62	0,081	3,83	0,083	29,253	0,249
		150	1997,05	0,109	2,99	0,116	28,461	0,233
		250	2803,85	0,153	2,54	0,153	27,778	0,218
	2	50	768,83	0,075	3,6	0,075	29,315	0,257
		150	1905,09	0,109	2,89	0,1	28,554	0,236
		250	2851,63	0,11	2,59	0,121	27,736	0,219
	4	50	724,34	0,143	3,37	0,142	29,508	0,264
		150	1857,47	0,117	2,7	0,173	28,555	-0,24
		250	2813,99	0,121	2,52	0,129	27,841	-0,221

7.1.3.1 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης

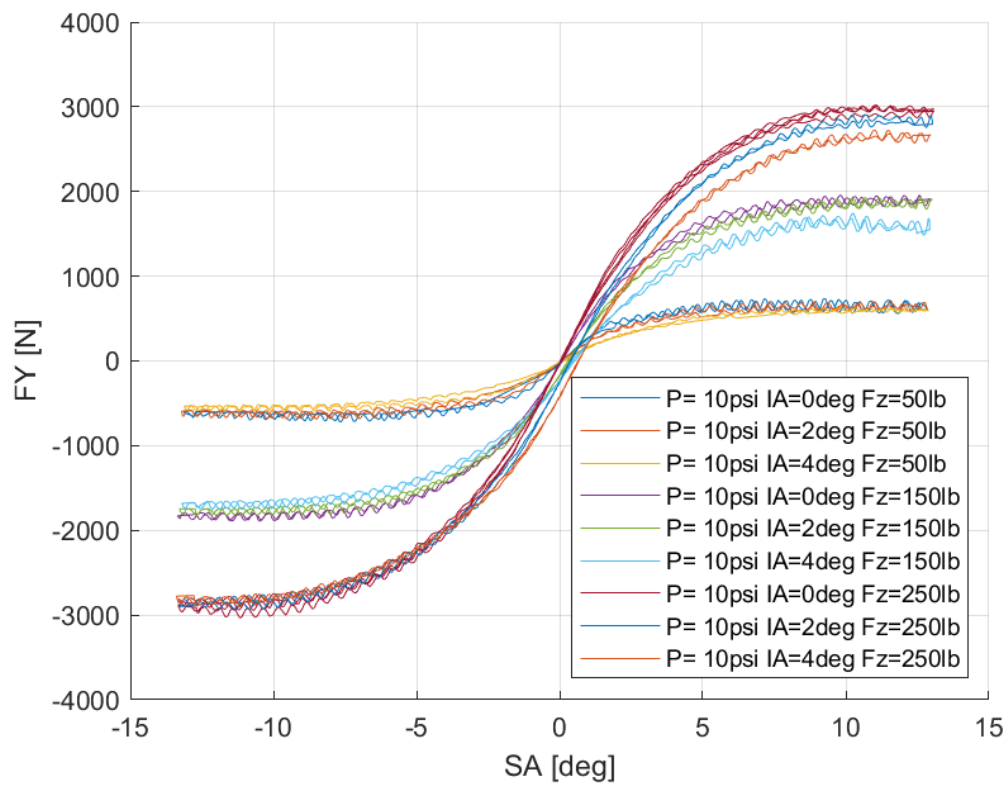


Διάγραμμα 7.37: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πίεση Ελαστικού

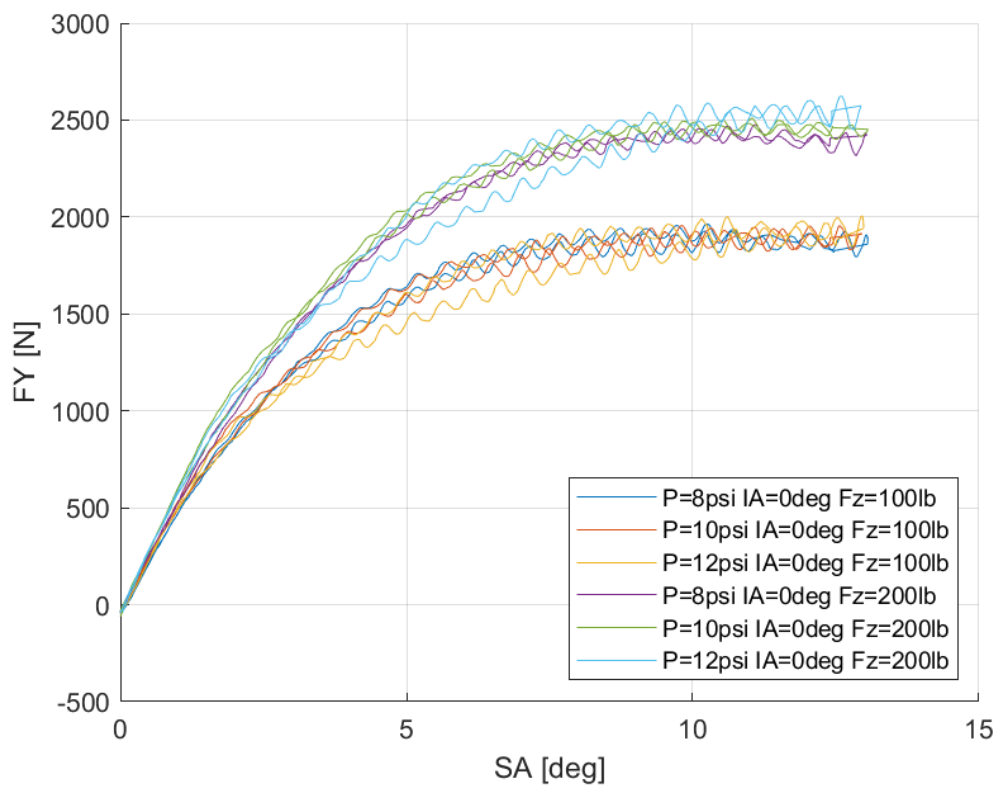


Διάγραμμα 7.38: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

Κεφάλαιο 7



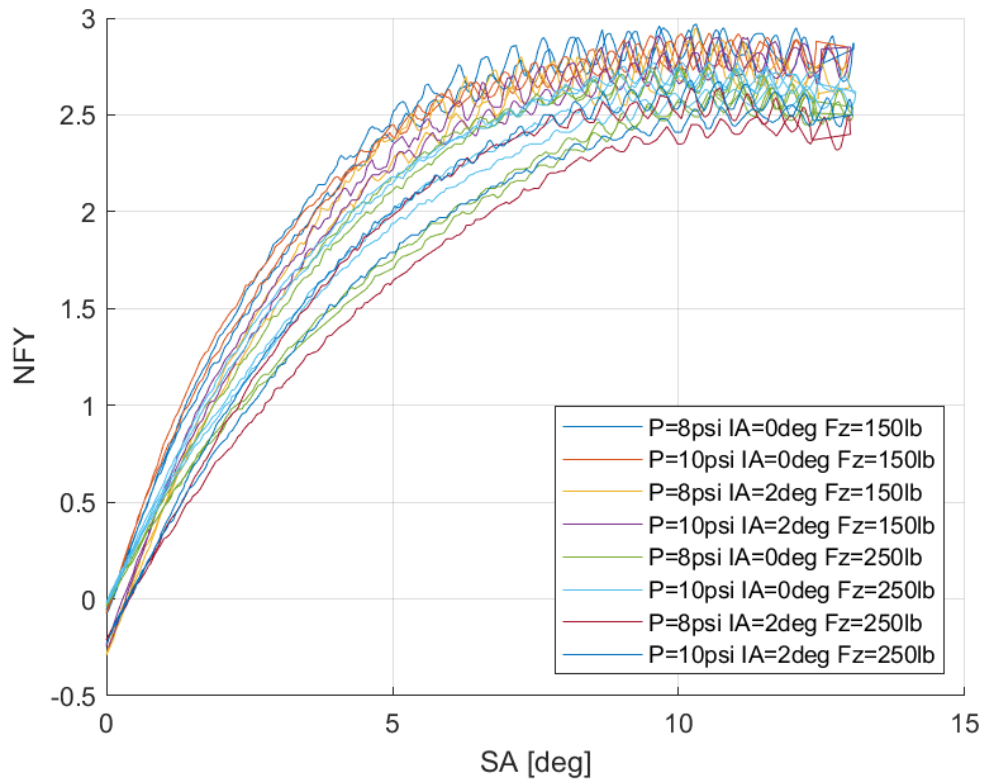
Διάγραμμα 7.39: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber



Διάγραμμα 7.40: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

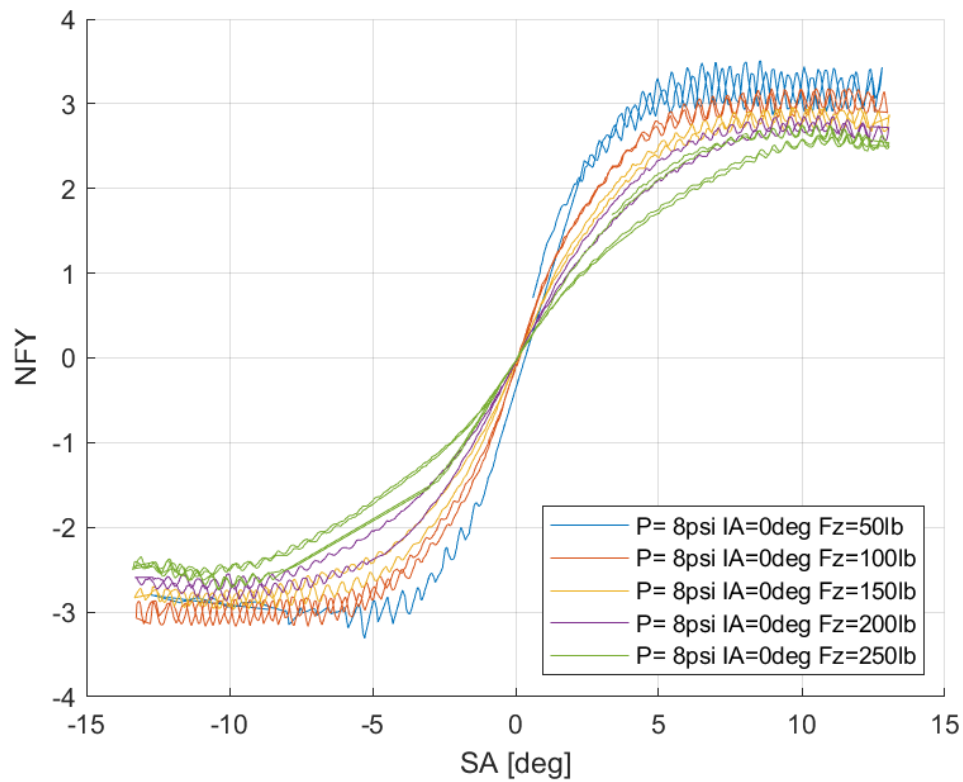
Το συγκεκριμένο ελαστικό παρουσιάζει μέγιστη τιμή εγκάρσιας δύναμης για γωνία ολίσθησης περίπου 10°. Επιπρόσθετα, παρατηρείται πως σε μεγάλες τιμές του κάθετου φορτίου, η γωνία κλίσης του τροχού έχει πολυ μικρή επίδραση στην παραγώμενη δύναμη για μικρές τιμές σε αντίθεση με μεγαλύτερες. Από τα διαγράμματα διαπιστώνεται και σχετική μείωση της πλευρικής ακαμψίας σε σχέση με ελαστικά εξωτερικής διαμέτρου 16 ιντσών.

7.1.3.2 Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης

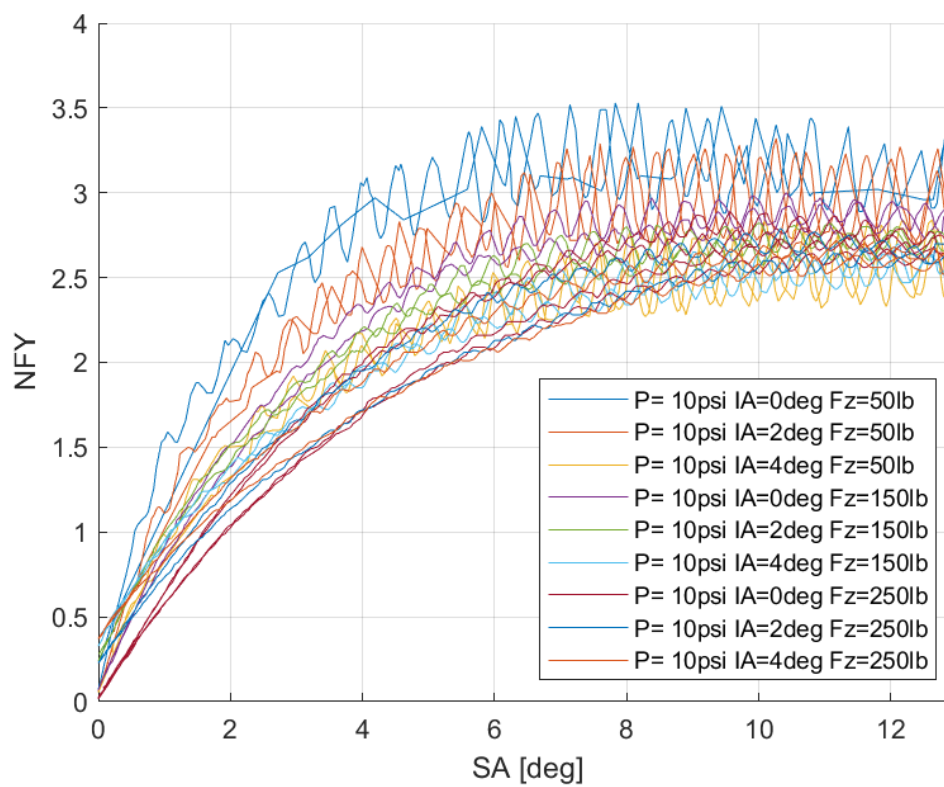


Διάγραμμα 7.41: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού

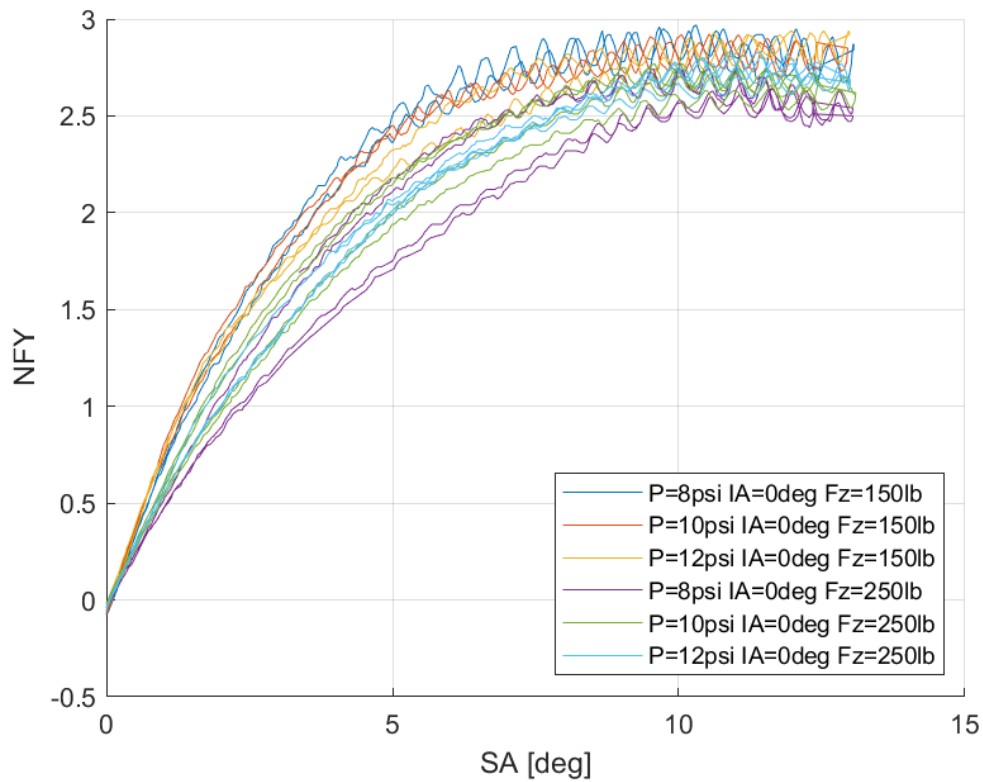
Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.42: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.43: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

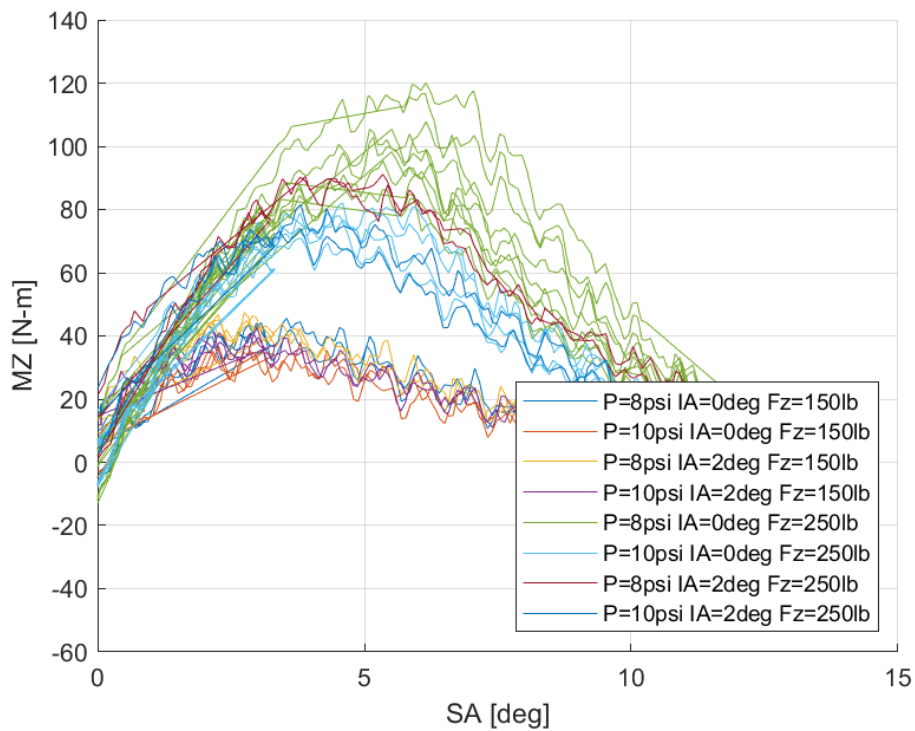


Διάγραμμα 7.44: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

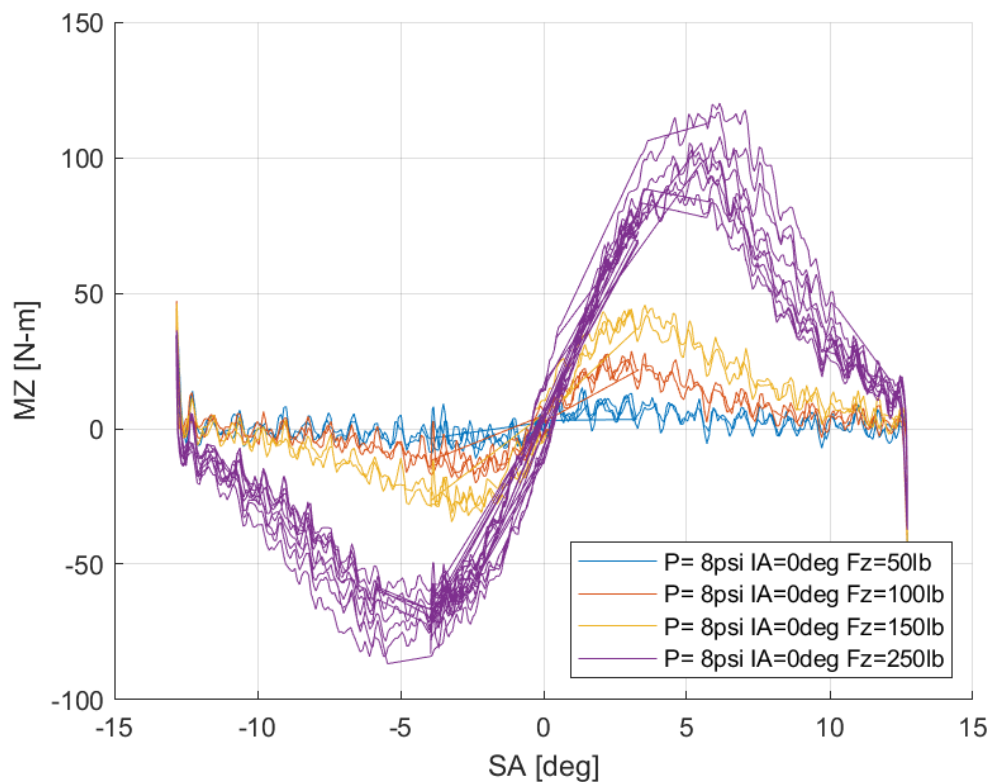
Στην καμπύλη της κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμης παρατηρείται μέγιστο για περίπου 10° γωνίας ολίσθησης, ενώ και εδώ παρουσιάζεται η ίδια επίδραση της γωνία κλίσης τροχού με την καμπύλη της εγκάρσιας δύναμης.

Κεφάλαιο 7

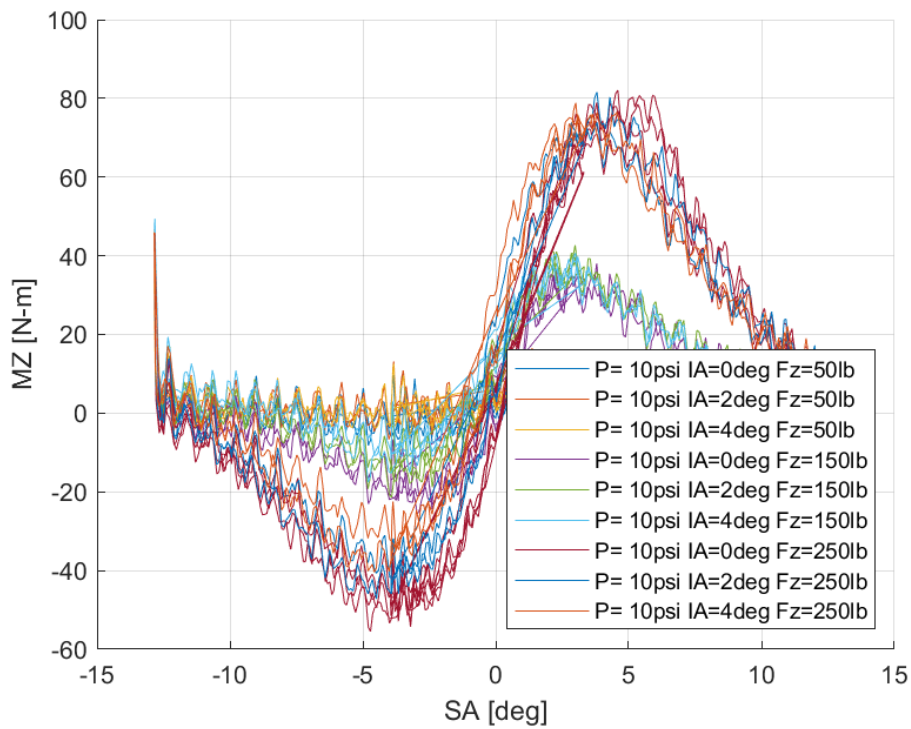
7.1.3.3 Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης



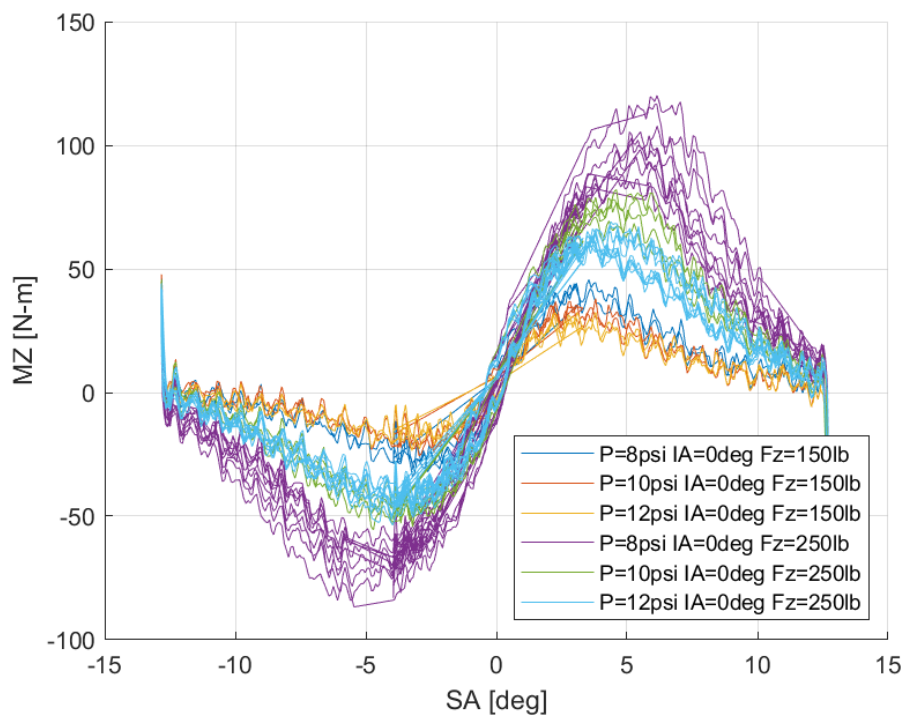
Διάγραμμα 7.45: Ροπή Ευθυγράμμισης Συνάρτησει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού



Διάγραμμα 7.46: Ροπή Ευθυγράμμισης Συνάρτησει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



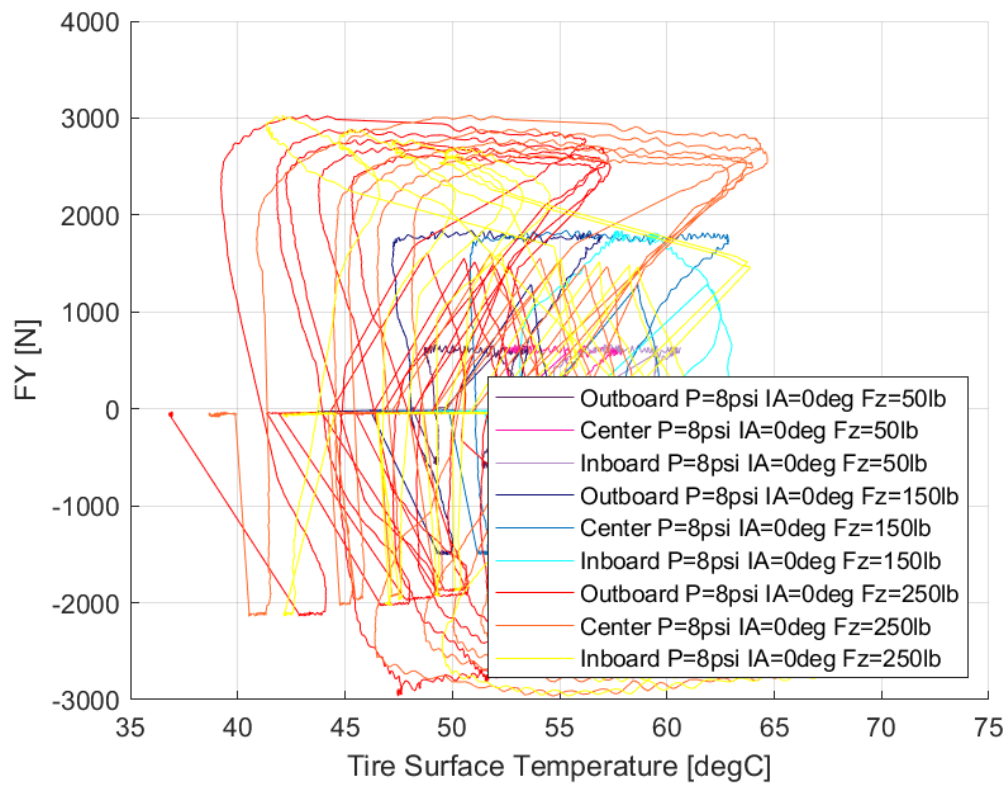
Διάγραμμα 7.47: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber



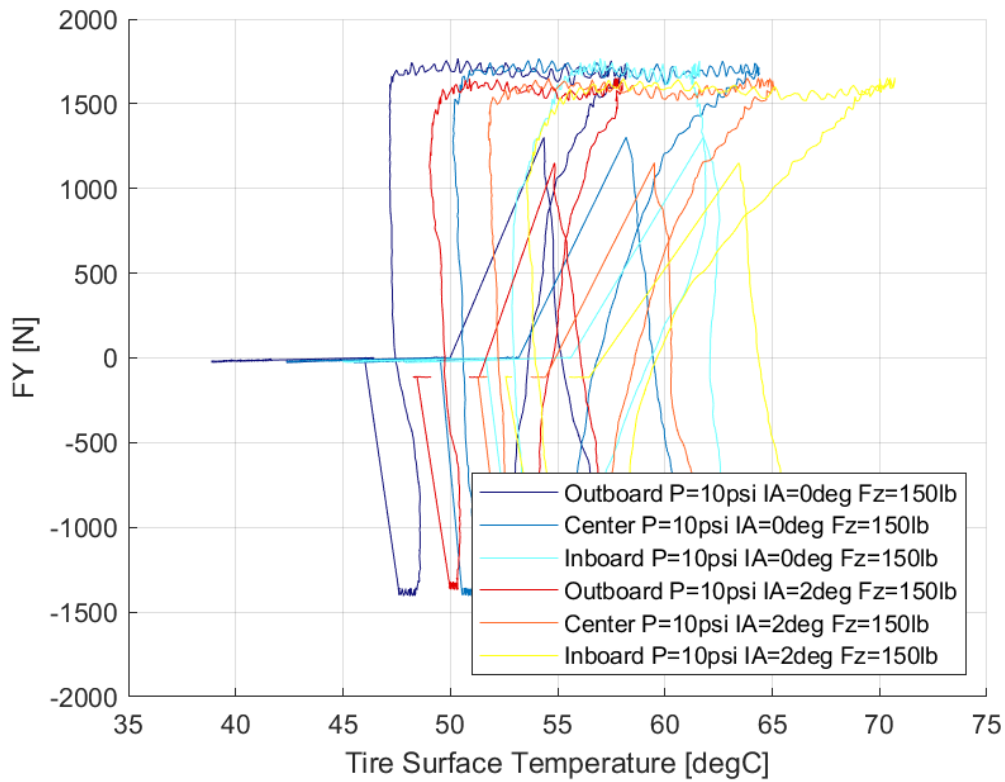
Διάγραμμα 7.48: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Η καμπύλη της ροπής ευθυγράμμισης παρουσιάζει μέγιστο για περίπου 4° γωνίας ολίσθησης, κάτι που δίνει περιθώριο 6° από τη φαινόμενη απώλεια πρόσφυσης έως την πραγματική.

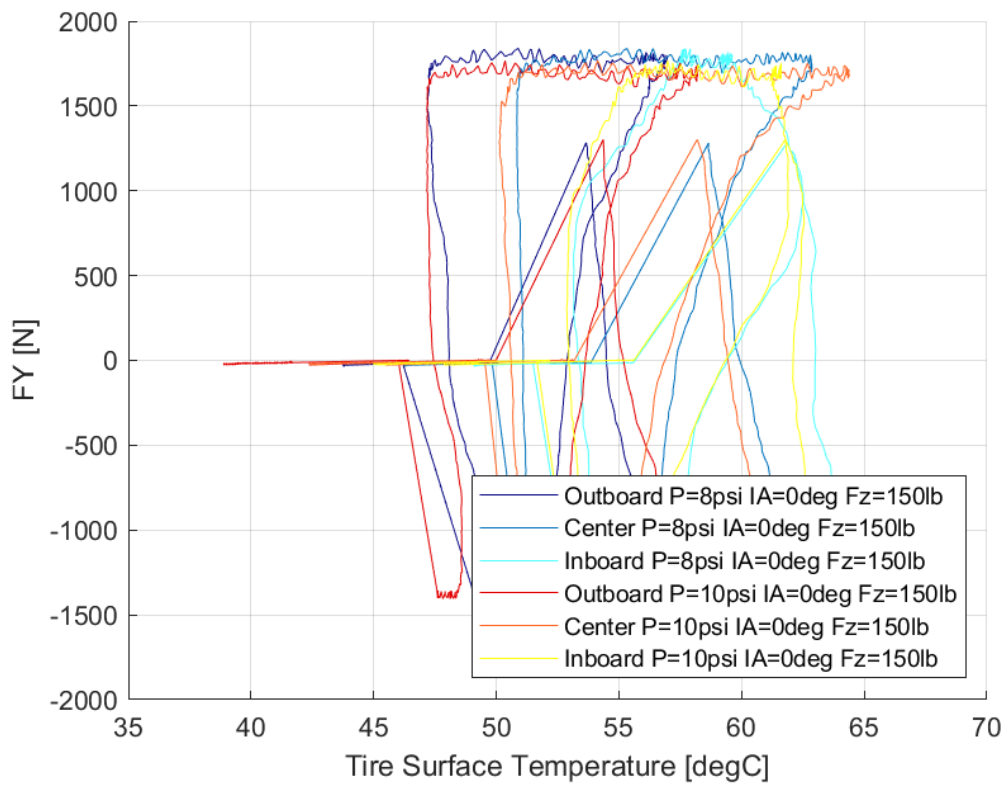
7.1.3.4 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού



Διάγραμμα 7.49: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.50: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber

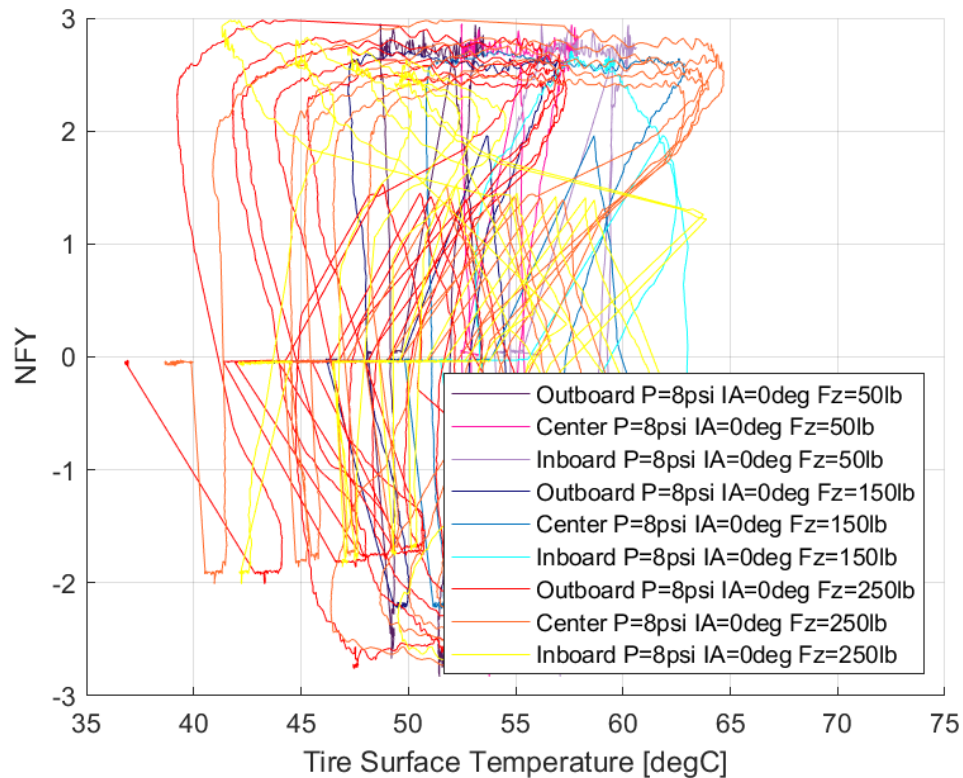


Διάγραμμα 7.51: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

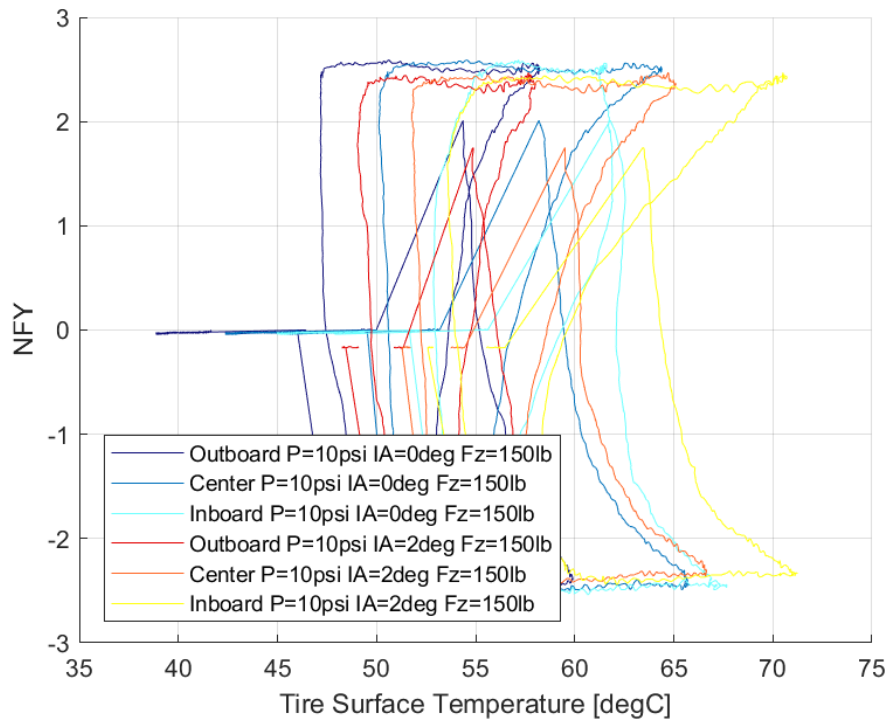
Κεφάλαιο 7

Για την θερμοκρασίας του πέλματος του ελαστικού σε σχέση με την εγκάρσια δύναμη, παρατηρείται πως το παράθυρο λειτουργίας είναι από περίπου 45°C έως 70°C. Ωστόσο η μέγιστη τιμή της εγκάρσιας δύναμης παρατηρείται επιτυγχάνεται για θερμοκρασίες από 50°C και άνω. Επομένως, όταν ανοίγει το παράθυρο λειτουργίας του ελαστικού δεν επιτυγχάνονται άμεσα οι μέγιστες τιμές της εγκάρσιας δύναμης.

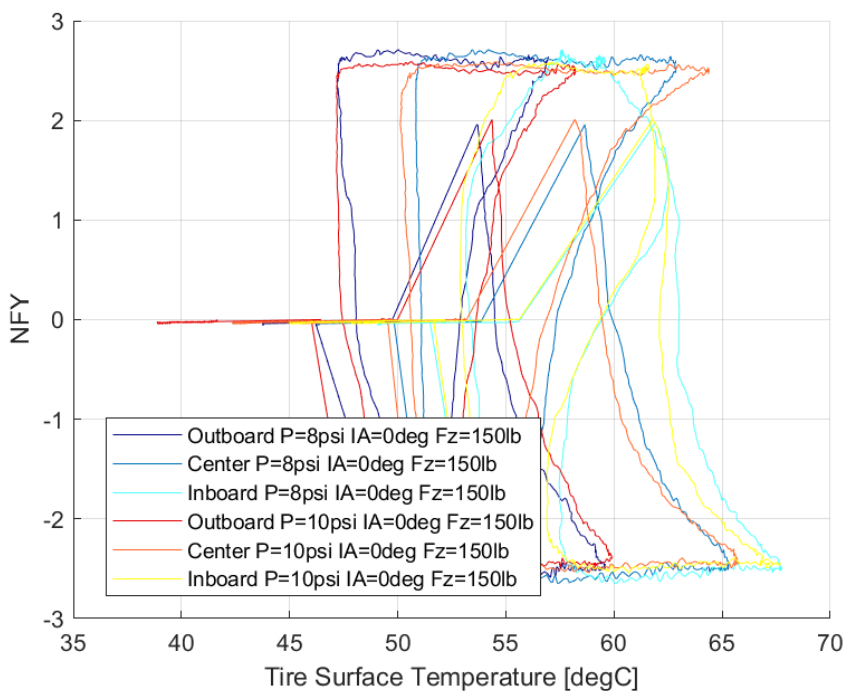
7.1.3.5 Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού



Διάγραμμα 7.52: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού



Διάγραμμα 7.53: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεσι της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber

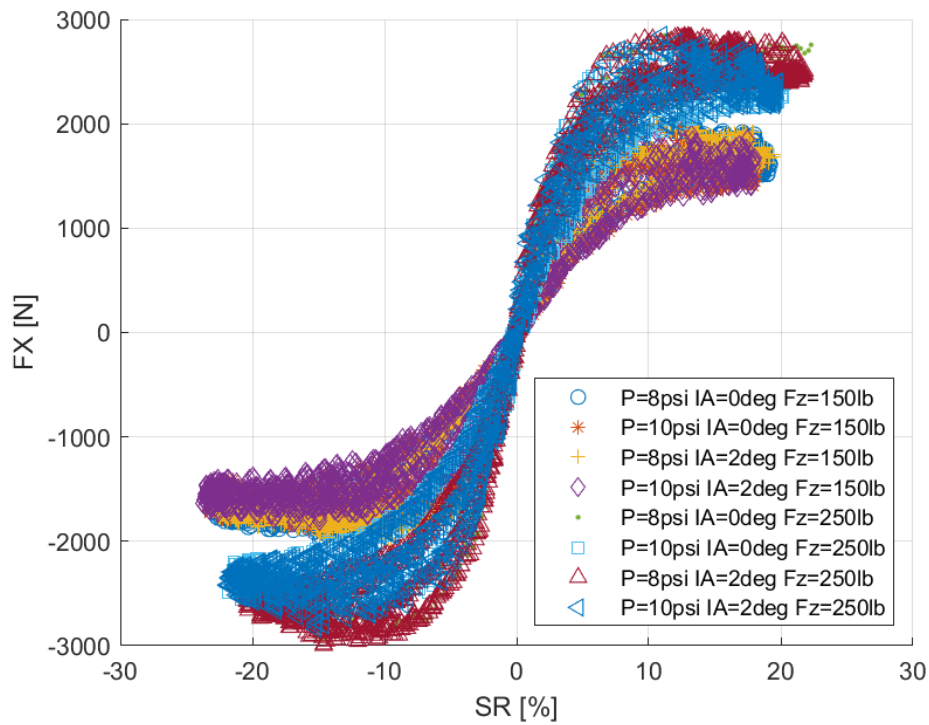


Διάγραμμα 7.54: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεσι της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

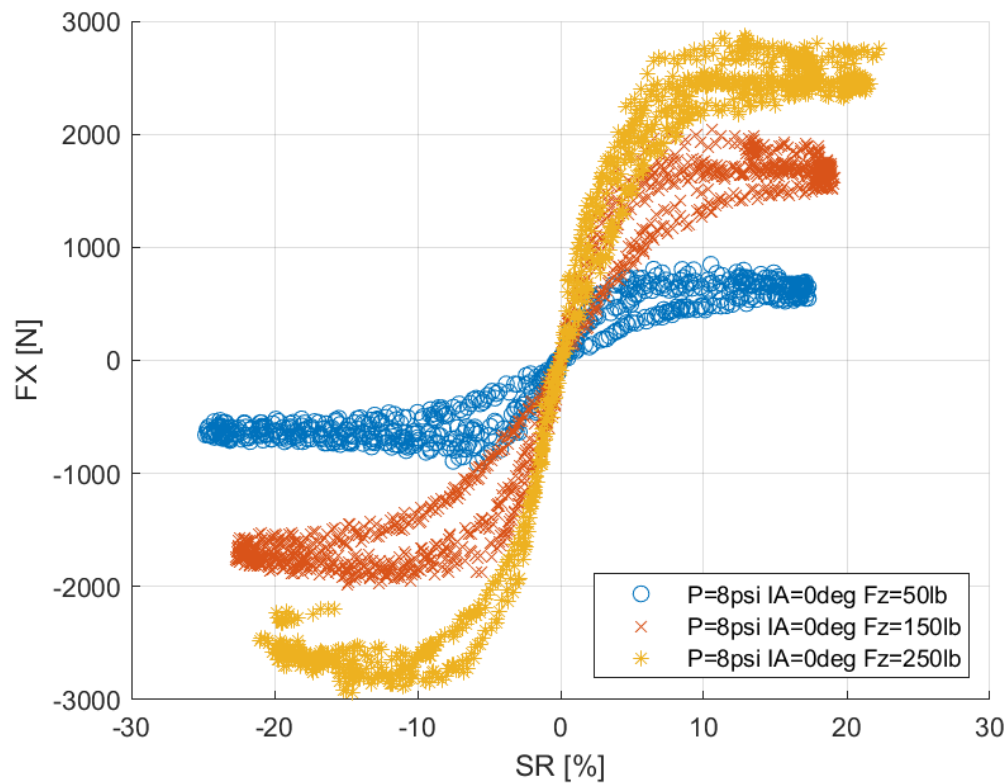
Όπως και στην καμπύλη της εγκάρσιας δύναμης και της επαφειακής θερμοκρασίας του ελαστικού, έτσι και στην αντίστοιχη καμπύλη της κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμης το παράθυρο λειτουργίας εντοπίζεται μεταξύ 45 και 70°C.

Κεφάλαιο 7

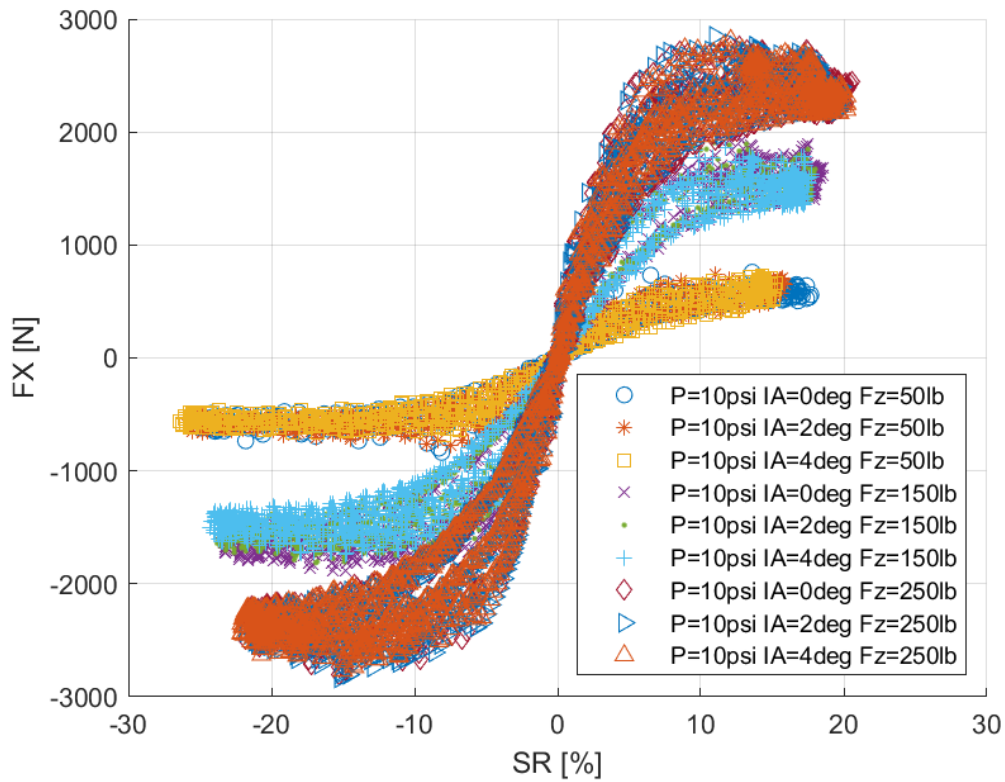
7.1.3.6 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης



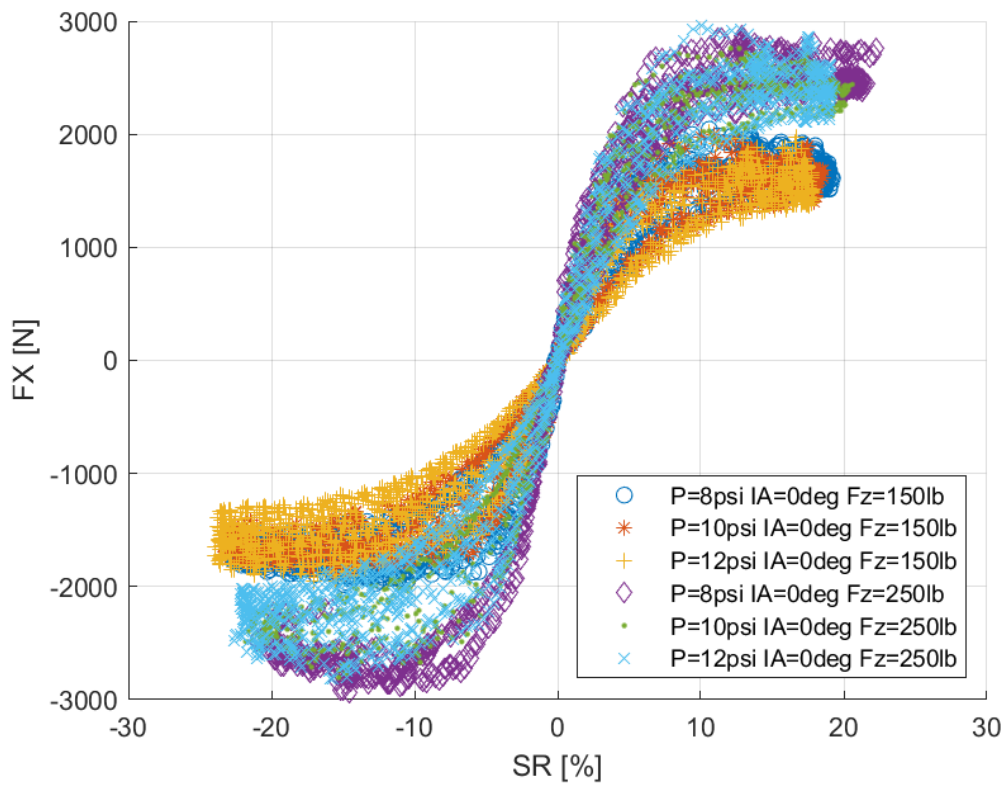
Διάγραμμα 7.55: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού



Διάγραμμα 7.56: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.57: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάμπερα Φορτία και Γωνίες Camber

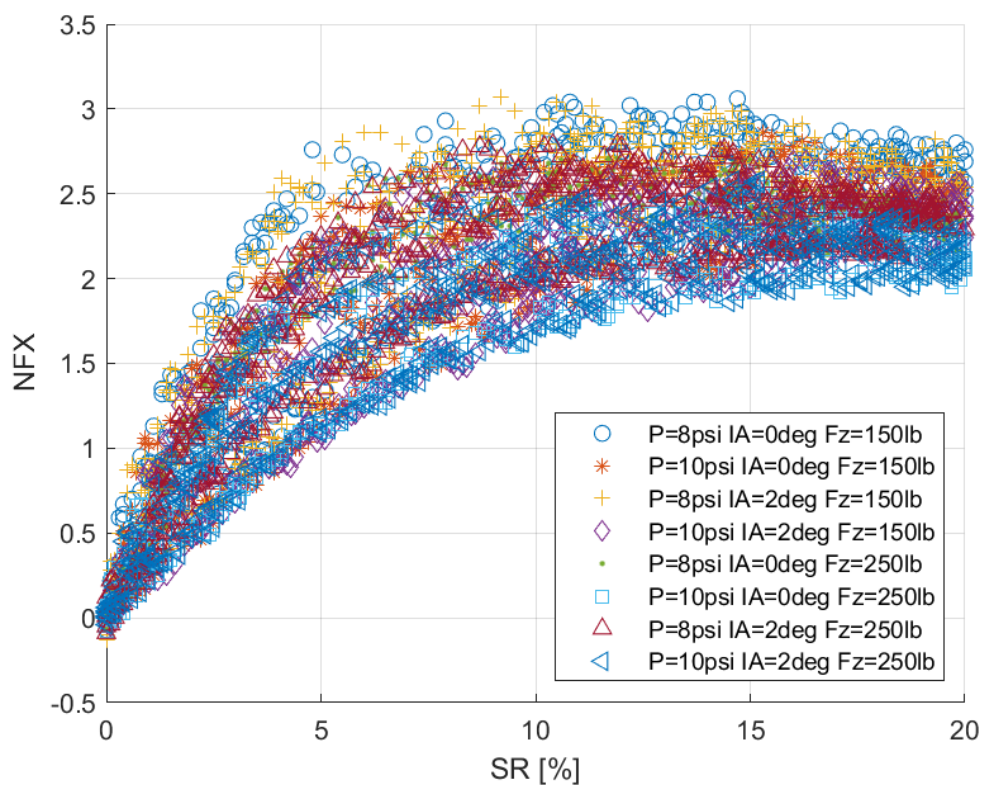


Διάγραμμα 7.58: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάμπερα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

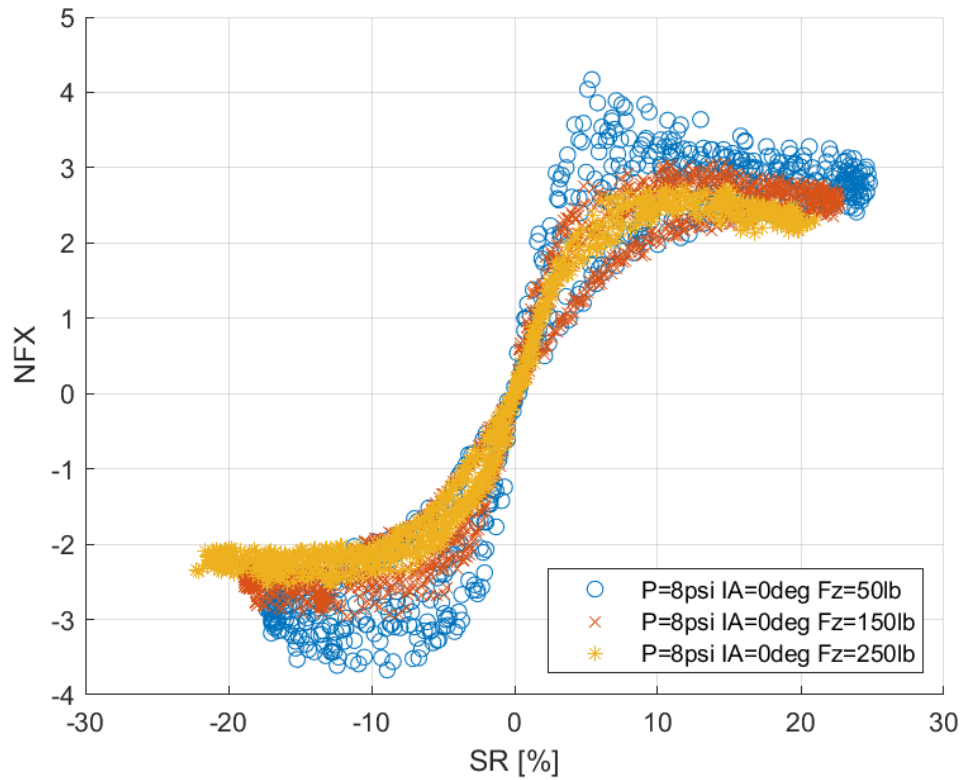
Κεφάλαιο 7

Στο ελαστικό αυτό αύξηση 25% στο κάθετο φορτίο επιφέρει αύξηση πείπου 20% της διαμήκου δύναμης. Παράλληλα παρατηρείται πως ανεξαρτήτως φορτίου, γωνίας κλίσης τροχού και πίεσης, κάθε καμπύλη παρουσιάζει μέγιστο για λόγο ολίσθησης 10%. Σε κάθε περίπτωση εύκολα παρατηρείται πως αντιστοιχούν δύο καμπύλες. Η κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε μία εκτέλεση, καθώς ο κάθε συνδυασμός φορτίου, γωνίας κλίσης τροχού και πίεσης επαναλαμβάνεται δύο φορές. Έτσι, οι μετρήσεις λαμβάνονται δύο φορές, με μόνη διαφορά τη θερμοκρασία που έχει αναπτυχθεί στο ελαστικό. Συνεπώς η καμπύλη με τη χαμηλότερη μέγιστη τιμή διαμήκου δύναμης αντιστοιχεί στην πρώτη δοκιμή ενώ αυτή με την υψηλότερη μέγιστη τιμή στη δεύτερη.

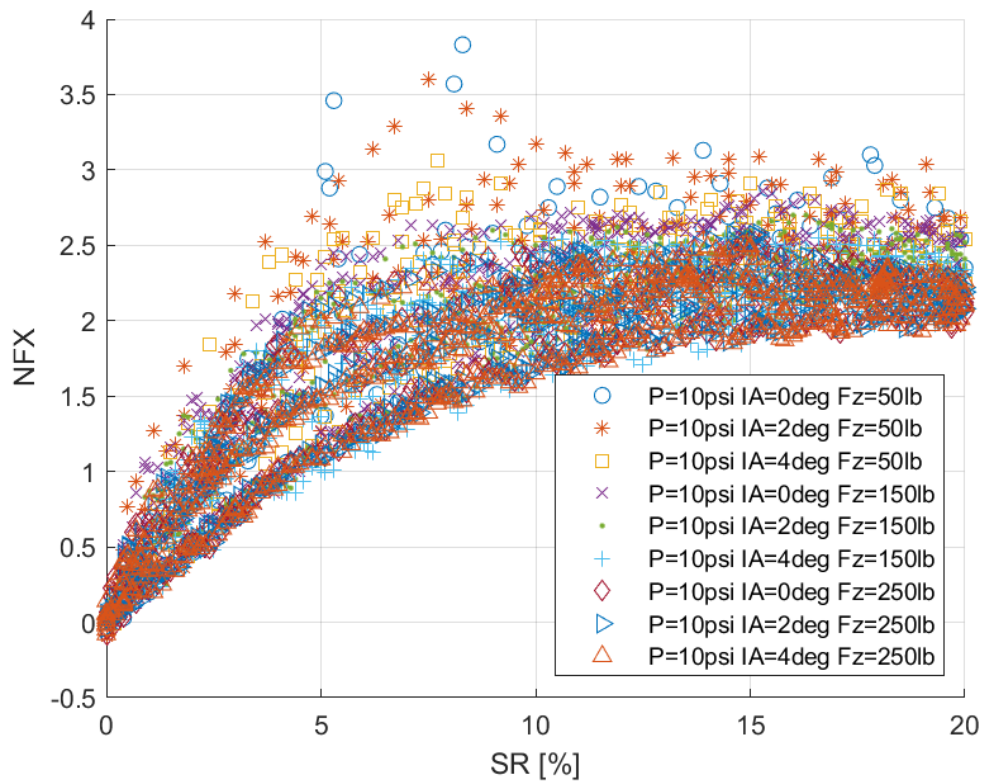
7.1.3.7 Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκου Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης



Διάγραμμα 7.59: Κανονικοποιημένη Διαμήκου Δύναμη Συναρτήσεσι του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού

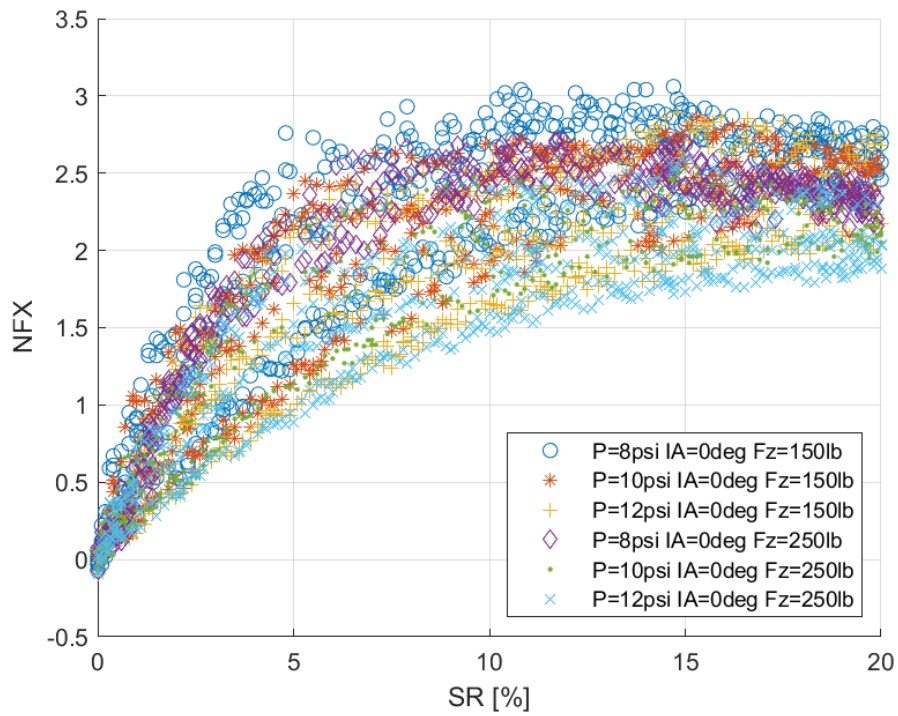


Διάγραμμα 7.60: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεσι του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.61: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεσι του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

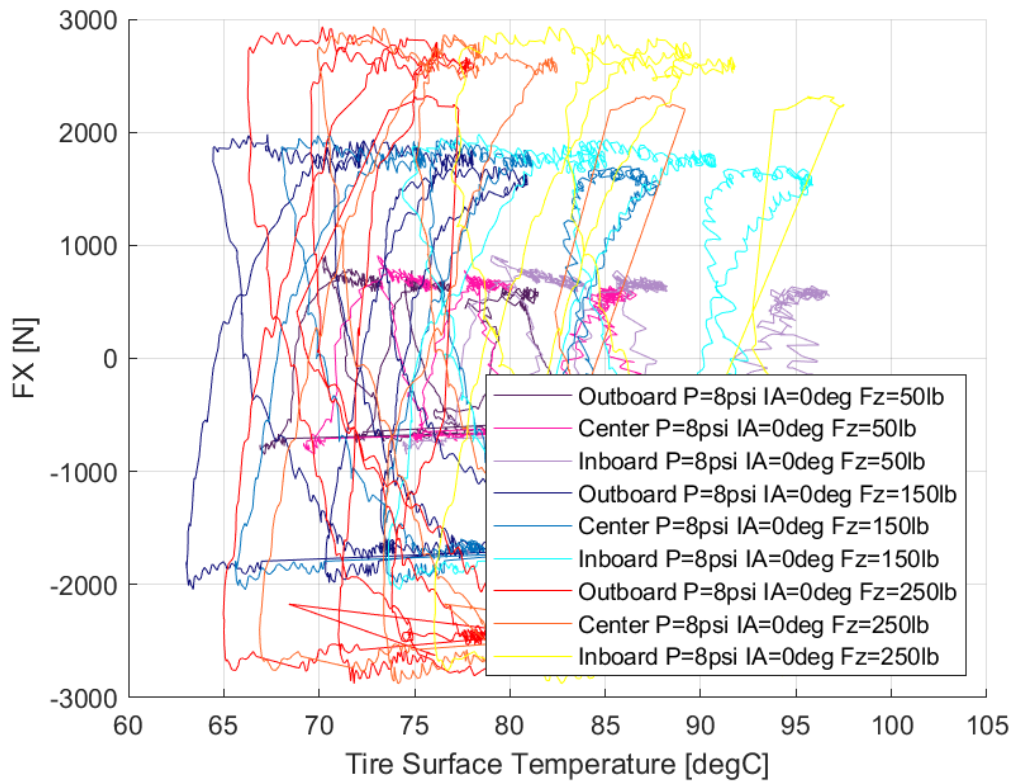
Κεφάλαιο 7



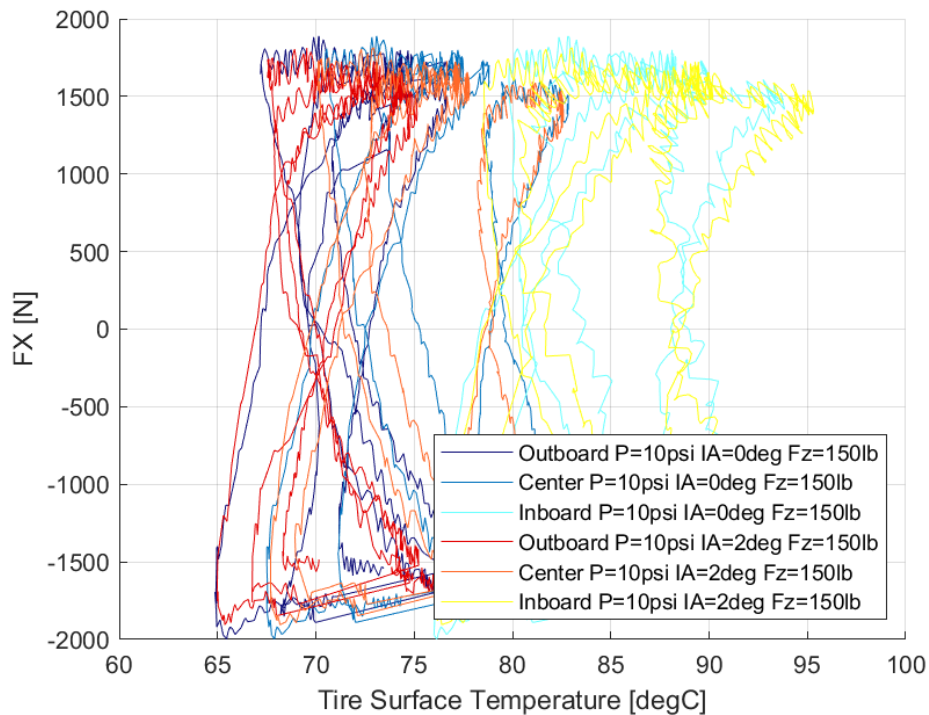
Διάγραμμα 7.62: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

Ο λόγος ύπαρξης δύο γραμμών για κάθε συνδυασμό είναι ο ίδιος που ισχύει και στην καμπύλη διαμήκους δύναμης σε σχέση με το λόγο ολίσθησης. Ακόμη παρουσιάζεται μέγιστη τιμή κανονικοποιημένης διαμήκους δύναμης για λόγο ολίσθησης 10%.

7.1.3.8 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Θέρμοκραςίας Ελαστικού

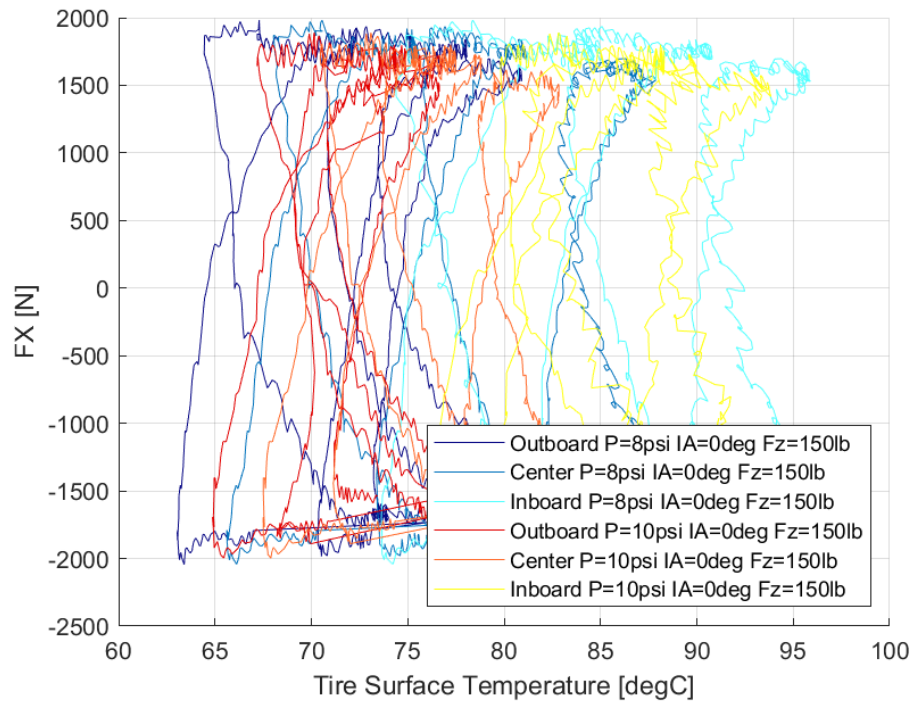


Διάγραμμα 7.63: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει της Θέρμοκραςίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.64: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει της Θέρμοκραςίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber

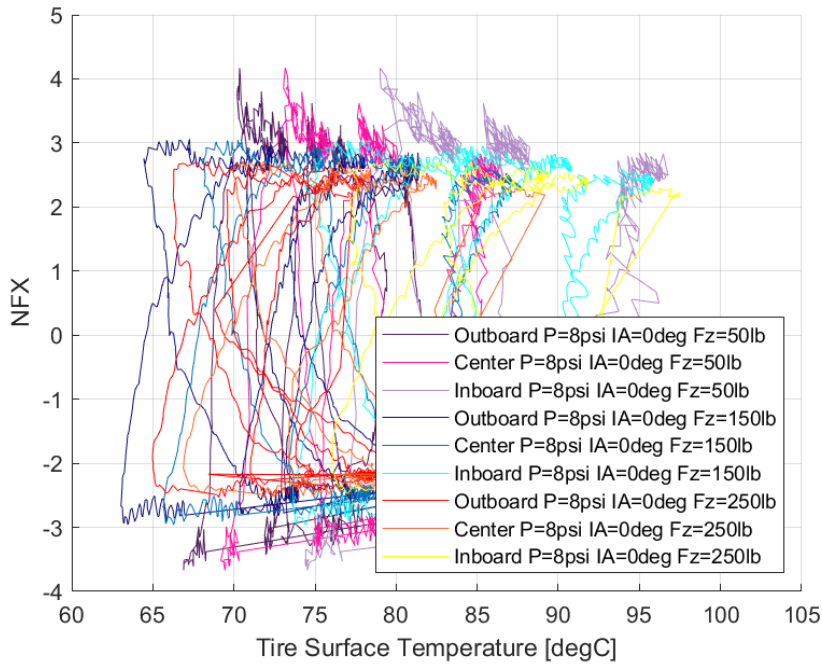
Κεφάλαιο 7



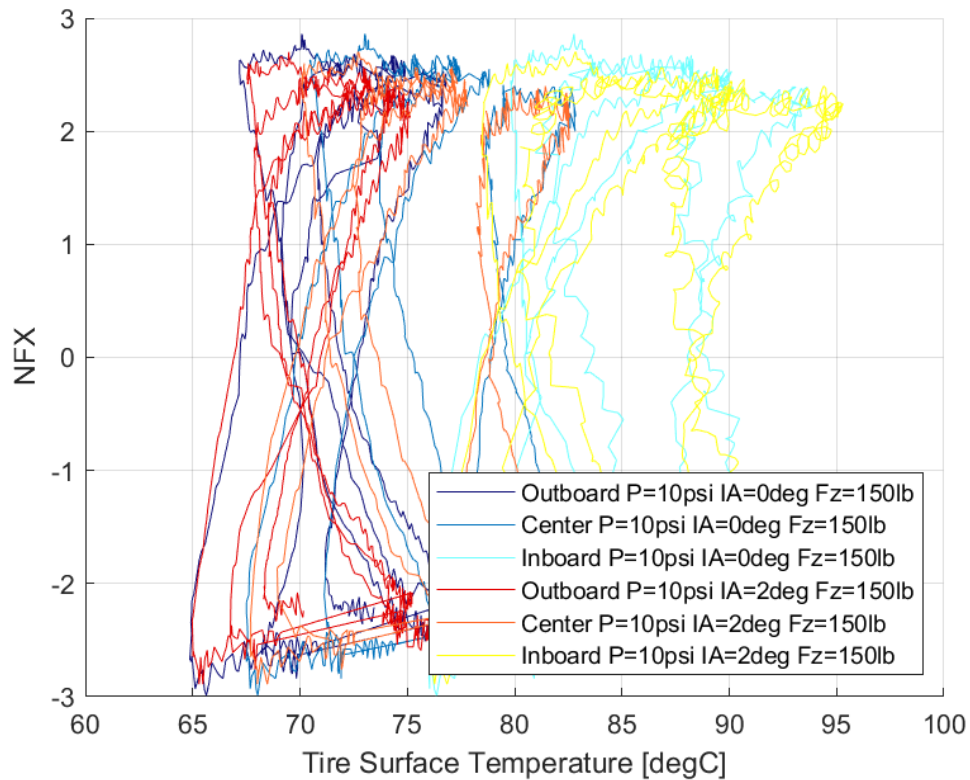
Διάγραμμα 7.65: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Το παράθυρο λειτουργίας του ελαστικού στη διαμήκη διεύθυνση εντοπίζεται από περίπου 65°C έως 90°C, το οποίο είναι για υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με το αντίστοιχο παράθυρο λειτουργίας για την εγκάρσια διεύθυνση. Αυτό σημαίνει πως η βέλτιστη θερμοκρασία λειτουργίας του ελαστικού εντοπίζεται στα άκρα των δύο παραθύρων. Η συμπεριφορά αυτή θεωρείται ακραία και πιθανόν να υπάρχει σφάλμα σε κάποια μέτρηση.

7.1.3.9 Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκους Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού

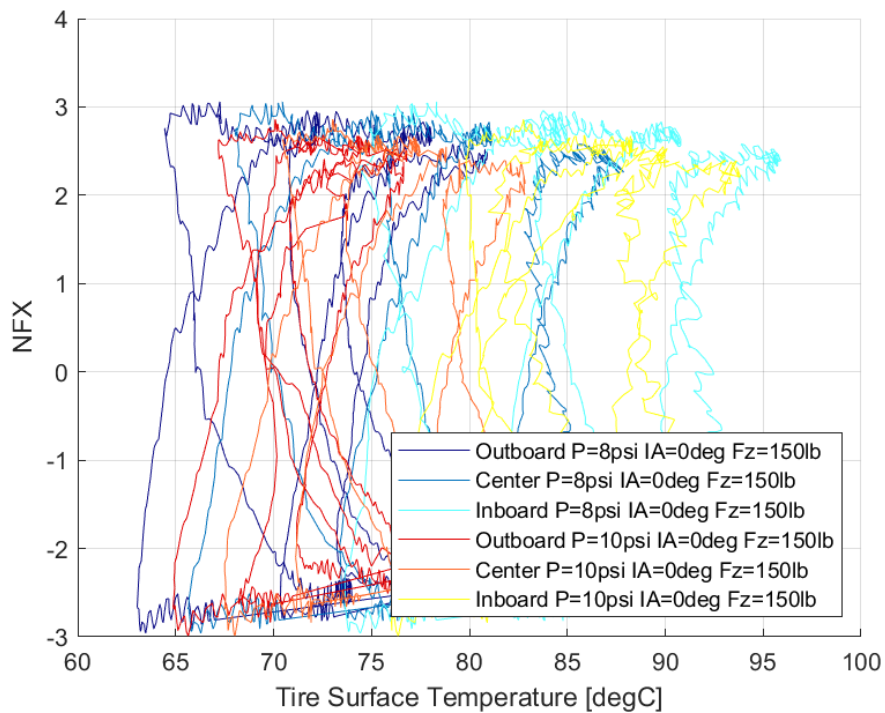


Διάγραμμα 7.66: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.67: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber

Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.68: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Το παράθυρο λειτουργίας εντοπίζεται μεταξύ 65 και περίπου 90°C, ενώ παρατηρείται πως σε όλο το παράθυρο λειτουργίας η κανονικοποιημένη διαμήκης δύναμη λαμβάνει μέγιστες τιμές.

7.1.4 Hoosier 20.5x7.0-13 R25B

Οι μέγιστες τιμές των δυνάμεων και των ροπών που αναπτύχθηκαν κατά τη δοκιμή της στροφής εμπεριέχονται στον Πίνακα 6.5, ενώ για οι τιμές που προέκυψαν από τη δοκιμή επιτάχυνσης-πέδησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.6.

Πίνακας 7.5: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Hoosier 20.5x 7.0-13 R25B από Δοκιμή Στροφής

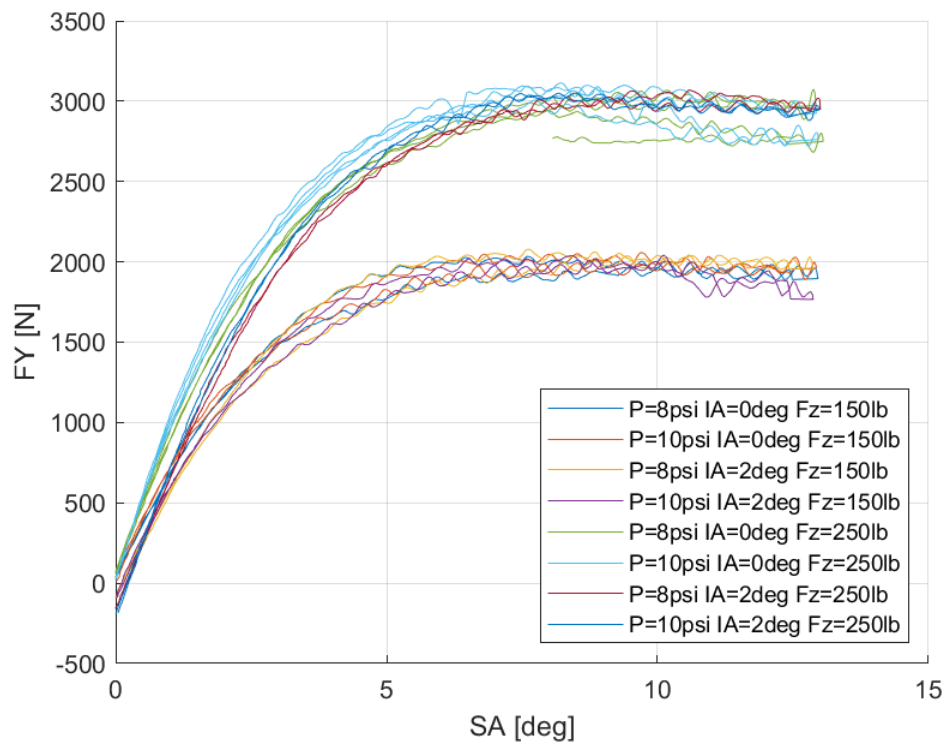
			Hoosier 20.5x7.0-13 R25B					
P (psi)	IA (deg)	FZ (lbs)	FY (N)	SA (deg)	NFY	SA (deg)	MZ (Nm)	SA (deg)
8	0	50	774,94	7,13	3,64	7,77	51,98	12,90
		150	2033,79	7,59	3,13	7,57	54,14	13,24
		250	3073,73	12,87	2,79	10,97	100,41	5,02
	2	50	788,88	6,15	3,79	6,15	59,45	13,10
		150	2078,37	7,64	3,14	9,99	58,71	2,73
		250	3069,29	10,59	2,81	9,47	102,16	3,46
	4	50	712,34	6,12	3,42	8,49	57,17	13,11
		150	1998,04	8,70	3,08	9,18	60,65	2,93
		250	3001,37	9,89	2,74	9,23	102,94	2,88
10	0	50	721,49	6,32	3,35	6,41	49,34	12,86
		150	2058,53	9,70	3,10	9,10	60,46	13,23
		250	3114,84	8,22	2,86	7,50	85,87	4,09
	2	50	708,88	8,09	3,40	8,11	60,98	13,10
		150	2040,56	10,12	3,08	8,45	59,96	13,29
		250	3050,05	8,16	2,77	7,36	92,30	3,00
	4	50	690,35	6,80	3,30	6,76	58,90	13,14
		150	1921,47	7,65	2,93	7,72	57,72	13,19
		250	2985,96	8,51	2,70	9,21	95,91	3,05

Πίνακας 7.6: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Hoosier 20.5x 7.0-13 R25B από Δοκιμή Επιτάχυνσης-Πέδησης

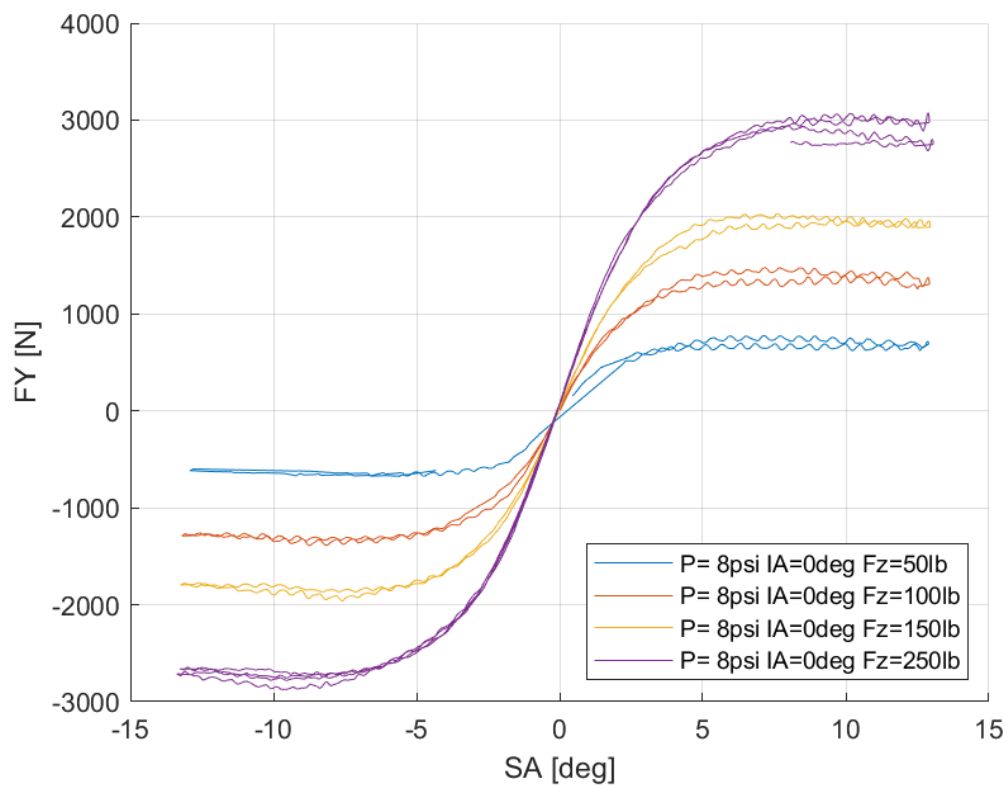
			Hoosier 20.5x7.0-13 R25B					
P (psi)	IA (deg)	FZ (lbs)	FX (N)	SR (%)	NFX	SR (%)	MX (Nm)	SL (%)
8	0	50	559,18	0,096	2,61	0,096	31,298	0,168
		150	2027,81	0,106	3,14	0,084	30,938	0,158
		250	3386,29	0,106	3,21	0,111	30,535	0,151
	2	50	600,34	0,059	2,86	0,059	31,207	0,163
		150	2094,82	0,105	3,2	0,103	30,777	0,154
		250	3353,99	0,103	3,17	0,105	30,715	0,158
	4	50	595,07	0,066	2,83	0,066	31,172	0,164
		150	1948,58	0,125	3,01	0,072	30,955	0,161
		250	3236,96	0,134	2,96	0,147	30,668	0,164
10	0	50	776,64	0,083	3,55	0,082	31,559	0,176
		150	2021,05	0,108	3,15	0,115	30,95	0,16
		250	3109,55	0,132	2,94	0,128	30,653	0,157
	2	50	791,3	0,096	3,66	0,176	31,492	0,18
		150	2006,06	0,132	3,07	0,127	30,844	0,164
		250	3115,54	0,142	2,89	0,141	30,529	0,156
	4	50	807,5	0,128	3,77	0,128	31,577	0,186
		150	1959,61	0,117	2,98	0,118	30,805	0,16
		250	3076,85	0,139	2,82	0,15	30,467	0,153

Κεφάλαιο 7

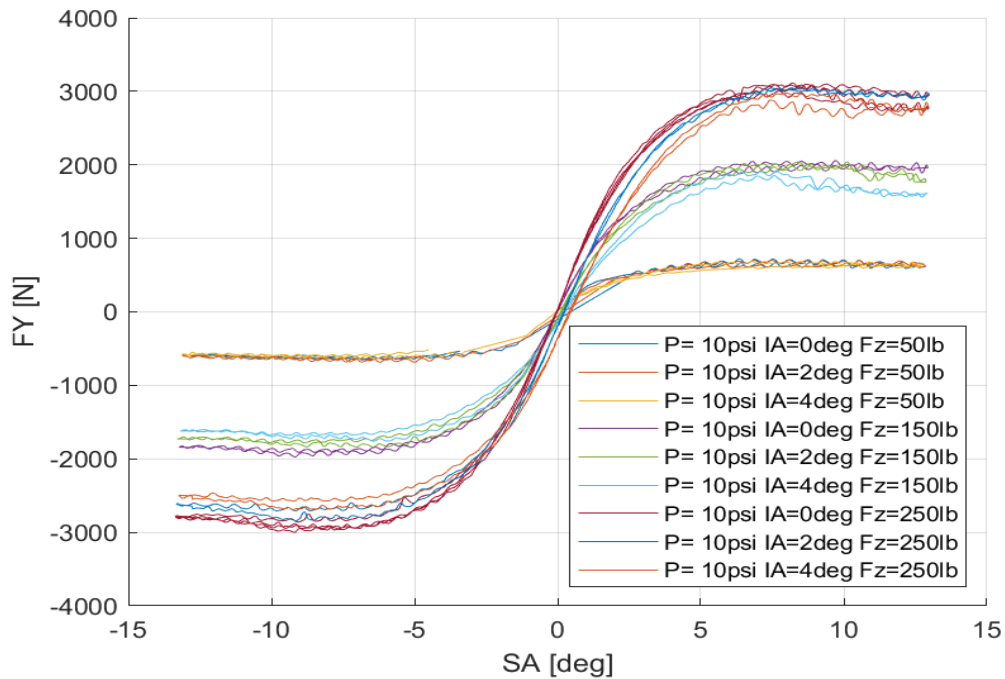
7.1.4.1 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης



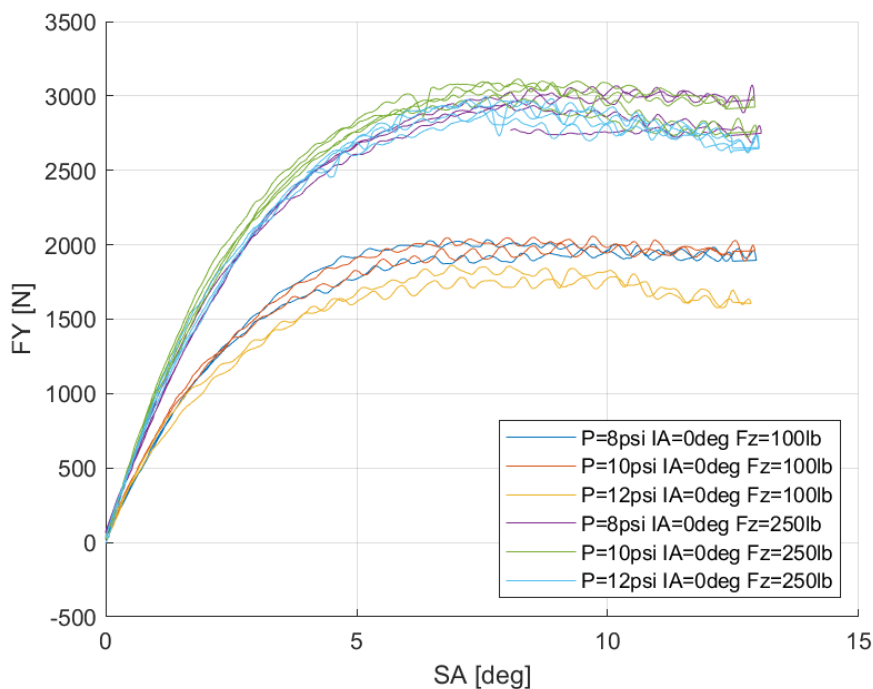
Διάγραμμα 7.69: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πίεση Ελαστικού



Διάγραμμα 7.70: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.71: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθιστα Φορτία και Γωνίες Camber

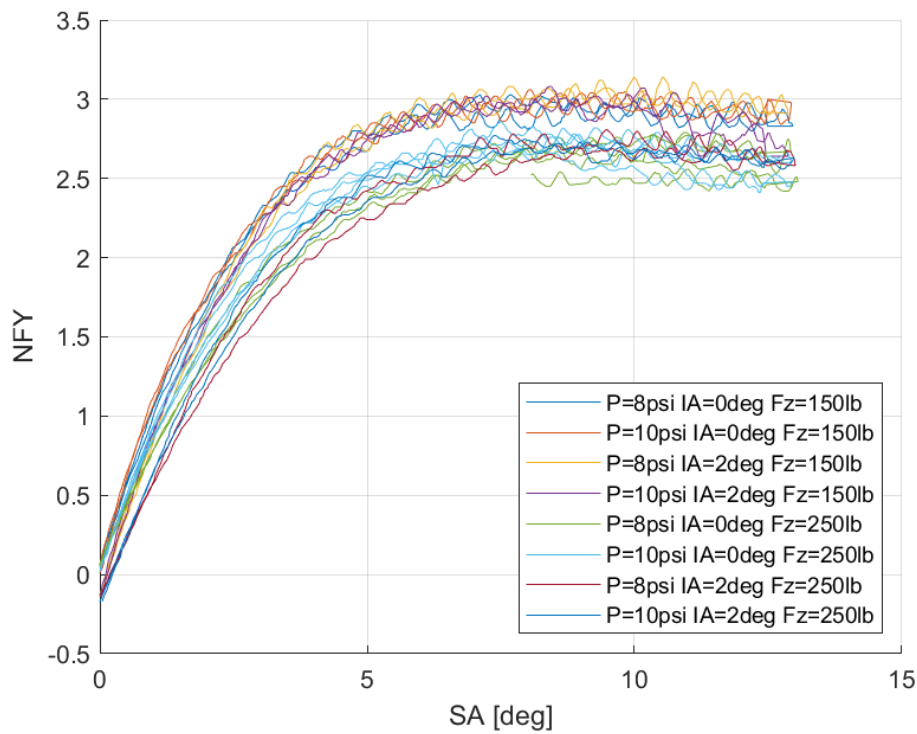


Διάγραμμα 7.72: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθιστα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

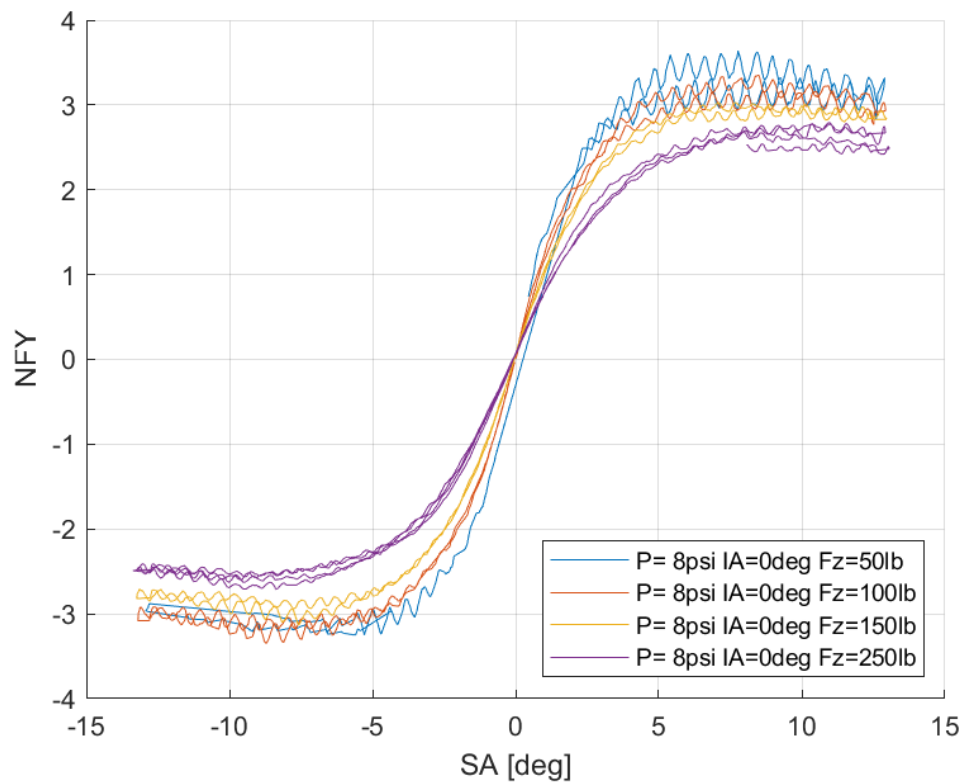
Στα παραπάνω διαγράμματα εννοπίζεται μέγιστο για γωνία ολίσθησης περίπου 10° . Ακόμη, παρατηρείται πως για μεγάλες τιμές της γωνίας ολίσθησης, αυξάνεται η επίδραση των μη μηδενικών γωνιών κλίσης του τροχού με αποτέλεσμα να μειώνεται η παραγόμενη εγκάρσια δύναμη.

Κεφάλαιο 7

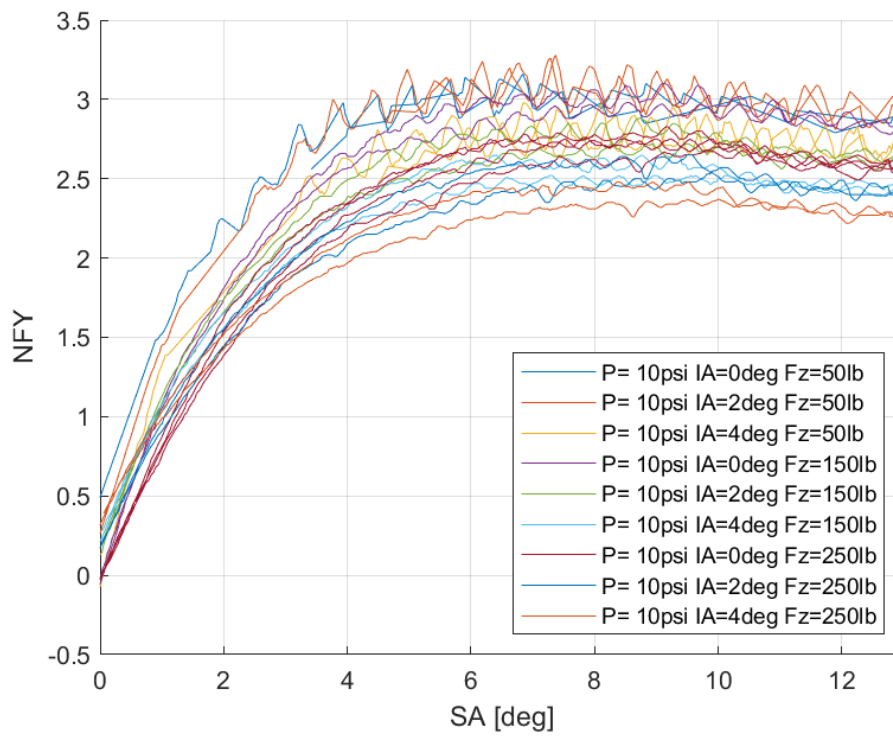
7.1.4.2 Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης



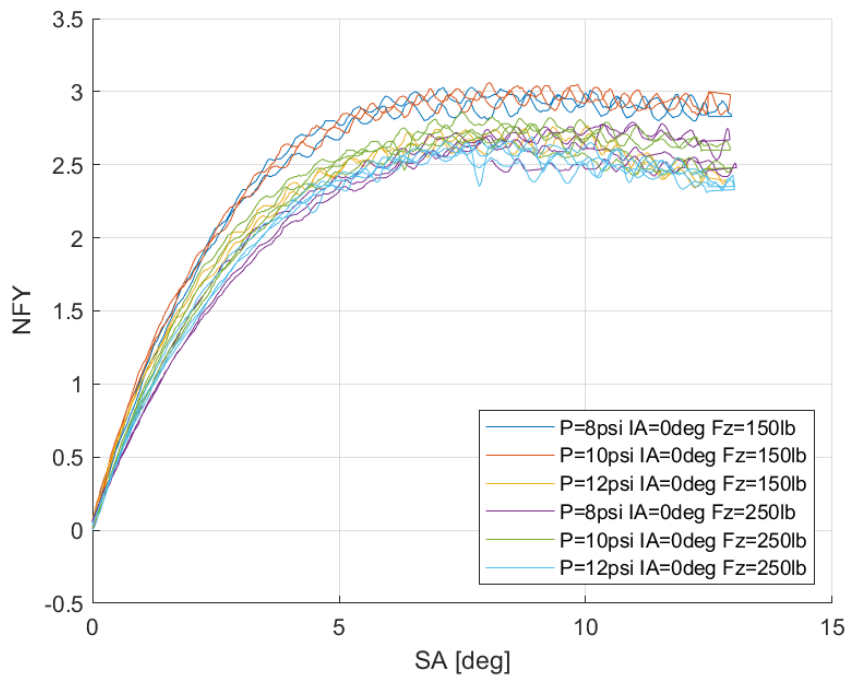
Διάγραμμα 7.73: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού



Διάγραμμα 7.74: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.75: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

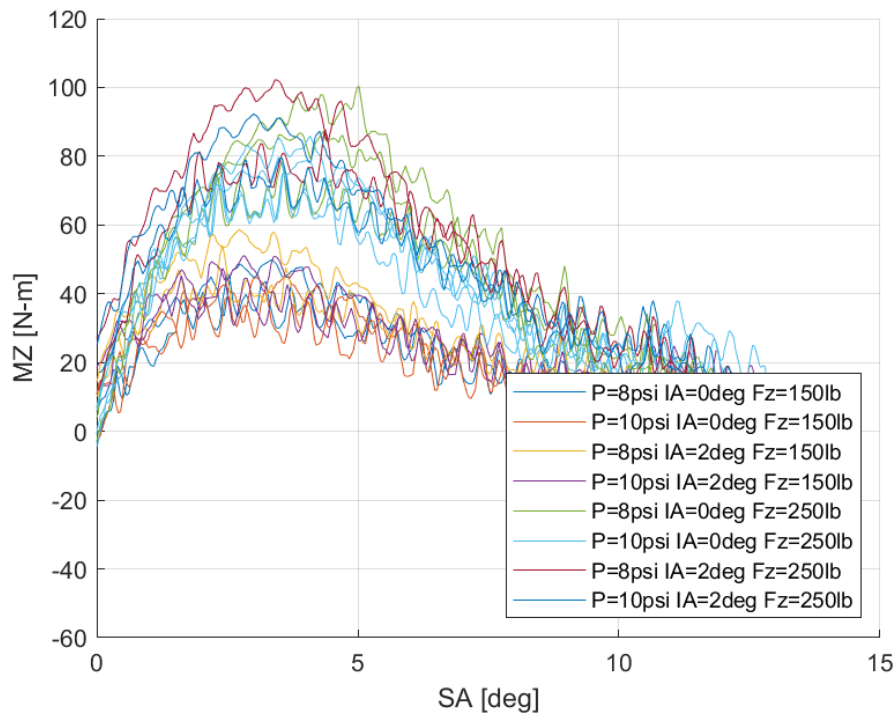


Διάγραμμα 7.76: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

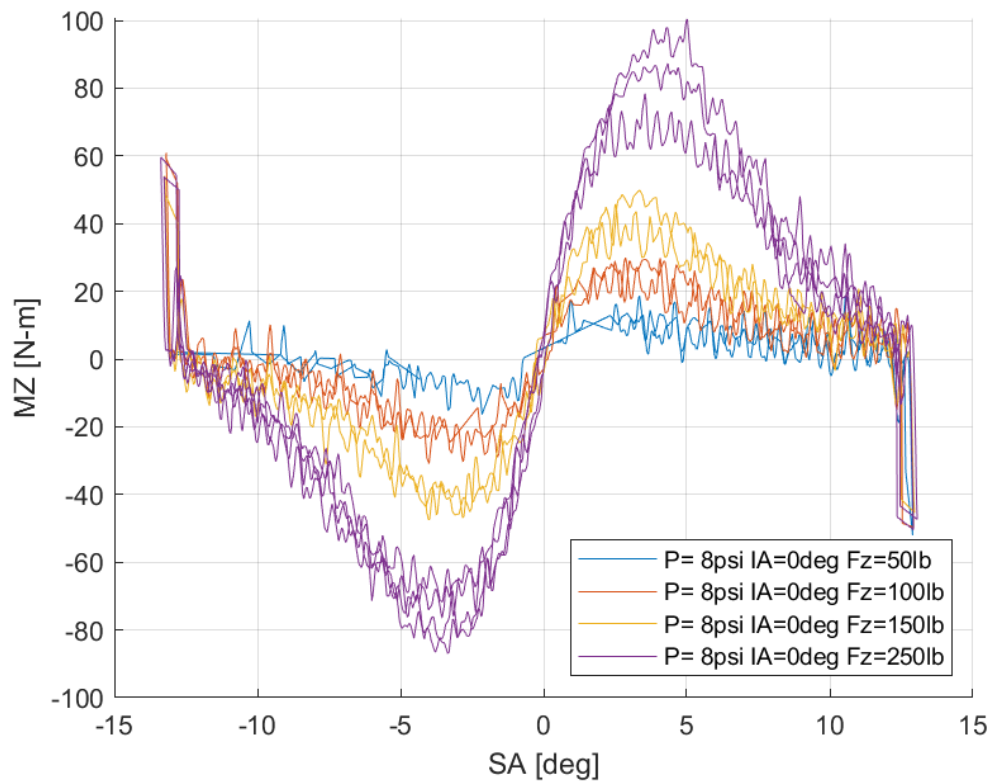
Η μέγιστη τιμή της κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμης παρουσιάζεται για περίπου 9° γωνίας ολίσθησης, ανεξαρτήτως του συνδυασμού πίεσης, γωνίας κλίσης τροχού και κάθετου φορτίου.

Κεφάλαιο 7

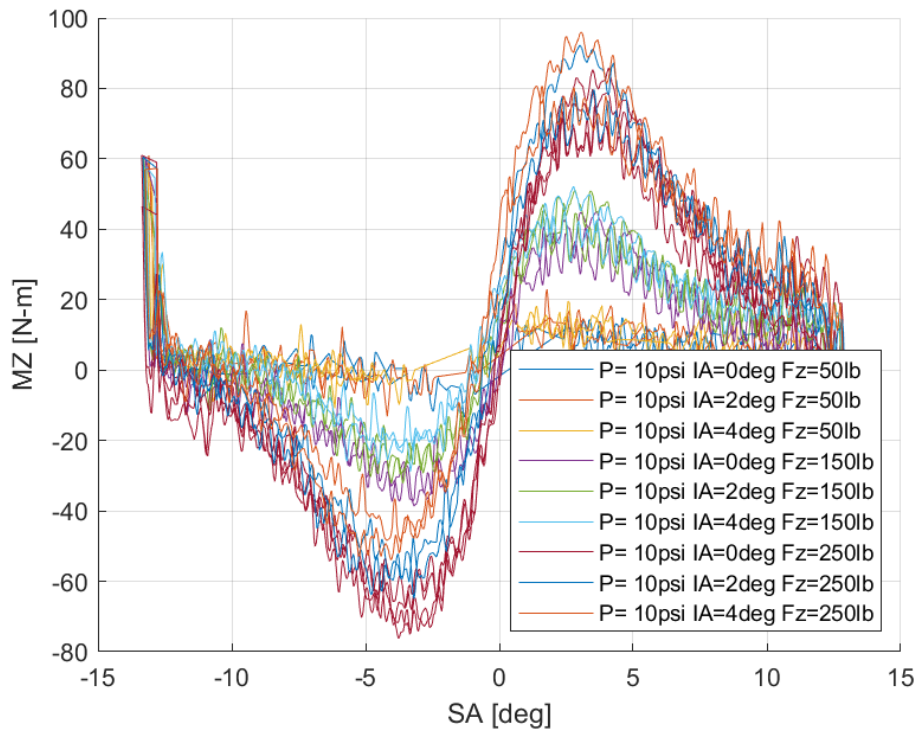
7.1.4.3 Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης



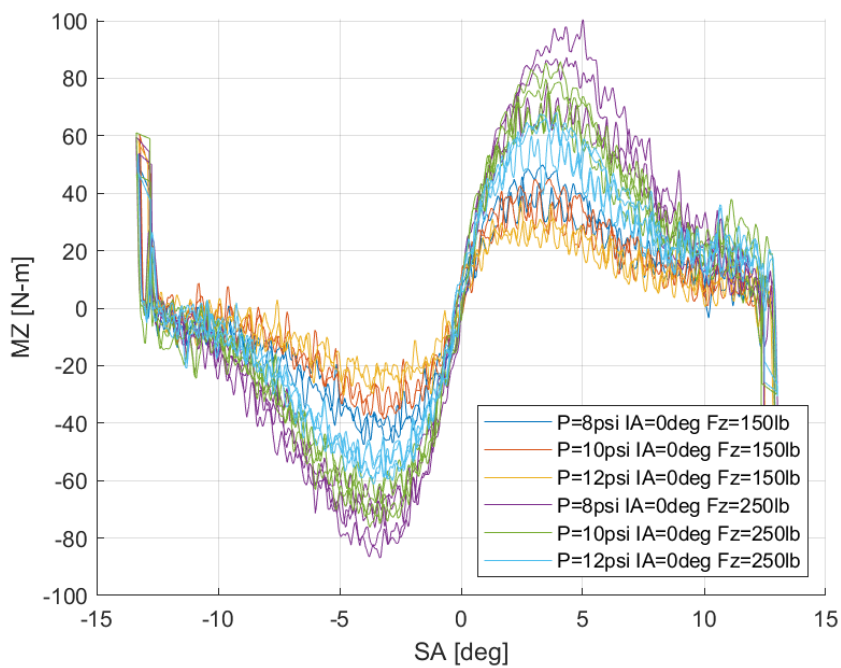
Διάγραμμα 7.77: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού



Διάγραμμα 7.78: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.79: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber

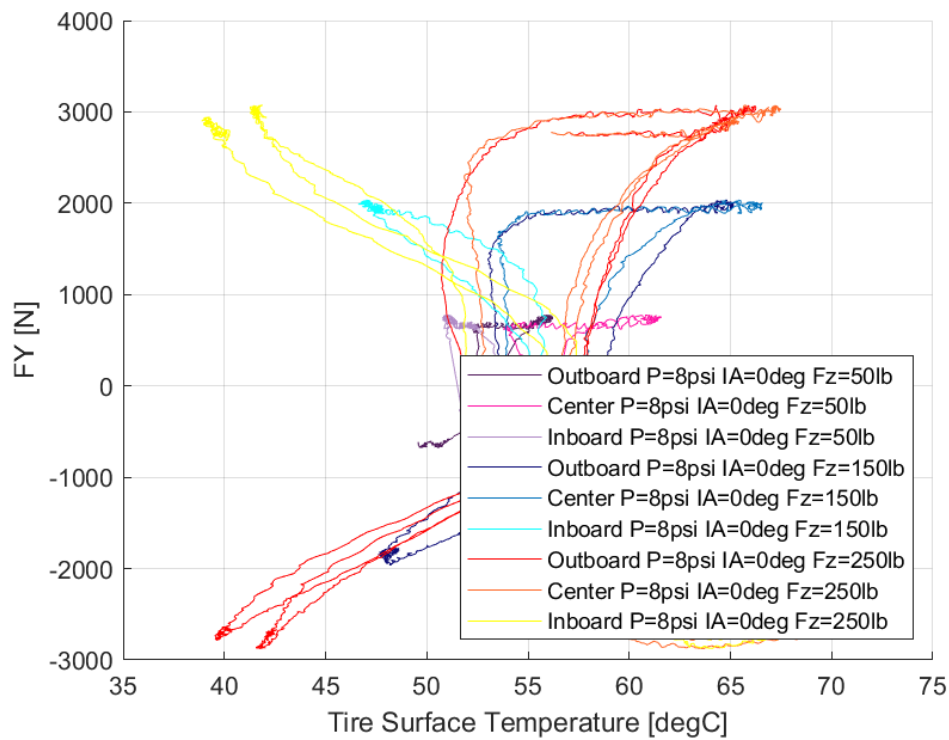


Διάγραμμα 7.80: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

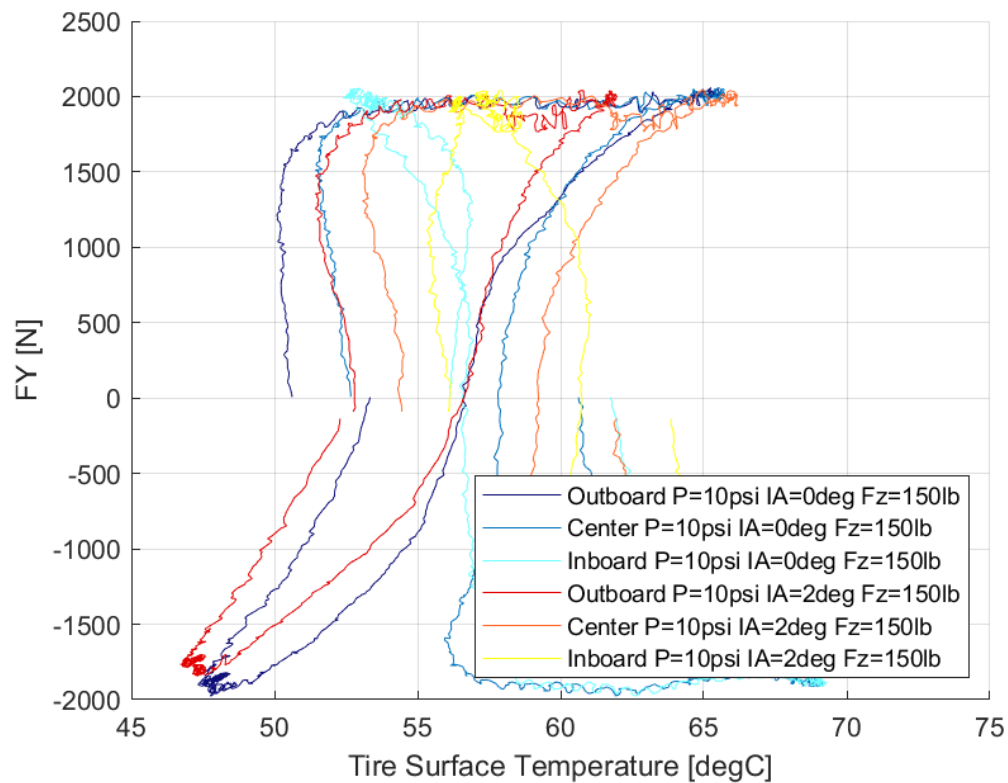
Μεγιστο για την ροπή ευθυγράμμισης παρουσιάζεται για γωνία ολίσθησης περίπου 4°. Αυτό σημαίνει πως το περιθώριο από την φαινόμενη έως την πραγματική απώλεια πρόσφυσης στο συγκεκριμένο ελαστικό είναι 5° γωνίας ολίσθησης.

Κεφάλαιο 7

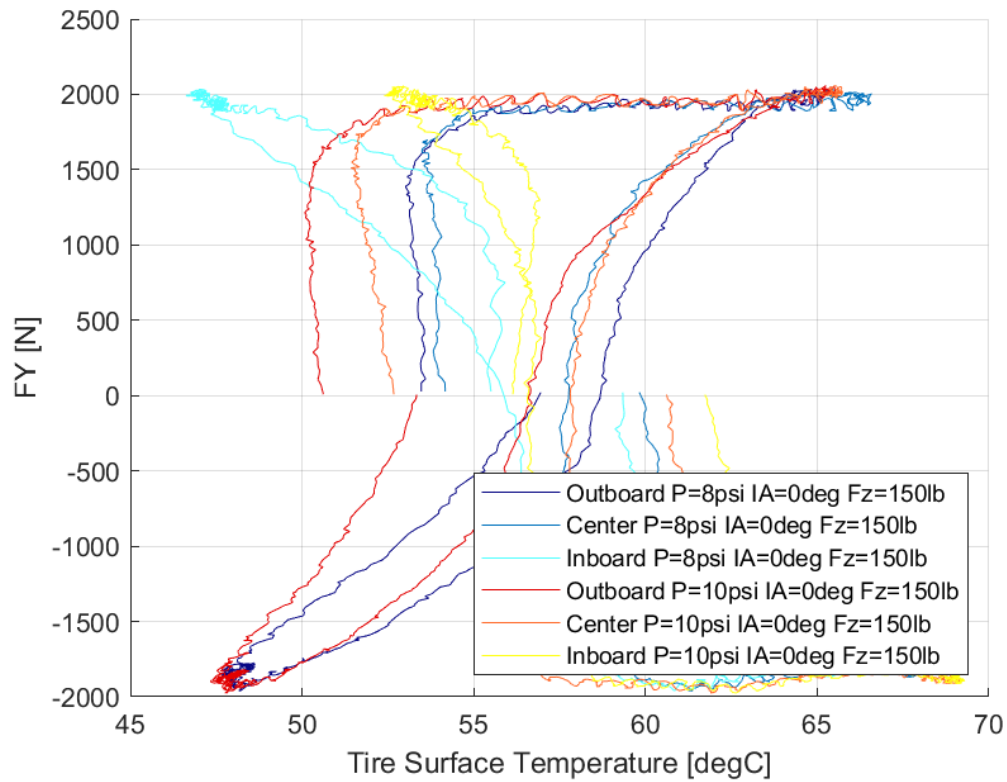
7.1.4.4 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού



Διάγραμμα 7.81: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.82: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber

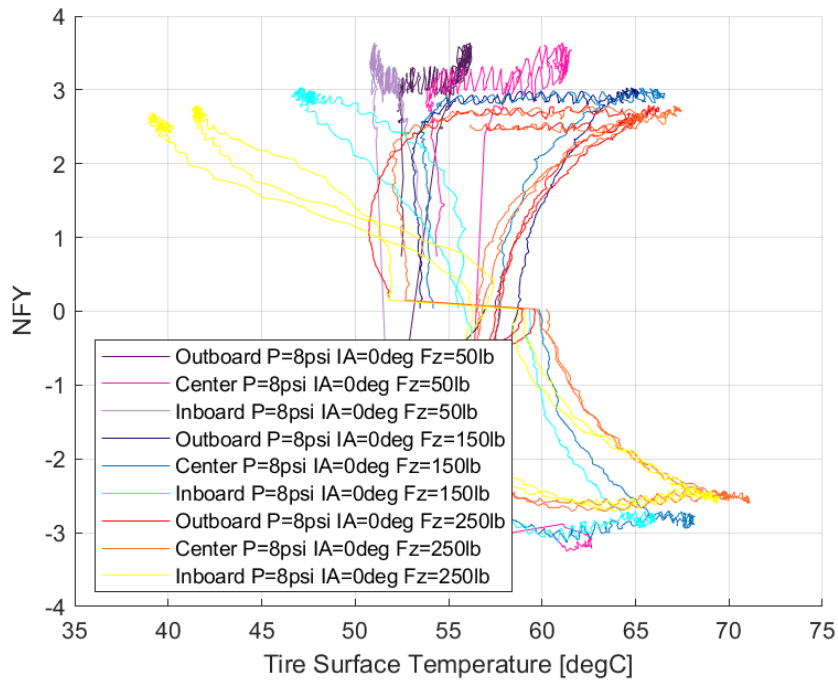


Διάγραμμα 7.83: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

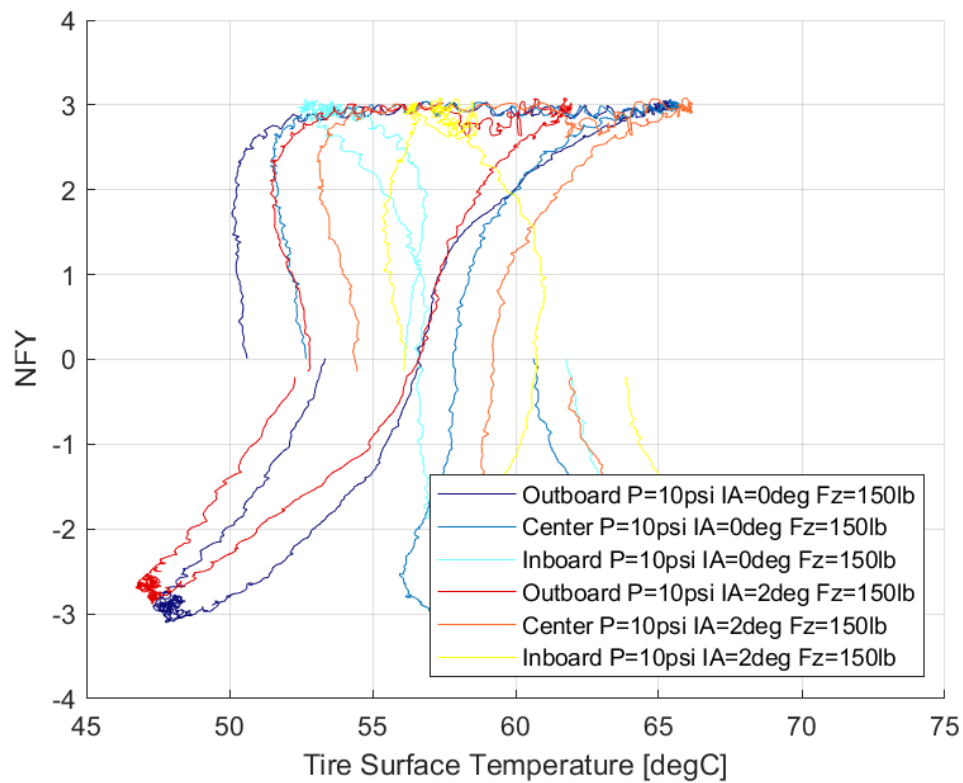
Το παράθυρο λειτουργίας του ελαστικού για την εγκάρσια διεύθυνση εντοπίζεται μεταξύ 50 και περίπου 70°C, ενώ η μέγιστη τιμή της εγκάρσιας δύναμης παρατηρείται σε όλο το διάστημα του παραθύρου λειτουργίας.

Κεφάλαιο 7

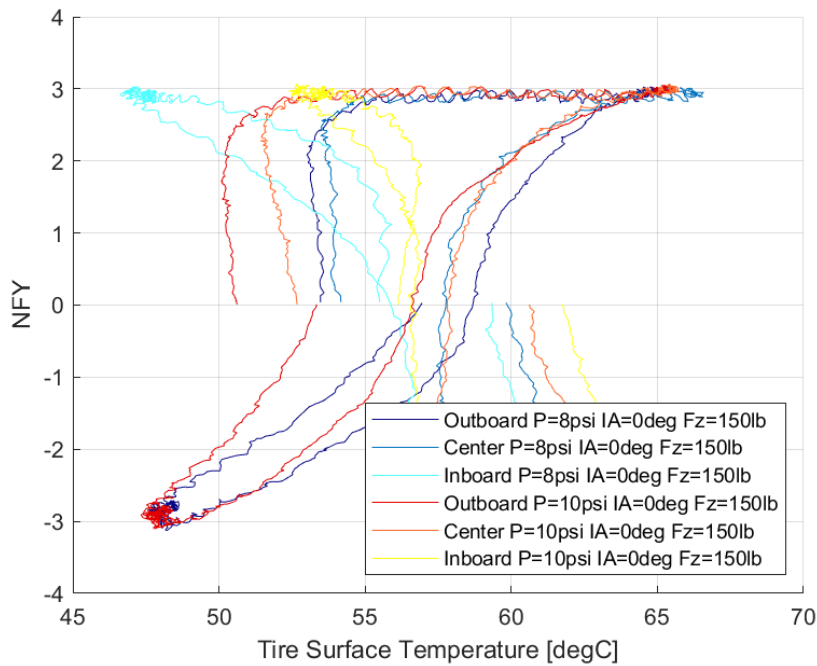
7.1.4.5 Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού



Διάγραμμα 7.84: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



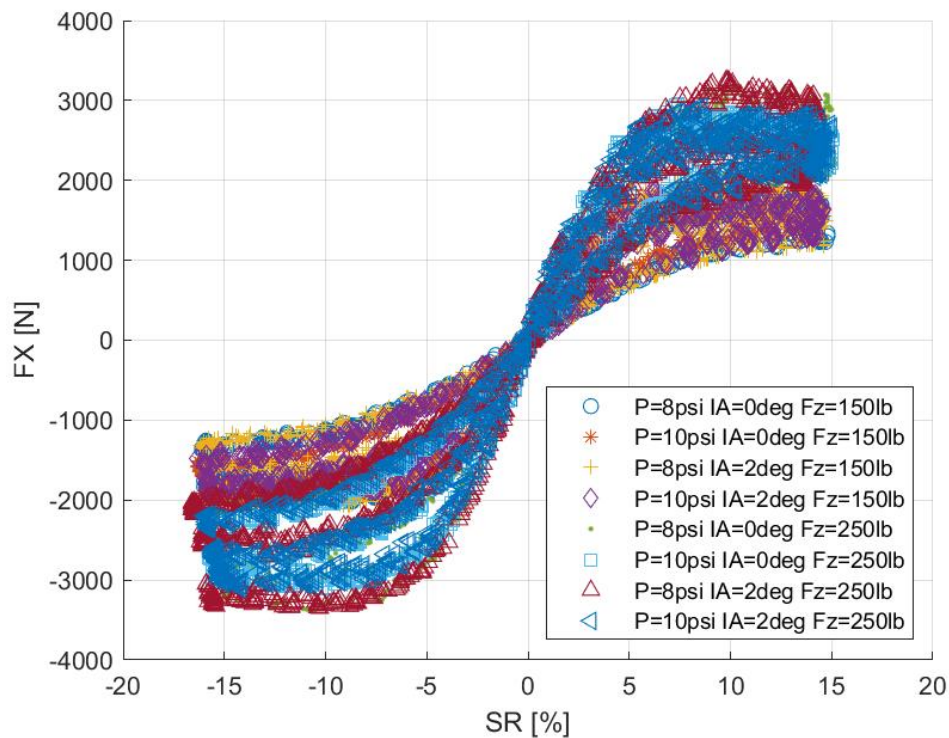
Διάγραμμα 7.85: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber



Διάγραμμα 7.86: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

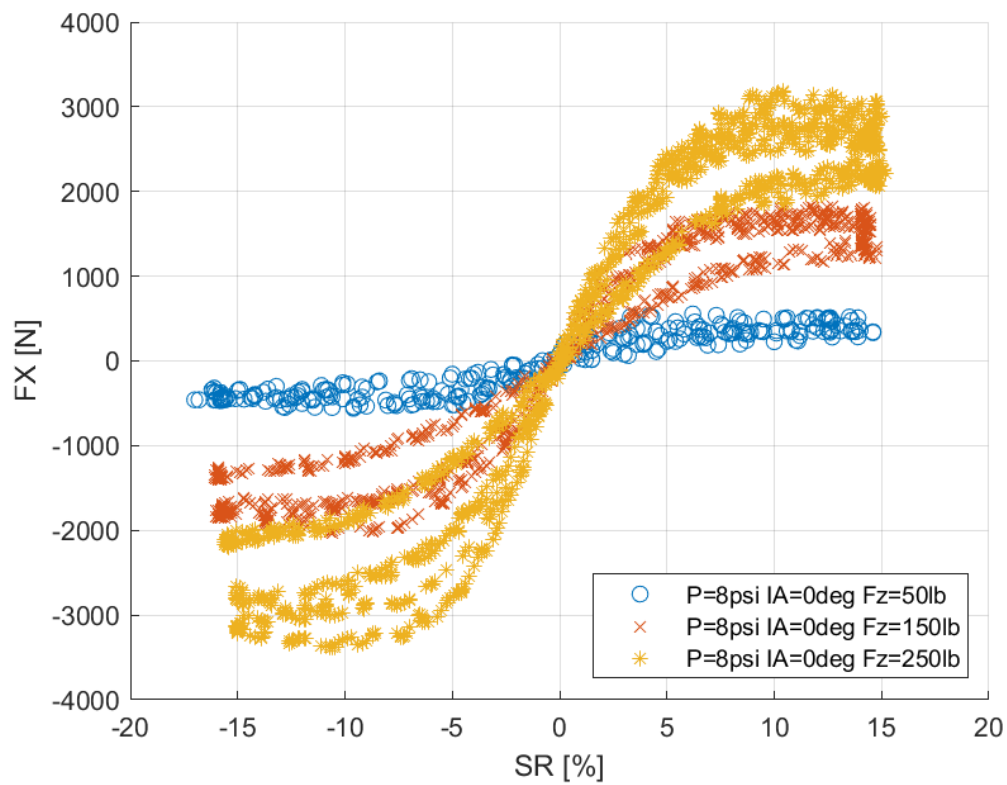
Η κανονικοποιημένη εγκάρσια δύναμη του ελαστικού εντοπίζεται για θερμοκρασίες από 50°C έως περίπου 70°C.

7.1.4.6 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης

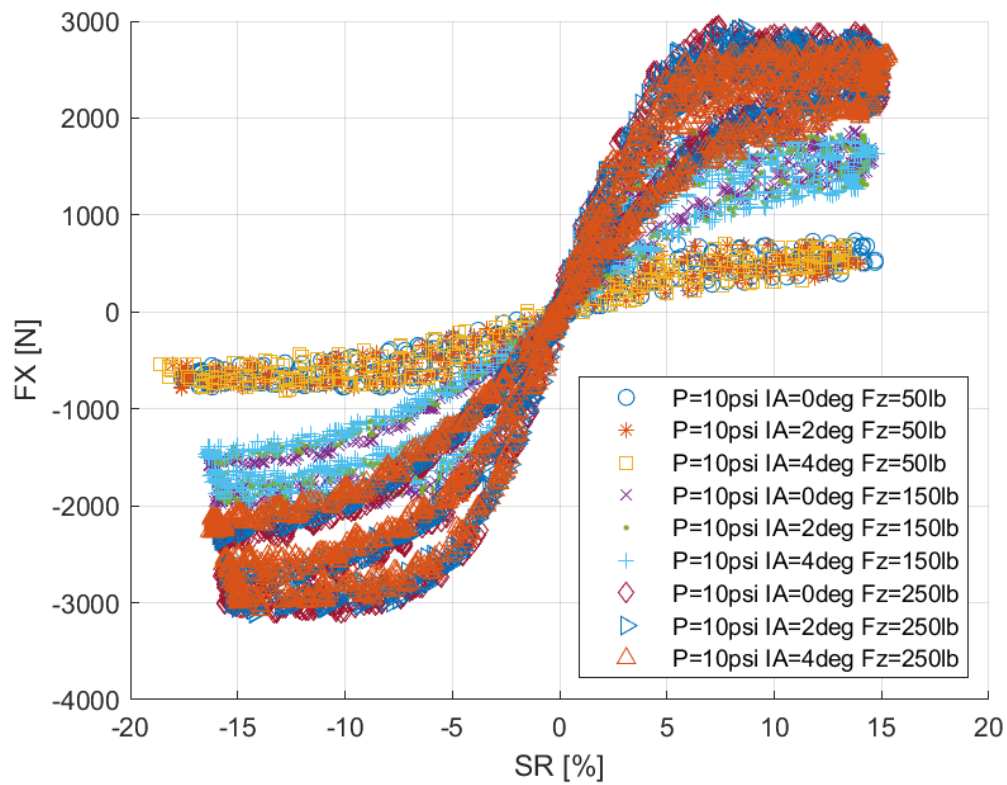


Διάγραμμα 7.87: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού

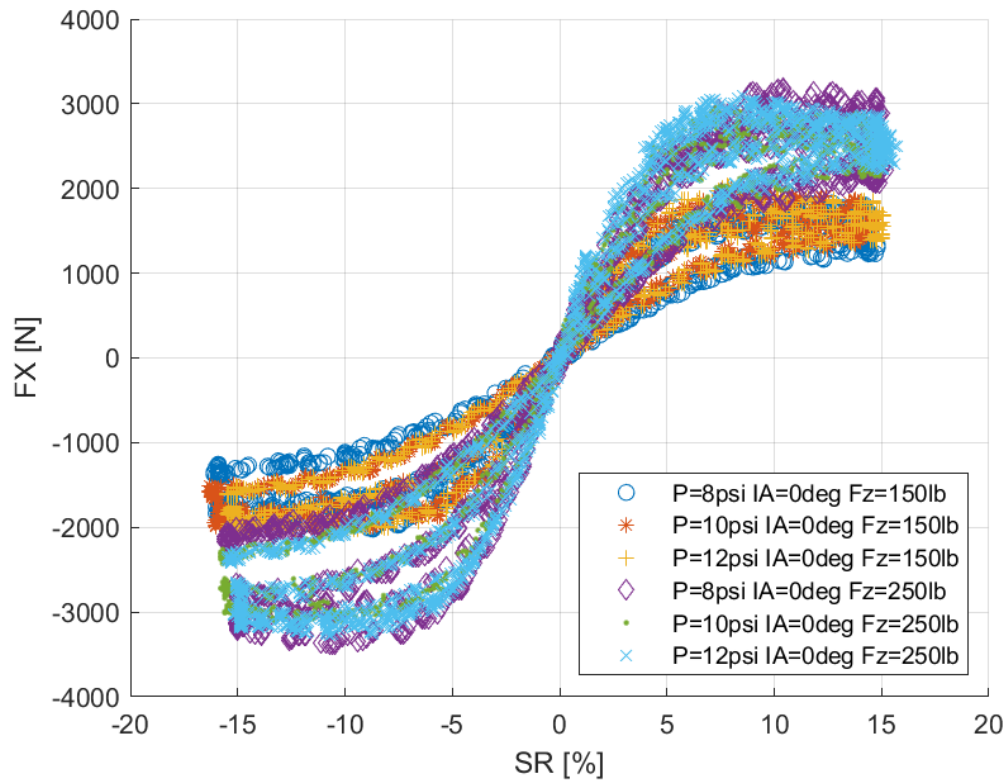
Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.88: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.89: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

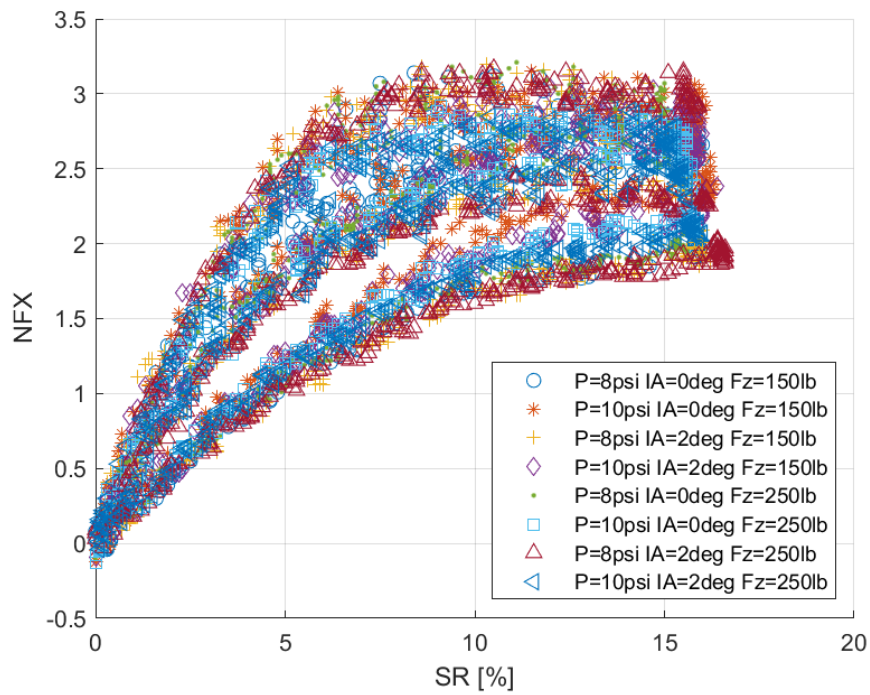


Διάγραμμα 7.90: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

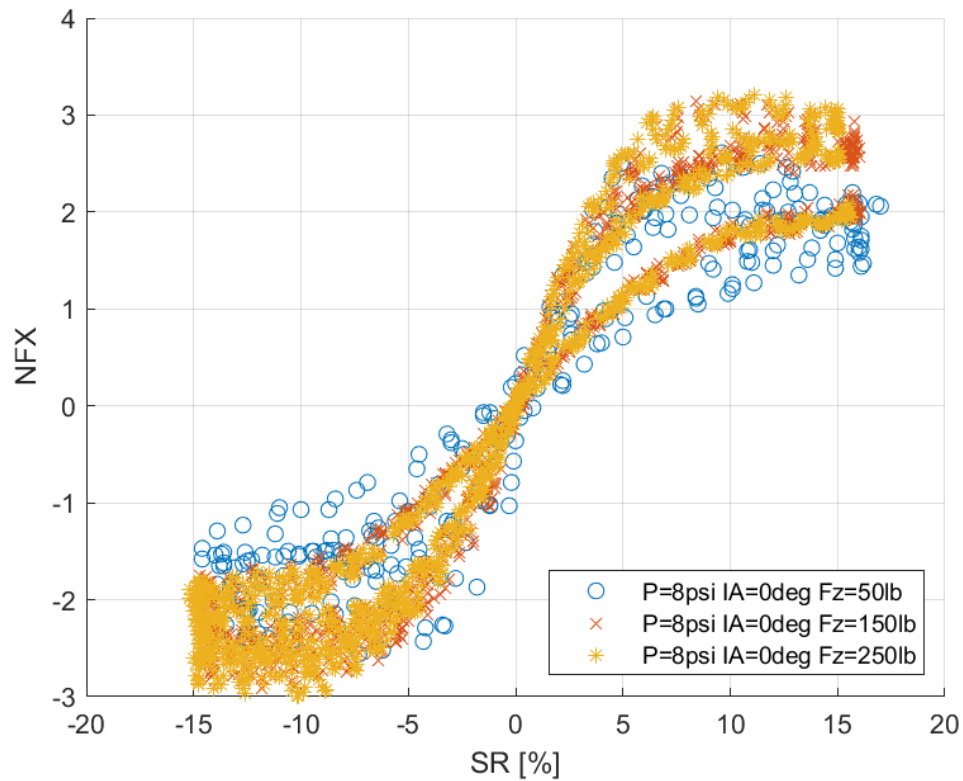
Η καμπύλη ανεξαρτήτως δυναδρασμού παρουσιάζει μέγιστο για περίπου 10% λόγου ολίσθησης.

Κεφάλαιο 7

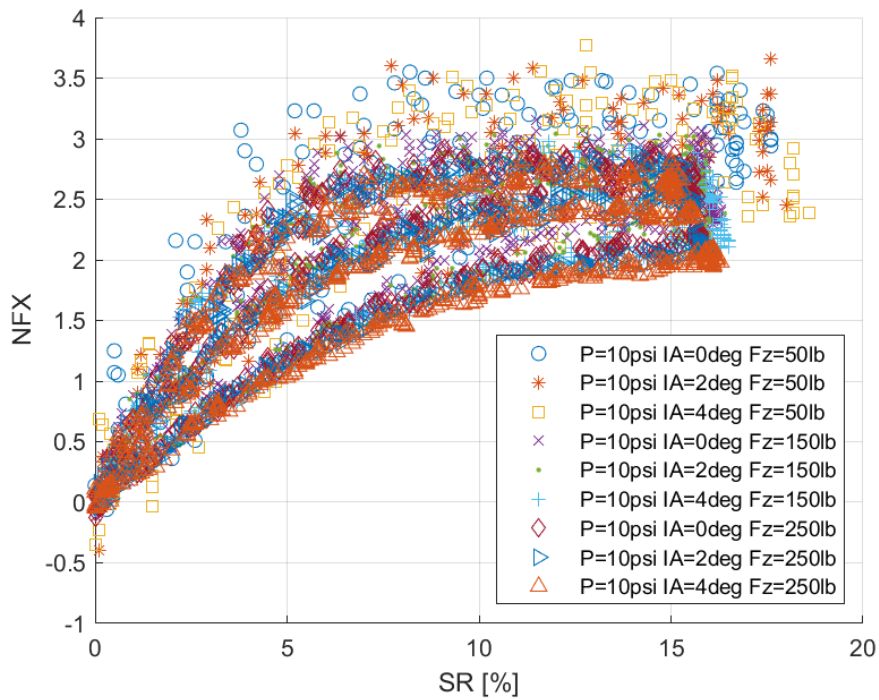
7.1.4.7 Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκους Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης



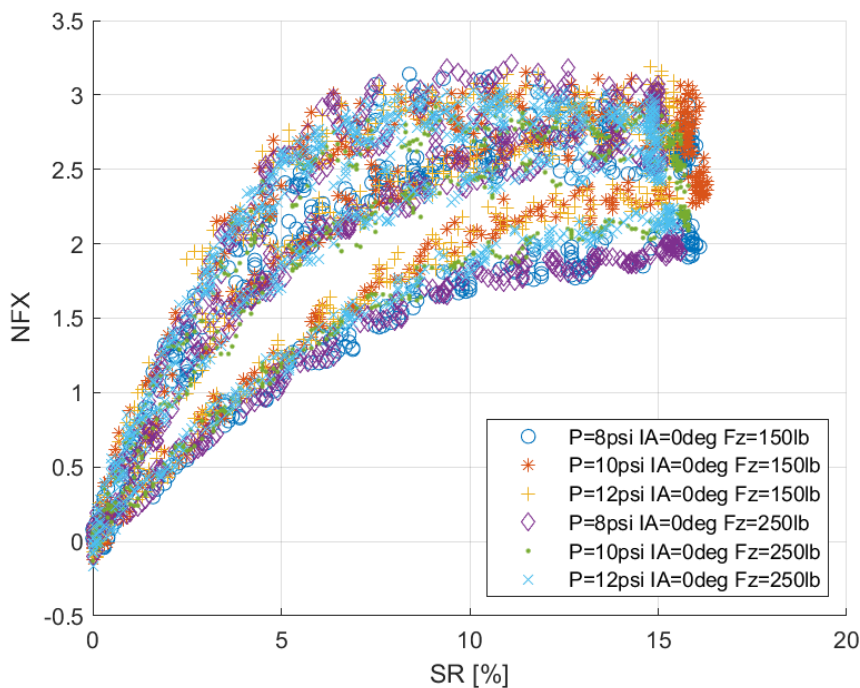
Διάγραμμα 7.91: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεσι του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού



Διάγραμμα 7.92: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεσι του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.93: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεσι του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

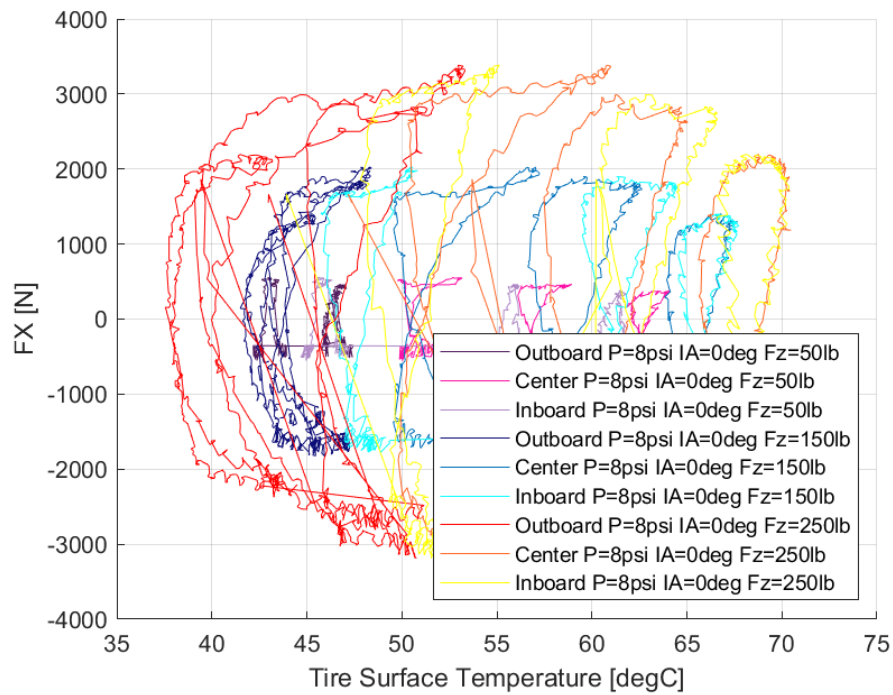


Διάγραμμα 7.94: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεσι του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

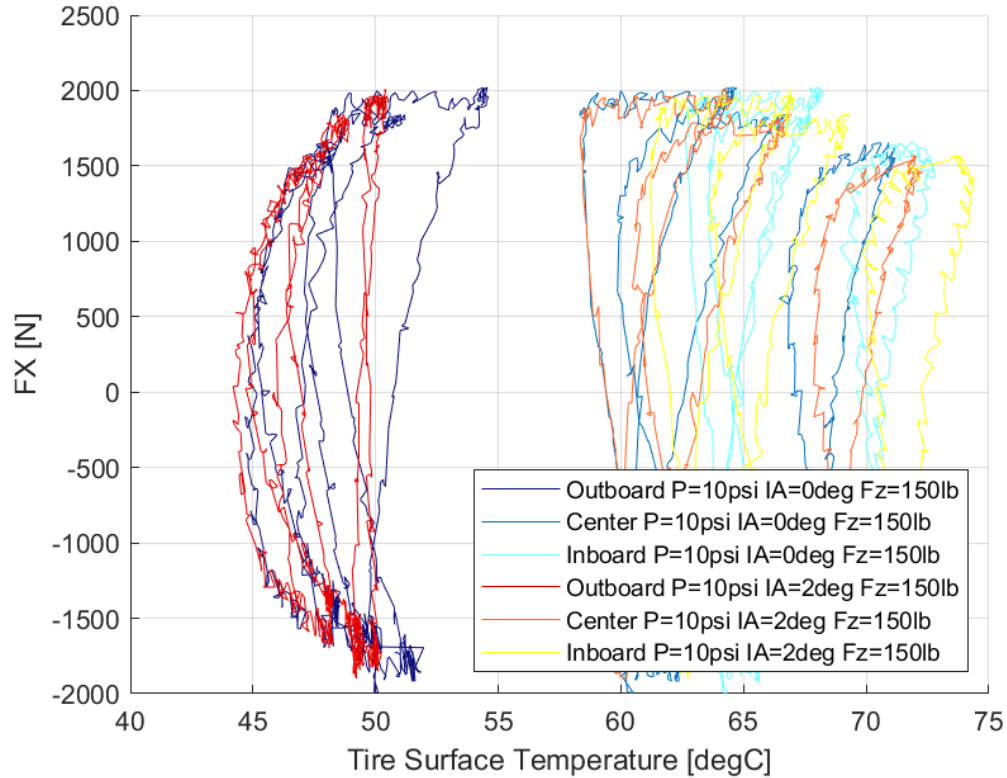
Παρατηρείται η ύπαρξη δύο γραμμών για κάθε καμπύλη, κάτι που οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας του ελαστικού μεταξύ των δοκιμών. Ακόμη, παρατηρείται μικρή επίδραση για μεγάλες τιμές της γωνίας κλίσης του τροχού, ενώ η καμπύλες παρουσιάζουν μέγιστο για περίπου 10% του λόγου ολίσθησης.

Κεφάλαιο 7

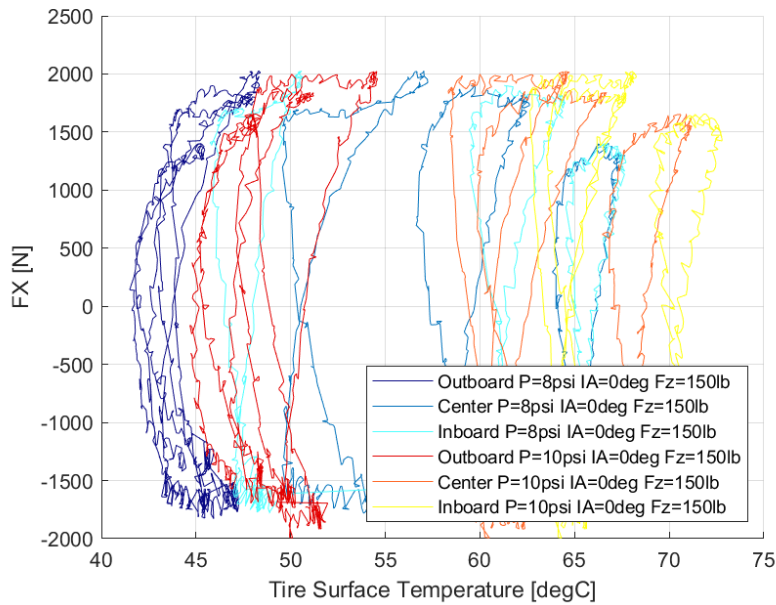
7.1.4.8 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Θέρμοκραςίας Ελαστικού



Διάγραμμα 7.95: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει της Θέρμοκραςίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



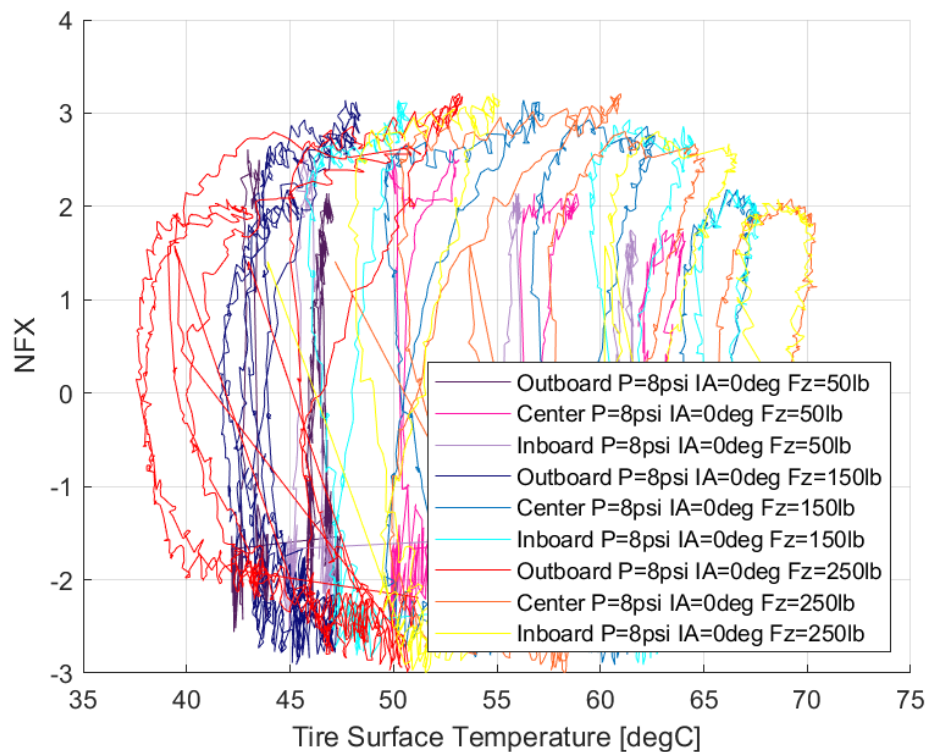
Διάγραμμα 7.96: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει της Θέρμοκραςίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber



Διάγραμμα 7.97: Διαμήκης Δύναμη Συνάρτησει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

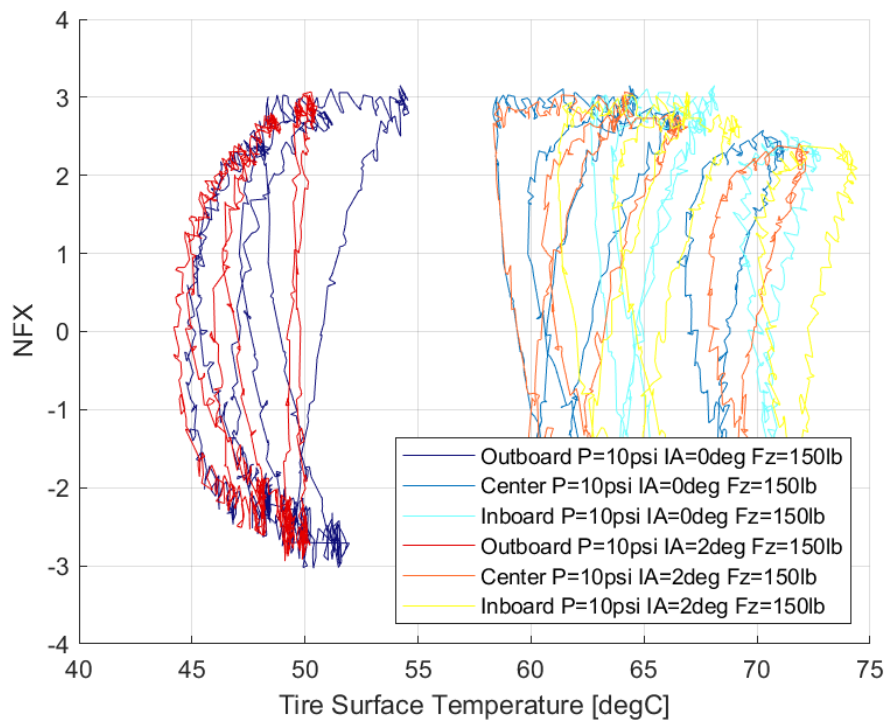
Το παράθυρο λειτουργίας του συγκεκριμένου ελαστικού εντοπίζεται από περίπου 45°C έως 70°C. Παρατηρούμε πως για μη μηδενική γωνία κλίσης τροχού για την εσωτερική πλευρά του ελαστικού το παράθυρο λειτουργίας «ανοίγει» για 45°C ενώ για τις υπόλοιπες πλευρές του ελαστικού ανοίγει για 60°C.

7.1.4.9 Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκουσ Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού

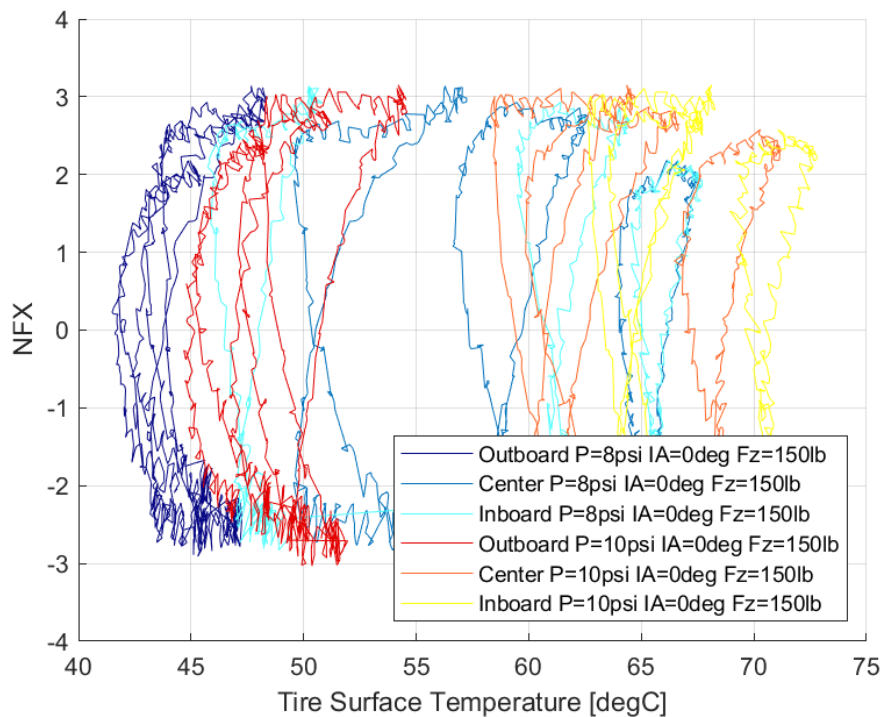


Διάγραμμα 7.98: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συνάρτησει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.99: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber



Διάγραμμα 7.100: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Η κανονικοποιημένη διαμήκης δύναμη λαμβάνει μέγιστη τιμή για θερμοκρασίες από 45°C έως και 70°C.

7.1.5 Goodyear 20.0x7.0-13 D2704

Οι μέγιστες τιμές των δυνάμεων και των ροπών που αναπτύχθηκαν κατά τη δοκιμή της στροφής εμπεριέχονται στον Πίνακα 6.7, ενώ για οι τιμές που προέκυψαν από τη δοκιμή επιτάχυνσης-πέδησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.8.

Πίνακας 7.7: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 από Δοκιμή Στροφής

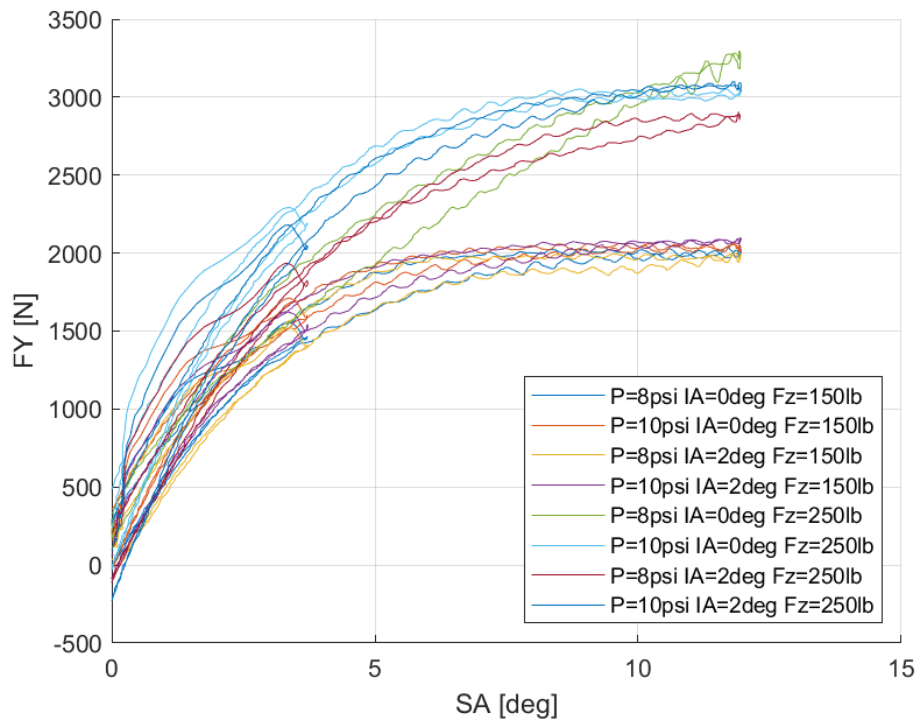
			Goodyear 20.0x7.0-13 D2704					
P (psi)	IA (deg)	FZ (lbs)	FY (N)	SA (deg)	NFY	SA (deg)	MZ (Nm)	SA (deg)
8	0	50	786,92	8,05	4,09	8,87	134,99	0,40
		150	2037,33	11,73	3,14	11,85	150,26	0,40
		250	3294,60	11,94	2,23	11,87	139,34	5,51
	2	50	792,46	8,89	3,88	8,40	130,40	0,39
		150	2001,73	11,84	3,13	11,81	154,18	0,41
		250	2903,65	11,91	2,72	11,91	178,88	0,39
	4	50	737,24	10,10	3,34	8,71	128,97	0,43
		150	1929,49	11,93	3,01	11,85	156,24	0,39
		250	2855,35	11,32	2,65	11,88	192,32	0,39
10	0	50	717,92	7,74	3,35	8,08	134,81	0,40
		150	2062,03	11,81	3,11	11,86	152,80	0,39
		250	3052,80	11,68	2,76	9,23	175,66	0,39
	2	50	788,84	8,56	3,55	7,35	132,81	0,38
		150	2096,20	11,95	3,20	11,88	154,07	0,41
		250	3098,87	11,84	2,85	10,76	182,28	0,39
	4	50	737,75	7,75	3,20	8,28	129,90	0,40
		150	1975,79	11,56	3,02	10,92	151,86	0,40
		250	3008,54	11,67	2,74	11,86	187,85	0,41

Κεφάλαιο 7

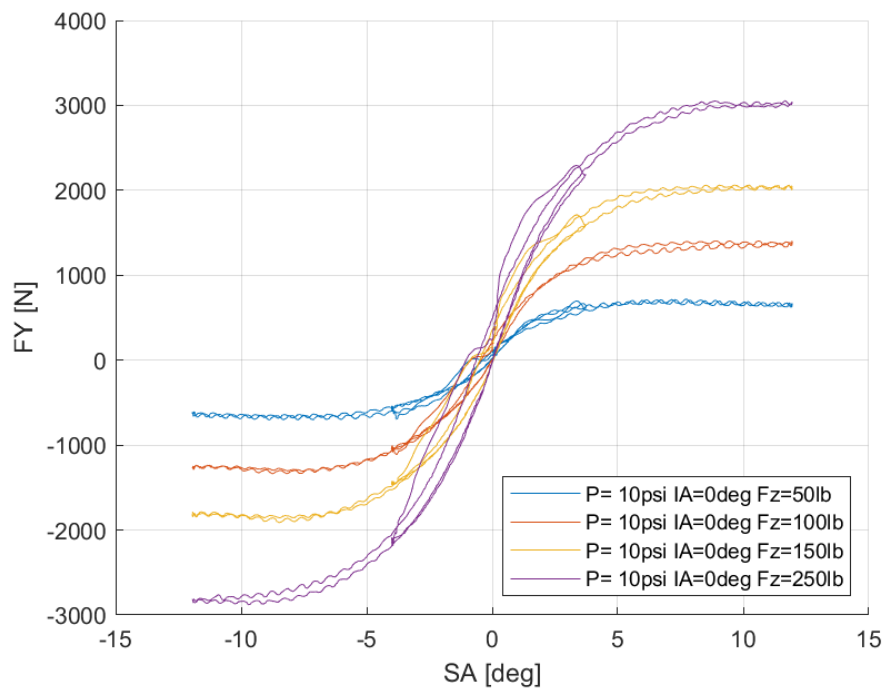
Πίνακας 7.8: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 από Δοκιμή Επιτάχυνσης-Πέδησης

			Goodyear 20.0x7.0-13 D2704					
P (psi)	IA (deg)	FZ (lbs)	FX (N)	SR (%)	NFX	SR (%)	MX (Nm)	SR (%)
8	0	50	437,65	0,1226	1,9776	0,1226	29,56	0,1476
		150	1539,17	0,1733	2,3014	0,1555	30,38	0,1816
		250	2923,48	0,088	2,6413	0,088	29,73	0,1515
	2	50	442,88	0,1247	2,0011	0,1247	30,69	0,1874
		150	1497,33	0,1686	2,237	0,1686	30,21	0,1793
		250	2738	0,0984	2,4602	0,0984	30,19	0,1811
	4	50	507,39	0,0929	2,2803	0,1065	30,42	0,1792
		150	1606,44	0,1023	2,4054	0,1213	30,12	0,1758
		250	3176,5	0,1261	2,8494	0,1261	30,38	0,1894
10	0	50	435,13	0,1273	1,9628	0,1273	30,66	0,1736
		150	1462,13	0,1072	2,192	0,1072	30,29	0,1725
		250	2708,44	0,0937	2,4285	0,0937	30,25	0,1808
	2	50	446,94	0,1223	2,0063	0,1223	30,58	0,1736
		150	1463,12	0,1144	2,1959	0,1144	30,13	0,1698
		250	2595,65	0,1341	2,3446	0,1341	30,24	0,1743
	4	50	453,64	0,1611	2,0466	0,1611	30,46	0,1764
		150	1563,5	0,1199	2,3529	0,1199	30,23	0,1775
		250	2740,13	0,1057	2,4595	0,1057	30,23	0,1834

7.1.5.1 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης

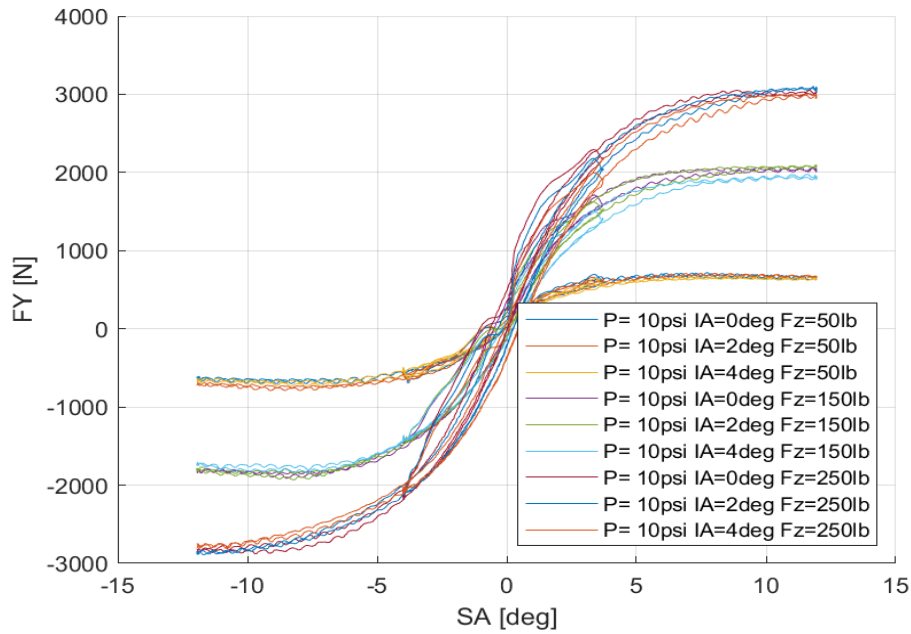


Διάγραμμα 7.101: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πίεση Ελαστικού

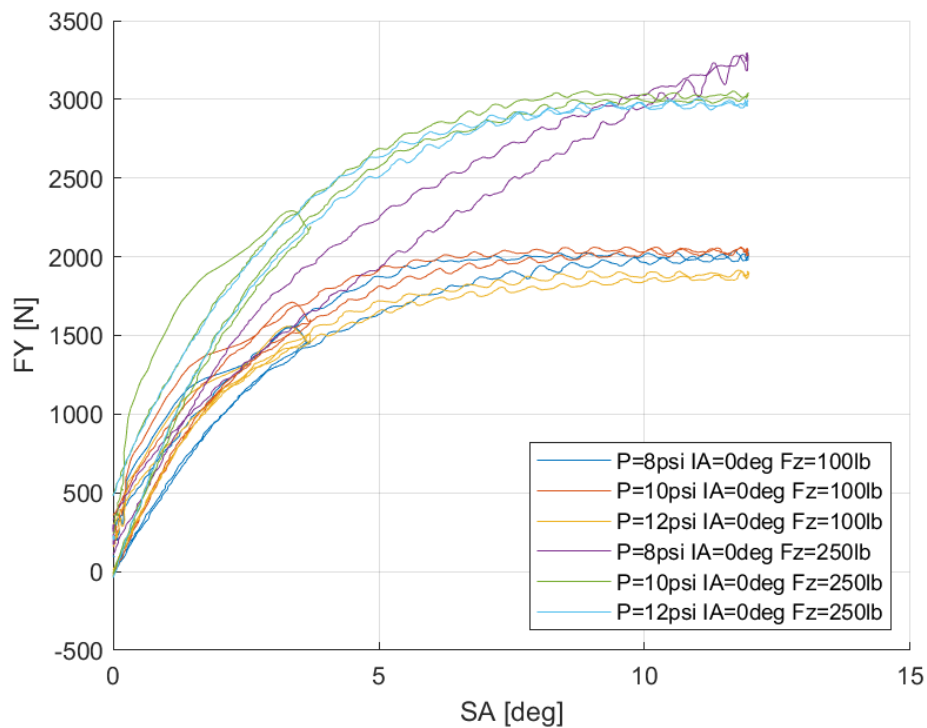


Διάγραμμα 7.102: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

Κεφάλαιο 7



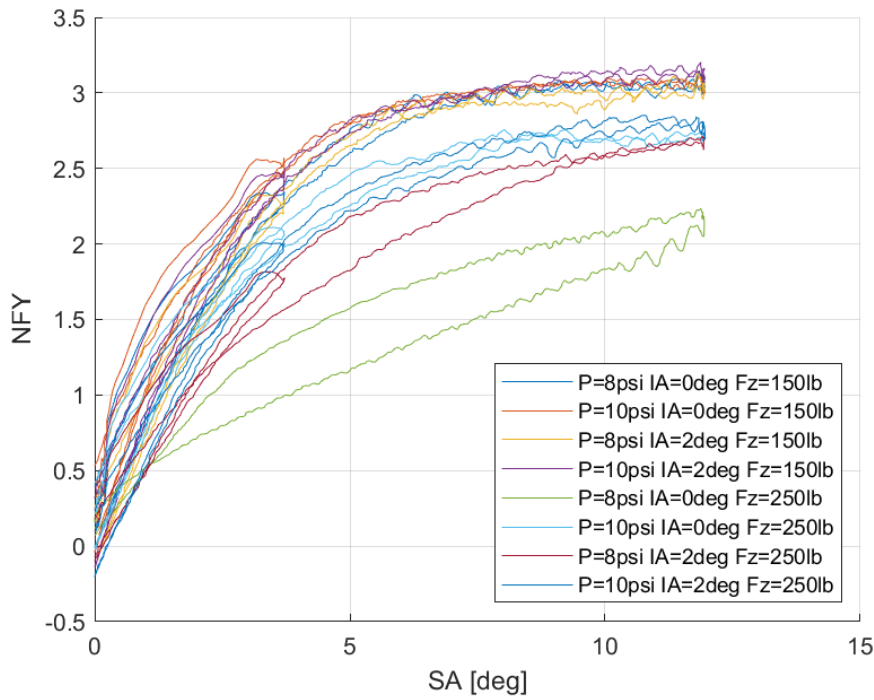
Διάγραμμα 7.103: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber



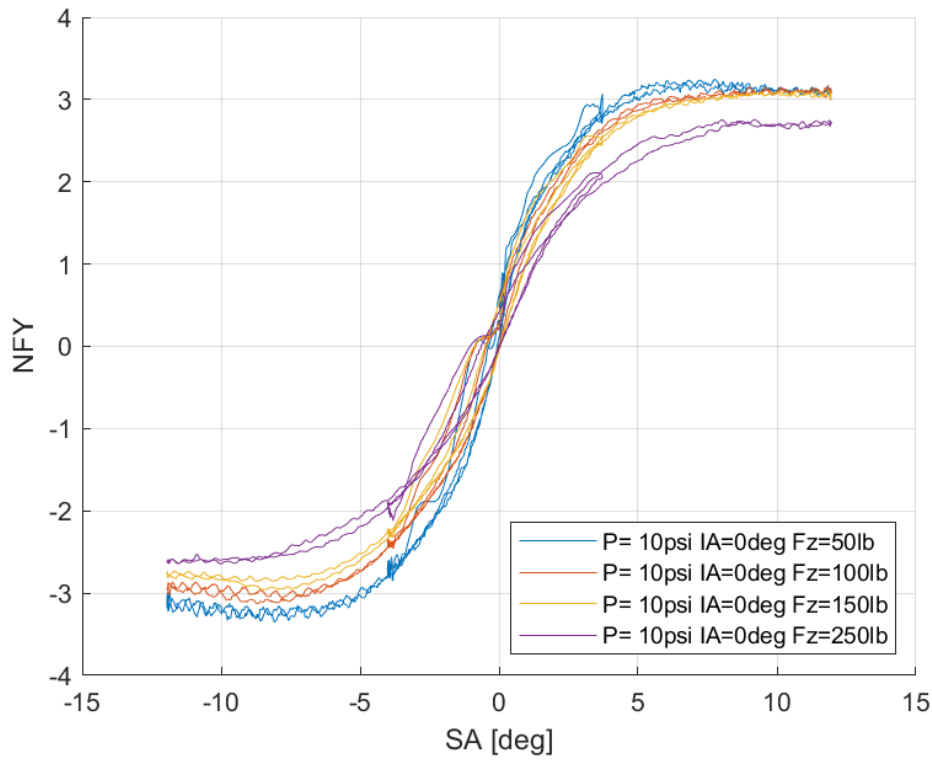
Διάγραμμα 7.104: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

Το συγκεκριμένο ελαστικό της Goodyear, παρουσιάζει μέγιστο για όλες τις καμπύλες για γωνία ολίσθησης περίπου 11° . Ακόμη παρατηρείται μικρή επιρροή της γωνίας κλίσης του τροχού για μεγάλες τιμές της. Αντίθετα η πίεση του ελαστικού έχει μικρή επιρροή στην παραγόμενη εγκάρσια δύναμη για μικρές τιμές.

7.1.5.2 Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης

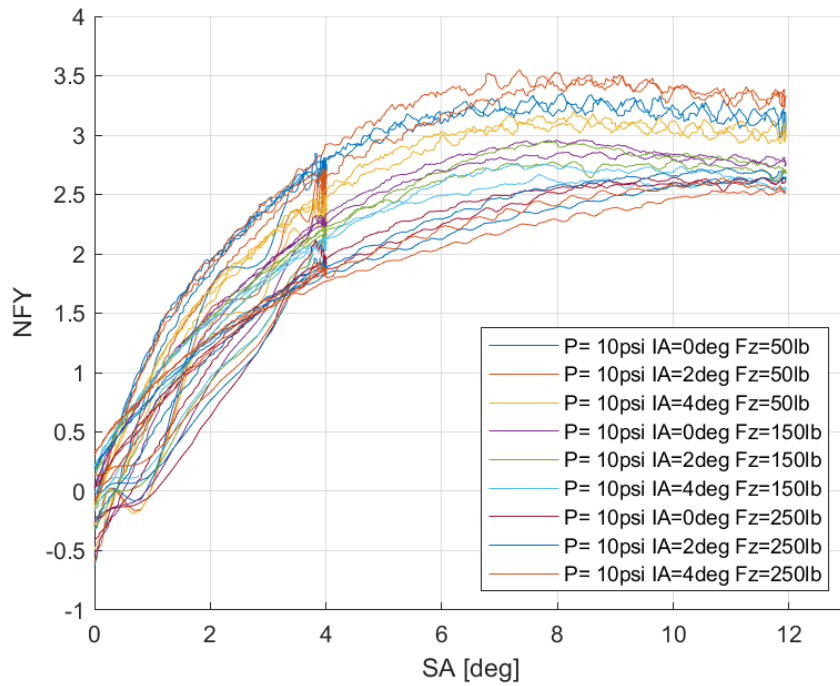


Διάγραμμα 7.105: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού

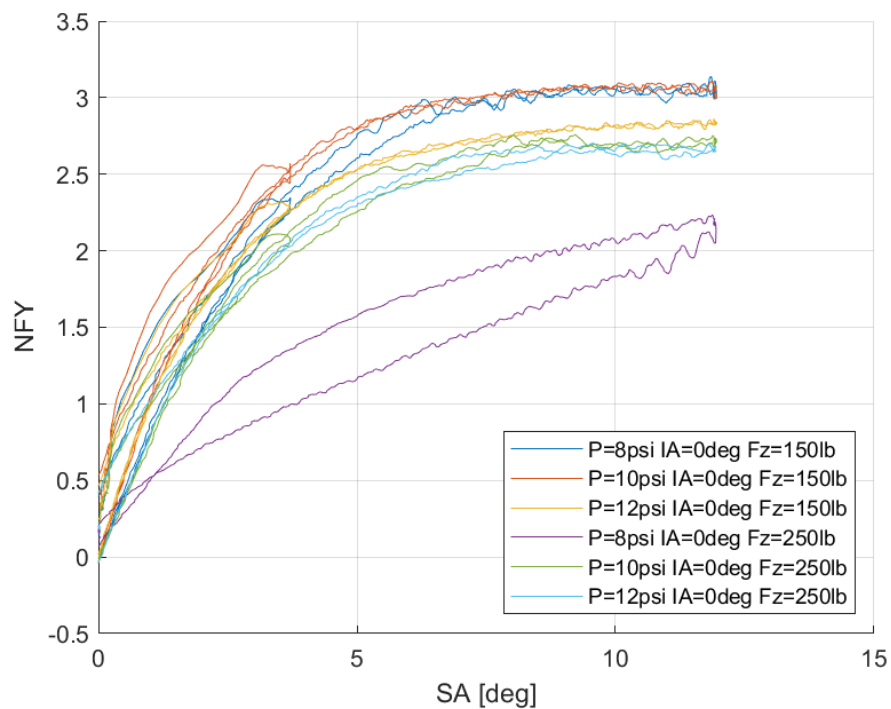


Διάγραμμα 7.106: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

Κεφάλαιο 7



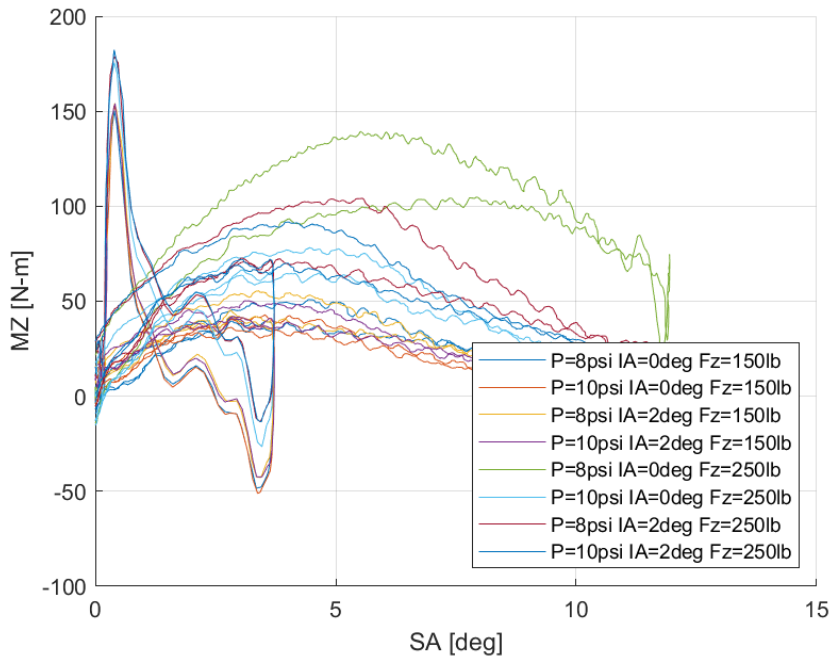
Διάγραμμα 7.107: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber



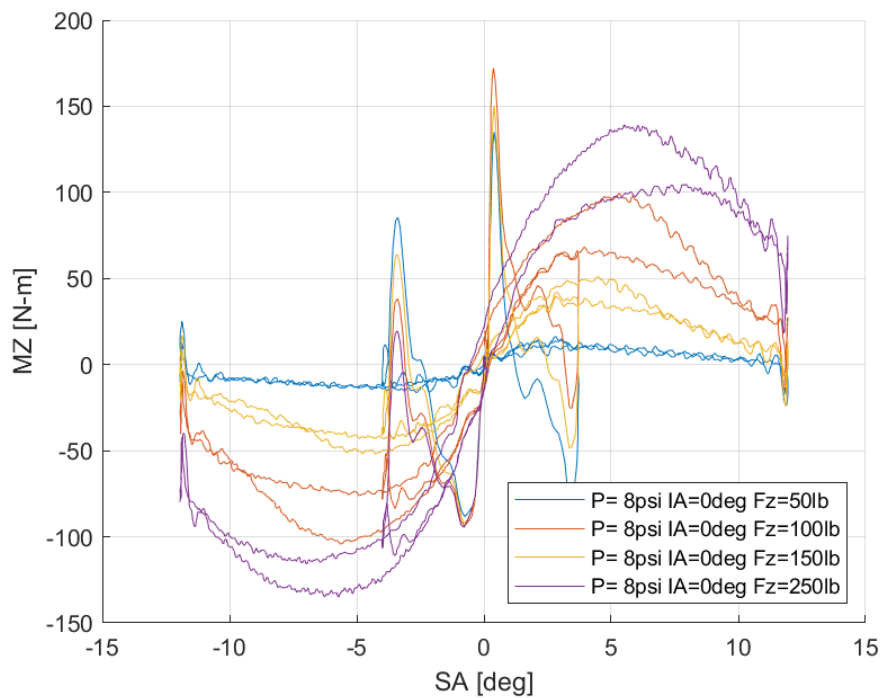
Διάγραμμα 7.108: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

Η καμπύλη της κανονικοποιημένης εγκάρσιας δύναμης παρουσιάζει μέγιστο για περίπου 11° γωνίας ολίσθησης, ενώ έχει την ίδια με την καμπύλη της εγκάρσιας δύναμης για την επιρροή της γωνία κλίσης του τροχού και της πίεσης του ελαστικού.

7.1.5.3 Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης

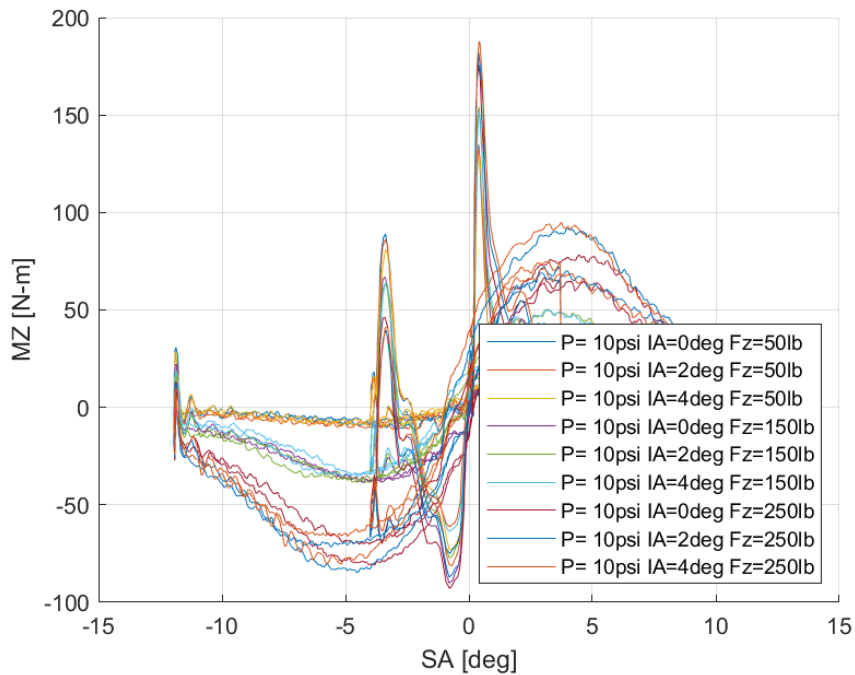


Διάγραμμα 7.109: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού

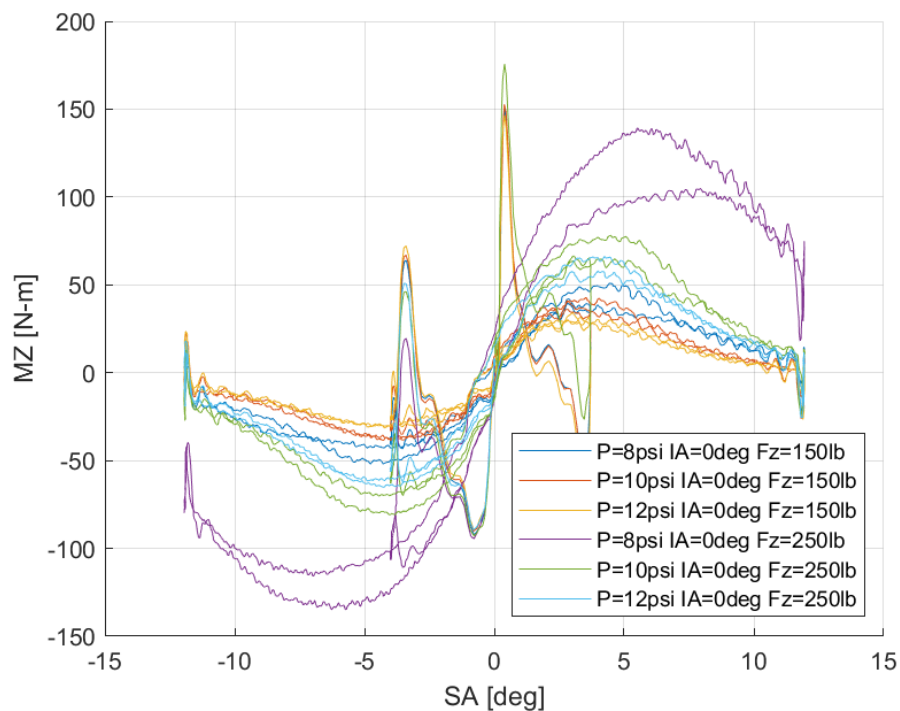


Διάγραμμα 7.110: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

Κεφάλαιο 7



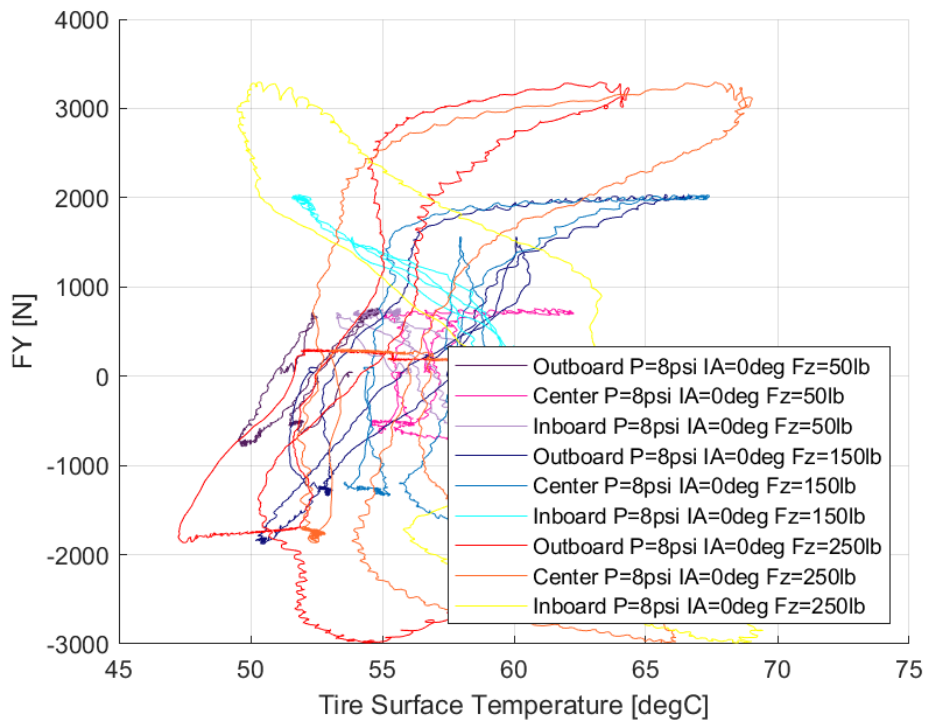
Διάγραμμα 7.111: Ροπή Ευθυγράμμισης Συνάρτησι της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber



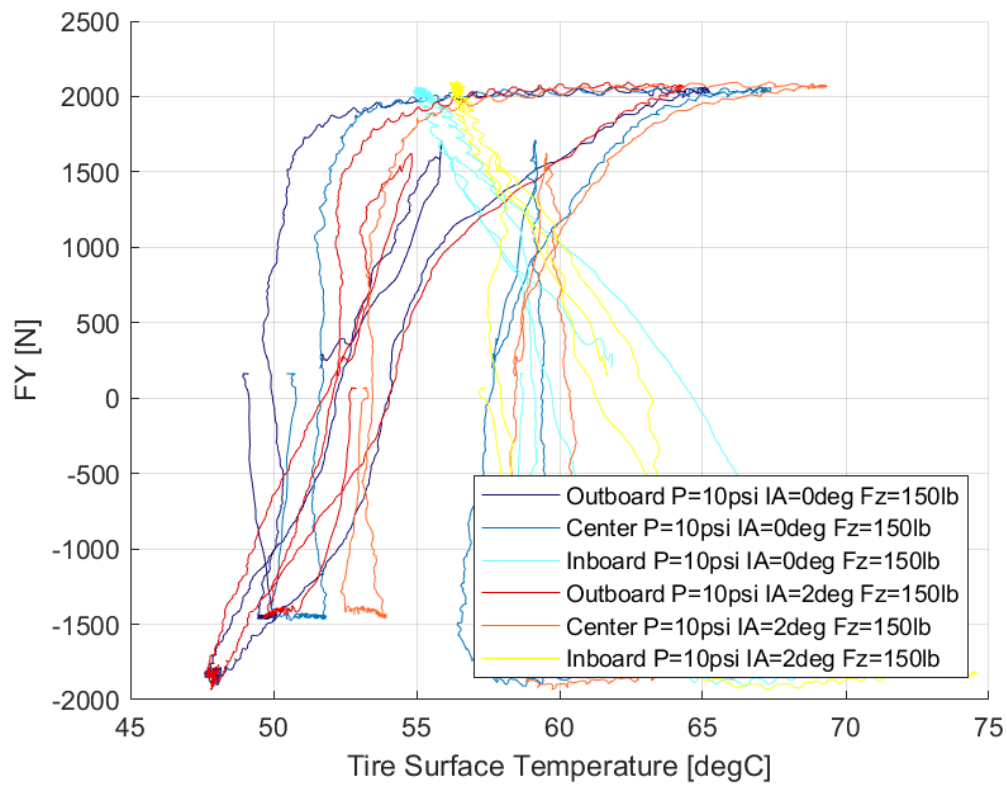
Διάγραμμα 7.112: Ροπή Ευθυγράμμισης Συνάρτησι της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Τα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζουν μέγιστο για γωνία ολίσθησης περίπου 4° . Ωστόσο παρατηρούμε πως για μεγάλες τιμές κάθετου φορτίου, παρουσιάζεται μέγιστο για περίπου 5° . Συνεπώς, δίνεται το περιθώριο 7° ή 6° , ανάλογα με το κάθετο φορτίο που ασκείται, για την πραγματική απώλεια πρόσφυσης.

7.1.5.4 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού

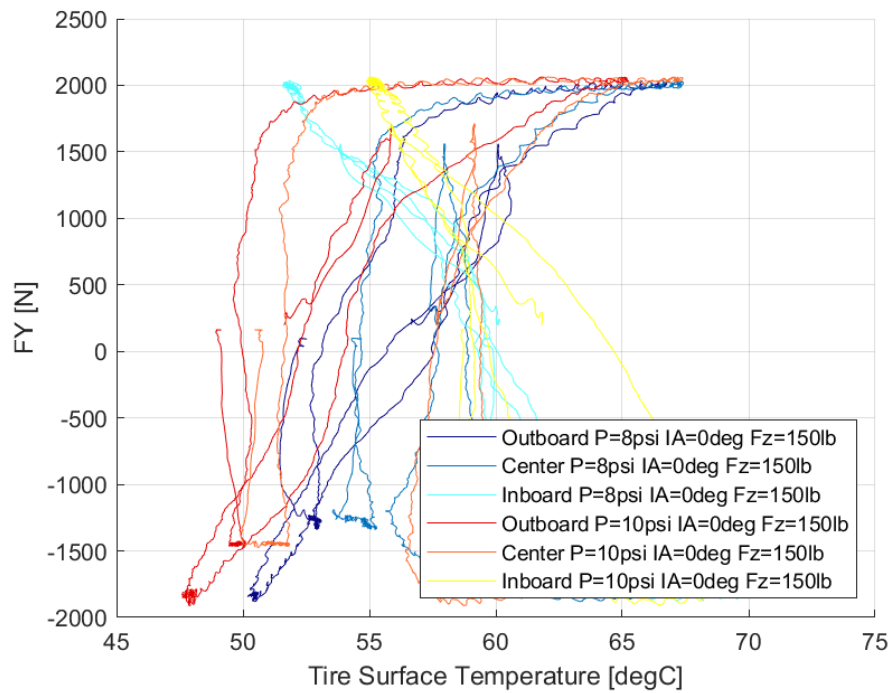


Διάγραμμα 7.113: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.114: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber

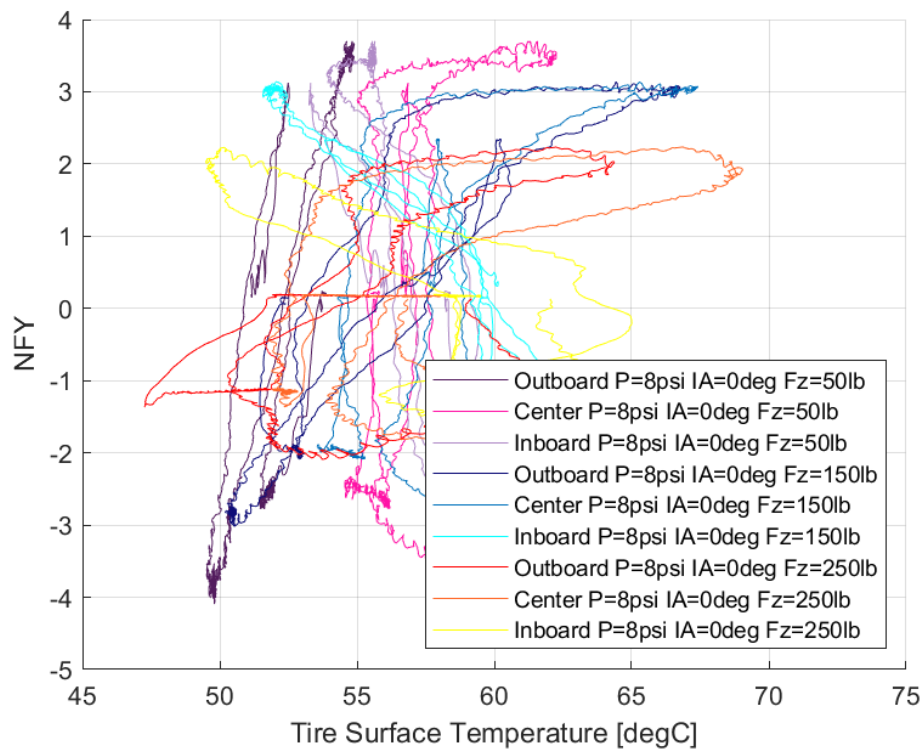
Κεφάλαιο 7



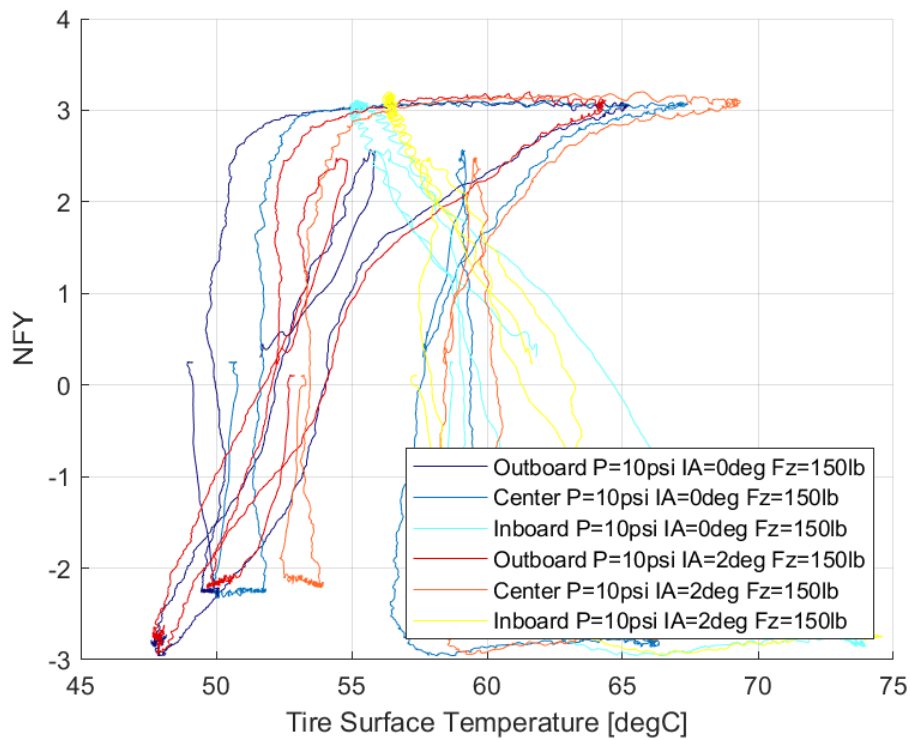
Διάγραμμα 7.115: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεϊ της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Το παράθυρο λειτουργίας για το ελαστικό εντοπίζεται από 50°C έως 70°C, ενώ σε όλο το διάστημα του παραθύρου η εγκάρσια δύναμη λαμβάνει μέγιστες τιμές.

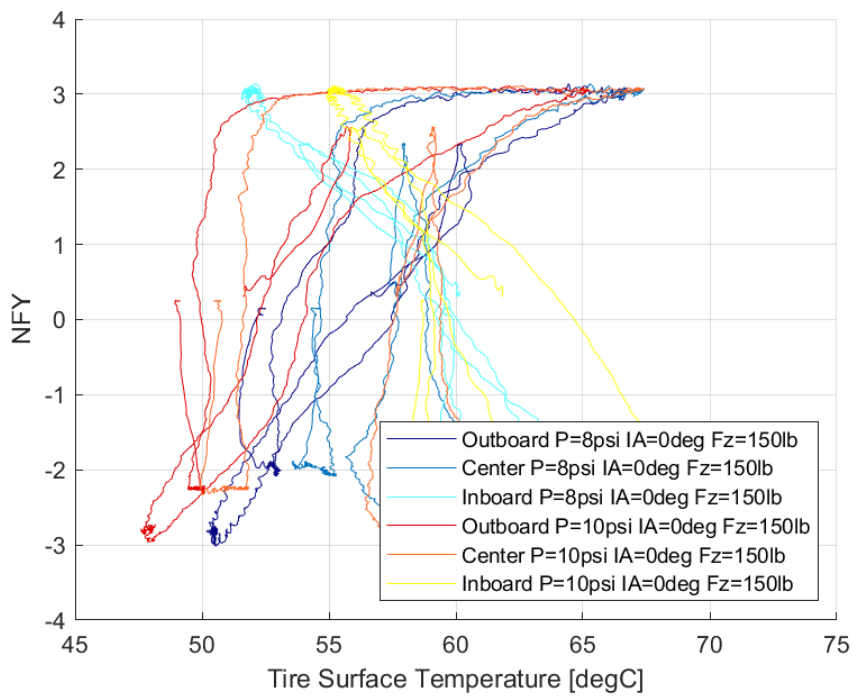
7.1.5.5 Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού



Διάγραμμα 7.116: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεϊ της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.117: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber

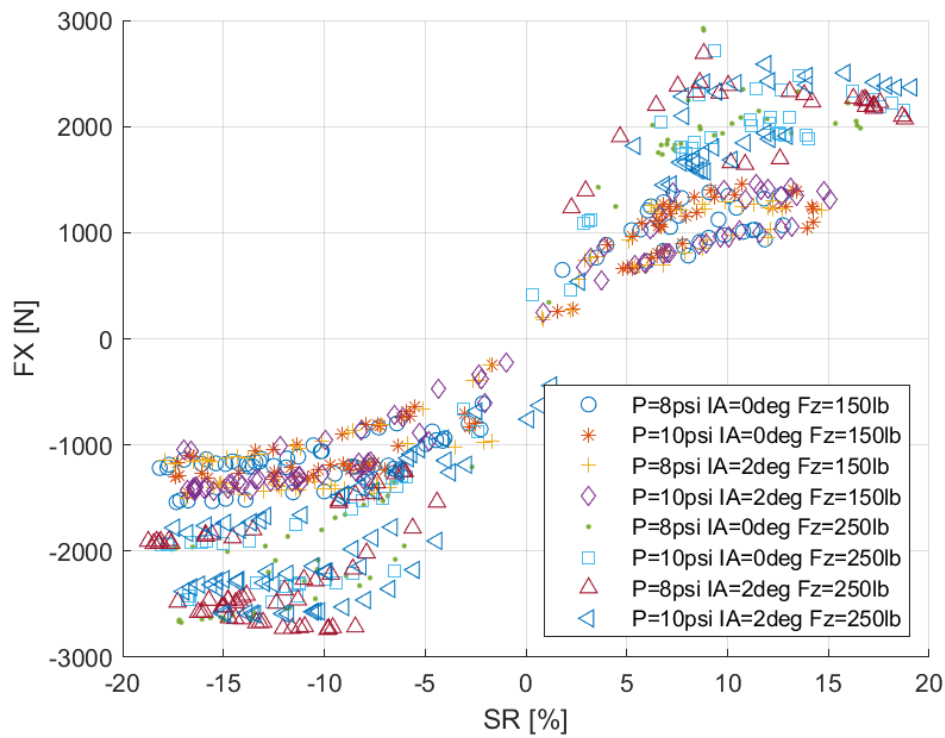


Διάγραμμα 7.118: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

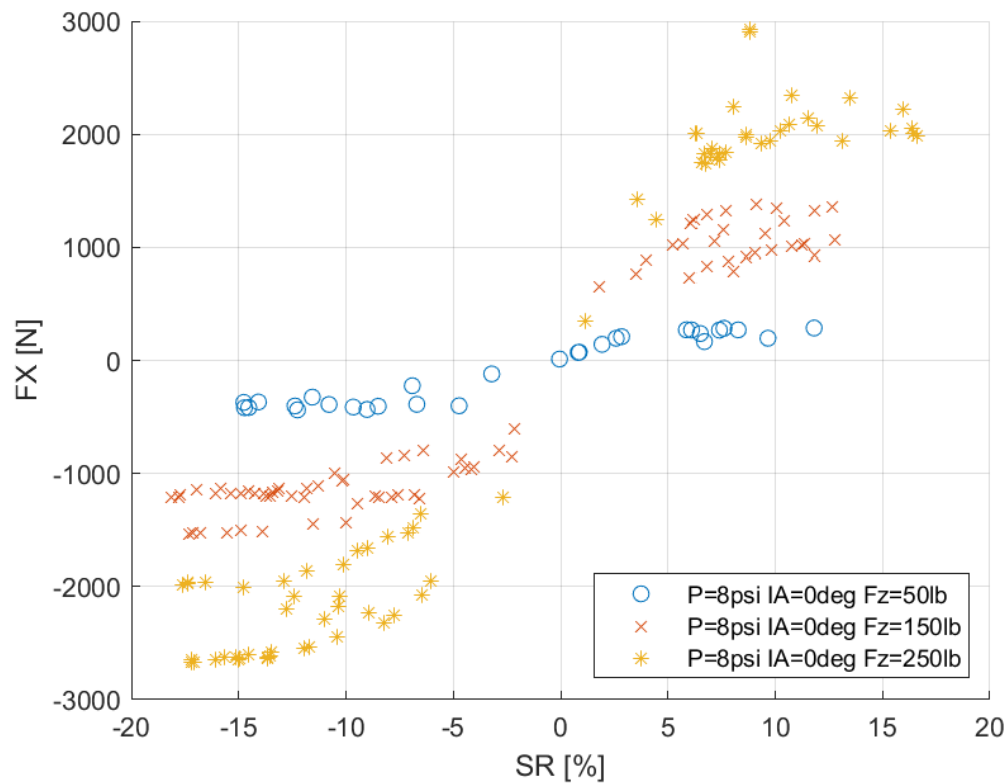
Η κανονικοποιημένη εγκάρσια δύναμη του ελαστικού παράγεται για θερμοκρασίες από 50°C έως 70°C.

Κεφάλαιο 7

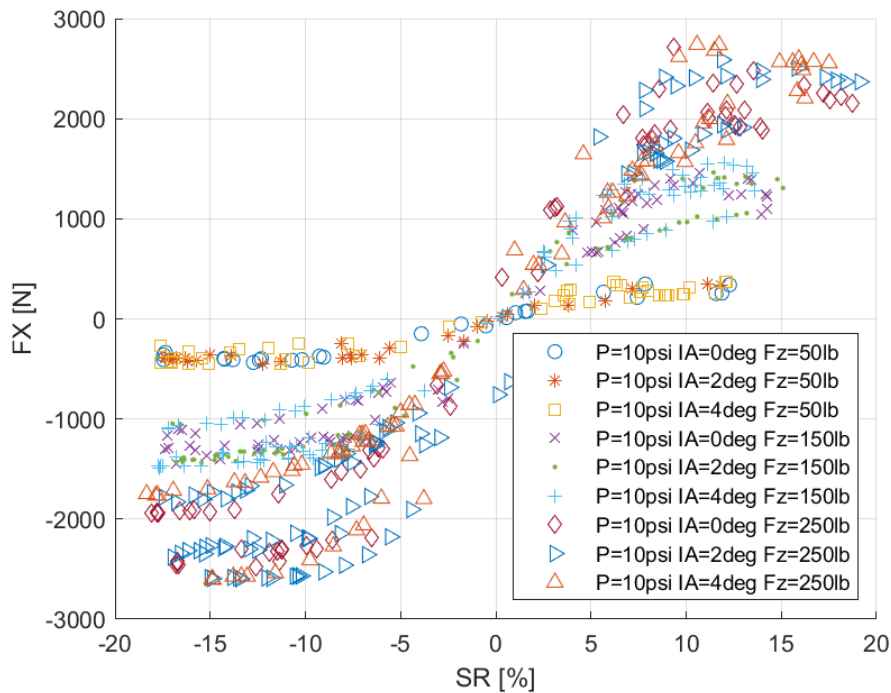
7.1.5.6 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης



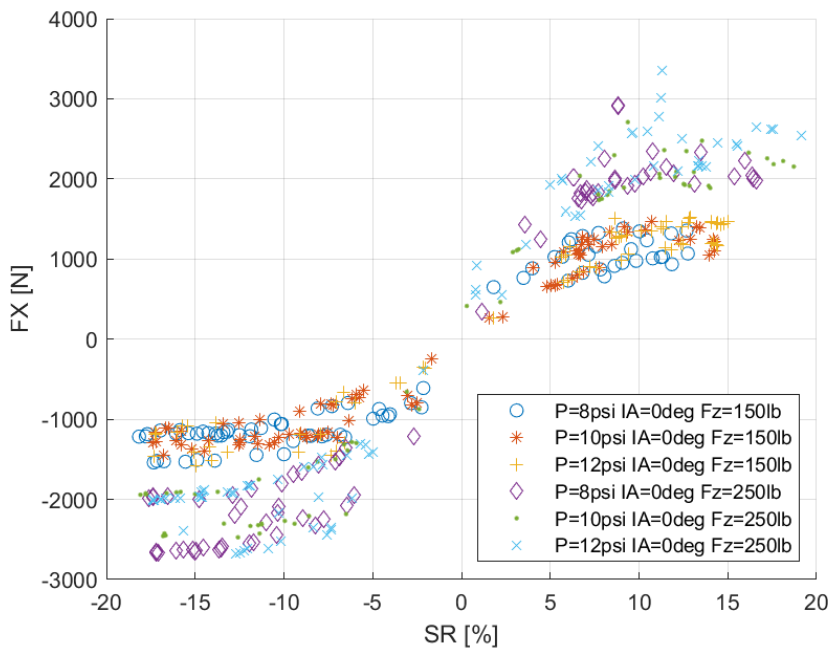
Διάγραμμα 7.119: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία *Camber* και Πιέσσεισ Ελαστικού



Διάγραμμα 7.120: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.121: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

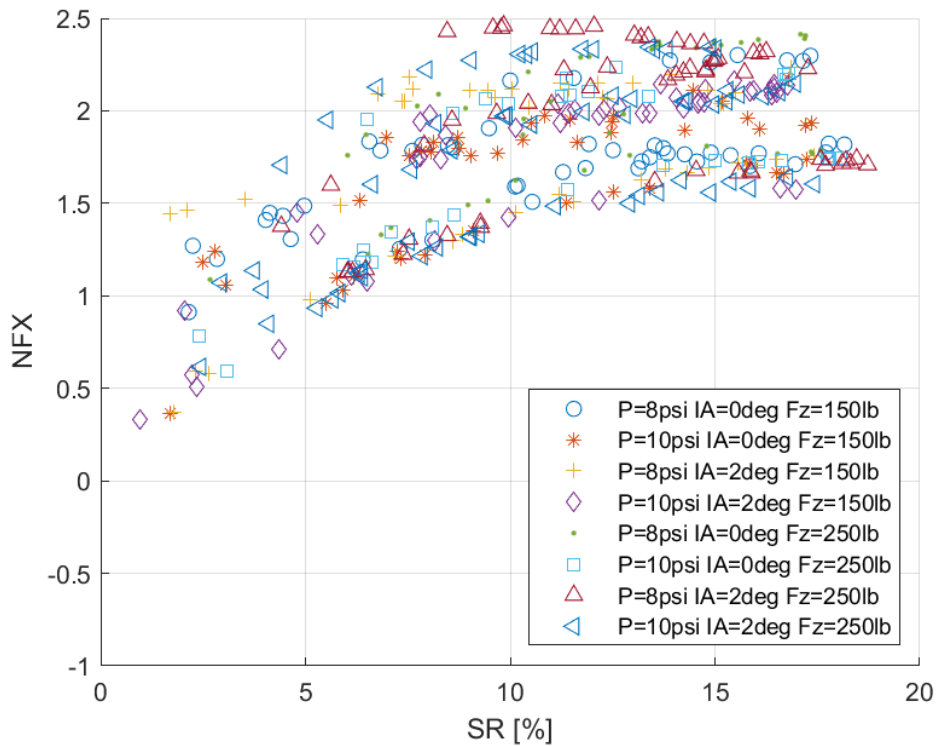


Διάγραμμα 7.122: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

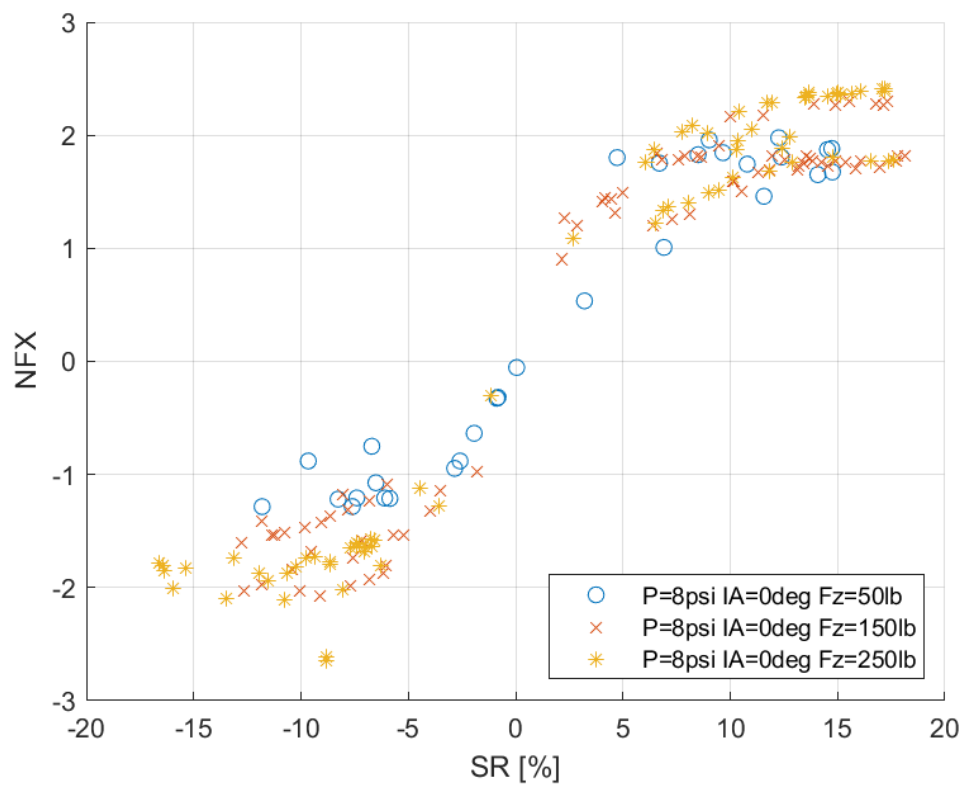
Στη δημιουργία των διαγράμματος χρησιμοποιήθηκαν σημεία ώστε να είναι πιο ευανάγνωστο, λόγω της μεγάλης διασποράς των δεδομένων που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια του περιπάτου. Παρατηρείται εμφάνιση μέγιστης τιμής για λόγο ολίσθησης 12%, ενώ για κάθε συνδυασμό η μέγιστη τιμή της διαμήκου δύναμης είναι μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες δυνάμεις των υπολοίπων ελαστικών. Επίσης, εντοπίζεται μικρή επιρροή της γωνίας κλίσης του τροχού σε μικρά κάθετα φορτία.

Κεφάλαιο 7

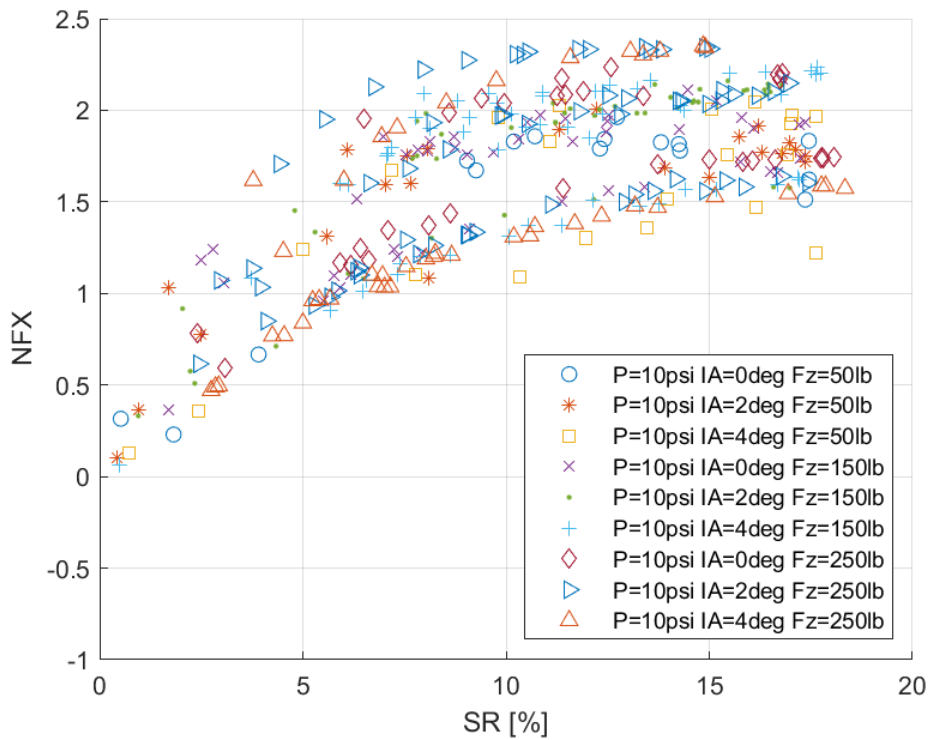
7.1.5.7 Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκουσ Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης



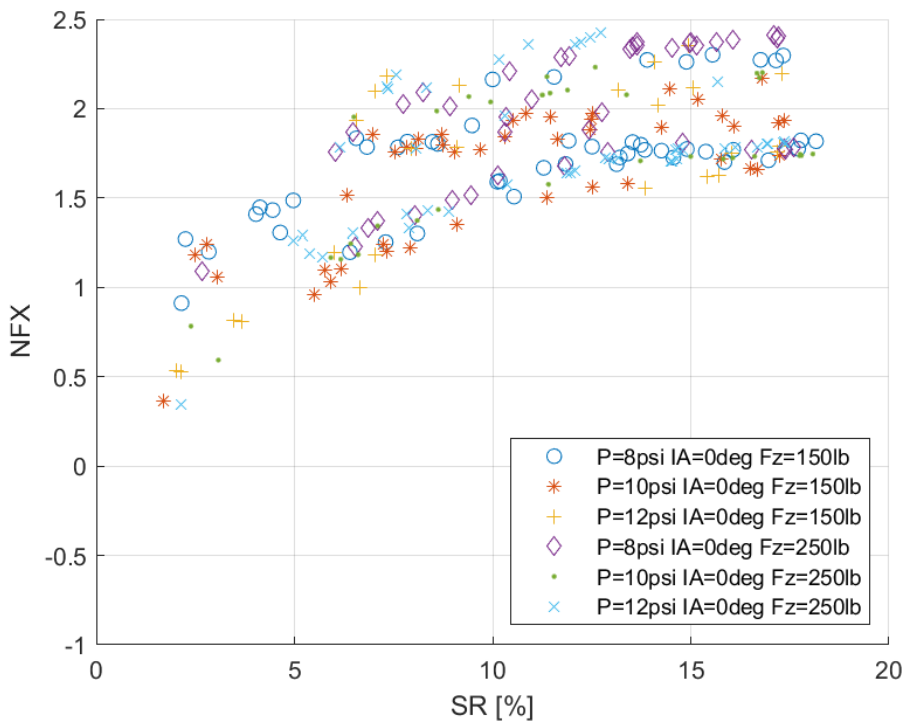
Διάγραμμα 7.123: Κανονικοποιημένη Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσεσ του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού



Διάγραμμα 7.124: Κανονικοποιημένη Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσεσ του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.125: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

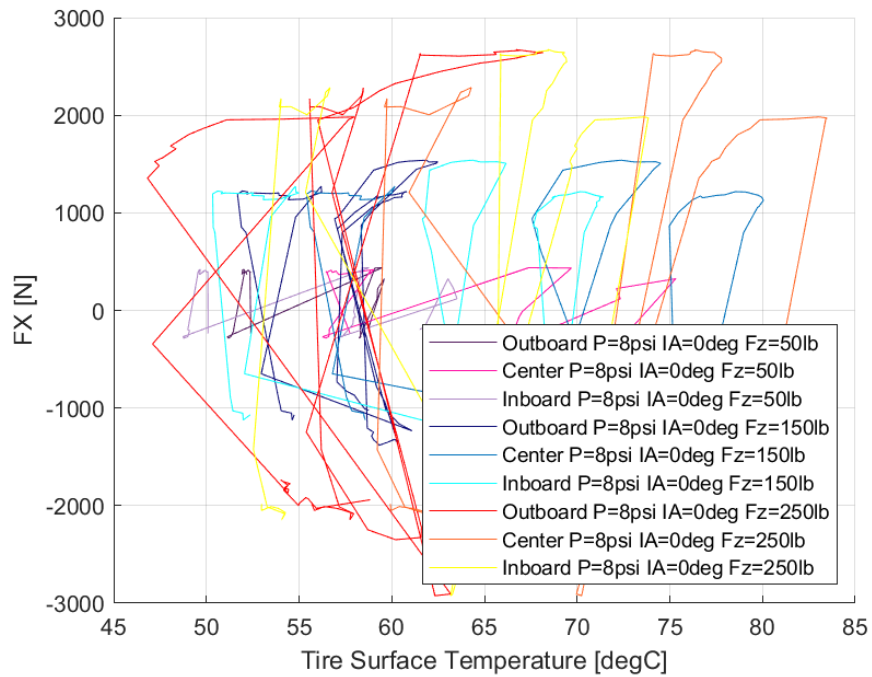


Διάγραμμα 7.126: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

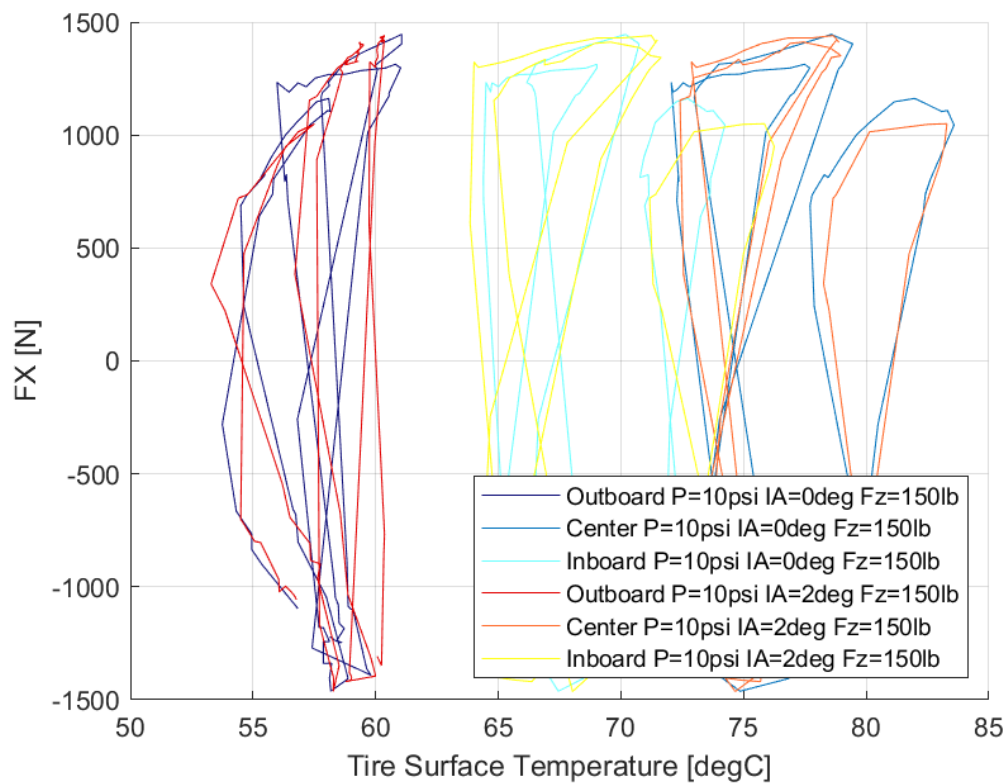
Οι καμπύλες των παραπάνω διαγραμμάτων παρουσιάζουν μέγιστη τιμή για λόγο ολίσθησης περίπου 12%.

Κεφάλαιο 7

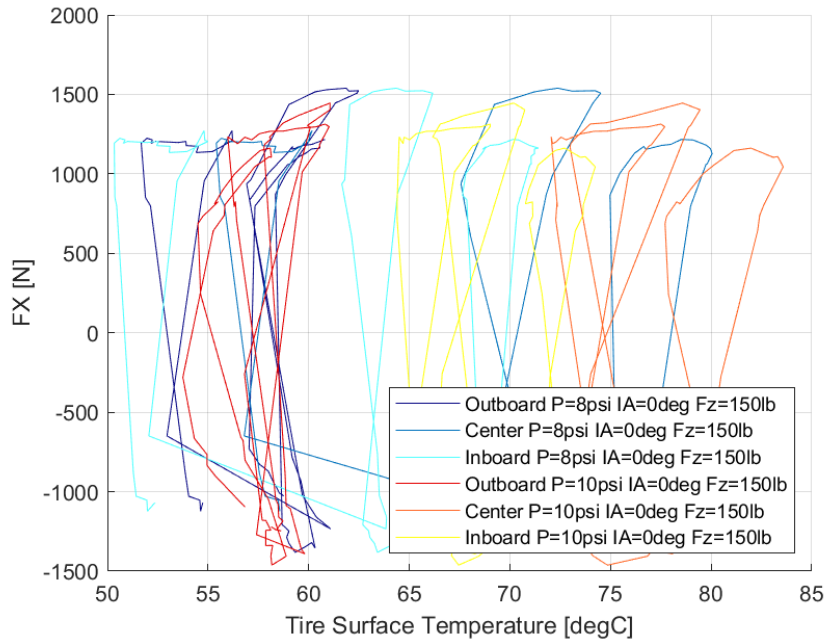
7.1.5.8 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Θέρμοκραςίας Ελαστικού



Διάγραμμα 7.127: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει της Θέρμοκραςίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



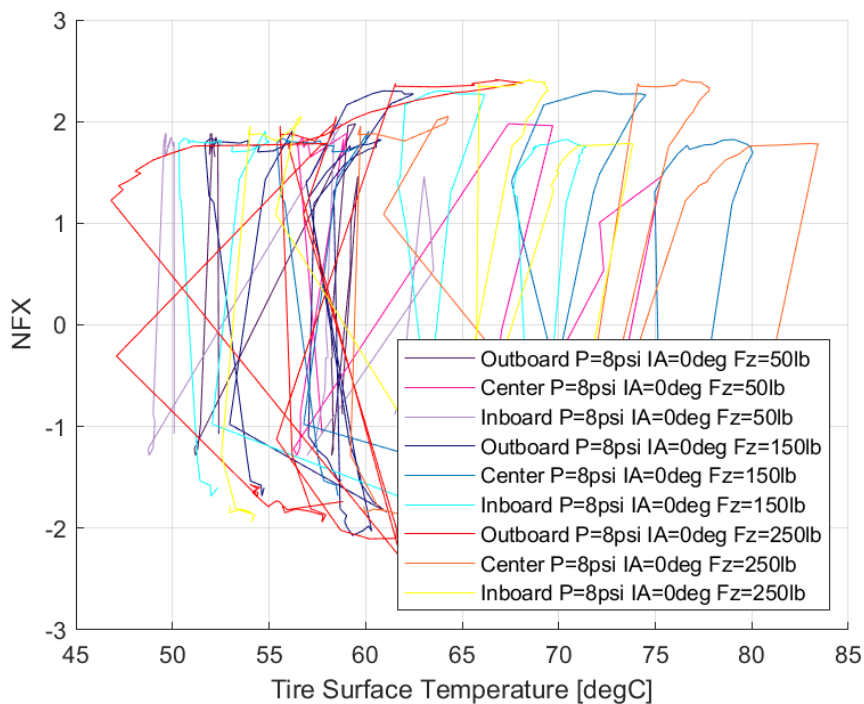
Διάγραμμα 7.128: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει της Θέρμοκραςίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber



Διάγραμμα 7.129: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

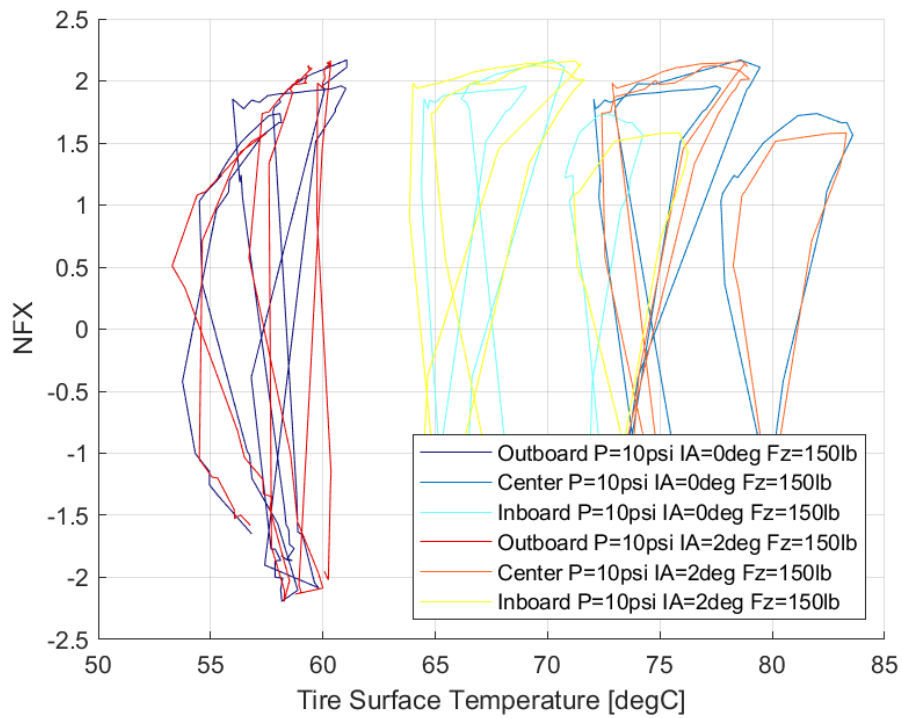
Το ελαστικό έχει μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας, όσον αφορά τη διαμήκη διεύθυνση. Συγκεκριμένα, το παράθυρο λειτουργίας του ελαστικού εντοπίζεται από 52°C έως 80°C, κάτι που το καθιστά ευρύτερο από το αντίστοιχο της εγκάρσιας διεύθυνσης.

7.1.5.9 Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκουσ Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού

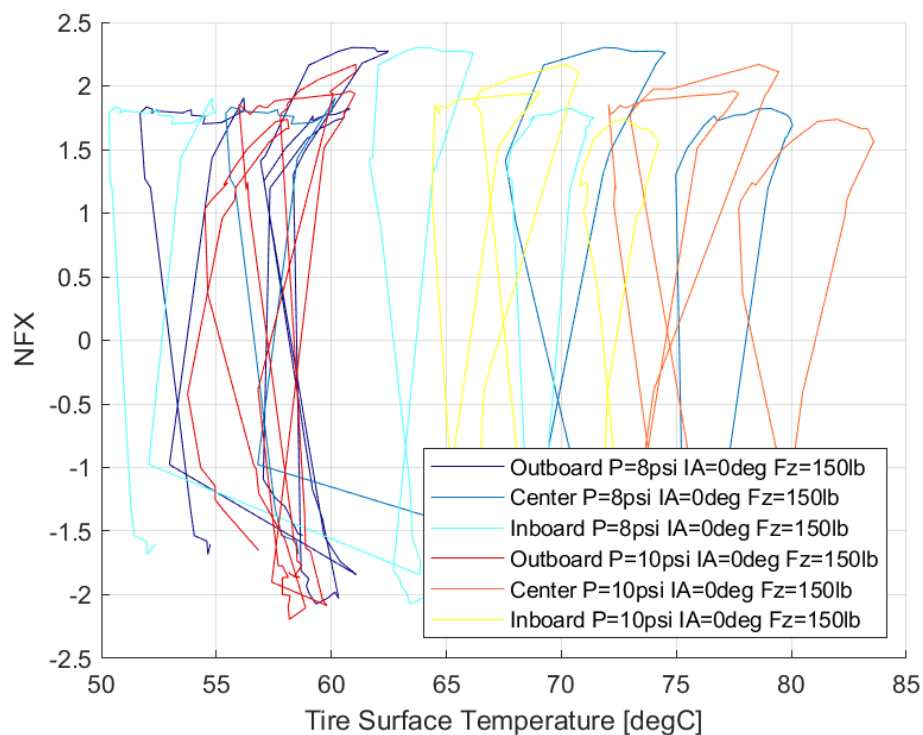


Διάγραμμα 7.130: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθεται Φορτία

Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.131: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber



Διάγραμμα 7.132: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Το παράθυρο λειτουργίας με βάση την κανονικοποιημένη διαμήκη δύναμη του ελαστικού ορίζεται περίπου από 52°C έως 80°C.

7.1.6 Continental 205/470 R13

Οι μέγιστες τιμές των δυνάμεων και των ροπών που αναπτύχθηκαν κατά τη δοκιμή της στροφής εμπεριέχονται στον Πίνακα 6.9, ενώ για οι τιμές που προέκυψαν από τη δοκιμή επιτάχυνσης-πέδησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.10.

Πίνακας 7.9: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Continental 205/470R-13 από Δοκιμή Στροφής

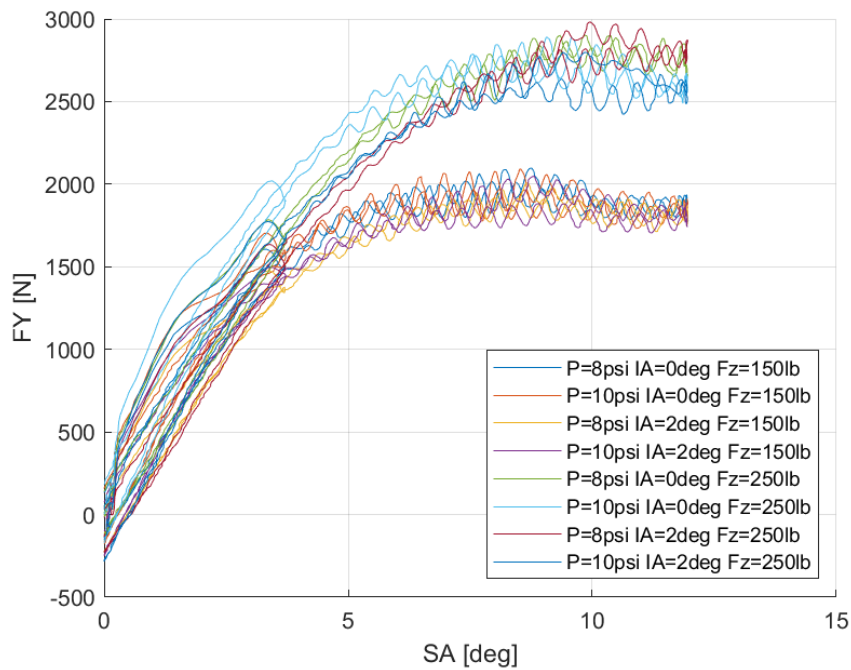
			Continental 205/470R-13					
P (psi)	IA (deg)	FZ (lbs)	FY (N)	SA (deg)	NFY	SA (deg)	MZ (Nm)	SA (deg)
8	0	50	861,91	4,78	3,86	4,74	139,81	0,40
		150	2096,73	8,76	3,21	8,71	152,95	0,39
		250	2901,29	9,33	2,66	9,28	169,03	0,39
	2	50	812,45	4,71	3,97	3,78	132,90	0,39
		150	2068,02	7,91	3,21	7,87	155,50	0,40
		250	2982,20	9,95	2,78	8,60	172,34	0,39
	4	50	842,56	4,25	3,93	4,20	130,37	0,38
		150	2153,64	7,67	3,28	7,64	66,28	0,79
		250	3122,20	9,11	2,89	9,09	173,41	0,38
10	0	50	889,12	5,05	4,11	4,59	137,43	0,38
		150	2091,10	8,51	3,20	7,84	151,86	0,39
		250	2890,72	9,06	2,66	8,80	166,44	0,38
	2	50	913,65	4,79	4,18	4,77	138,06	0,40
		150	2093,49	7,60	3,22	7,56	154,08	0,39
		250	2939,19	8,62	2,71	8,60	169,04	0,40
	4	50	876,30	4,49	3,99	4,93	133,95	0,40
		150	2123,18	8,00	3,22	7,44	149,92	0,40
		250	3063,48	8,70	2,81	8,63	169,97	0,45

Πίνακας 7.10: Μέγιστες Τιμές Δυναμικών Μεγεθών Ελαστικού Continental 205/470R-13 από Δοκιμή Επιτάχυνσης-Πέδησης

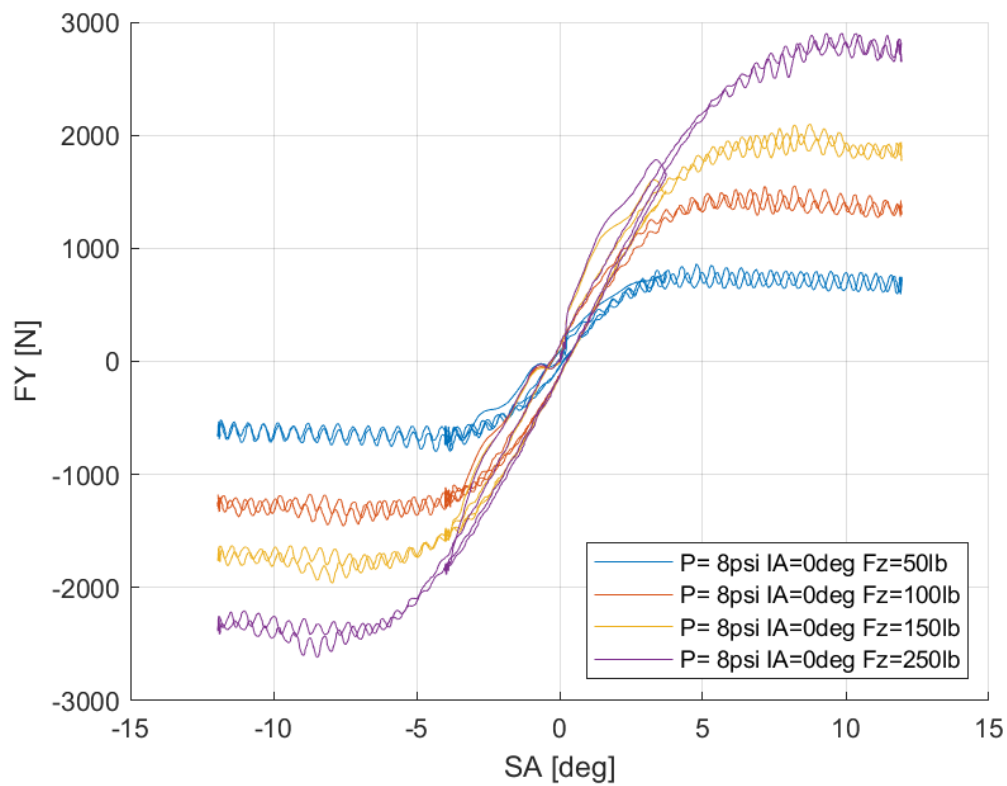
			Continental 205/470R-13					
P (psi)	IA (deg)	FZ (lbs)	FX (N)	SR (%)	NFX	SR (%)	MX (Nm)	SR (%)
8	0	50	660,67	0,1032	2,9633	0,1032	27,88	0,1796
		150	1882,56	0,0738	2,8189	0,0739	27,71	0,1678
		250	3294,32	0,0941	2,9599	0,0941	27,69	0,1552
	2	50	678,71	0,1138	3,0545	0,1483	27,85	0,1799
		150	1811,07	0,1202	2,7146	0,1037	27,88	0,1875
		250	3373,2	0,0922	3,0266	0,0917	27,6	0,1789
	4	50	662,16	0,102	2,9947	0,102	28,13	0,1909
		150	1792,54	0,1054	2,7197	0,1054	27,84	0,1858
		250	3101,61	0,1115	2,8167	0,1115	27,81	0,1716
10	0	50	651,6	0,1374	2,8915	0,1374	28,06	0,188
		150	1660,08	0,1449	2,4938	0,1788	27,53	0,179
		250	3177,41	0,0937	2,8357	0,0937	27,69	0,1707
	2	50	625,83	0,1515	2,7895	0,1515	27,97	0,1801
		150	1745,11	0,1365	2,6	0,1365	27,69	0,1775
		250	3146,29	0,0915	2,8516	0,0915	27,68	0,1879
	4	50	567,4	0,1227	2,5613	0,1227	28,02	0,1873
		150	1721,59	0,1029	2,5692	0,1029	27,94	0,1815
		250	2858,94	0,1209	2,5755	0,1209	27,83	0,1818

Κεφάλαιο 7

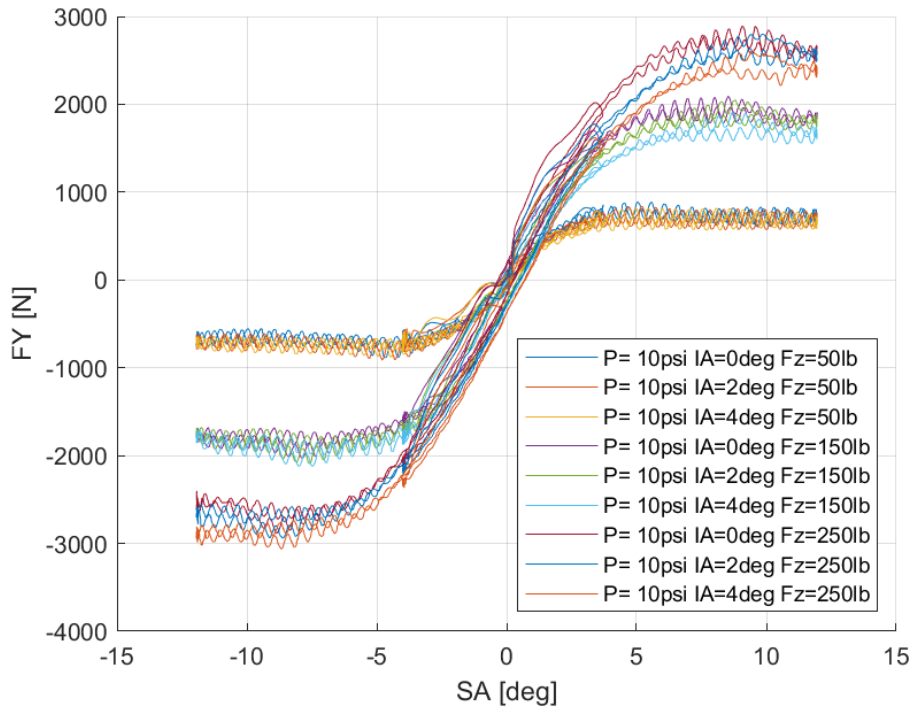
7.1.6.1 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης



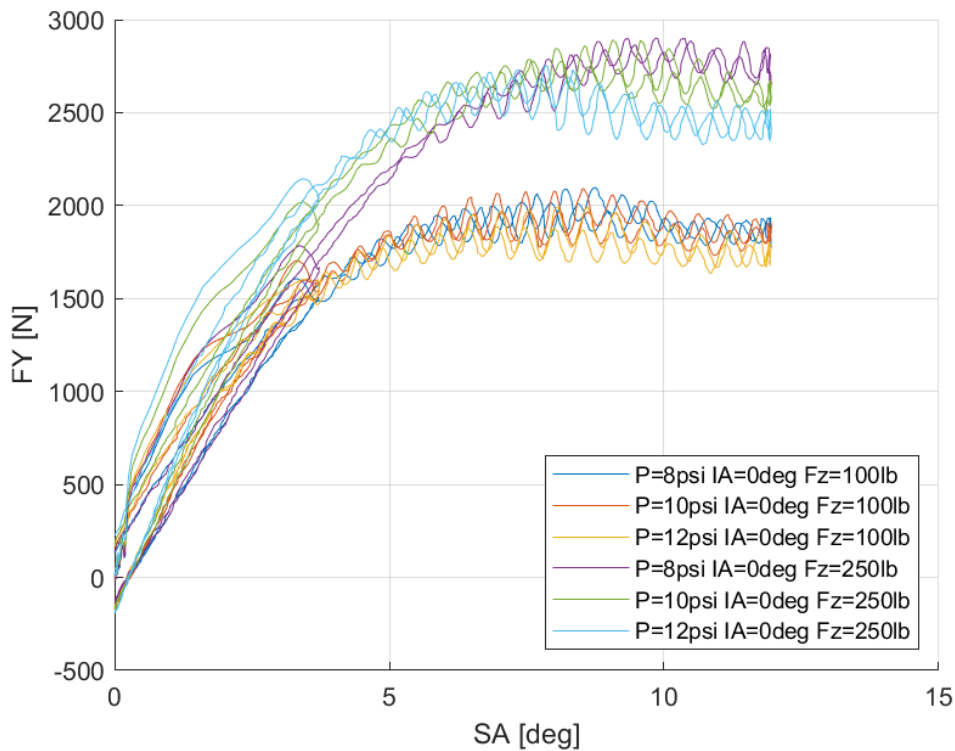
Διάγραμμα 7.133: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πίεση Ελαστικού



Διάγραμμα 7.134: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.135: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

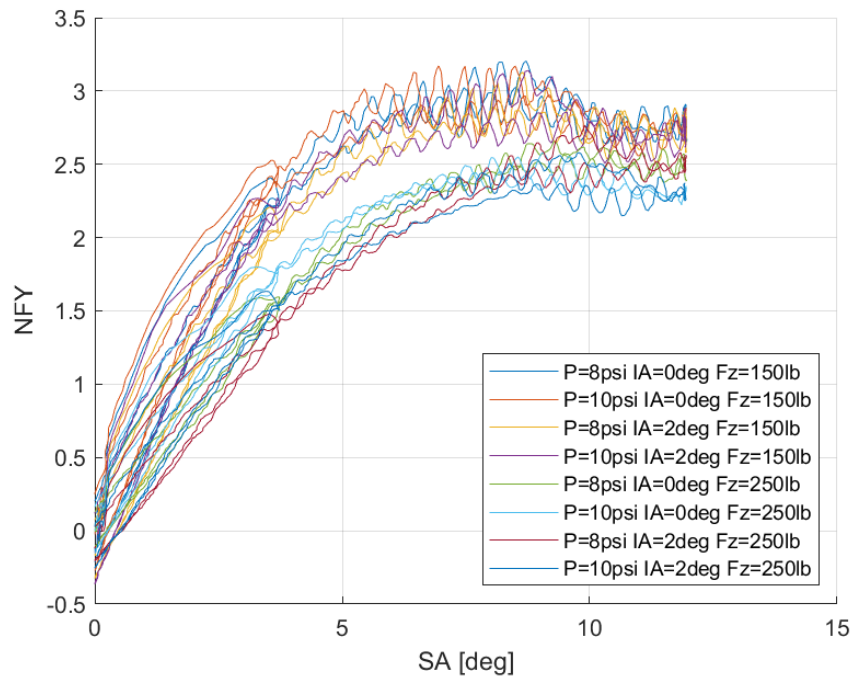


Διάγραμμα 7.136: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

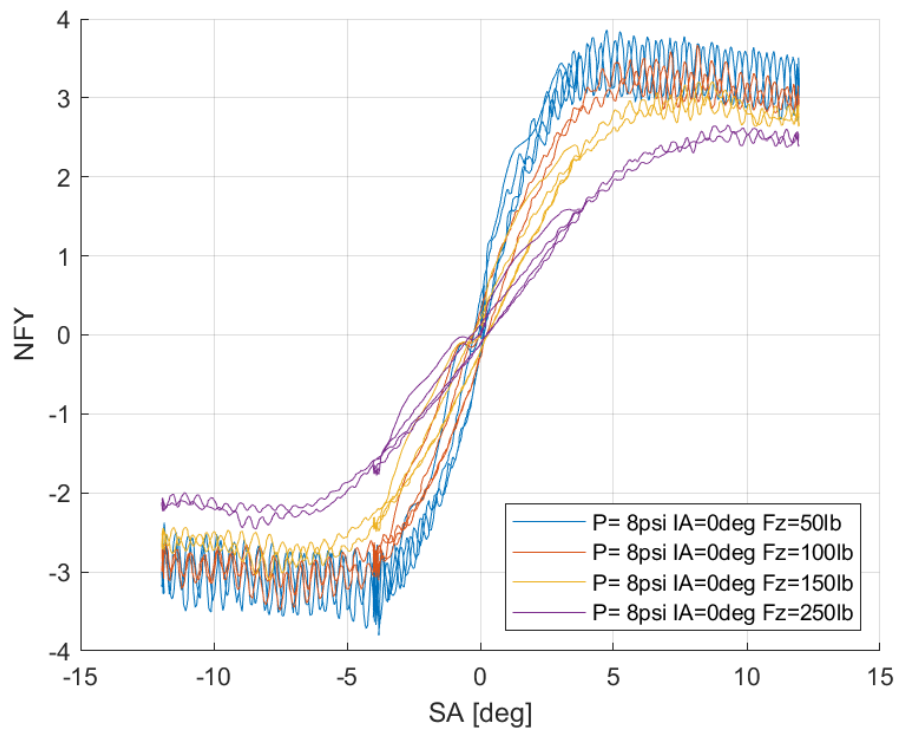
Το συγκεκριμένο ελαστικό εμφανίζει μέγιστη για σε μεγάλα κάθετα φορτία και για γωνία ολίσθησης περίπου 7° για μικρά. Ακόμη παρατηρείται πως η γωνία κλίση του τροχού έχει επίδραση μόνο για μεγάλες της τιμές, καθώς για μικρές τιμές η επίδρασή της δεν είναι εύκολα παρατηρήσιμη.

Κεφάλαιο 7

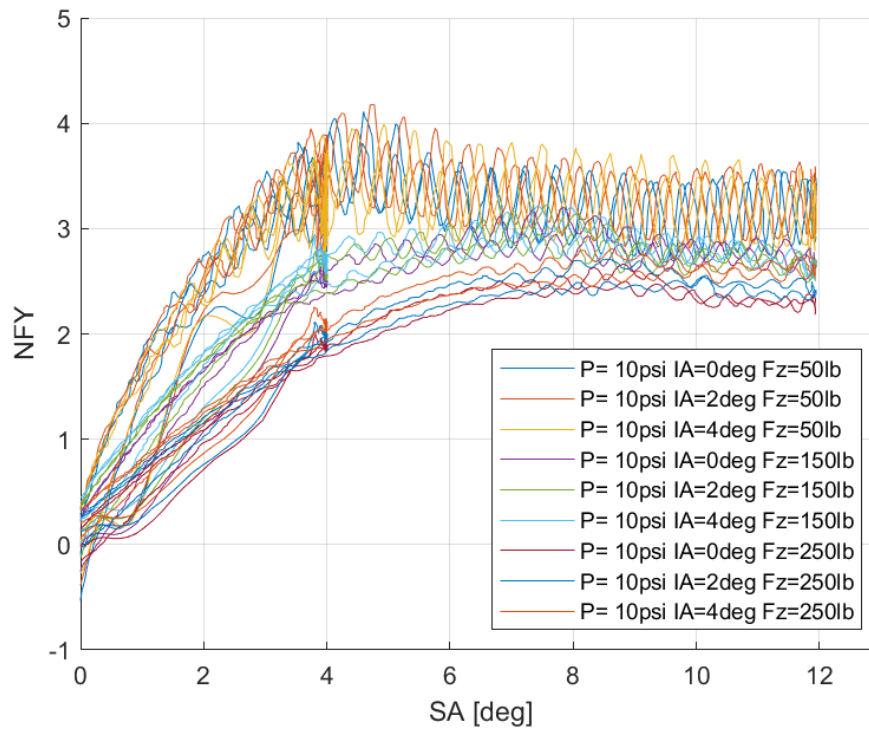
7.1.6.2 Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης



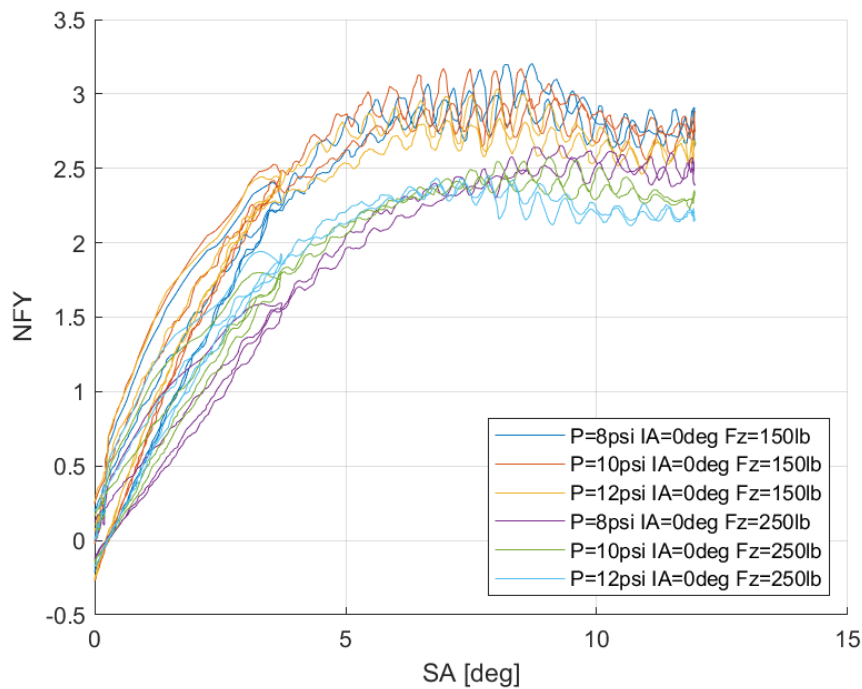
Διάγραμμα 7.137: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού



Διάγραμμα 7.138: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.139: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber

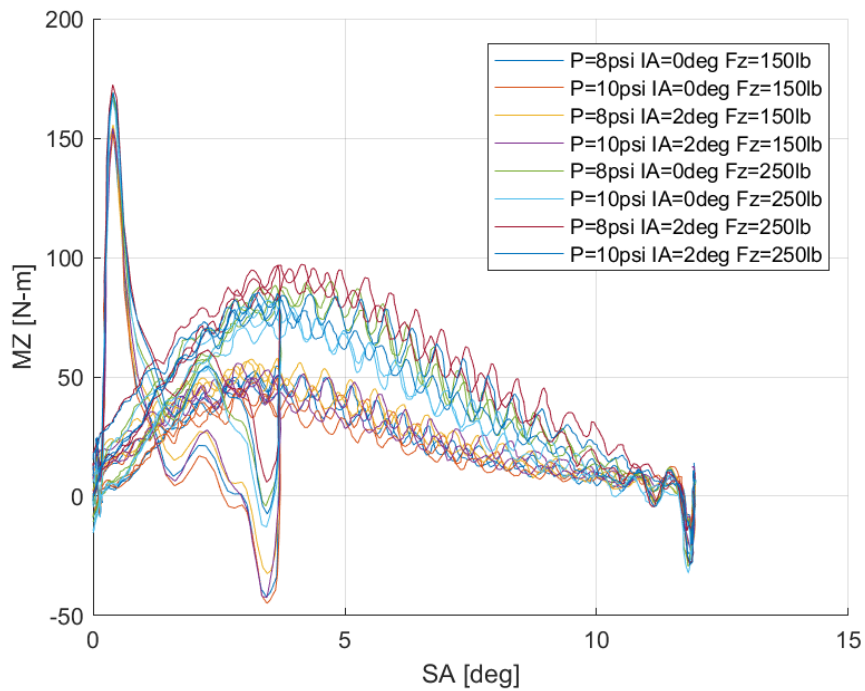


Διάγραμμα 7.140: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

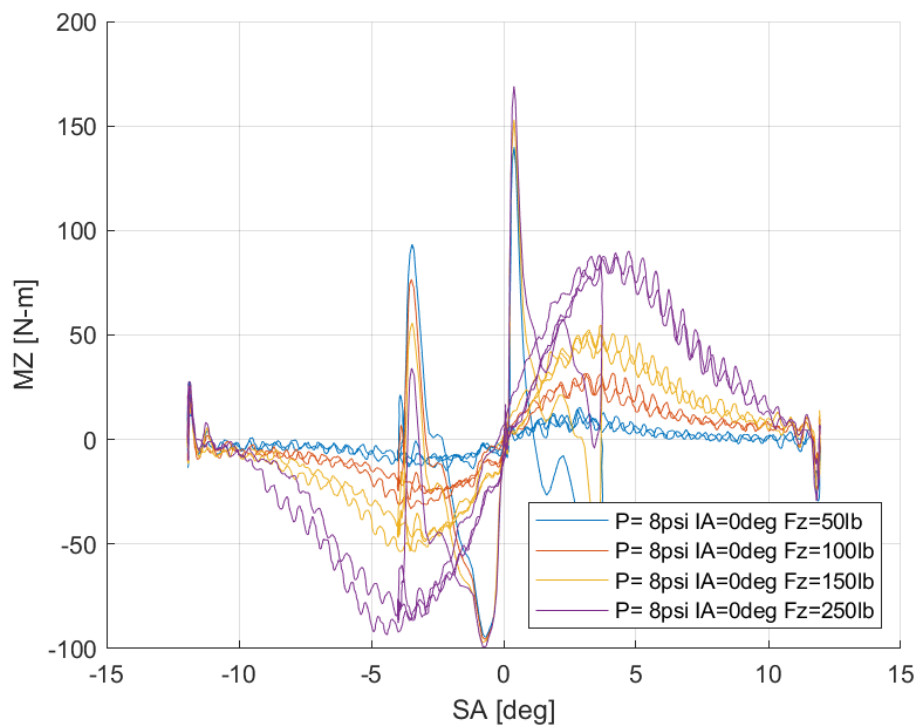
Η καμπύλη παρουσιάζει τα ίδια στοιχεία και ιδιότητες με το διάγραμμα εγκάρσιας δύναμη σε σχέση με τη γωνία ολίσθησης.

Κεφάλαιο 7

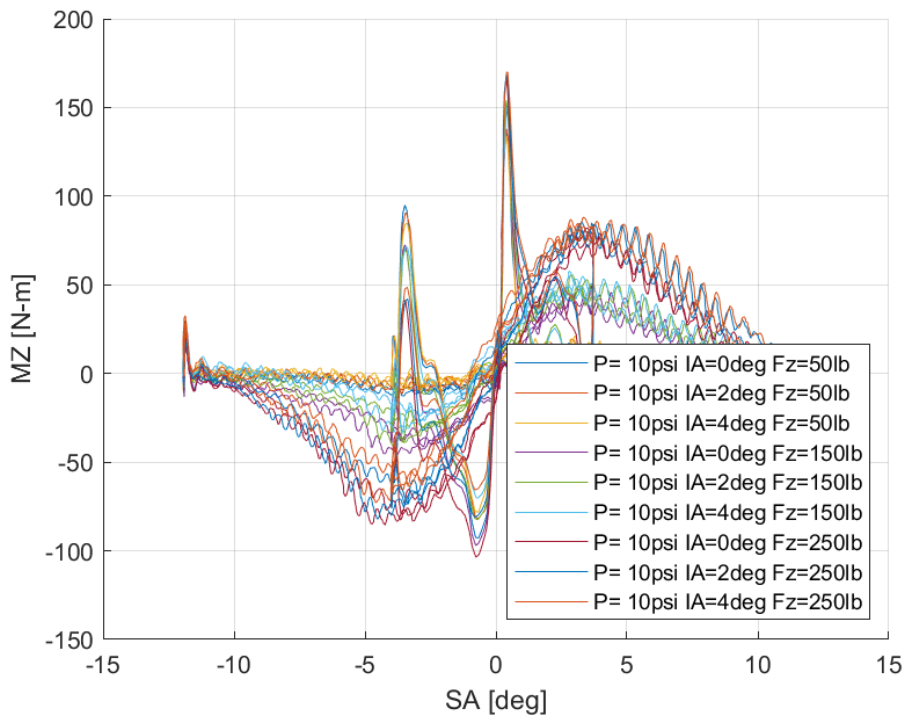
7.1.6.3 Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης



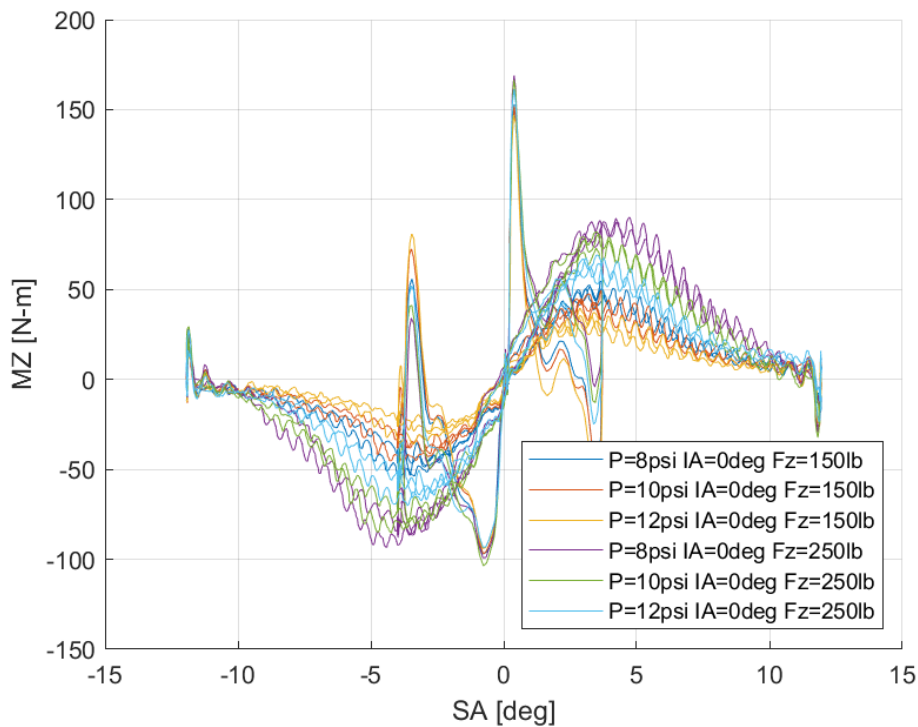
Διάγραμμα 7.141: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού



Διάγραμμα 7.142: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.143: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεϊ της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber

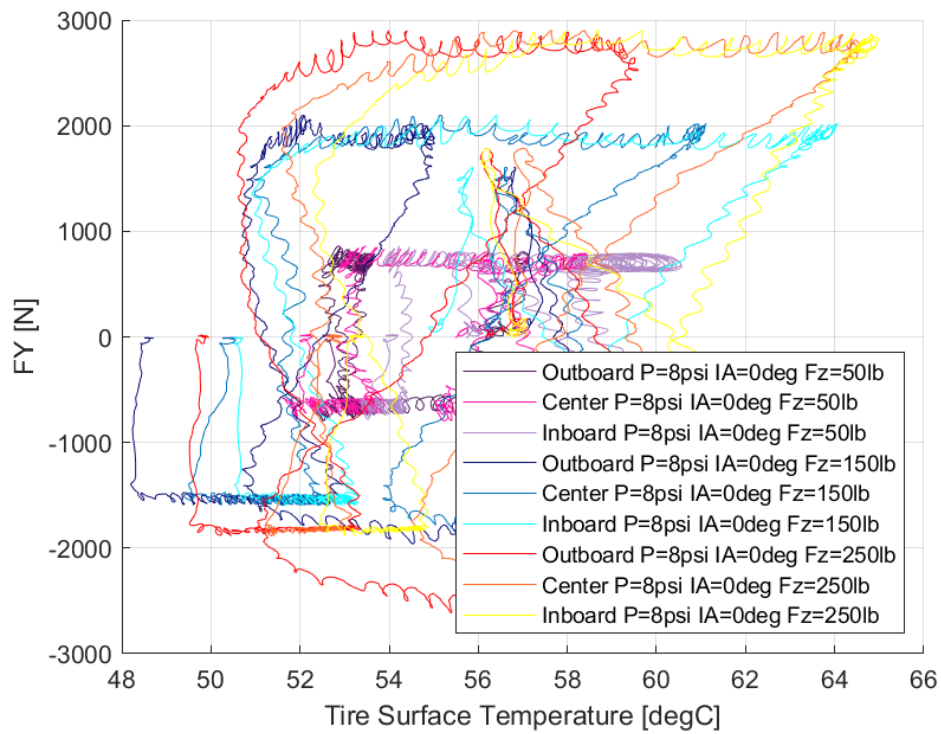


Διάγραμμα 7.144: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεϊ της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

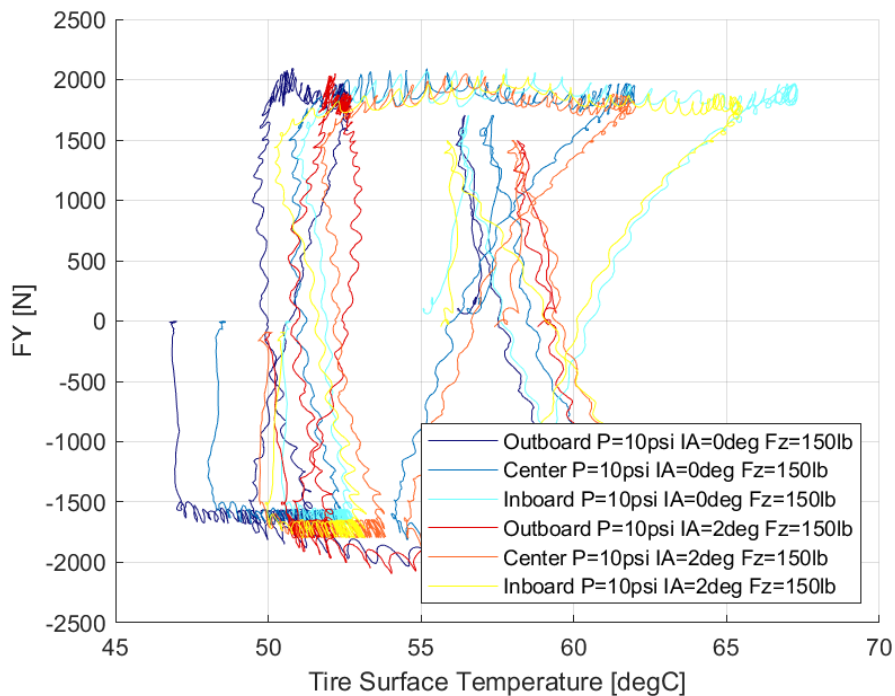
Εύκολα παρατηρείται πως η μέγιστη τιμή της ροπής ευθυγράμμισης επιτυγχάνεται για μεγαλύτερες τιμές γωνίας ολίσθησης όσο αυξάνεται το ασκούμενο κάθετο φορτίο. Συνεπώς, δεν υπάρχει σταθερό περιθώριο γωνίας ολίσθησης από την εικονική έως την πραγματική απώλεια πρόσφυσης, κατι που δυσχεραίνει τον οδηγό.

Κεφάλαιο 7

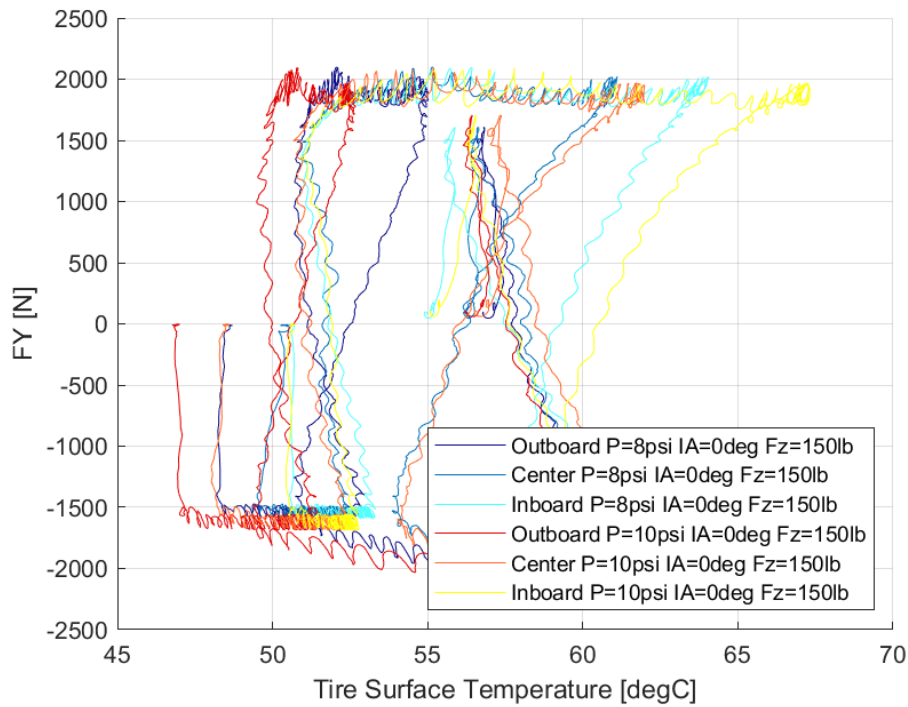
7.1.6.4 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού



Διάγραμμα 7.145: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



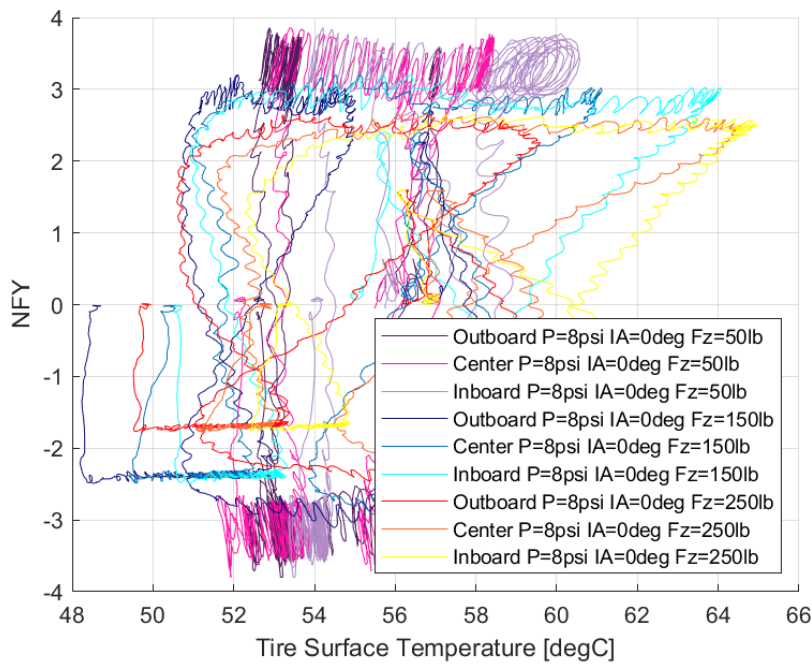
Διάγραμμα 7.146: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber



Διάγραμμα 7.147: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

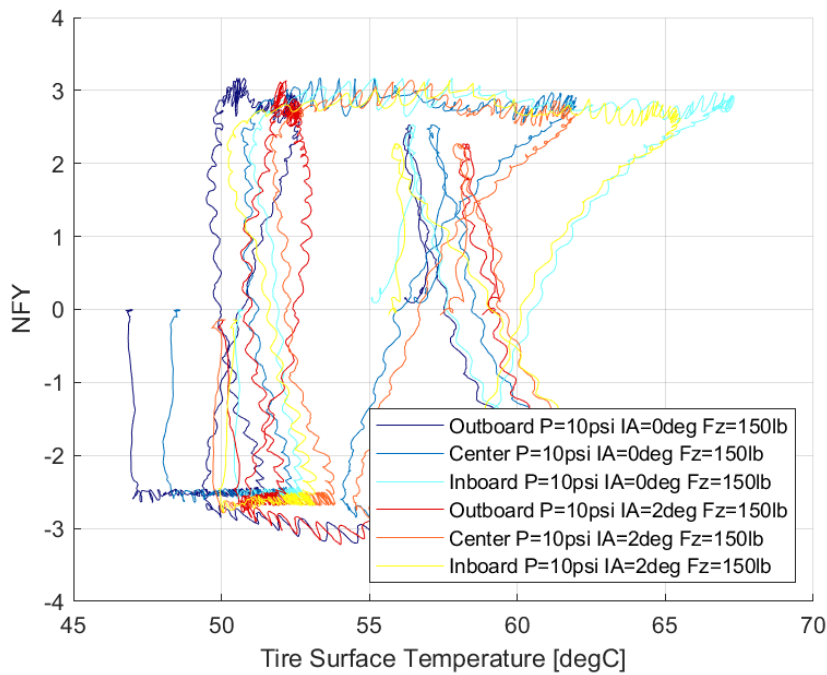
Το παράθυρο λειτουργίας του ελαστικού στην εγκάρσια διεύθυνση ανοίγει για 51°C και κλείνει για περίπου 65°C.

7.1.6.5 Σχέση Κανονικοποιημένης Εγκάρσιας Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού

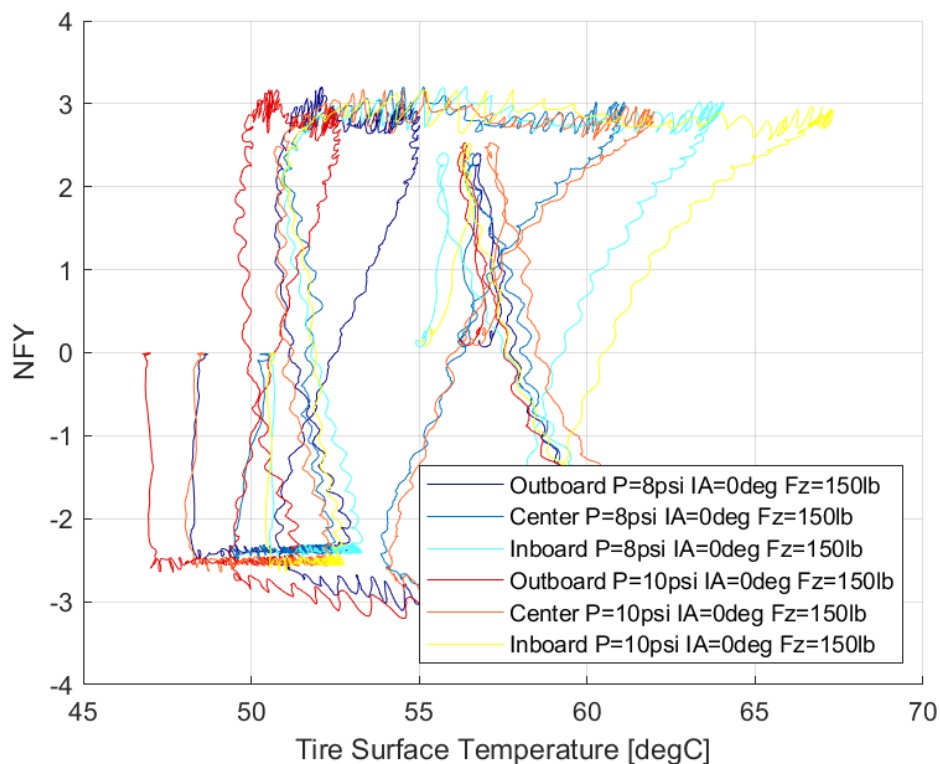


Διάγραμμα 7.148: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

Κεφάλαιο 7



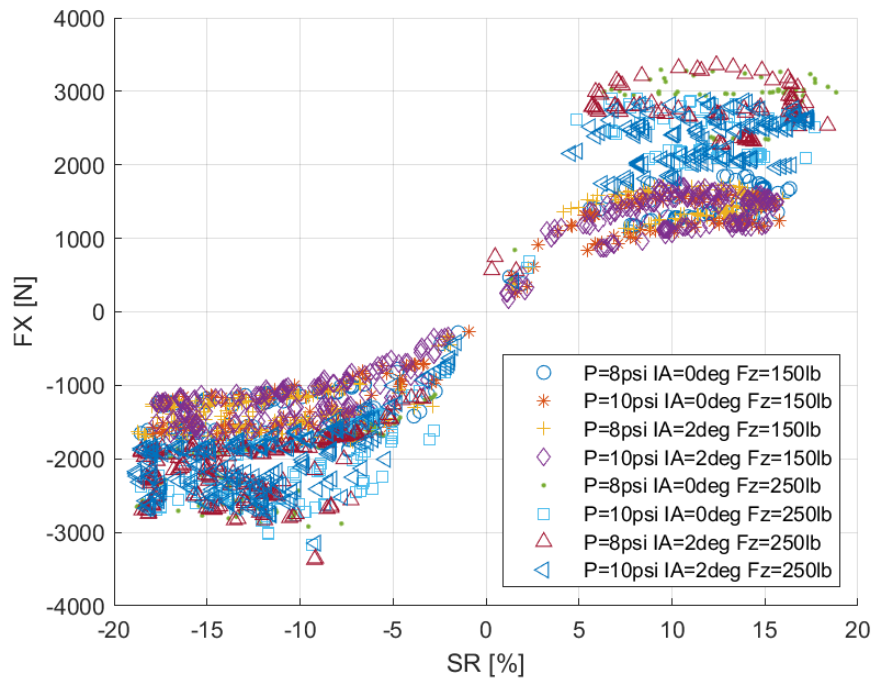
Διάγραμμα 7.149: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber



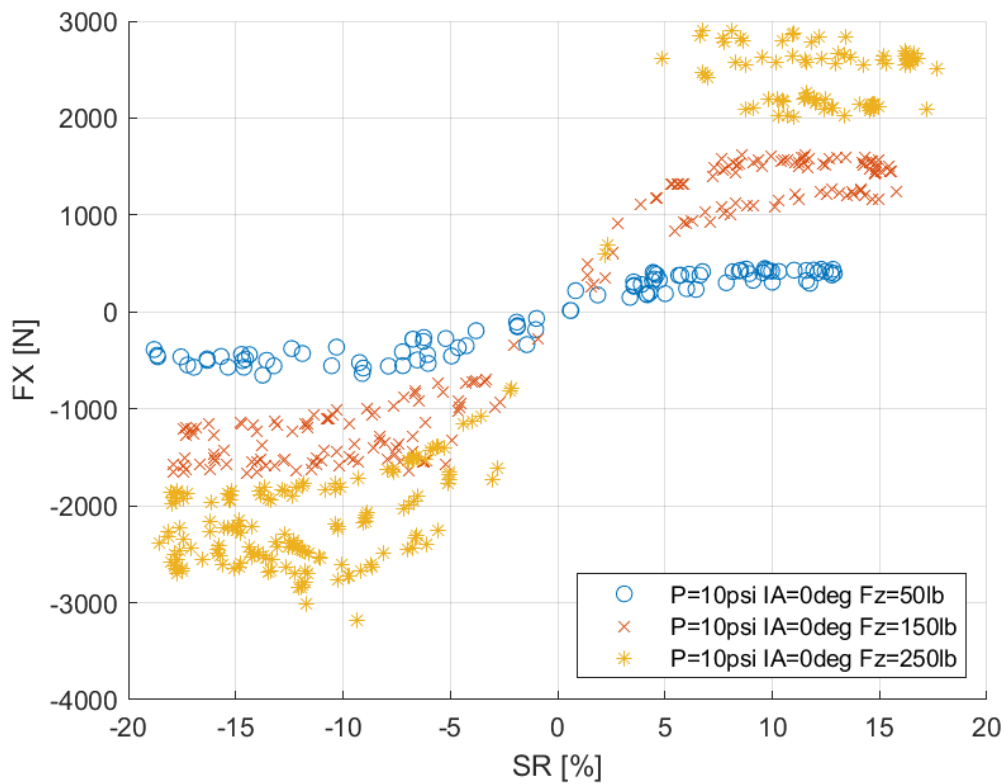
Διάγραμμα 7.150: Κανονικοποιημένη Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Με βάση την κανονικοποιημένη εγκάρσια δύναμη το παράθυρο λειτουργίας ορίζεται για τα ίδια περιθώρια με αυτό της εγκάρσιας δύναμης, κάτι που καθιστά και τα δύο πολύ περιορισμένα.

7.1.6.6 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης

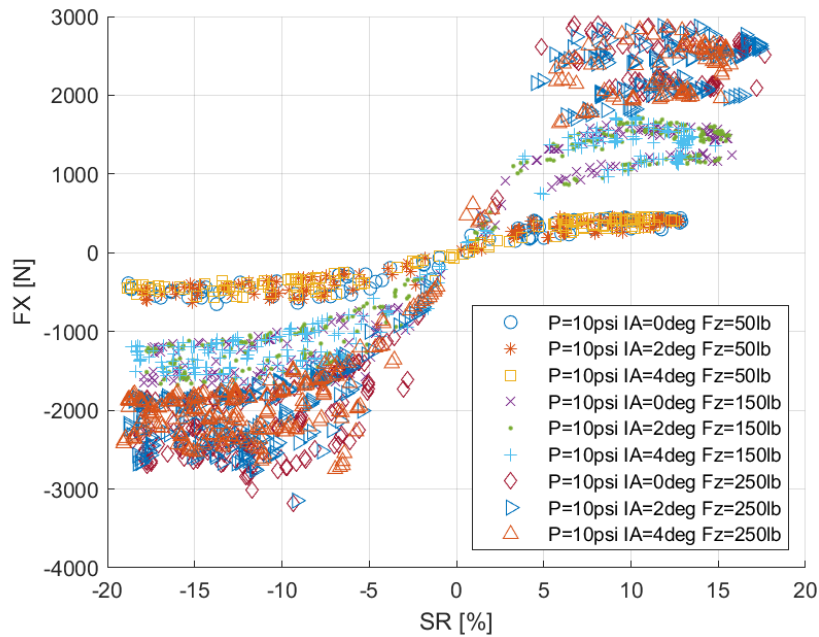


Διάγραμμα 7.151: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού

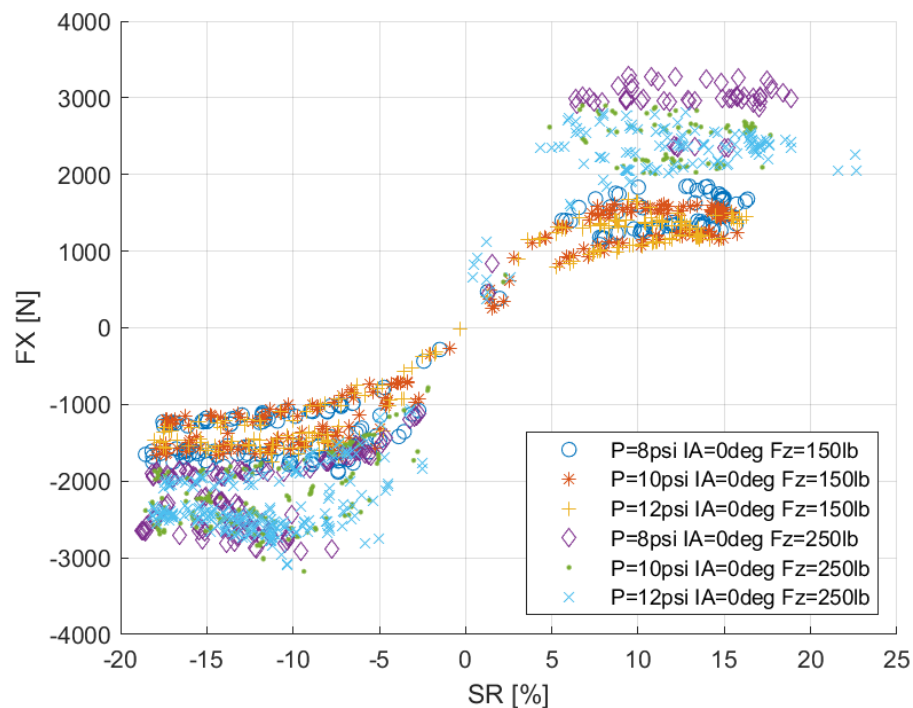


Διάγραμμα 7.152: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

Κεφάλαιο 7



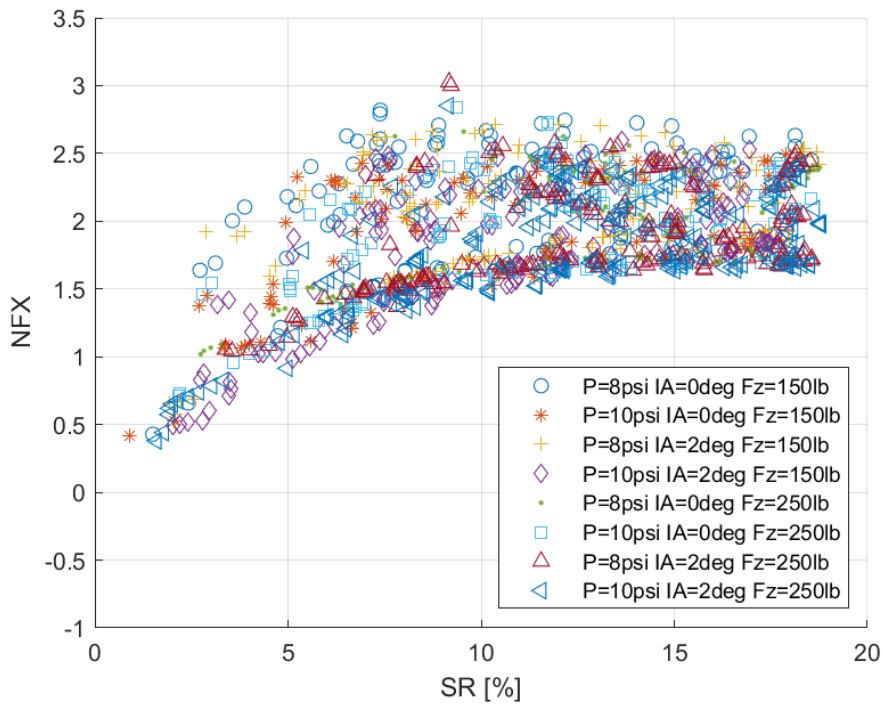
Διάγραμμα 7.153: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber



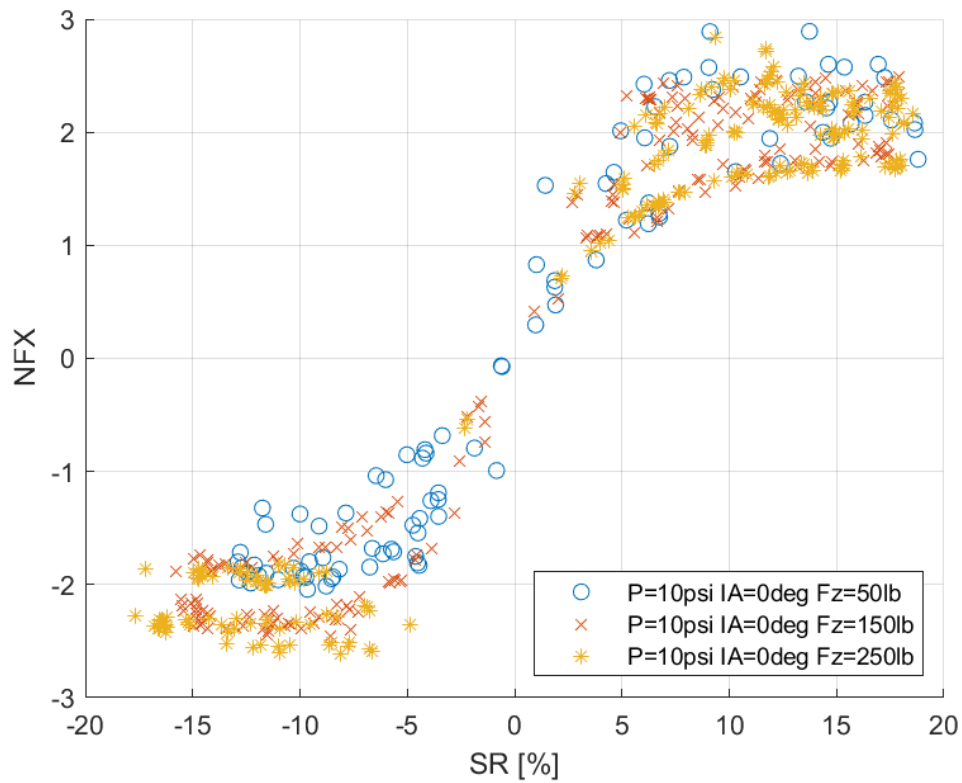
Διάγραμμα 7.154: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

Η ύπαρξη μεγάλης διασποράς των δεδομένων καθιστά την κατανόηση των διαγραμμάτων σχετικά δύσκολη. Η διασπορά αυτή οφείλεται είτε σε σφάλμα των μετρητικών οργάνων είτε μη επαρκή πλήθος δεδομένων. Παρόλα αυτά διαπιστώνεται πως για όλους του συνδυασμούς, για λόγο ολίσθησης περίπου 10% παρουσιάζεται μέγιστη τιμή διαμήκου δύναμης.

7.1.6.7 Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκουσ Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης

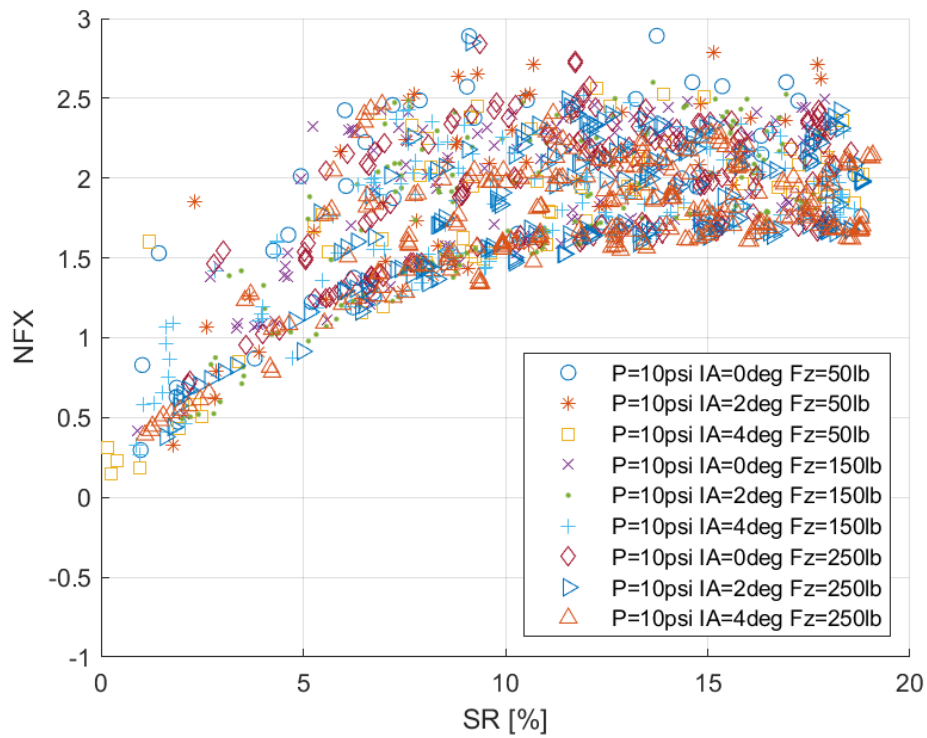


Διάγραμμα 7.155: Κανονικοποιημένη Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσεσ του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού

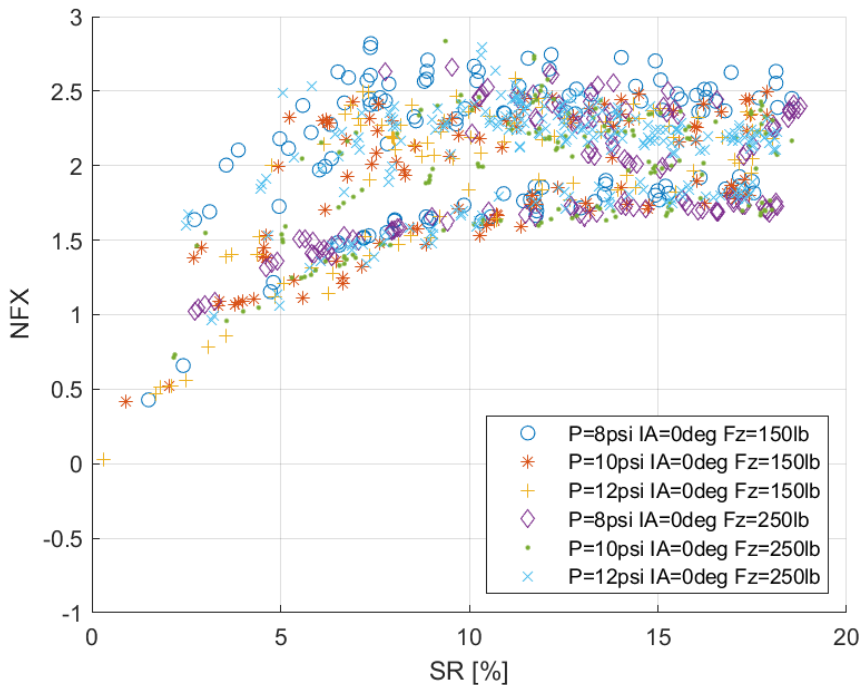


Διάγραμμα 7.156: Κανονικοποιημένη Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσεσ του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

Κεφάλαιο 7



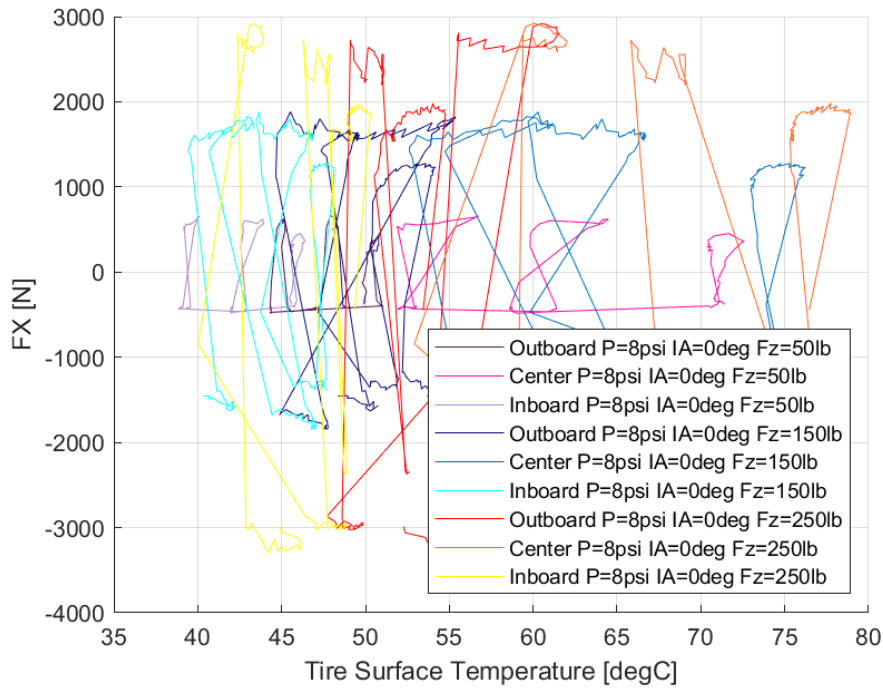
Διάγραμμα 7.157: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber



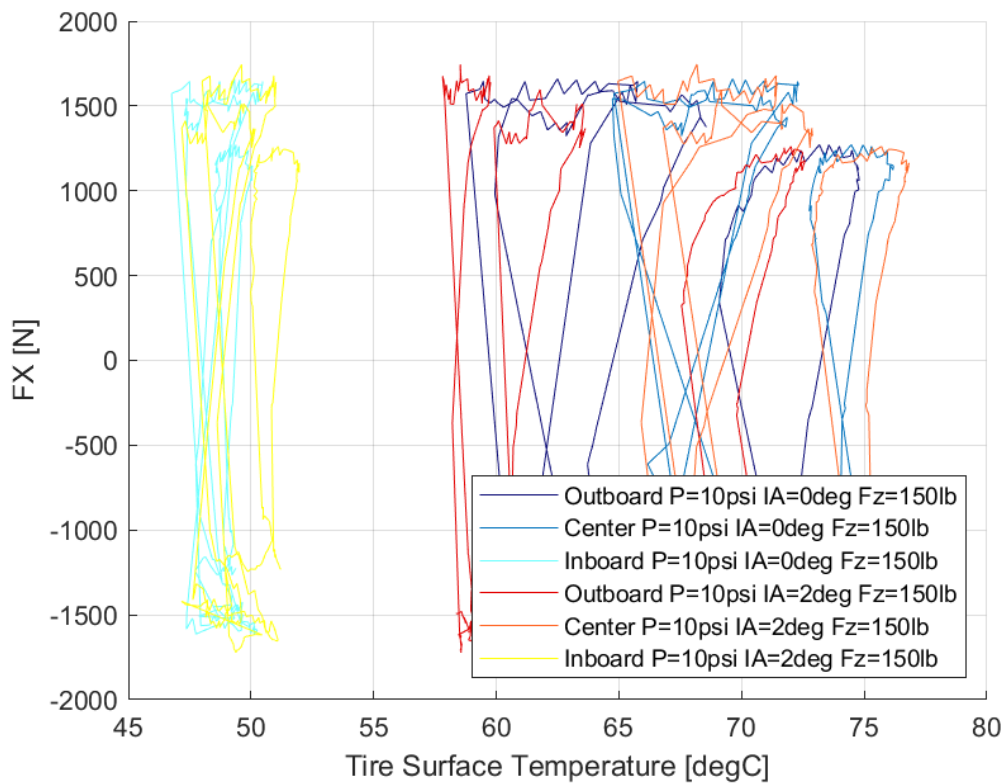
Διάγραμμα 7.158: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού

Μέγιστη τιμή για τις καμπύλες των παραπάνω διαγραμμάτων εμφανίζεται για λόγο ολίσθησης 10%.

7.1.6.8 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Θέρμοκραςίας Ελαστικού

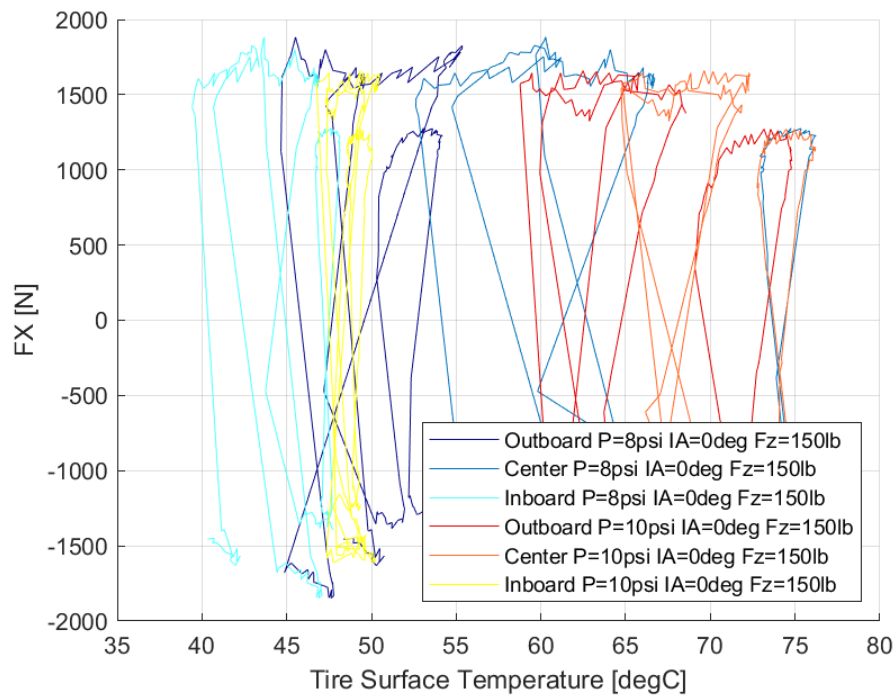


Διάγραμμα 7.159: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει της Θέρμοκραςίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.160: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει της Θέρμοκραςίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber

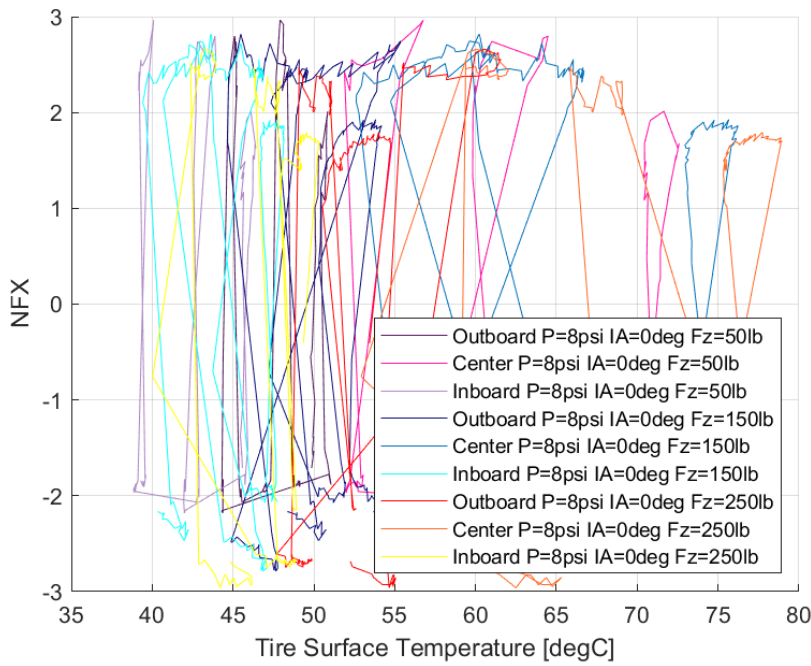
Κεφάλαιο 7



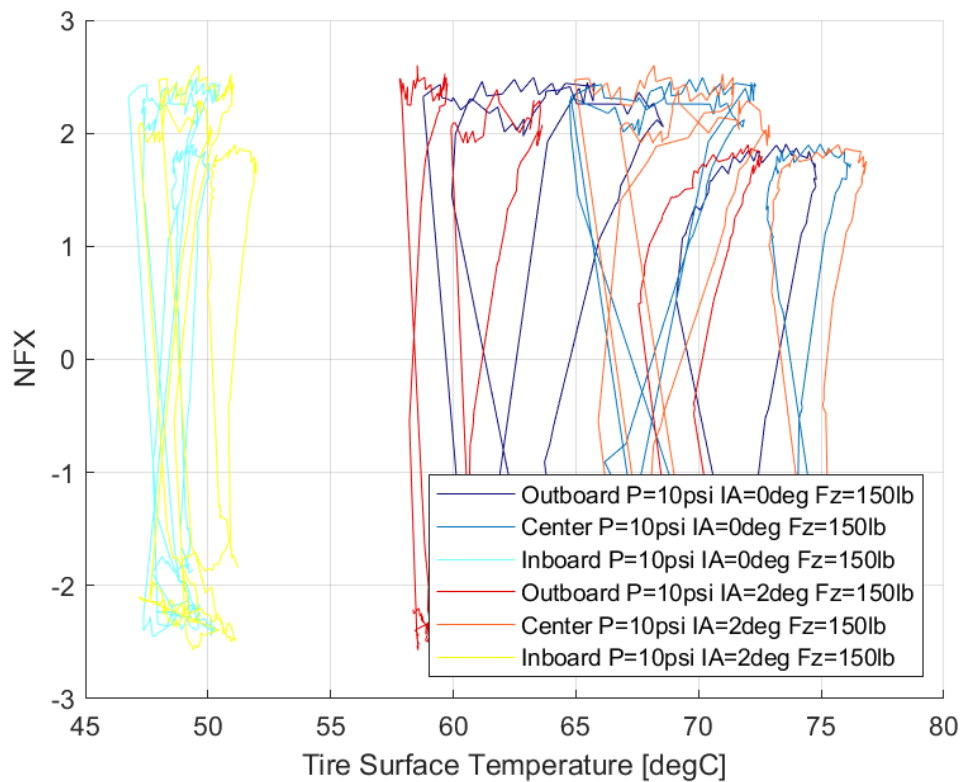
Διάγραμμα 7.161: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Το παράθυρο λειτουργίας στην διαμήκη διεύθυνση του ελαστικού ορίζεται από 40°C έως 75°C. Ωστόσο διαπιστώνεται πως για μη μηδενική γωνία κλίσης του τροχού, η εσωτερική πλευρά, που έρχεται συνεχώς σε επαφή με το οδόστρωμα, αναπτύσει μέγιστη τιμή για θερμοκρασία περίπου 40°C και άνω, ενώ οι υπόλοιπη επιφάνεια του ελαστικού για θερμοκρασία 57°C και άνω.

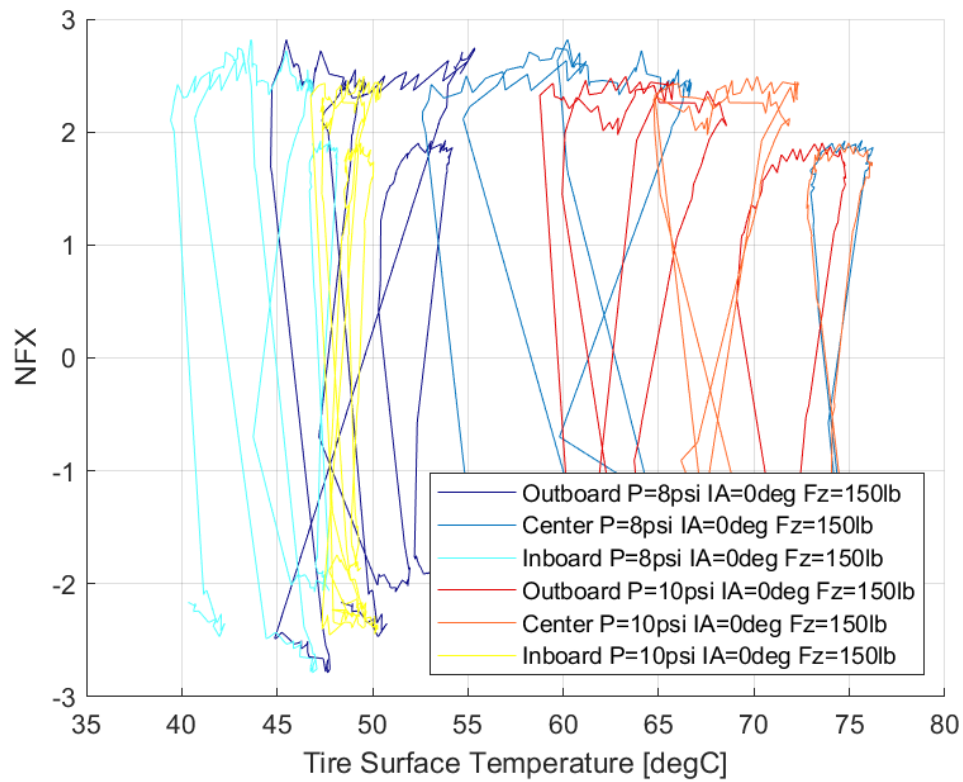
7.1.6.9 Σχέση Κανονικοποιημένης Διαμήκους Δύναμης και Θέρμοκρασίας Ελαστικού



Διάγραμμα 7.162: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.163: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Γωνίες Camber



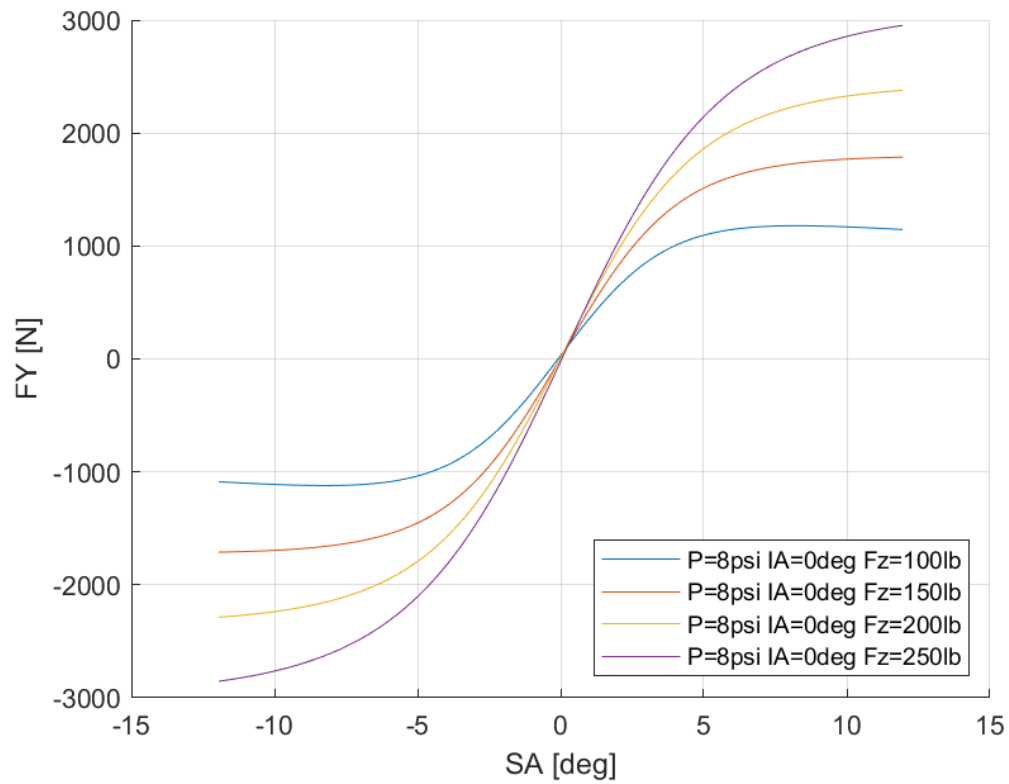
Διάγραμμα 7.164: Κανονικοποιημένη Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει της Θερμοκρασίας Επιφανείας του Ελαστικού για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Παρουσιάζεται αντίστοιχη μορφή και ιδιότητες της καμπύλης με την καμπύλη της διαμήκου δύναμης σε σχέση με τη θερμοκρασία. Ακόμη, διαπιστώνεται πως το εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας στην εγκάρσια διεύθυνση είναι μικρότερο αλλά περικλυεται σε αυτό της διαμήκου διεύθυνσης.

7.2 Αποτελέσματα Κώδικα & Διαγράμματα Μοντελοποίησης

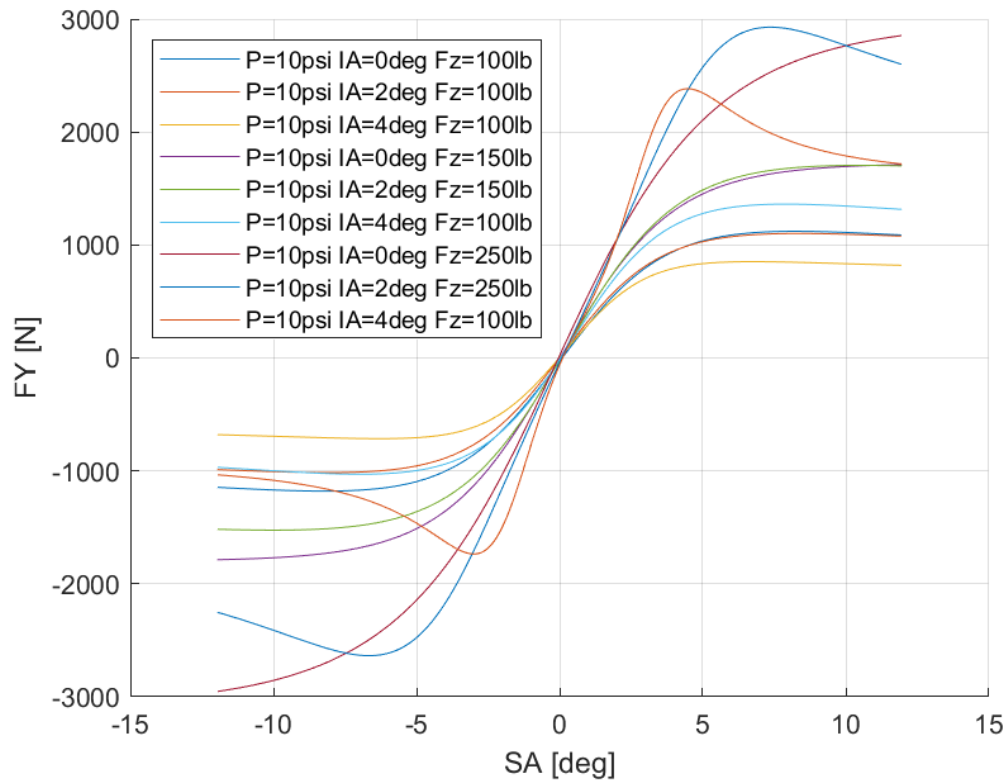
7.2.1 Hoosier 16.0x7.5-10 R25B

7.2.1.1 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης

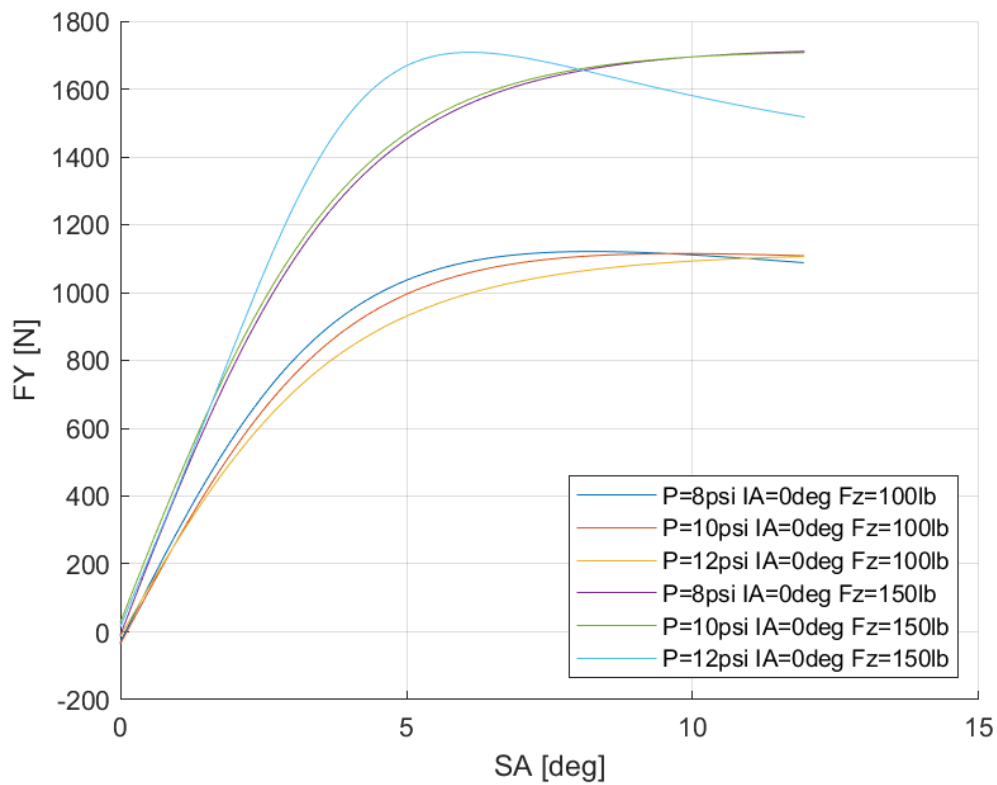


Διάγραμμα 7.165: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.166: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσησης για Διαφορετικά Κάθεται Φορτία και Γωνίες Camber για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.167: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσησης για Διαφορετικά Κάθεται Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Οι δευτερεύοντες συντελεστές για την εγκάρσια δύναμη του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 7.11 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 7.12.

Πίνακας 7.11: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 R25B για Πίεση 8 psi

ρ_{Cy1}	0,05959	ρ_{Hy1}	-0,0076
ρ_{Dy2}	9,05455	ρ_{Hy3}	-0,0039
ρ_{Dy1}	113,491	ρ_{Vy1}	-7,6732
ρ_{Ky1}	54,9613	ρ_{Vy2}	-
ρ_{Ky2}	0,16869	ρ_{Vy3}	-0,8182
ρ_{Ky3}	-0,004	ρ_{Vy4}	-0,6818
ρ_{Ey2}	-0,0065	ρ_{Dy3}	0,00091
ρ_{Ey1}	-0,0133	ρ_{Ey4}	-0,0004
ρ_{Hy2}	0,01347	ρ_{Ey3}	-

Πίνακας 7.12: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 R25B για Πίεση 10 psi

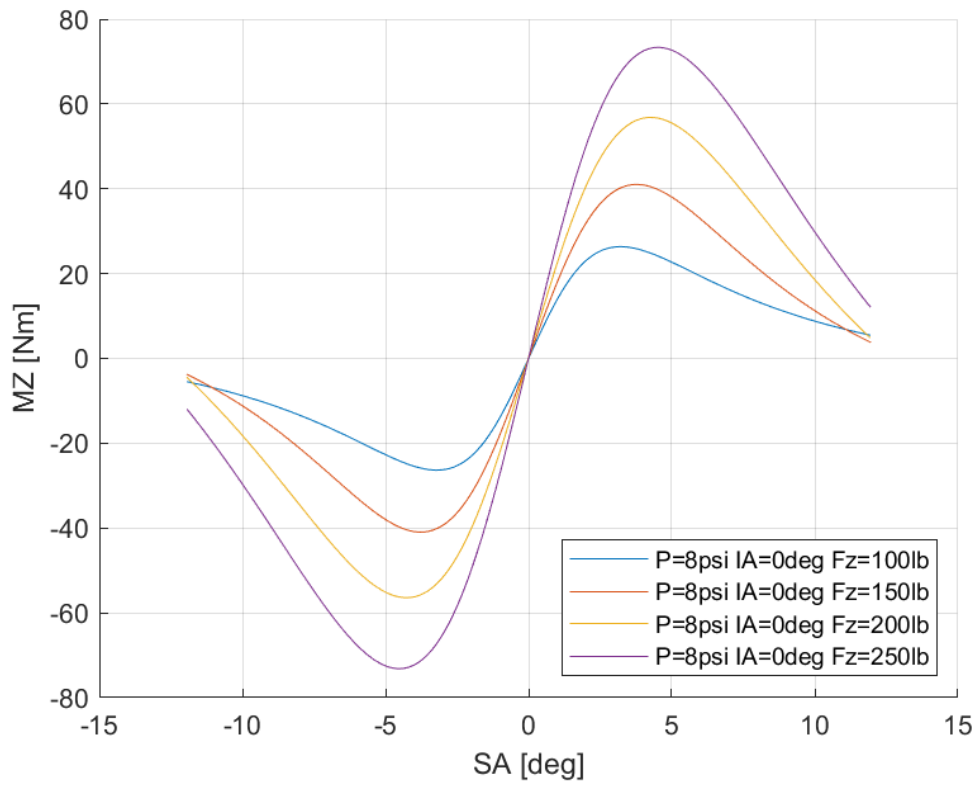
ρ_{Cy1}	0,06016	ρ_{Hy1}	0,00661
ρ_{Dy2}	9,05455	ρ_{Hy3}	-0,0035
ρ_{Dy1}	113,491	ρ_{Vy1}	-7,6732
ρ_{Ky1}	45,3803	ρ_{Vy2}	-
ρ_{Ky2}	0,10599	ρ_{Vy3}	-0,8182
ρ_{Ky3}	-0,0037	ρ_{Vy4}	-0,6818
ρ_{Ey2}	0,00628	ρ_{Dy3}	0,00091
ρ_{Ey1}	-0,0692	ρ_{Ey4}	-0,0004
ρ_{Hy2}	-0,018	ρ_{Ey3}	-

7.2.1.2 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης

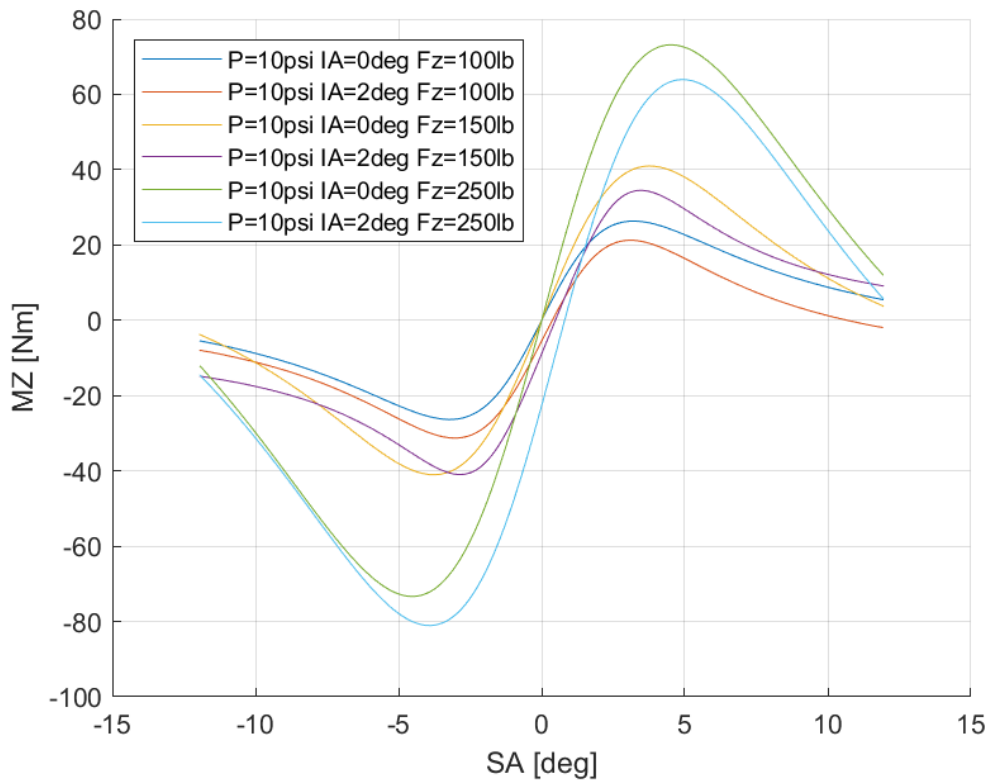
Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3, η δοκιμή επιτάχυνσης- επιβράδυνσης για το συγκεκριμένο μοντέλο ελαστικού δεν ολοκληρώθηκε με επιτυχία. Για τον λόγο αυτό δεν συλλέχθηκαν δεδομένα της διαμήκουσ δύναμης, κάτι που καθιστά τη μοντελοποίηση αδύνατη.

Κεφάλαιο 7

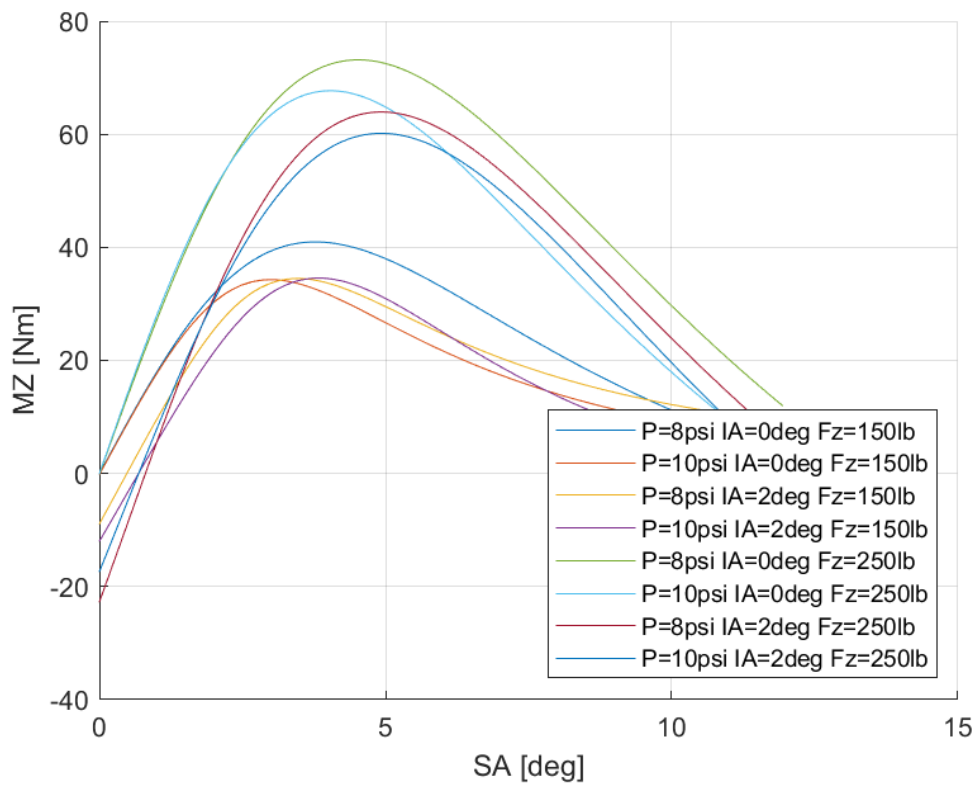
7.2.1.3 Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης



Διάγραμμα 7.168: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.169: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber και Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.170: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνίες Camber και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 7

Οι δευτερεύουσες μεταβλητές για τη ροπή ευθυγράμμισης του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 7.13 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 7.14.

Πίνακας 7.13: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 R25B για πίεση 8 psi

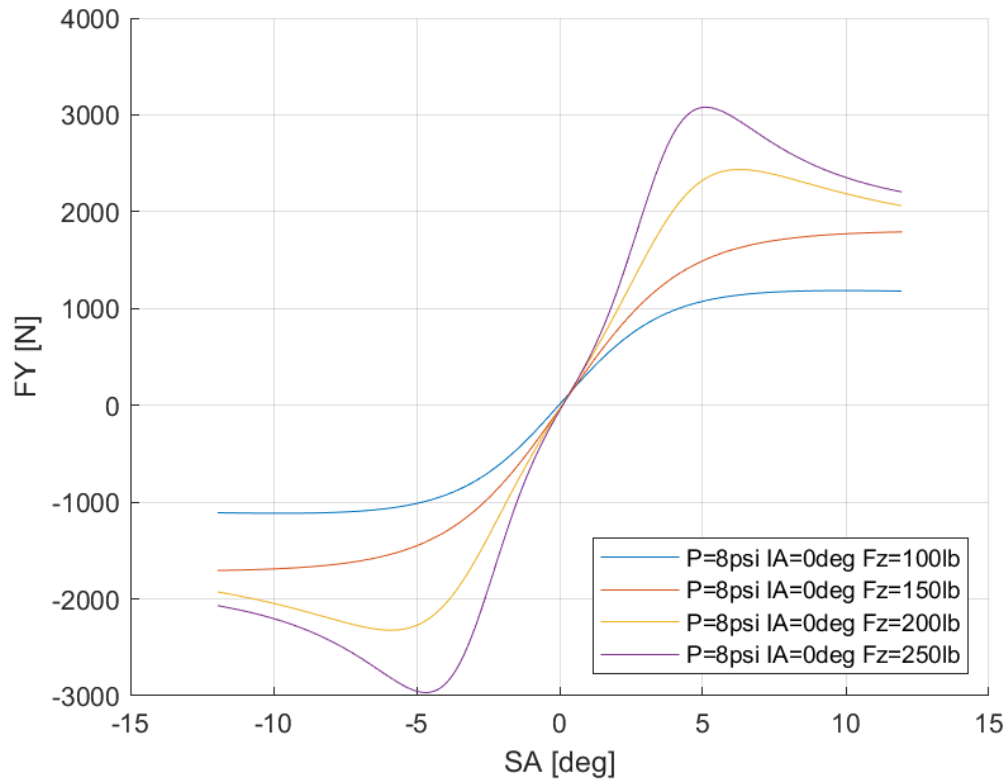
q_{Cz1}	2,54003	q_{Hz1}	-0,6973
q_{Dz2}	0,00091	q_{Ez2}	0,0159
q_{Dz1}	0,58819	q_{Ez1}	-0,0398
q_{Dz4}	1,27477	q_{Ez5}	-0,0004
q_{Bz2}	-0,0018	q_{Dz3}	-
q_{Bz1}	-0,0327	q_{Bz3}	-
q_{Bz4}	0,10911	q_{Bz5}	-
q_{Dz8}	-0,0393	q_{Hz4}	-
q_{Dz7}	-1,1333	q_{Ez3}	-
q_{Dz6}	-1,4242	q_{Ez4}	-
q_{Hz3}	-3,8308	q_{Dz9}	-
q_{Hz2}	0,0223	q_{Bz10}	-

Πίνακας 7.14: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 R25B για πίεση 10 psi

q_{Cz1}	2,59397	q_{Hz1}	-0,7923
q_{Dz2}	0,00091	q_{Ez2}	0,0216
q_{Dz1}	0,29716	q_{Ez1}	-0,0692
q_{Dz4}	1,34196	q_{Ez5}	-0,0004
q_{Bz2}	-0,0035	q_{Dz3}	-
q_{Bz1}	-0,037	q_{Bz3}	-
q_{Bz4}	0,20317	q_{Bz5}	-
q_{Dz8}	-0,0732	q_{Hz4}	-
q_{Dz7}	-1,1518	q_{Ez3}	-
q_{Dz6}	-1,3641	q_{Ez4}	-
q_{Hz3}	-3,1428	q_{Dz9}	-
q_{Hz2}	0,03985	q_{Bz10}	-

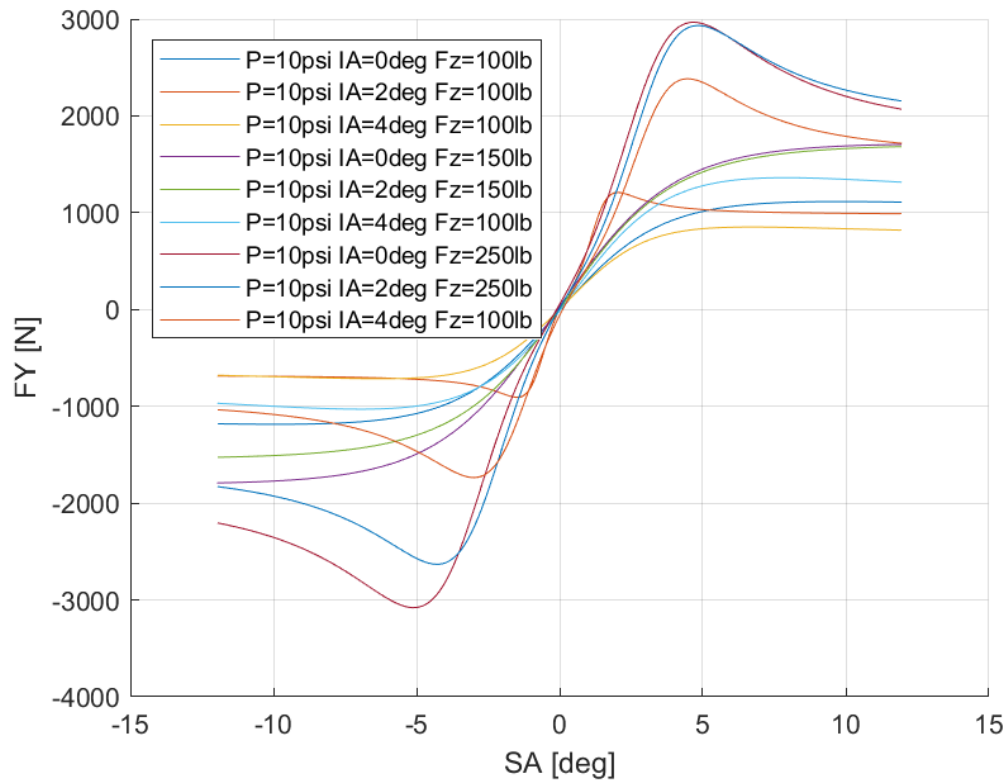
7.2.2 Hoosier 16.0x7.5-10 LCO

7.2.2.1 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης

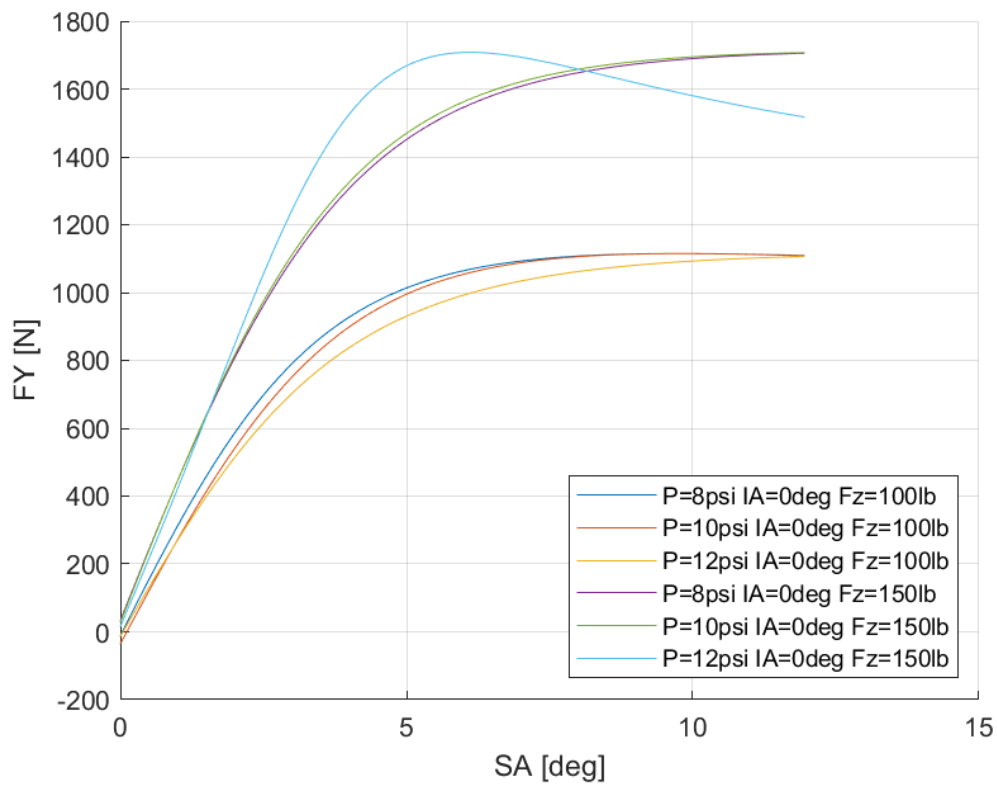


Διάγραμμα 7.171: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.172: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσησης για Διαφορετικά Κάθεται Φορτία και Γωνίες Camber για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.173: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσησης για Διαφορετικά Κάθεται Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Οι δευτερεύοντες συντελεστές για την εγκάρσια δύναμη του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 7.15 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 7.16.

Πίνακας 7.15: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 LC0 για Πίεση 8 psi

p_{Cy1}	0,10846	p_{Hy1}	-1,1421
p_{Dy2}	0,45273	p_{Hy3}	-1,3942
p_{Dy1}	2,40044	p_{Vy1}	-3,1708
p_{Ky1}	0,00091	p_{Vy2}	-
p_{Ky2}	0,22727	p_{Vy3}	0,02208
p_{Ky3}	1,33443	p_{Vy4}	-0,0489
p_{Ey2}	0,00758	p_{Dy3}	-0,0004
p_{Ey1}	-0,0225	p_{Ey4}	0,00091
p_{Hy2}	0,15015	p_{Ey3}	-

Πίνακας 7.16: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 LC0 για Πίεση 10 psi

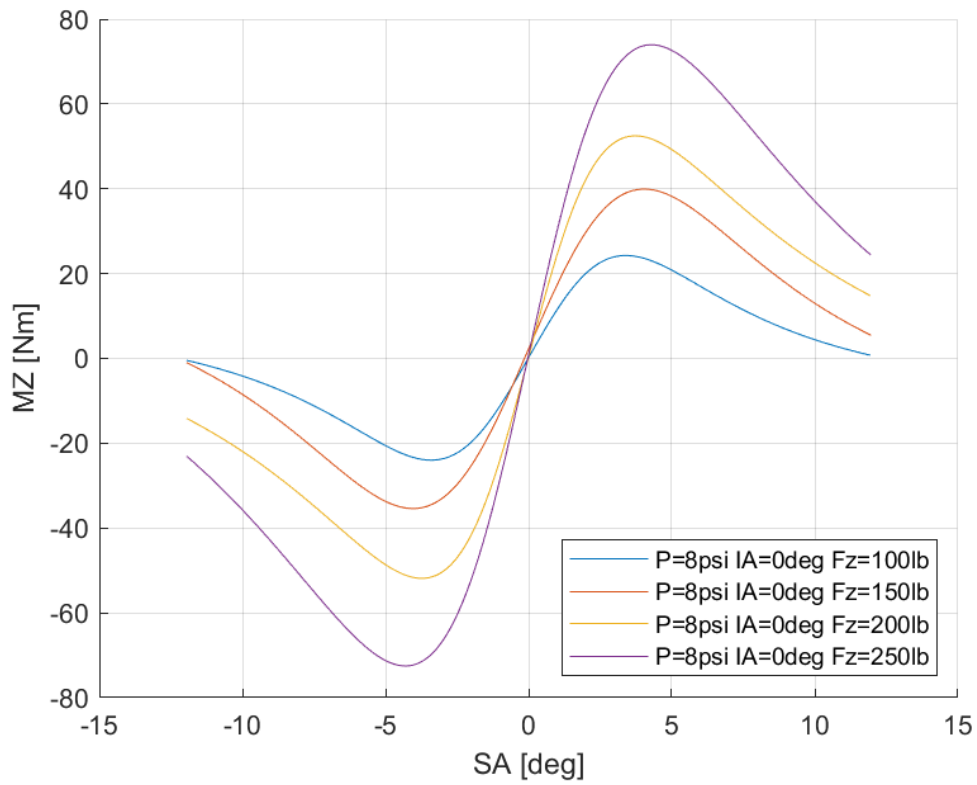
p_{Cy1}	0,11072	p_{Hy1}	-1,1565
p_{Dy2}	0,45273	p_{Hy3}	-1,3829
p_{Dy1}	2,06506	p_{Vy1}	-3,8473
p_{Ky1}	0,00091	p_{Vy2}	-
p_{Ky2}	0,22727	p_{Vy3}	0,0347
p_{Ky3}	1,27122	p_{Vy4}	-0,0376
p_{Ey2}	-0,0027	p_{Dy3}	-0,0004
p_{Ey1}	-0,0377	p_{Ey4}	0,00091
p_{Hy2}	0,09234	p_{Ey3}	-

7.2.2.2 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης

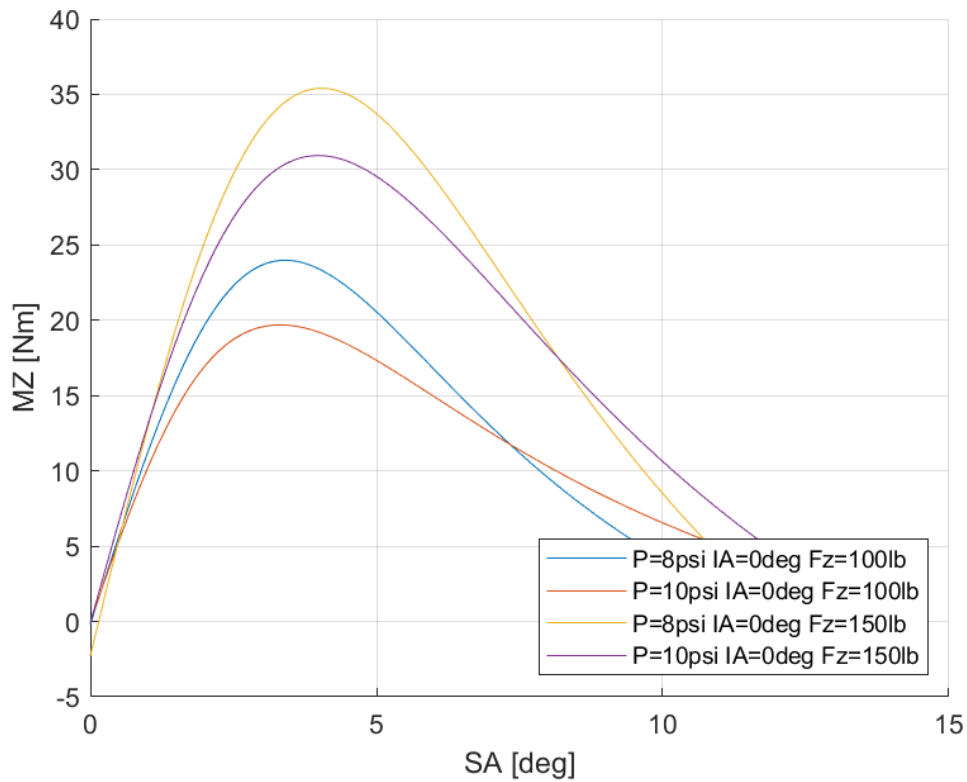
Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3, η δοκιμή επιτάχυνσης- επιβράδυνσης για το μοντέλο ελαστικού Hoosier 16.0x7.5-10 LC0 δεν ολοκληρώθηκε με επιτυχία. Για τον λόγο αυτό δεν συλλέχθηκαν δεδομένα της διαμήκουσ δύναμης, κάτι που καθιστά τη μοντελοποίηση αδύνατη.

Κεφάλαιο 7

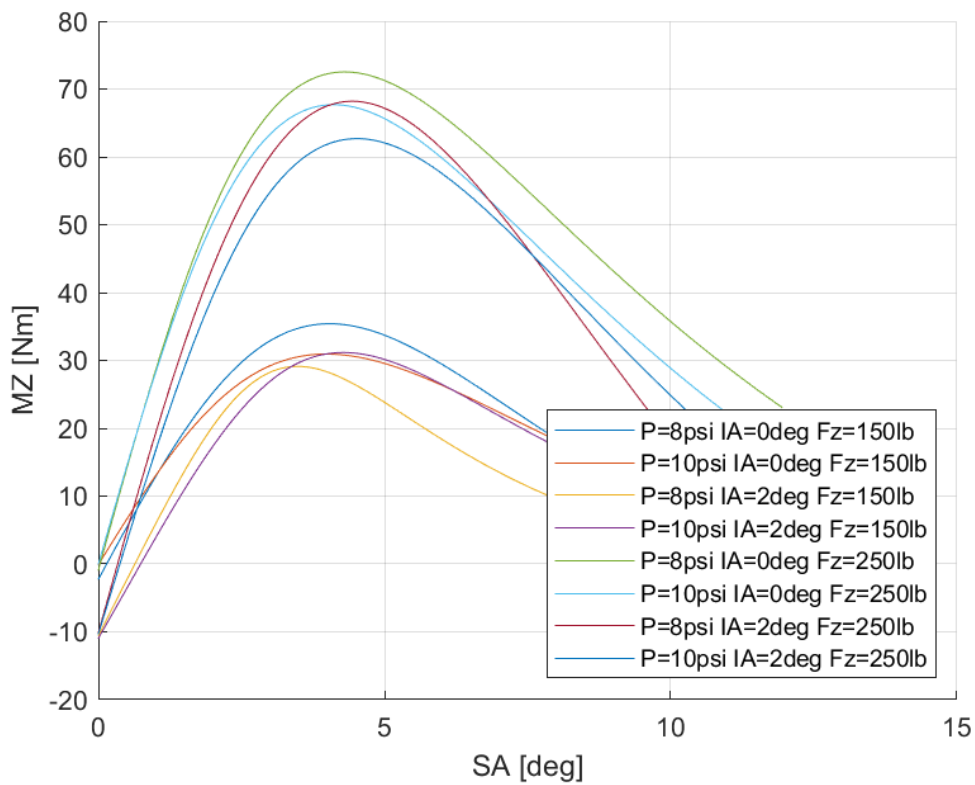
7.2.2.3 Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης



Διάγραμμα 7.174: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.175: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεϊ της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.176: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεϊ της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 7

Οι δευτερεύουσες μεταβλητές για τη ροπή ευθυγράμμισης του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 7.17 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 7.18.

Πίνακας 7.17: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 LCO για πίεση 8 psi

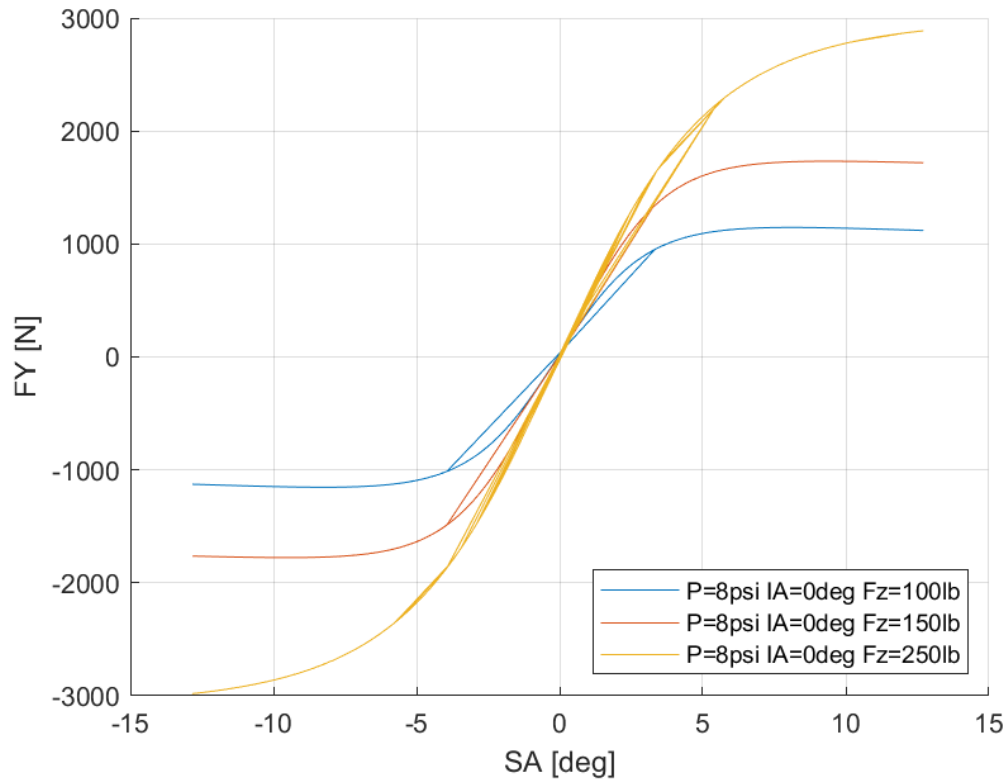
q_{Cz1}	0,10846	q_{Hz1}	-3,1708
q_{Dz2}	0,45273	q_{Ez2}	0,0159
q_{Dz1}	2,40044	q_{Ez1}	-0,0398
q_{Dz4}	0,00091	q_{Ez5}	-0,0004
q_{Bz2}	0,22727	q_{Dz3}	-
q_{Bz1}	1,33443	q_{Bz3}	-
q_{Bz4}	0,00758	q_{Bz5}	-
q_{Dz8}	-0,0225	q_{Hz4}	-
q_{Dz7}	0,15015	q_{Ez3}	-
q_{Dz6}	-0,0898	q_{Ez4}	-
q_{Hz3}	-1,1421	q_{Dz9}	-
q_{Hz2}	-1,3942	q_{Bz10}	-

Πίνακας 7.18: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 16.0x7.5-10 LCO για πίεση 10 psi

q_{Cz1}	0,11072	q_{Hz1}	-3,8473
q_{Dz2}	0,45273	q_{Ez2}	0,0239
q_{Dz1}	2,06506	q_{Ez1}	-0,064
q_{Dz4}	0,00091	q_{Ez5}	-0,0004
q_{Bz2}	0,22727	q_{Dz3}	-
q_{Bz1}	1,27122	q_{Bz3}	-
q_{Bz4}	-0,0027	q_{Bz5}	-
q_{Dz8}	-0,0377	q_{Hz4}	-
q_{Dz7}	0,09234	q_{Ez3}	-
q_{Dz6}	-0,0765	q_{Ez4}	-
q_{Hz3}	-1,1565	q_{Dz9}	-
q_{Hz2}	-1,3829	q_{Bz10}	-

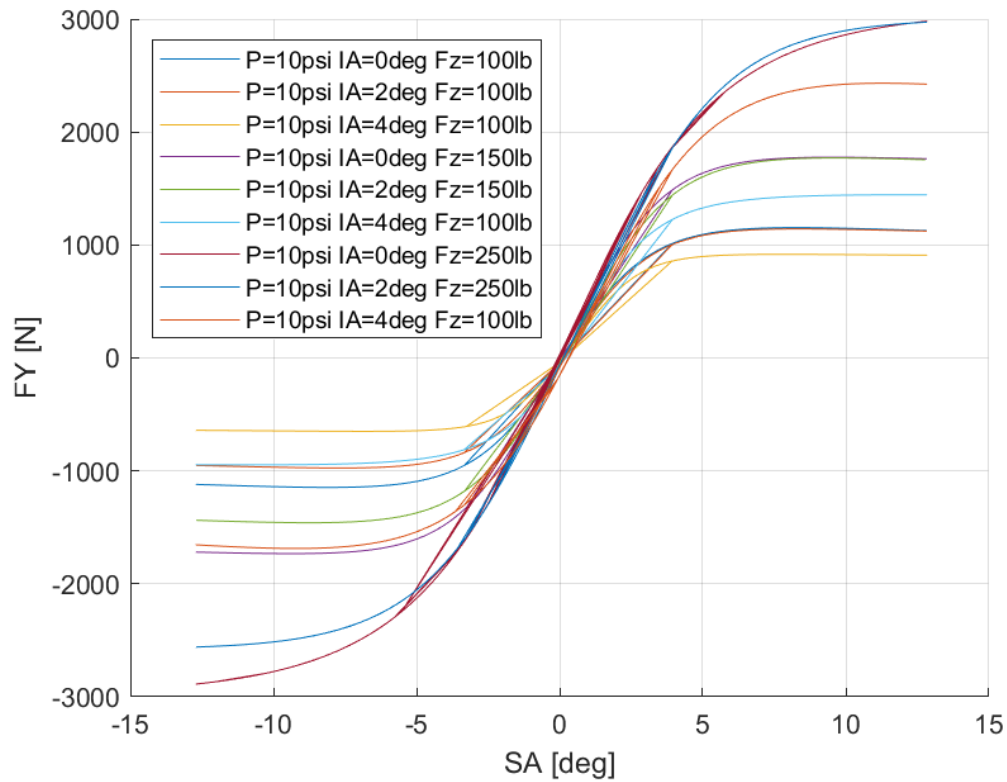
7.2.3 Hoosier 18.0x6.0-10 R25B

7.2.3.1 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης

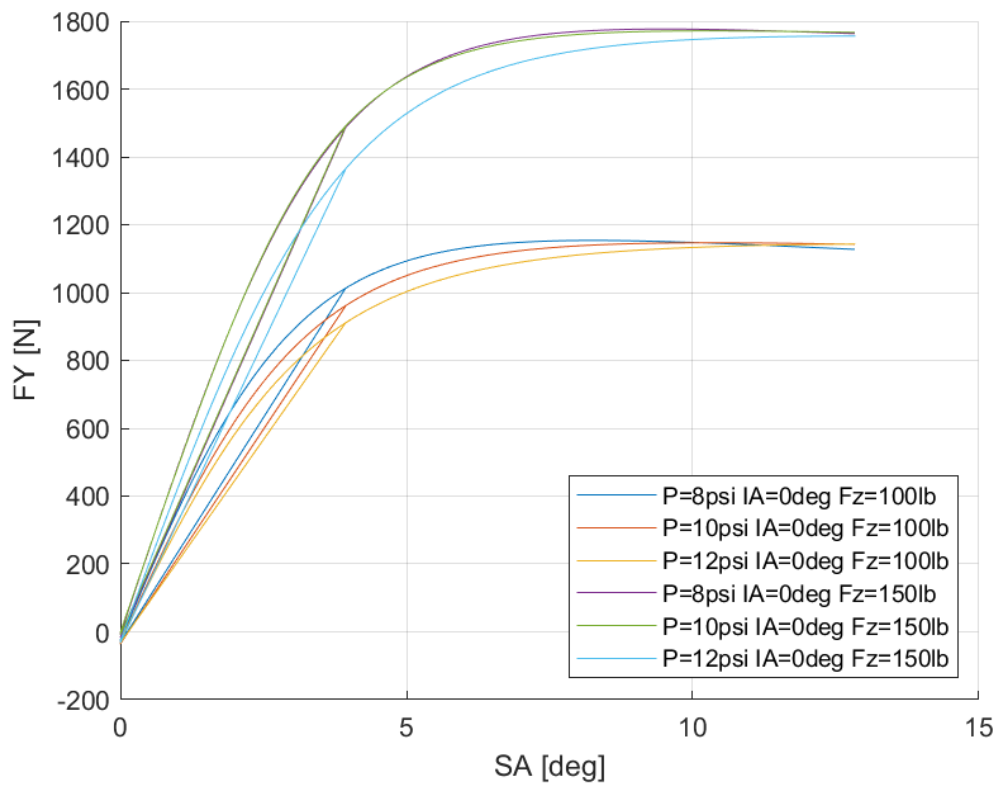


Διάγραμμα 7.177: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.178: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.179: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Οι δευτερεύοντες συντελεστές για την εγκάρσια δύναμη του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 7.19 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 7.20.

Πίνακας 7.19: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x6.0-10 R25B για Πίεση 8 psi

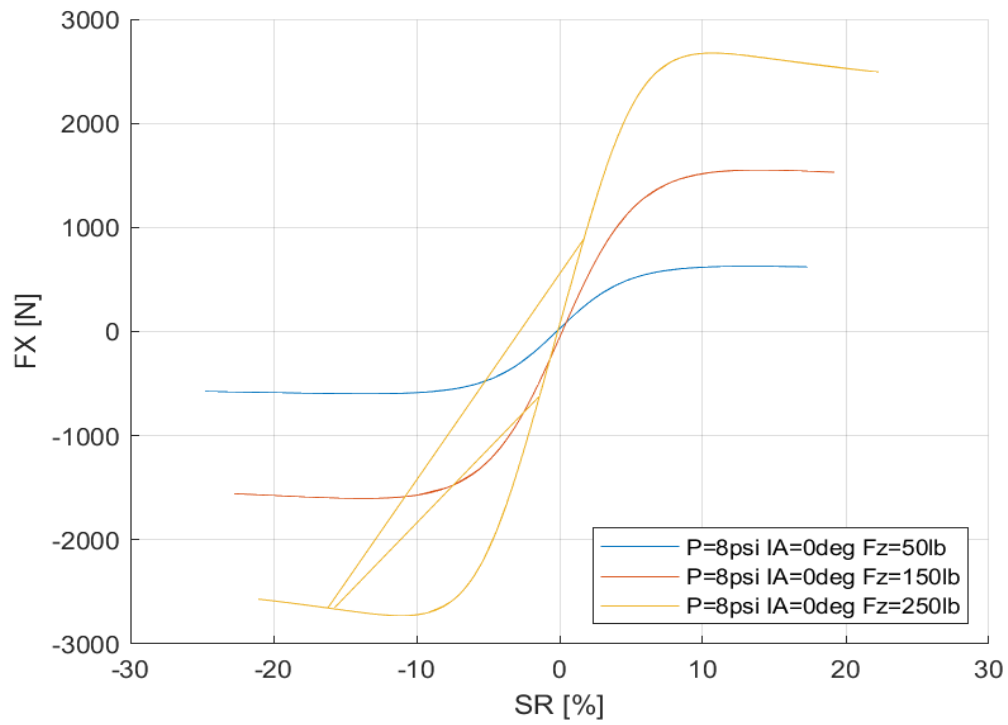
ρ_{Cy1}	0,08856	ρ_{Hy1}	-0,0016
ρ_{Dy2}	13,551	ρ_{Hy3}	-0,0052
ρ_{Dy1}	169,85	ρ_{Vy1}	-10,5
ρ_{Ky1}	73,1182	ρ_{Vy2}	
ρ_{Ky2}	0,17546	ρ_{Vy3}	-1,2245
ρ_{Ky3}	-0,0063	ρ_{Vy4}	-1,0204
ρ_{Ey2}	0,05654	ρ_{Dy3}	0,00136
ρ_{Ey1}	-0,0664	ρ_{Ey4}	-0,0006
ρ_{Hy2}	0,01205	ρ_{Ey3}	-

Πίνακας 7.20: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x6.0-10 R25B για Πίεση 10 psi

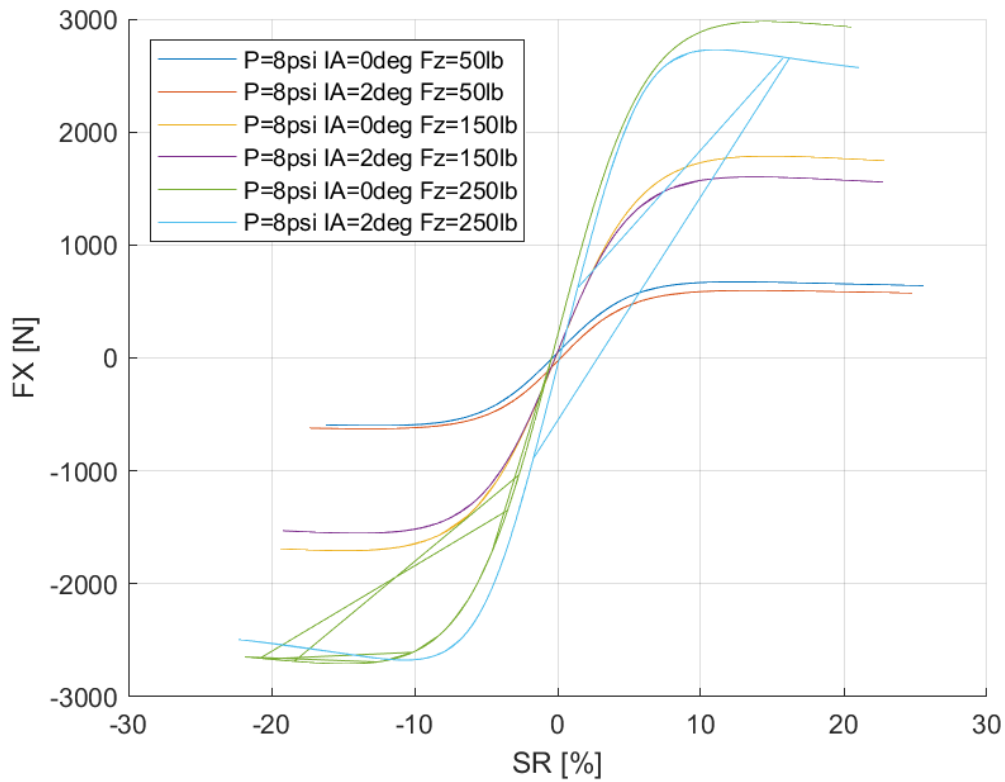
ρ_{Cy1}	0,08402	ρ_{Hy1}	0,00755
ρ_{Dy2}	13,551	ρ_{Hy3}	-0,0057
ρ_{Dy1}	169,85	ρ_{Vy1}	-10,5
ρ_{Ky1}	70,0768	ρ_{Vy2}	
ρ_{Ky2}	0,17376	ρ_{Vy3}	-1,2245
ρ_{Ky3}	-0,0061	ρ_{Vy4}	-1,0204
ρ_{Ey2}	0,06134	ρ_{Dy3}	0,00136
ρ_{Ey1}	-0,062	ρ_{Ey4}	-0,0006
ρ_{Hy2}	0,00112	ρ_{Ey3}	-

Κεφάλαιο 7

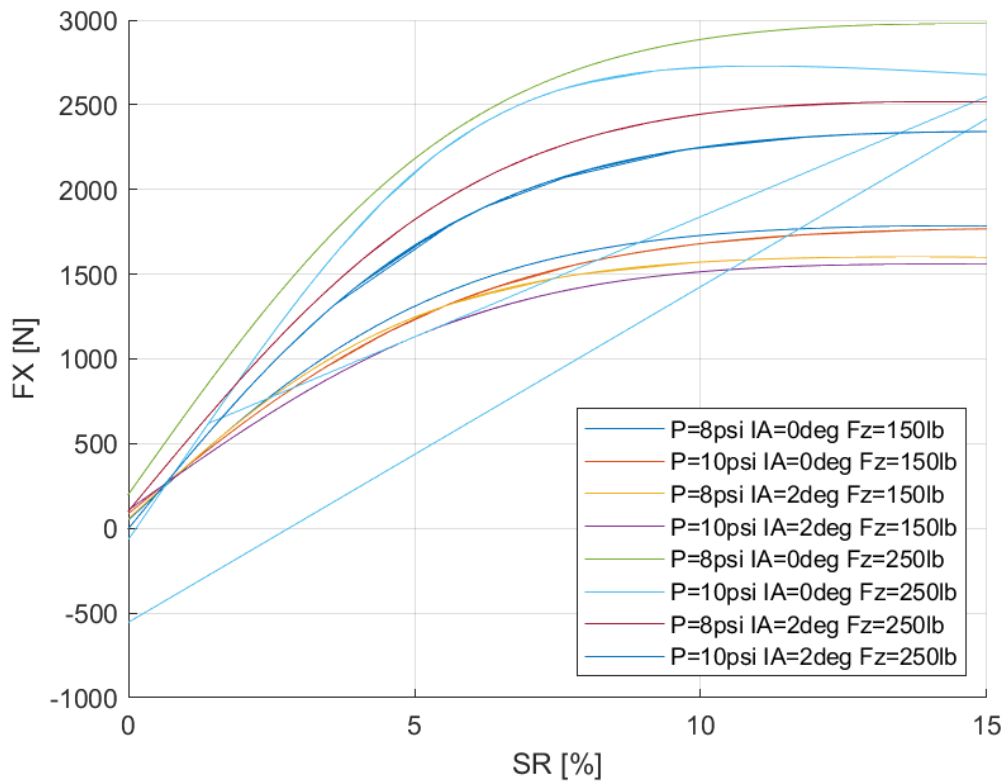
7.2.3.2 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης



Διάγραμμα 7.180: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.181: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.182: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 7

Οι δευτερεύοντες συντελεστές για τη διαμήκη δύναμη του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 7.21 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 7.22.

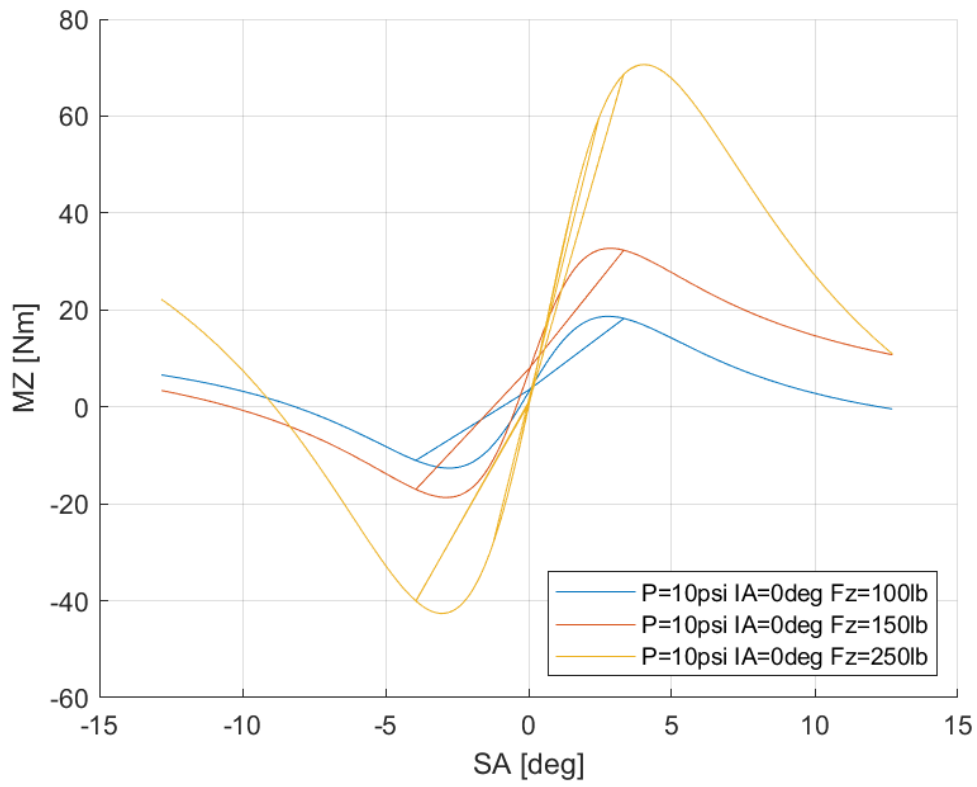
Πίνακας 7.21: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x6.0-10 R25B για Πίεση 8 psi

p_{Cx1}	0,12718	p_{Ex2}	0,00288
p_{Dx1}	21,6329	p_{Ex1}	-0,0632
p_{Dx2}	214,052	p_{Hx2}	0,00816
p_{Kx2}	0,07804	p_{Hx1}	-0,0159
p_{Kx1}	33,2664	p_{Vx1}	-9,09
p_{Kx3}	-0,0449	p_{Vx2}	-1,3635
p_{Ex3}		p_{Ex4}	-0,0007
		p_{Dx3}	0,00123

Πίνακας 7.22: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x6.0-10 R25B για Πίεση 10 psi

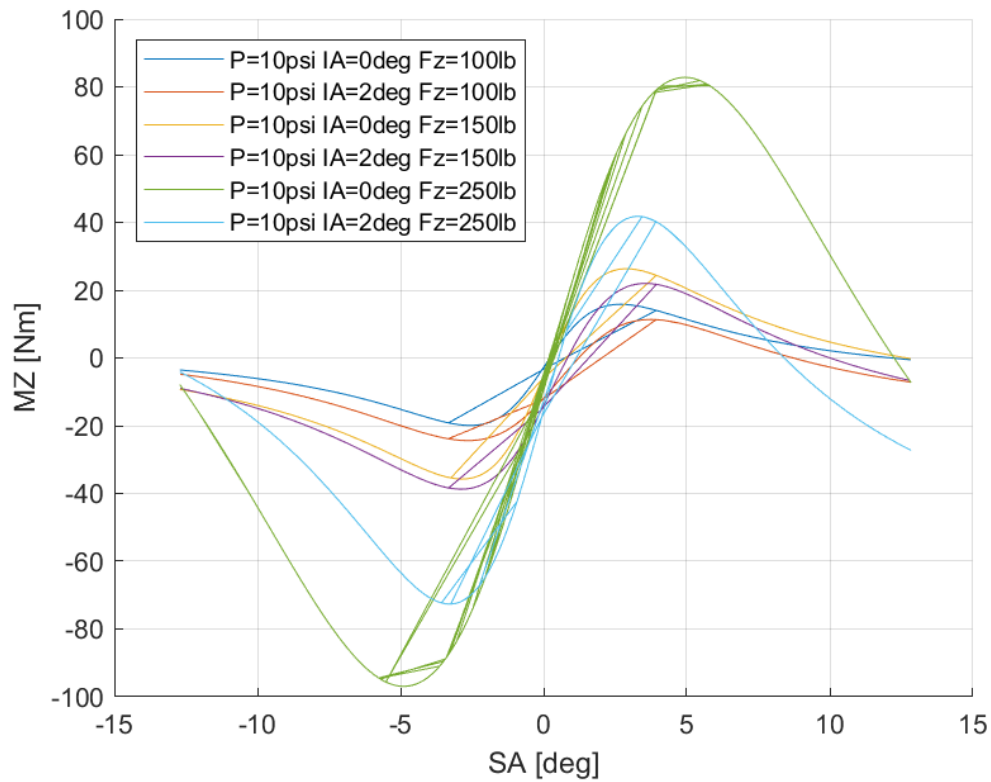
p_{Cx1}	0,12715	p_{Ex2}	-0,0446
p_{Dx1}	23,3854	p_{Ex1}	-0,008
p_{Dx2}	248,402	p_{Hx2}	-0,0175
p_{Kx2}	-0,6472	p_{Hx1}	-0,0014
p_{Kx1}	32,8082	p_{Vx1}	-9,09
p_{Kx3}	-0,0179	p_{Vx2}	-1,3635
p_{Ex3}		p_{Ex4}	-0,0005
		p_{Dx3}	0,00123

7.2.3.3 Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης

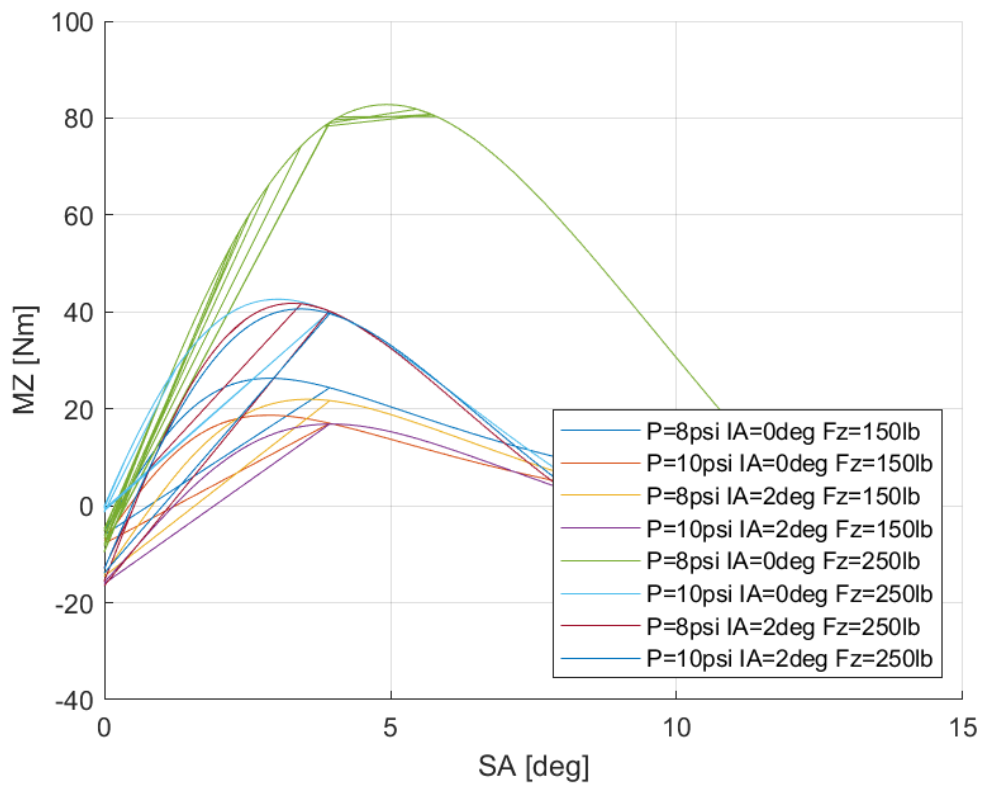


Διάγραμμα 7.183: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.184: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεϊ της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber και Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.185: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεϊ της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Οι δευτερεύουσες μεταβλητές για τη ροπή ευθυγράμμισης του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 7.23 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 7.24.

Πίνακας 7.23: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x6.0-10 R25B για πίεση 8 psi

q_{Cz1}	0,17524	q_{Hz1}	-2,3044
q_{Dz2}	0,7301	q_{Ez2}	0,05789
q_{Dz1}	2,88307	q_{Ez1}	0,0256
q_{Dz4}	0,00136	q_{Ez5}	-0,0004
q_{Bz2}	1,75058	q_{Dz3}	-
q_{Bz1}	0,83509	q_{Bz3}	-
q_{Bz4}	0,0014	q_{Bz5}	-
q_{Dz8}	-0,0404	q_{Hz4}	-
q_{Dz7}	0,15677	q_{Ez3}	-
q_{Dz6}	-0,0572	q_{Ez4}	-
q_{Hz3}	-0,4521	q_{Dz9}	-
q_{Hz2}	-2,1357	q_{Bz10}	-

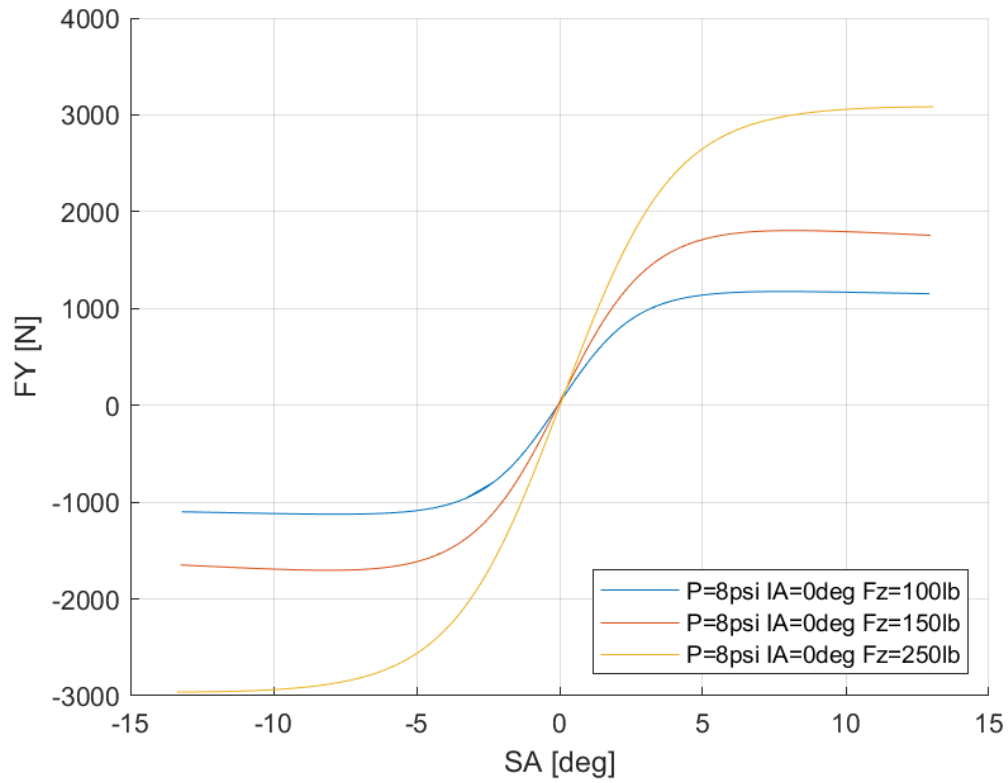
Πίνακας 7.24: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 18.0x6.0-10 R25B για πίεση 10 psi

q_{Cz1}	0,17946	q_{Hz1}	-0,4735
q_{Dz2}	0,7301	q_{Ez2}	0,358
q_{Dz1}	2,18827	q_{Ez1}	-0,012
q_{Dz4}	0,00136	q_{Ez5}	-0,0004
q_{Bz2}	1,69629	q_{Dz3}	-
q_{Bz1}	0,47684	q_{Bz3}	-
q_{Bz4}	0,00134	q_{Bz5}	-
q_{Dz8}	-0,0474	q_{Hz4}	-
q_{Dz7}	0,23421	q_{Ez3}	-
q_{Dz6}	-0,1106	q_{Ez4}	-
q_{Hz3}	-0,4497	q_{Dz9}	-
q_{Hz2}	-2,171	q_{Bz10}	-

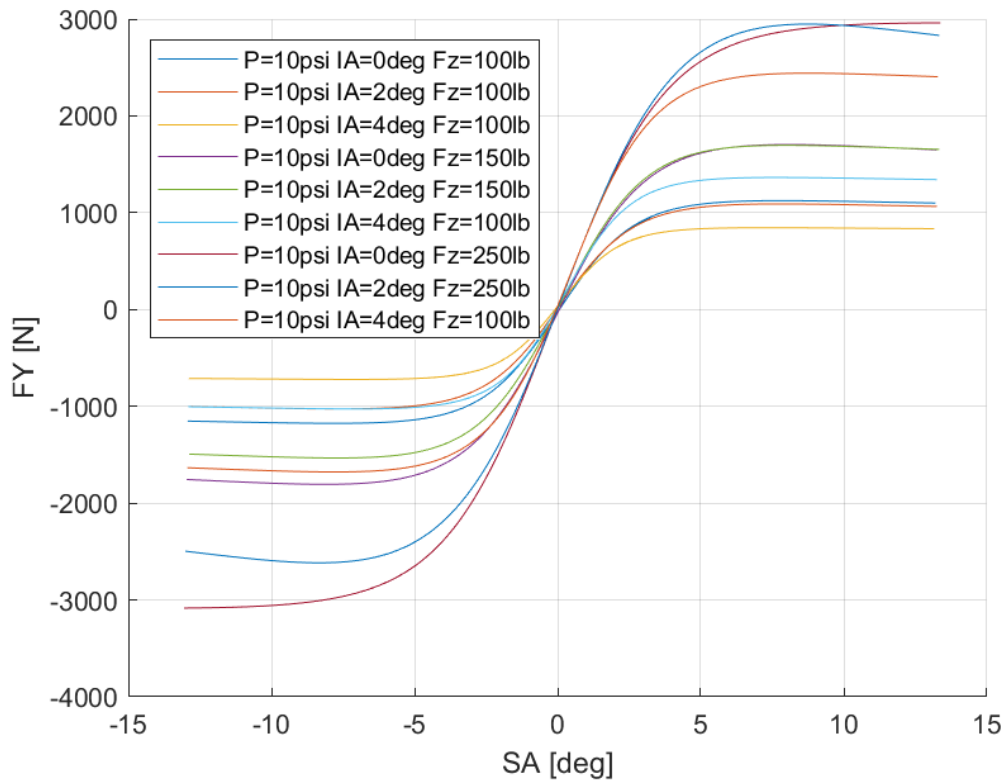
Κεφάλαιο 7

7.2.4 Hoosier 20.5x7.0-13 R25B

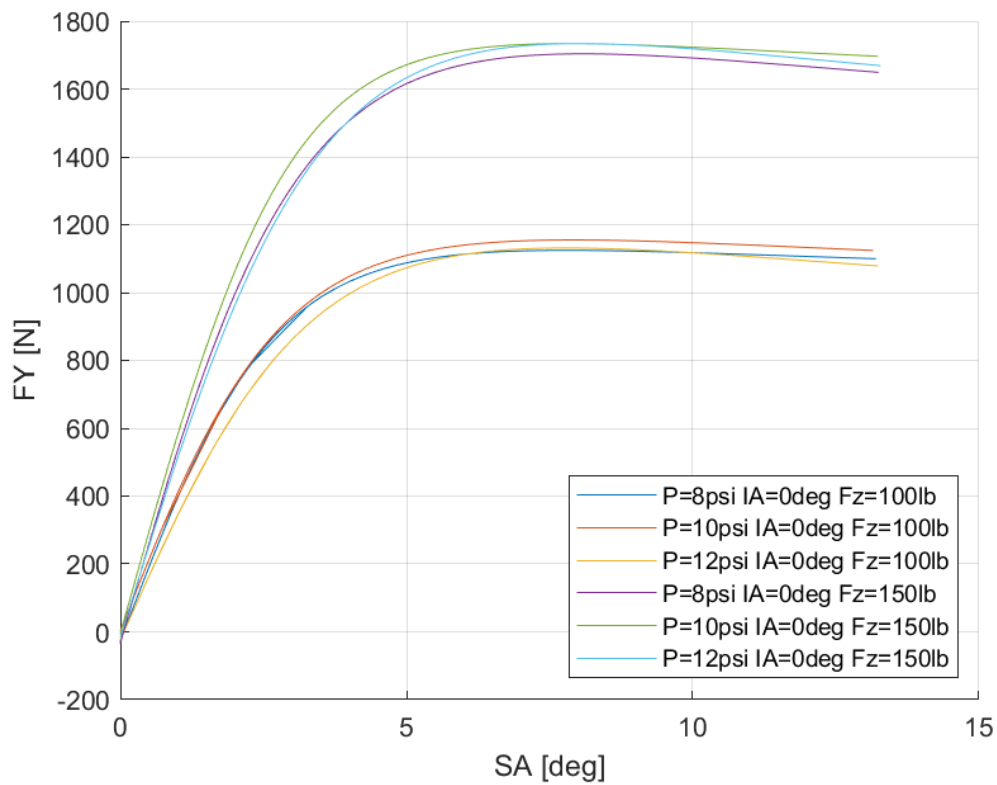
7.2.4.1 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης



Διάγραμμα 7.186: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.187: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.188: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 7

Οι δευτερεύοντες συντελεστές για την εγκάρσια δύναμη του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 7.25 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 7.26.

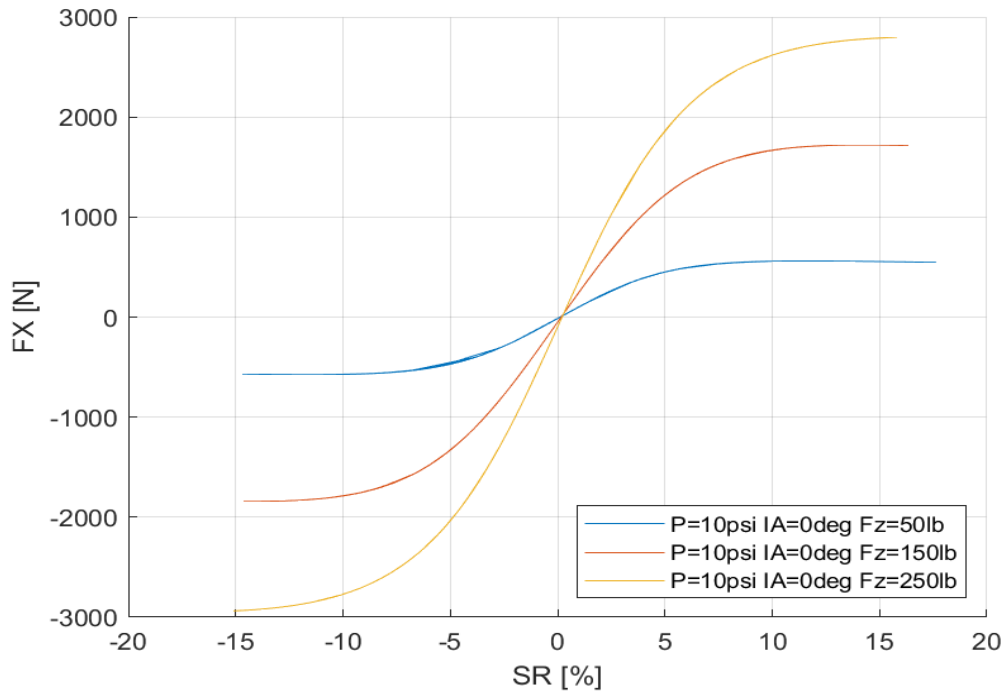
Πίνακας 7.25: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 20.5x7.0-13 R25B για Πίεση 8 psi

ρ_{Cy1}	0,09115	ρ_{Hy1}	-0,0073
ρ_{Dy2}	13,551	ρ_{Hy3}	-0,0053
ρ_{Dy1}	169,85	ρ_{Vy1}	-10,546
ρ_{Ky1}	70,8642	ρ_{Vy2}	-
ρ_{Ky2}	0,14569	ρ_{Vy3}	-1,243
ρ_{Ky3}	-0,006	ρ_{Vy4}	-1,0204
ρ_{Ey2}	0,0274	ρ_{Dy3}	0,00136
ρ_{Ey1}	-0,0253	ρ_{Ey4}	-0,0006
ρ_{Hy2}	0,00983	ρ_{Ey3}	-

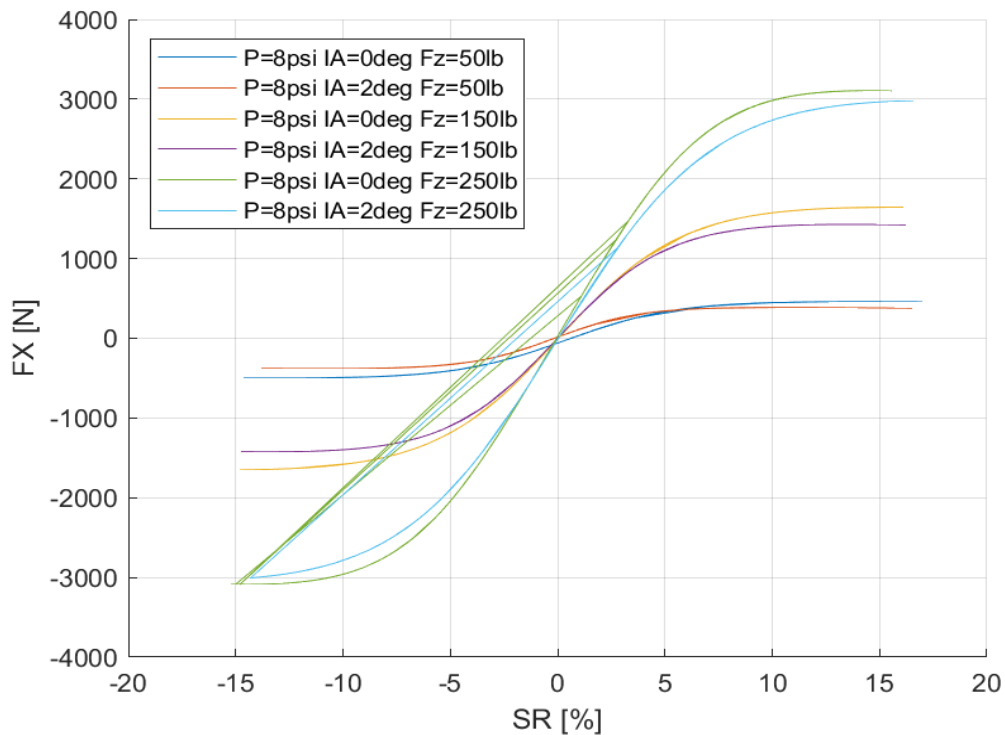
Πίνακας 7.26: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 20.5x7.0-13 R25B για Πίεση 10 psi

ρ_{Cy1}	0,09642	ρ_{Hy1}	0,01385
ρ_{Dy2}	13,551	ρ_{Hy3}	-0,0054
ρ_{Dy1}	169,85	ρ_{Vy1}	-10,546
ρ_{Ky1}	82,4277	ρ_{Vy2}	-
ρ_{Ky2}	0,17302	ρ_{Vy3}	-1,243
ρ_{Ky3}	-0,0062	ρ_{Vy4}	-1,0204
ρ_{Ey2}	0,00465	ρ_{Dy3}	0,00136
ρ_{Ey1}	-0,0143	ρ_{Ey4}	-0,0006
ρ_{Hy2}	-0,0037	ρ_{Ey3}	-

7.2.4.2 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης

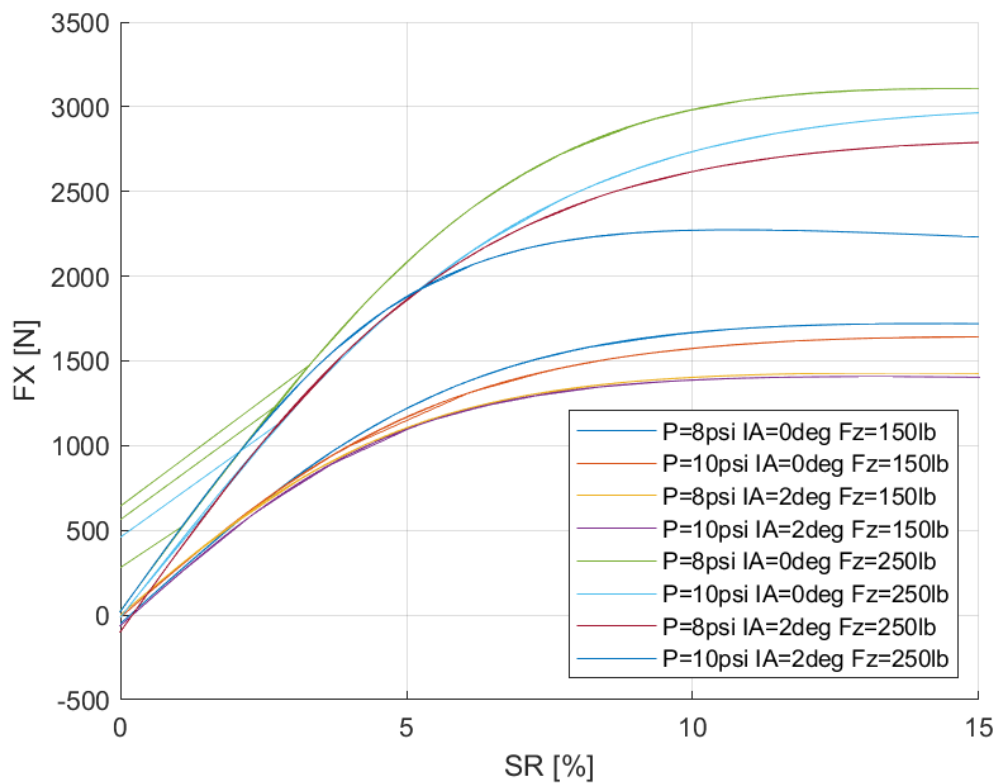


Διάγραμμα 7.189: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.190: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.191: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Οι δευτερεύοντες συντελεστές για τη διαμήκη δύναμη του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 7.27 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 7.28.

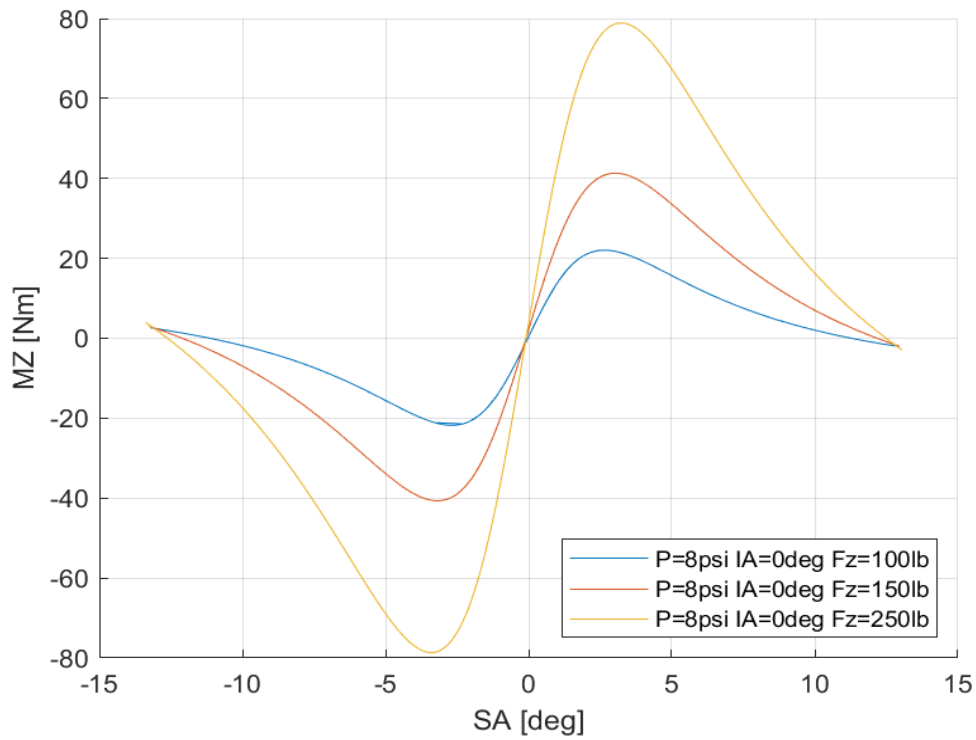
Πίνακας 7.27: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 20.5x7.0-13 R25B για Πίεση 8 psi

ρ_{Cx1}	0,12719	ρ_{Ex2}	-0,0293
ρ_{Dx1}	23,5504	ρ_{Ex1}	0,0013
ρ_{Dx2}	216,32	ρ_{Hx2}	0,02231
ρ_{Kx2}	0,0174	ρ_{Hx1}	-0,014
ρ_{Kx1}	39,8106	ρ_{Vx1}	-9,09
ρ_{Kx3}	-0,0015	ρ_{Vx2}	-1,3635
ρ_{Ex3}	-	ρ_{Ex4}	-0,0004
		ρ_{Dx3}	0,00453

Πίνακας 7.28: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 20.5x7.0-13 R25B για Πίεση 10 psi

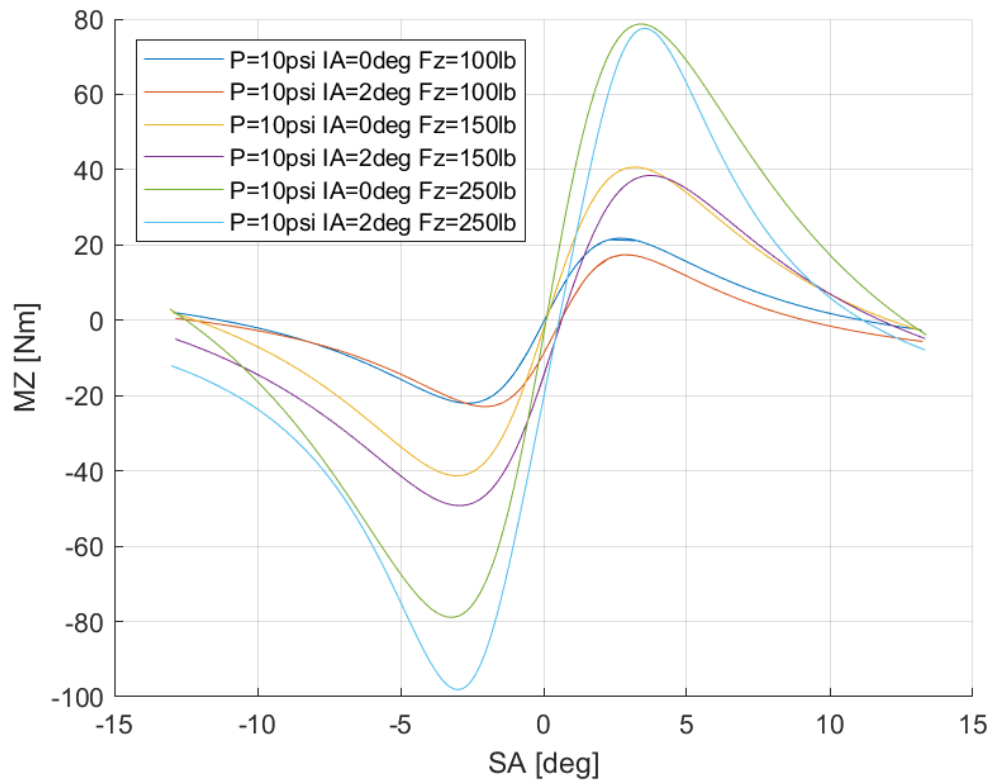
p_{Cx1}	0,12719	p_{Ex2}	-0,0164
p_{Dx1}	23,5504	p_{Ex1}	0,0107
p_{Dx2}	240,154	p_{Hx2}	-0,0268
p_{Kx2}	0,63101	p_{Hx1}	0,02264
p_{Kx1}	40,6513	p_{Vx1}	-9,09
p_{Kx3}	0,01229	p_{Vx2}	-1,3635
p_{Ex3}	-	p_{Ex4}	-0,0007
		p_{Dx3}	0,00453

7.2.4.3 Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης

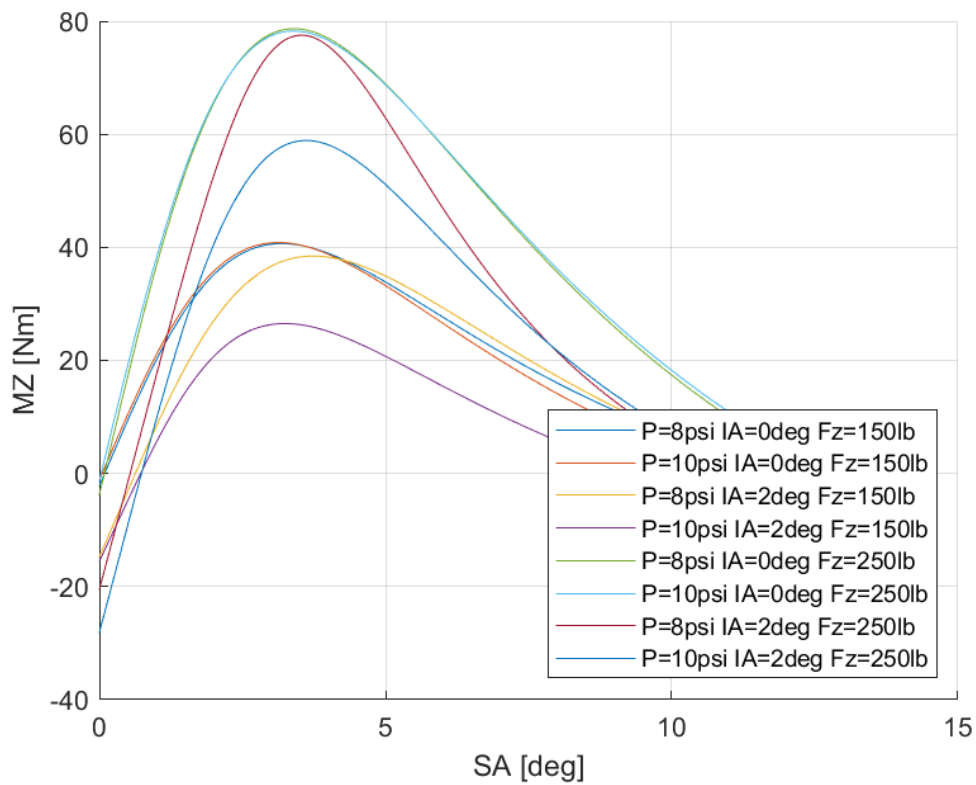


Διάγραμμα 7.192: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.193: Ροπή Ευθυγράμμισης Συνάρτησι της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber και Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.194: Ροπή Ευθυγράμμισης Συνάρτησι της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνίες Camber και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Οι δευτερεύουσες μεταβλητές για τη ροπή ευθυγράμμισης του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 7.29 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 7.30.

Πίνακας 7.29: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 20.5x7.0-13 R25B για πίεση 8 psi

q_{Cz1}	0,17524	q_{Hz1}	-2,3044
q_{Dz2}	0,7301	q_{Ez2}	0,02234
q_{Dz1}	2,88307	q_{Ez1}	-0,0382
q_{Dz4}	0,00136	q_{Ez5}	-0,0005
q_{Bz2}	1,75058	q_{Dz3}	-
q_{Bz1}	0,83509	q_{Bz3}	-
q_{Bz4}	0,0014	q_{Bz5}	-
q_{Dz8}	-0,0404	q_{Hz4}	-
q_{Dz7}	0,15677	q_{Ez3}	-
q_{Dz6}	-0,0572	q_{Ez4}	-
q_{Hz3}	-0,4521	q_{Dz9}	-
q_{Hz2}	-2,1357	q_{Bz10}	-

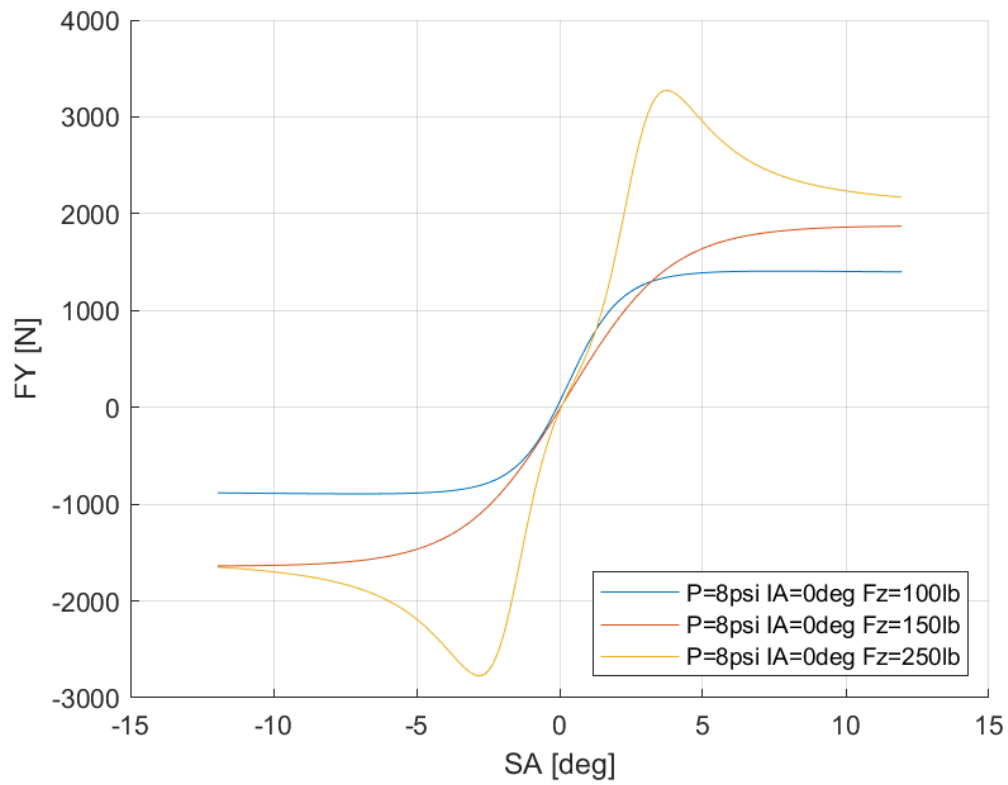
Πίνακας 7.30: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Hoosier 20.5x7.0-13 R25B για πίεση 10 psi

q_{Cz1}	0,17946	q_{Hz1}	-0,4735
q_{Dz2}	0,7301	q_{Ez2}	0,06767
q_{Dz1}	2,18827	q_{Ez1}	-0,0532
q_{Dz4}	0,00136	q_{Ez5}	-0,0005
q_{Bz2}	1,69629	q_{Dz3}	-
q_{Bz1}	0,47684	q_{Bz3}	-
q_{Bz4}	0,00134	q_{Bz5}	-
q_{Dz8}	-0,0474	q_{Hz4}	-
q_{Dz7}	0,23421	q_{Ez3}	-
q_{Dz6}	-0,1106	q_{Ez4}	-
q_{Hz3}	-0,4497	q_{Dz9}	-
q_{Hz2}	-2,171	q_{Bz10}	-

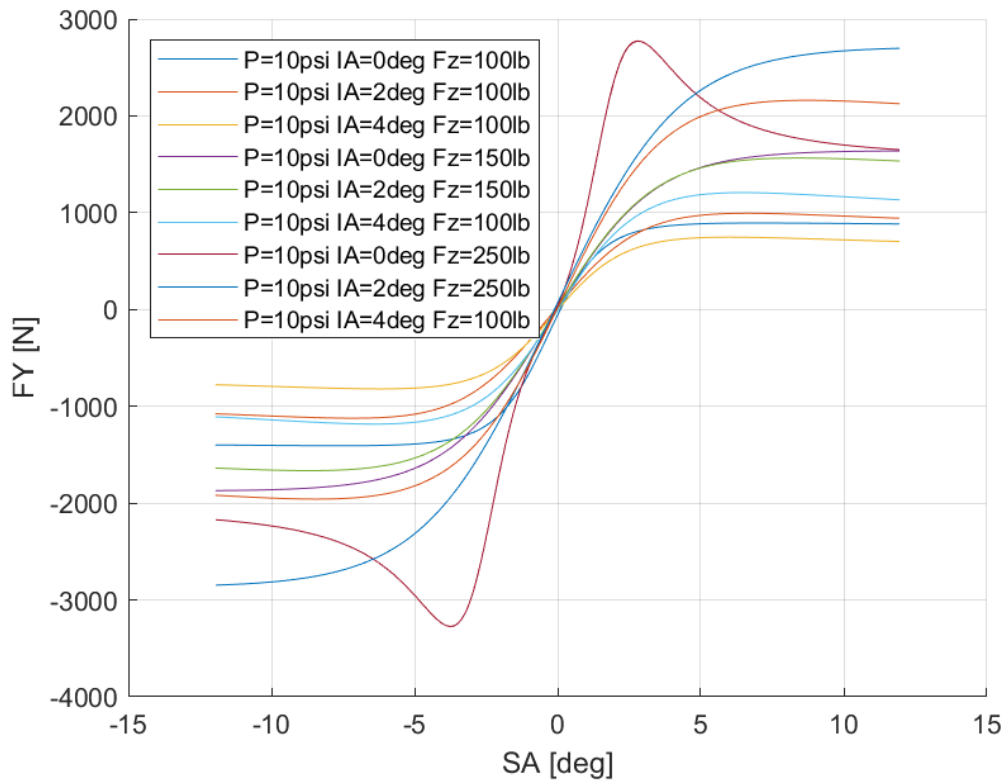
Κεφάλαιο 7

7.2.5 Goodyear 20.0x7.0-13 D2704

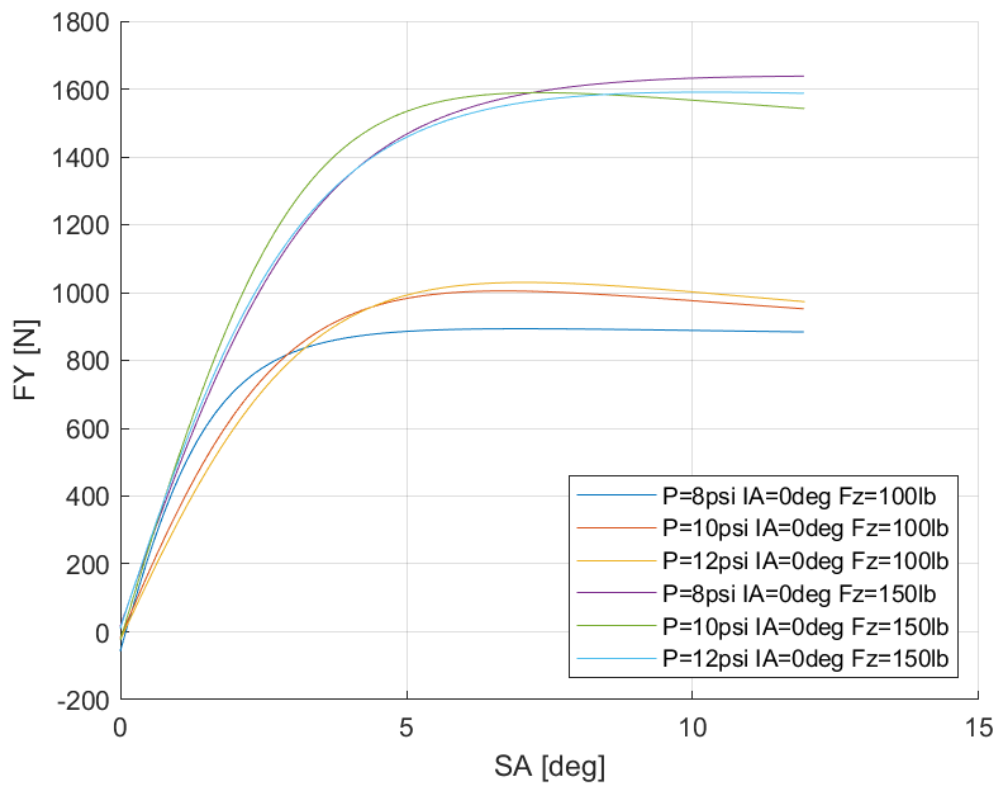
7.2.5.1 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης



Διάγραμμα 7.195: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.196: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσησης για Διαφορετικά Κάθεται Φορτία και Γωνίες Camber για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.197: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσησης για Διαφορετικά Κάθεται Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 7

Οι δευτερεύοντες συντελεστές για την εγκάρσια δύναμη του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 7.31 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 7.32.

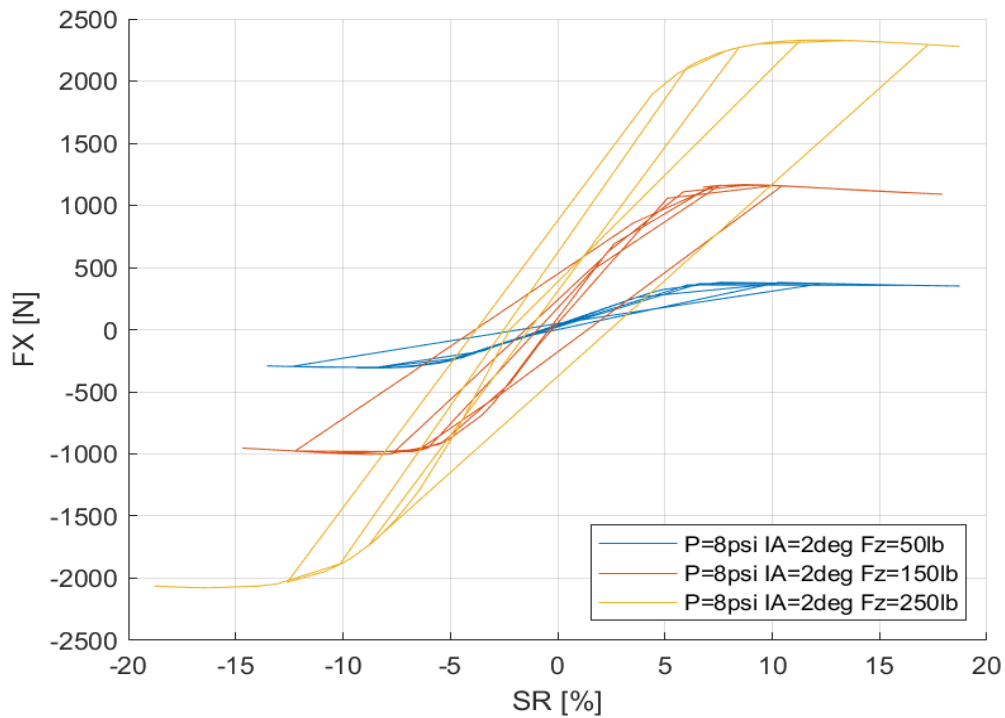
Πίνακας 7.31: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 για Πίεση 8 psi

p_{Cy1}	0,08982	p_{Hy1}	-0,0067
p_{Dy2}	13,551	p_{Hy3}	-0,0053
p_{Dy1}	175,348	p_{Vy1}	-10,539
p_{Ky1}	58,1253	p_{Vy2}	
p_{Ky2}	0,11792	p_{Vy3}	-1,2402
p_{Ky3}	-0,0065	p_{Vy4}	-1,0204
p_{Ey2}	-0,0023	p_{Dy3}	0,00136
p_{Ey1}	-0,0132	p_{Ey4}	-0,0006
p_{Hy2}	-0,0092	p_{Ey3}	-

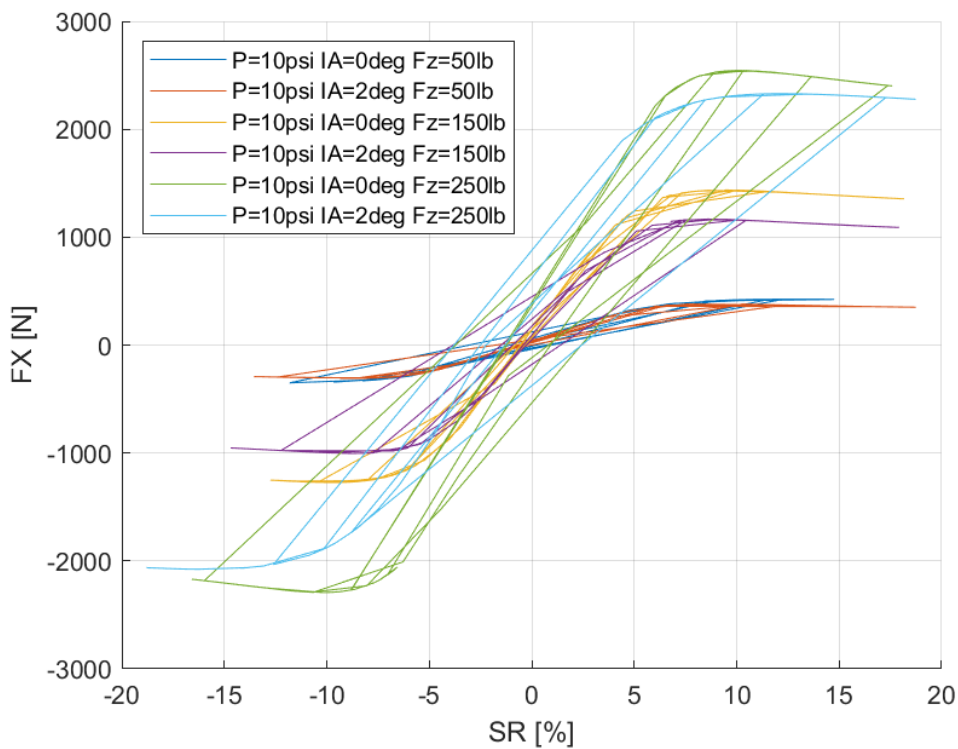
Πίνακας 7.32: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 για Πίεση 10 psi

p_{Cy1}	0,09127	p_{Hy1}	-0,0189
p_{Dy2}	13,551	p_{Hy3}	-0,0058
p_{Dy1}	175,348	p_{Vy1}	-10,539
p_{Ky1}	85,4632	p_{Vy2}	
p_{Ky2}	0,20413	p_{Vy3}	-1,2402
p_{Ky3}	-0,0062	p_{Vy4}	-1,0204
p_{Ey2}	-0,0048	p_{Dy3}	0,00136
p_{Ey1}	-0,0291	p_{Ey4}	-0,0006
p_{Hy2}	0,01812	p_{Ey3}	-

7.2.5.2 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης

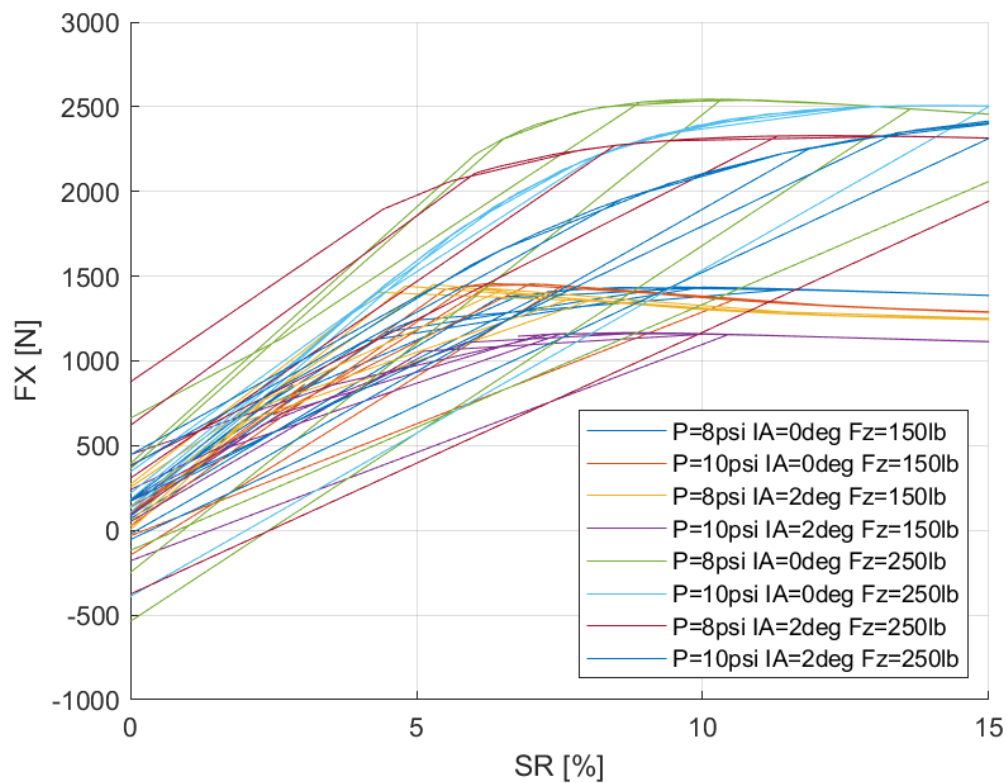


Διάγραμμα 7.198: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.199: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.200: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Οι δευτερεύοντες συντελεστές, για τη διαμήκη δύναμη του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού, παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 7.33 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 7.34.

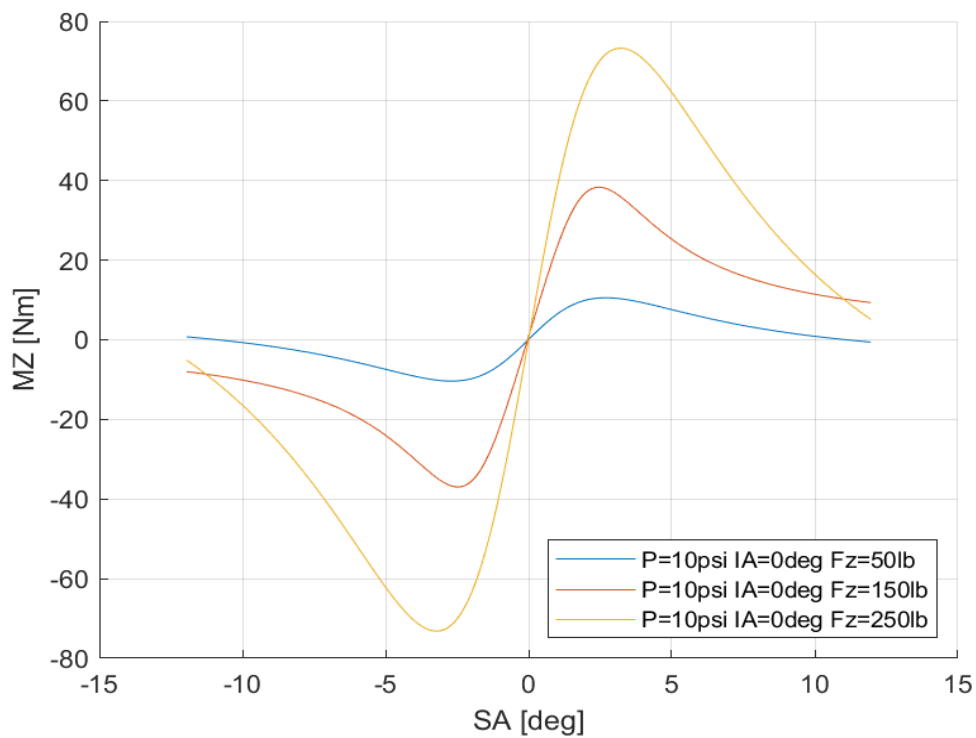
Πίνακας 7.33: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 για Πίεση 8 psi

ρ_{Cx1}	0,12719	ρ_{Ex2}	-0,0748
ρ_{Dx1}	19,7567	ρ_{Ex1}	-0,1353
ρ_{Dx2}	171,209	ρ_{Hx2}	-0,0155
ρ_{Kx2}	-1,0037	ρ_{Hx1}	-0,0027
ρ_{Kx1}	31,5898	ρ_{Vx1}	-9,09
ρ_{Kx3}	-0,0187	ρ_{Vx2}	-1,3635
ρ_{Ex3}		ρ_{Ex4}	-0,0005
		ρ_{Dx3}	0,00453

Πίνακας 7.34: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 για Πίεση 10 psi

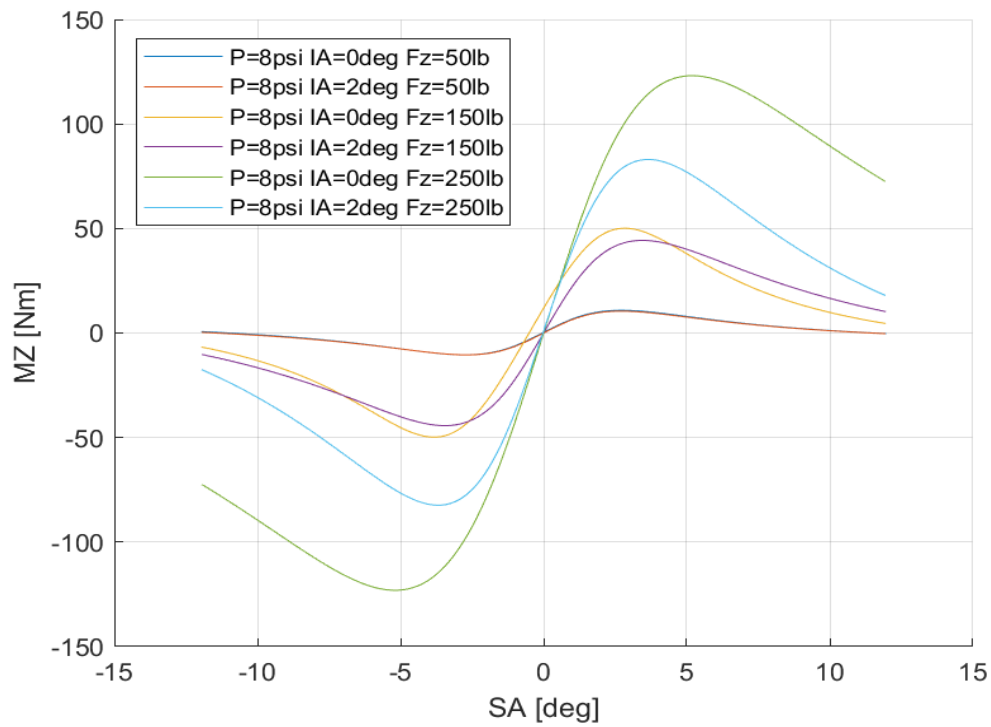
p_{Cx1}	0,12719	p_{Ex2}	-0,0641
p_{Dx1}	19,7567	p_{Ex1}	-0,3224
p_{Dx2}	182,425	p_{Hx2}	-0,0636
p_{Kx2}	0,50617	p_{Hx1}	-0,0126
p_{Kx1}	23,0972	p_{Vx1}	-18,18
p_{Kx3}	-0,0207	p_{Vx2}	-2,727
p_{Ex3}		p_{Ex4}	-0,0011
		p_{Dx3}	0,00905

7.2.5.3 Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης

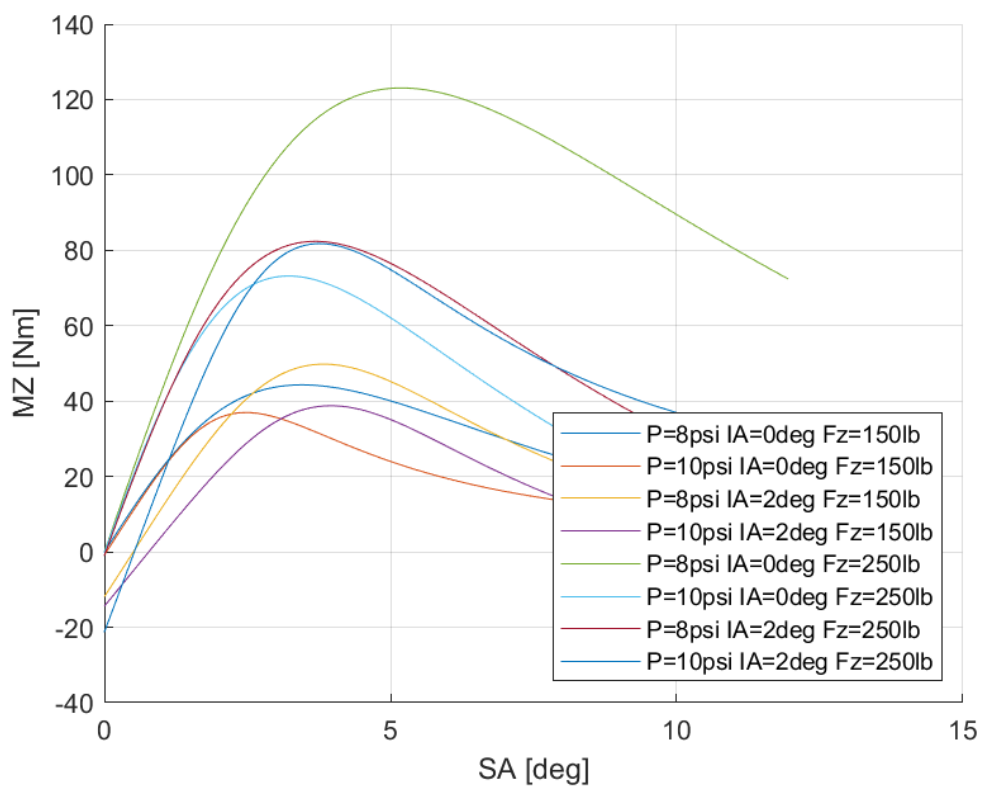


Διάγραμμα 7.201: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.202: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεϊ της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber και Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.203: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεϊ της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνίες Camber και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Οι δευτερεύουσες μεταβλητές για τη ροπή ευθυγράμμισης του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 7.35 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 7.36.

Πίνακας 7.35: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 για πίεση 8 psi

q_{Cz1}	0,08664	q_{Hz1}	-2,3648
q_{Dz2}	13,551	q_{Ez2}	-0,0065
q_{Dz1}	167,497	q_{Ez1}	-0,0309
q_{Dz4}	58,1253	q_{Ez5}	-0,0006
q_{Bz2}	0,11792	q_{Dz3}	-
q_{Bz1}	-0,0065	q_{Bz3}	-
q_{Bz4}	0,00145	q_{Bz5}	-
q_{Dz8}	-0,0404	q_{Hz4}	-
q_{Dz7}	0,01248	q_{Ez3}	-
q_{Dz6}	-0,0239	q_{Ez4}	-
q_{Hz3}	-0,0053	q_{Dz9}	-
q_{Hz2}	-10,618	q_{Bz10}	-

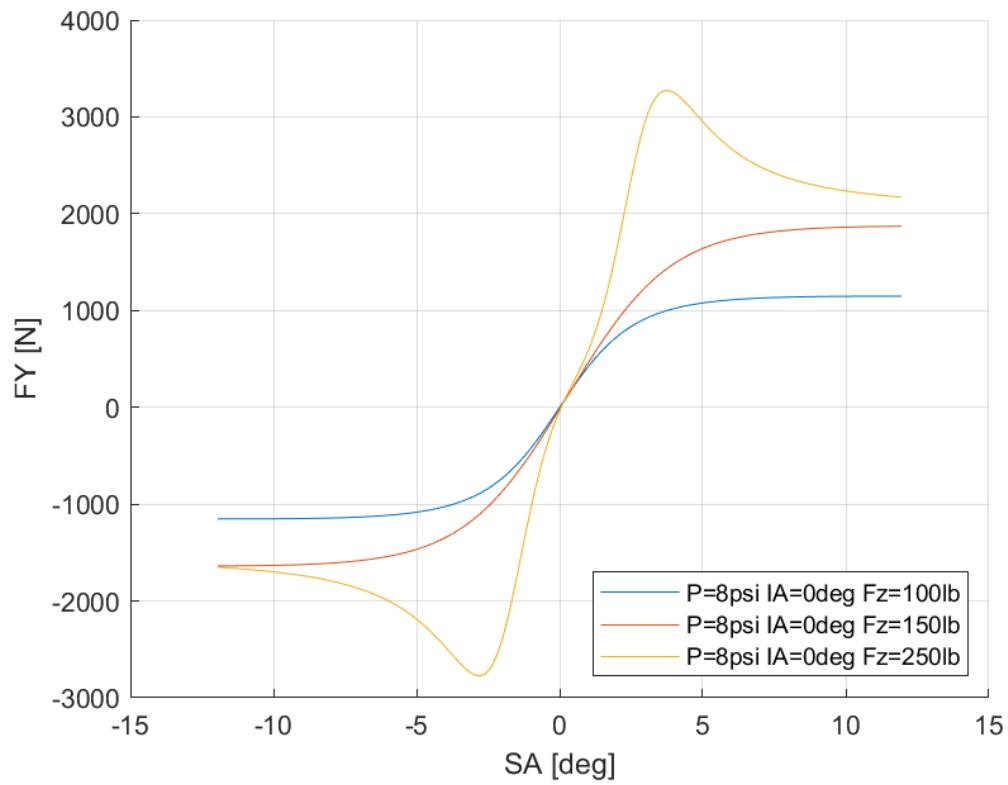
Πίνακας 7.36: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Goodyear 20.0x7.0-13 D2704 για πίεση 10 psi

q_{Cz1}	0,09312	q_{Hz1}	0,268
q_{Dz2}	13,551	q_{Ez2}	0,00374
q_{Dz1}	175,348	q_{Ez1}	-0,0606
q_{Dz4}	85,4632	q_{Ez5}	-0,0005
q_{Bz2}	0,20413	q_{Dz3}	-
q_{Bz1}	-0,0062	q_{Bz3}	-
q_{Bz4}	0,0089	q_{Bz5}	-
q_{Dz8}	-0,0478	q_{Hz4}	-
q_{Dz7}	0,01831	q_{Ez3}	-
q_{Dz6}	-0,0171	q_{Ez4}	-
q_{Hz3}	-0,0058	q_{Dz9}	-
q_{Hz2}	-10,618	q_{Bz10}	-

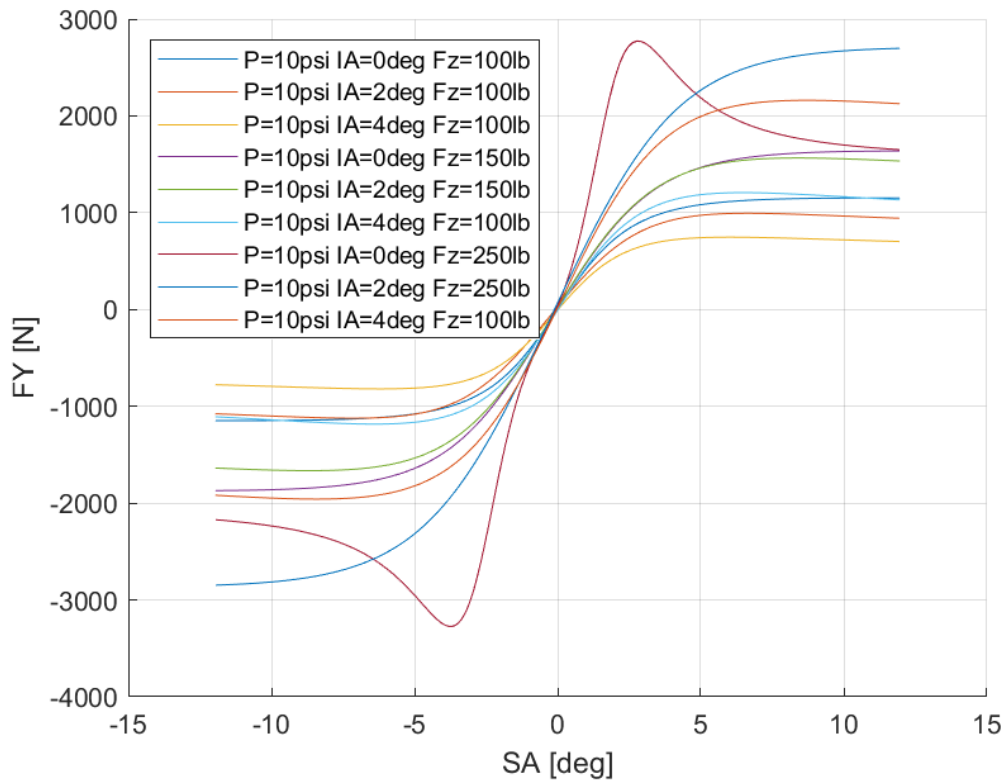
Κεφάλαιο 7

7.2.6 Continental 205/470 R13

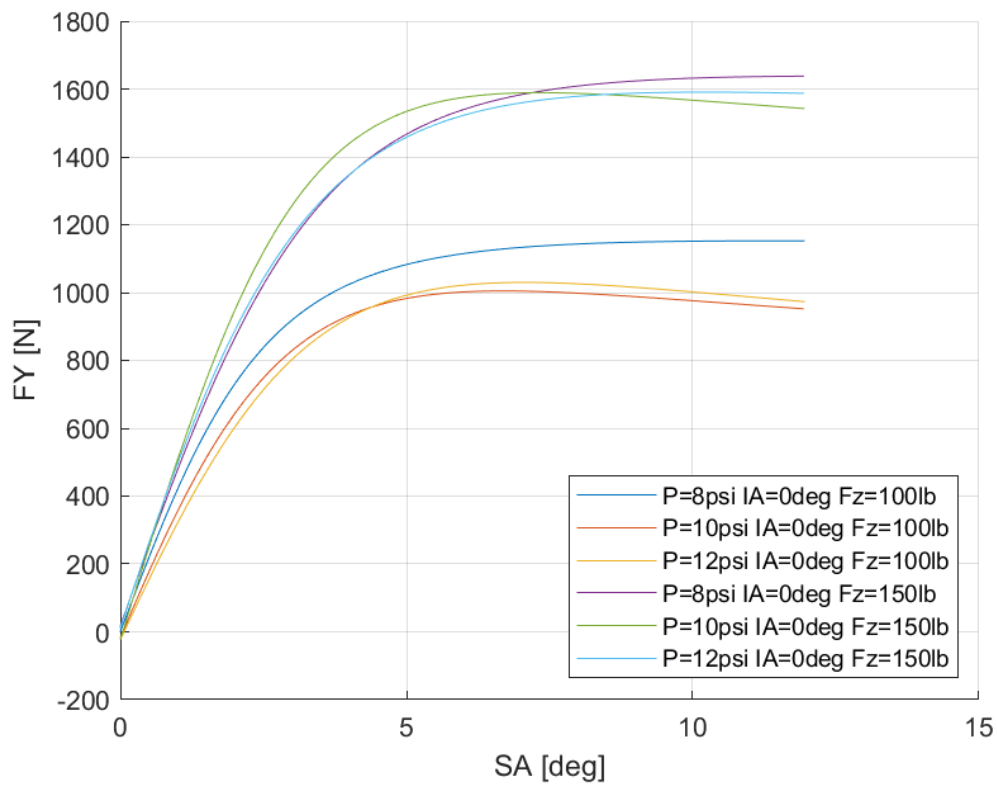
7.2.6.1 Σχέση Εγκάρσιας Δύναμης και Γωνίας Ολίσθησης



Διάγραμμα 7.204: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.205: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.206: Εγκάρσια Δύναμη Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 7

Οι δευτερεύοντες συντελεστές για την εγκάρσια δύναμη του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 7.37 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 7.38.

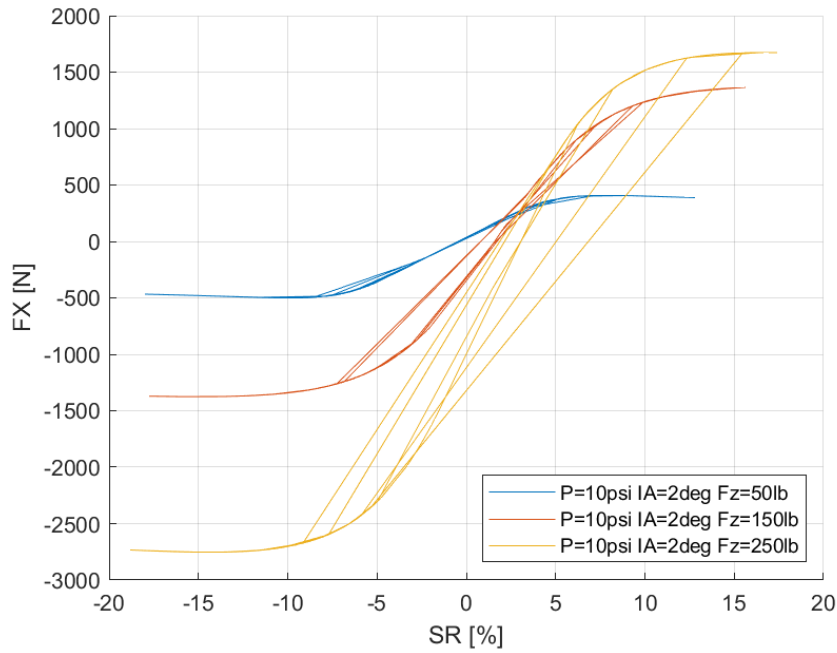
Πίνακας 7.37: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Continental 205/470 R13 για Πίεση 8 psi

p_{Cy1}	0,09119	p_{Hy1}	0,00428
p_{Dy2}	13,551	p_{Hy3}	-0,0053
p_{Dy1}	169,85	p_{Vy1}	-10,5
p_{Ky1}	54,3249	p_{Vy2}	-
p_{Ky2}	0,11822	p_{Vy3}	-1,2245
p_{Ky3}	-0,0065	p_{Vy4}	-1,0204
p_{Ey2}	-0,0157	p_{Dy3}	0,00136
p_{Ey1}	-0,0075	p_{Ey4}	-0,0006
p_{Hy2}	-0,0274	p_{Ey3}	-

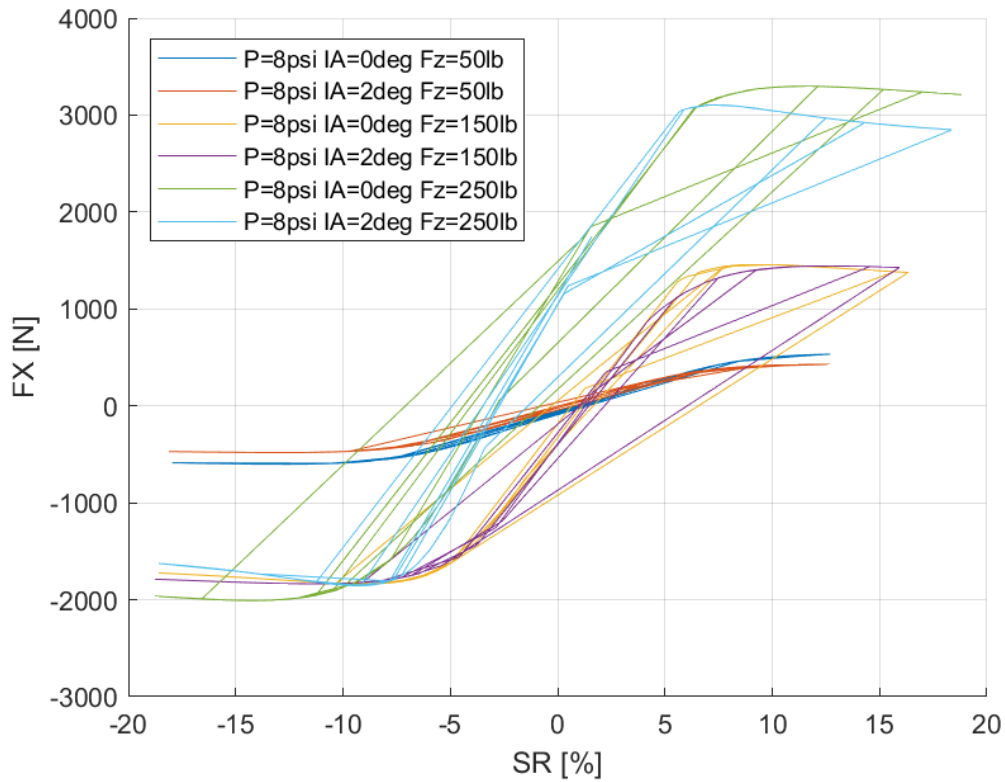
Πίνακας 7.38: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Continental 205/470 R13 για Πίεση 10 psi

p_{Cy1}	0,09264	p_{Hy1}	-0,0181
p_{Dy2}	13,551	p_{Hy3}	-0,0058
p_{Dy1}	169,85	p_{Vy1}	-10,5
p_{Ky1}	85,4632	p_{Vy2}	-
p_{Ky2}	0,20413	p_{Vy3}	-1,2245
p_{Ky3}	-0,0062	p_{Vy4}	-1,0204
p_{Ey2}	-0,0048	p_{Dy3}	0,00136
p_{Ey1}	-0,0291	p_{Ey4}	-0,0006
p_{Hy2}	0,01104	p_{Ey3}	-

7.2.6.2 Σχέση Διαμήκουσ Δύναμης και Λόγου Ολίσθησης

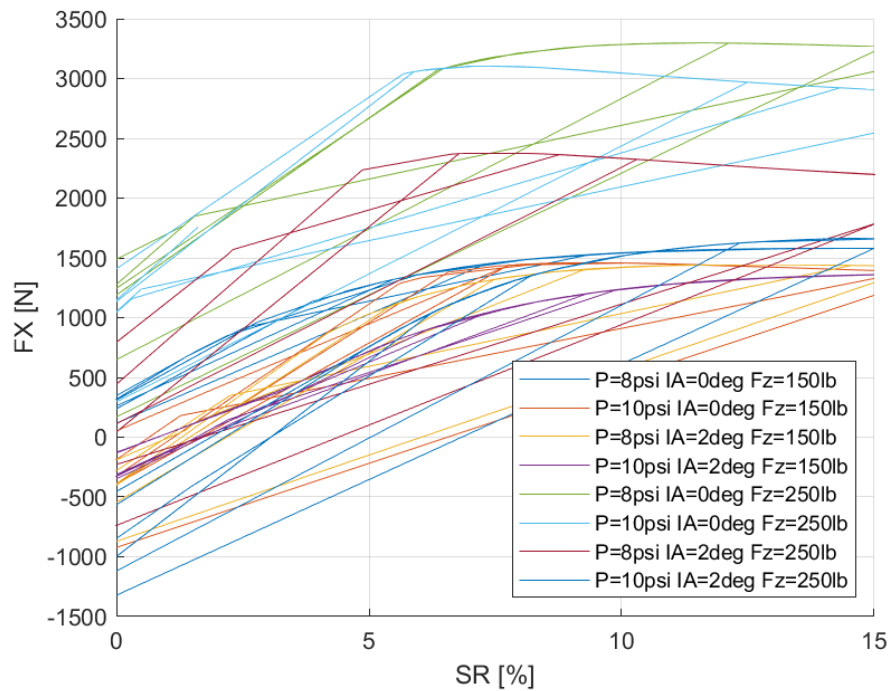


Διάγραμμα 7.207: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.208: Διαμήκουσ Δύναμη Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία και Γωνίες Camber για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.209: Διαμήκης Δύναμη Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθιστα Φορτία, Γωνία Camber και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Οι δευτερεύοντες συντελεστές για τη διαμήκη δύναμη του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 7.39 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 7.40.

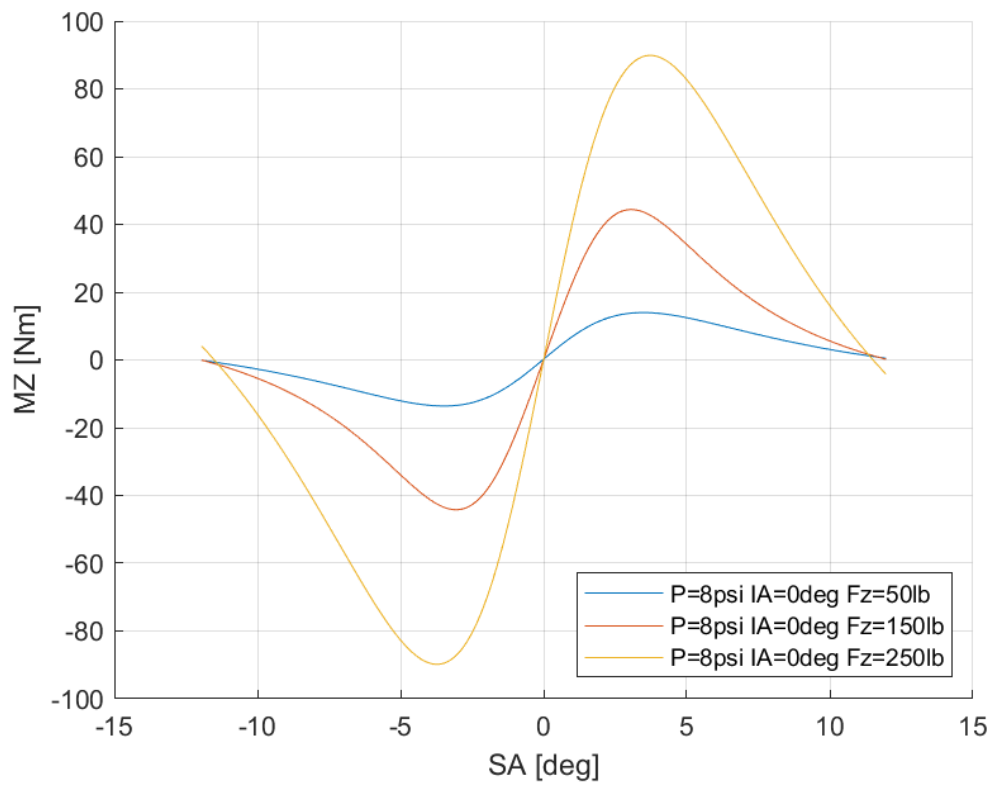
Πίνακας 7.39: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Continental 205/470 R13 για Πίεση 8 psi

p_{Cx1}	0,12719	p_{Ex2}	0,02636
p_{Dx1}	23,5504	p_{Ex1}	-0,1897
p_{Dx2}	211,207	p_{Hx2}	0,00192
p_{Kx2}	0,18368	p_{Hx1}	0,03394
p_{Kx1}	36,7057	p_{Vx1}	-9,09
p_{Kx3}	-0,02	p_{Vx2}	-1,3635
p_{Ex3}	-	p_{Ex4}	-0,0004
		p_{Dx3}	0,00453

Πίνακας 7.40: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Continental 205/470 R13 για Πίεση 10 psi

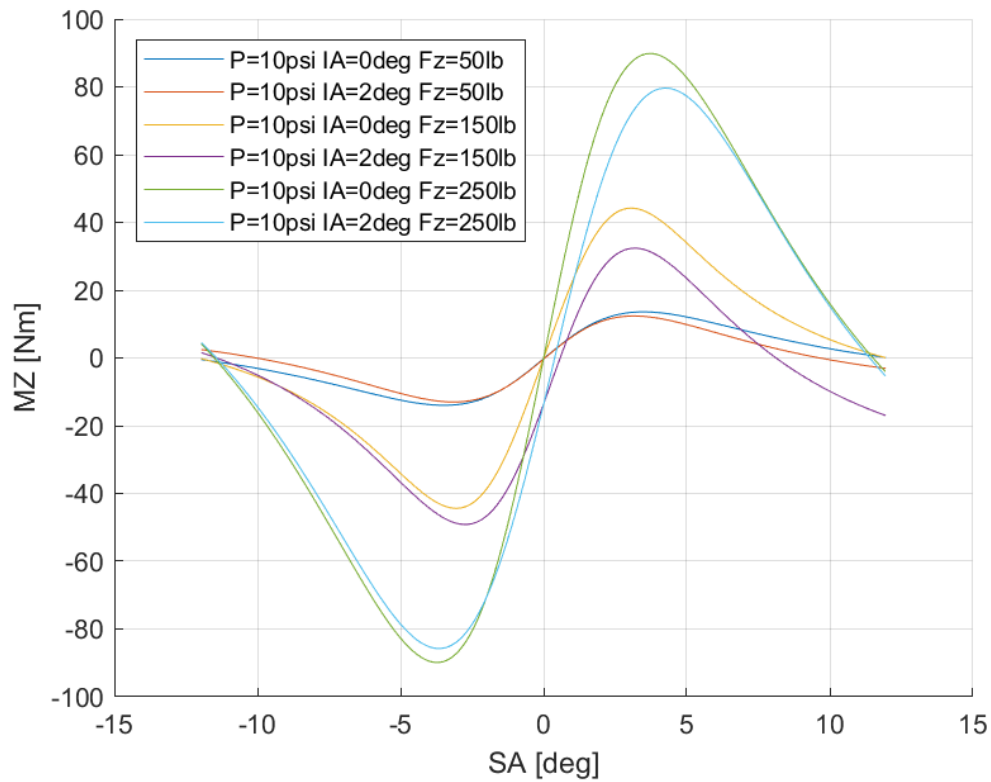
p_{Cx1}	0,12719	p_{Ex2}	-0,0284
p_{Dx1}	23,5504	p_{Ex1}	-0,2285
p_{Dx2}	243,453	p_{Hx2}	-0,0213
p_{Kx2}	1,26299	p_{Hx1}	0,01273
p_{Kx1}	30,1237	p_{Vx1}	-9,09
p_{Kx3}	-0,0217	p_{Vx2}	-1,3635
p_{Ex3}	-	p_{Ex4}	-0,0006
		p_{Dx3}	0,00453

7.2.6.3 Σχέση Ροπής Ευθυγράμμισης και Γωνίας Ολίσθησης

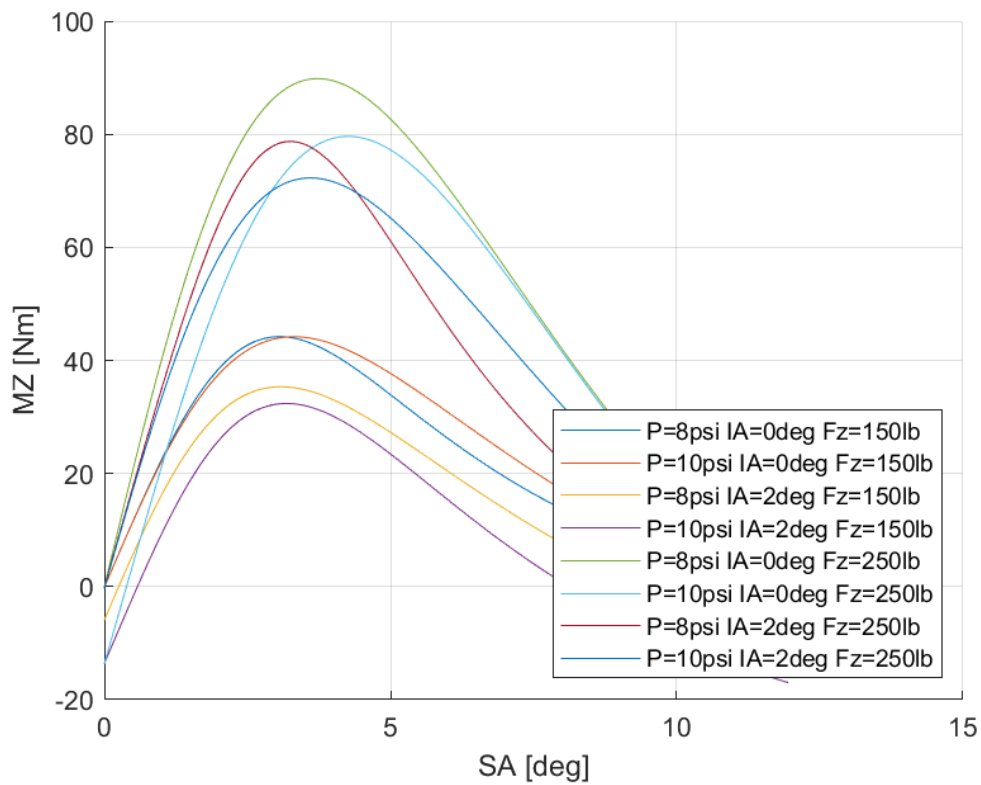


Διάγραμμα 7.210: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.211: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεϊ της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικές Γωνίες Camber και Διαφορετικά Κάθετα Φορτία για Μοντελοποιημένα Δεδομένα



Διάγραμμα 7.212: Ροπή Ευθυγράμμισης Συναρτήσεϊ της Γωνίας Ολίσθησης για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία, Γωνίες Camber και Πιέσεις Ελαστικού για Μοντελοποιημένα Δεδομένα

Οι δευτερεύουσες μεταβλητές για τη ροπή ευθυγράμμισης του συγκεκριμένου μοντέλου ελαστικού παρουσιάζονται παρακάτω για πίεση 8 psi στον Πίνακα 7.41 και για πίεση 10 psi στον Πίνακα 7.42.

Πίνακας 7.41: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Continental 205/470 R13 για πίεση 8 psi

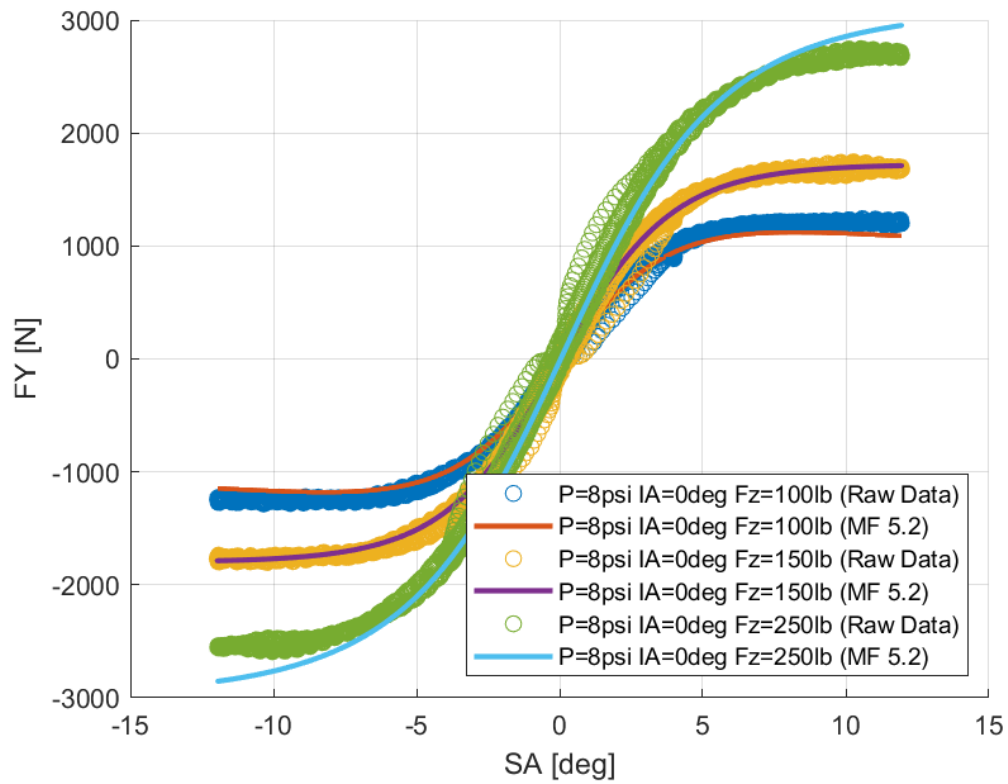
q_{Cz1}	0,16814	q_{Hz1}	-5,7457
q_{Dz2}	0,67755	q_{Ez2}	0,07459
q_{Dz1}	4,53486	q_{Ez1}	-0,0833
q_{Dz4}	0,00136	q_{Ez5}	-0,0006
q_{Bz2}	0,34014	q_{Dz3}	-
q_{Bz1}	2,00833	q_{Bz3}	-
q_{Bz4}	-0,0065	q_{Bz5}	-
q_{Dz8}	-0,0553	q_{Hz4}	-
q_{Dz7}	0,13708	q_{Ez3}	-
q_{Dz6}	-0,0919	q_{Ez4}	-
q_{Hz3}	-1,7202	q_{Dz9}	-
q_{Hz2}	-1,9675	q_{Bz10}	-

Πίνακας 7.42: Τιμές Δευτερεύουσων Μεταβλητών MF 5.2 για το Ελαστικό Continental 205/470 R13 για πίεση 10 psi

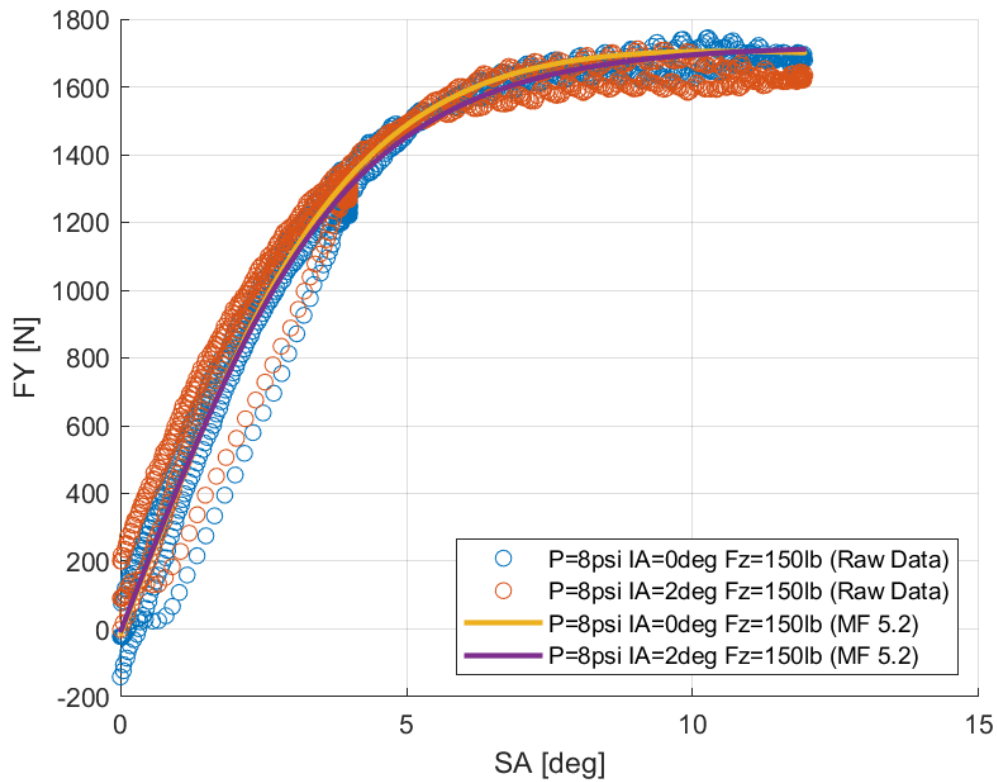
q_{Cz1}	0,18176	q_{Hz1}	-5,7707
q_{Dz2}	0,67755	q_{Ez2}	0,00995
q_{Dz1}	3,99212	q_{Ez1}	-0,0462
q_{Dz4}	0,00136	q_{Ez5}	-0,0005
q_{Bz2}	0,34014	q_{Dz3}	-
q_{Bz1}	2,01981	q_{Bz3}	-
q_{Bz4}	-0,0064	q_{Bz5}	-
q_{Dz8}	-0,0542	q_{Hz4}	-
q_{Dz7}	0,33556	q_{Ez3}	-
q_{Dz6}	-0,1779	q_{Ez4}	-
q_{Hz3}	-1,7343	q_{Dz9}	-
q_{Hz2}	-2,0132	q_{Bz10}	-

7.3 Σύγκριση Αποτελεσμάτων Ταξινόμησης και Μοντελοποίησης

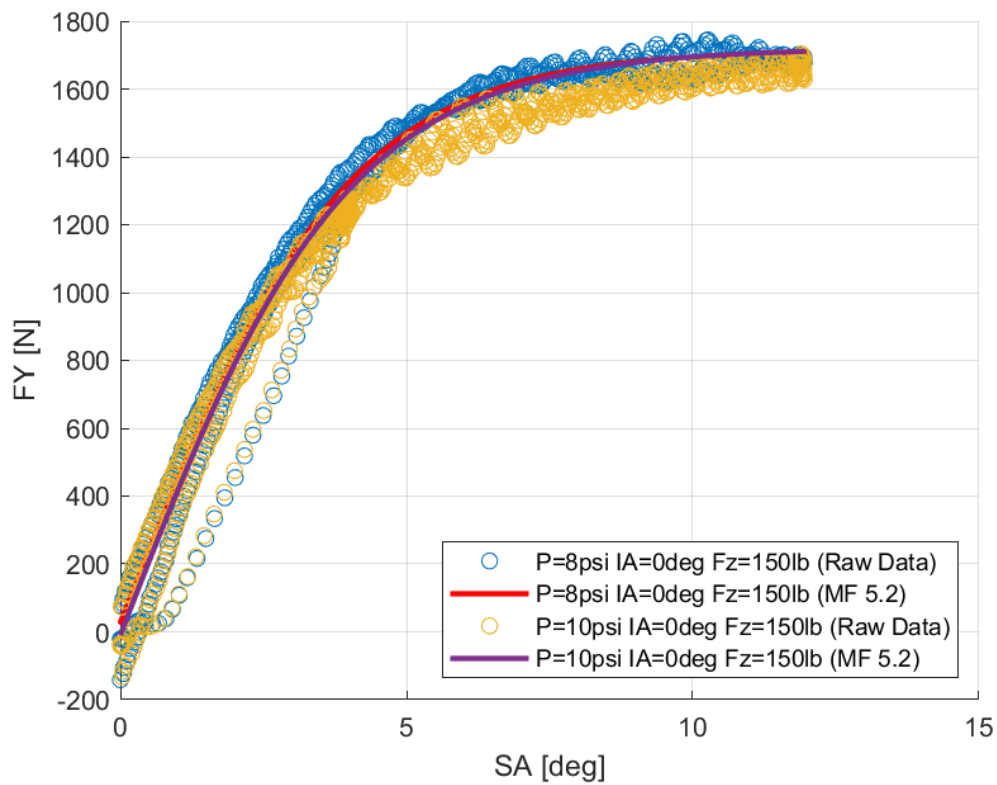
7.3.1 Hoosier 16.0x7.5-10 R25B



Διάγραμμα 7.213: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκους Δύναμης Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

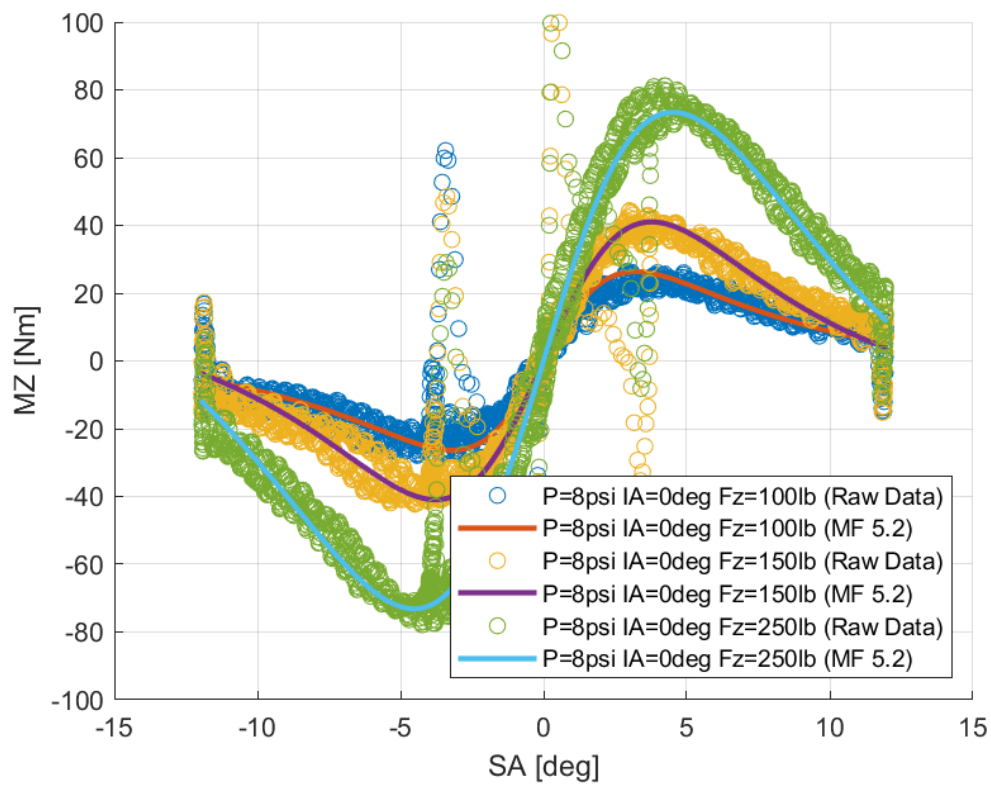


Διάγραμμα 7.214: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσεσ του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber

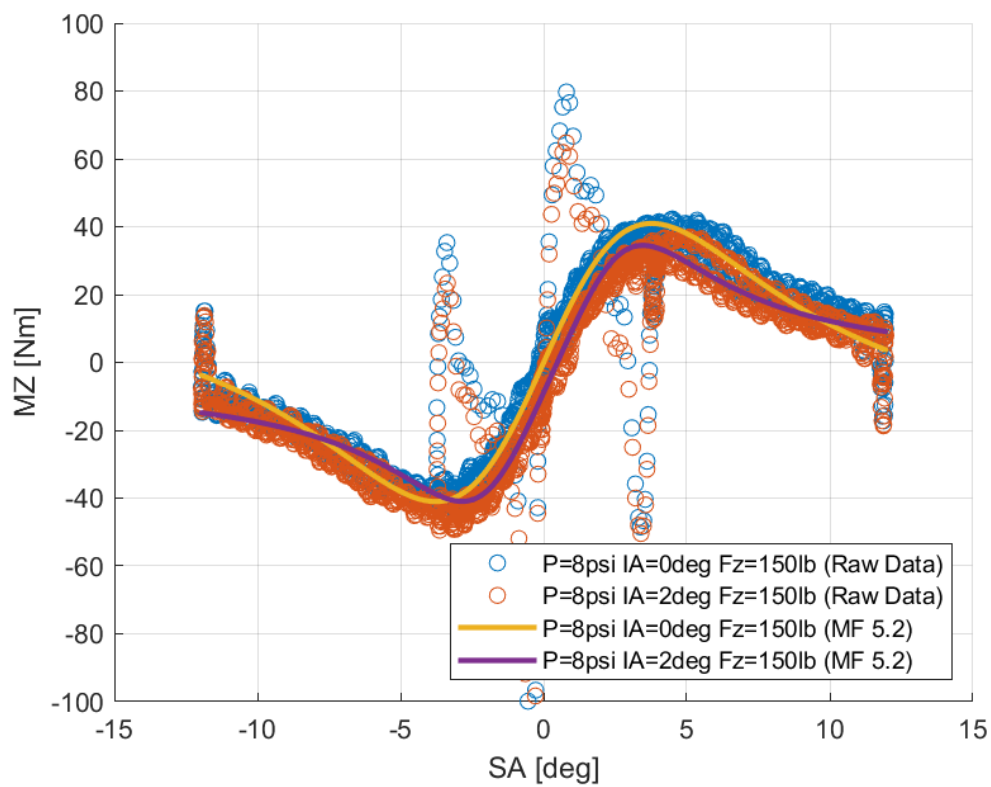


Διάγραμμα 7.215: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσεσ του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

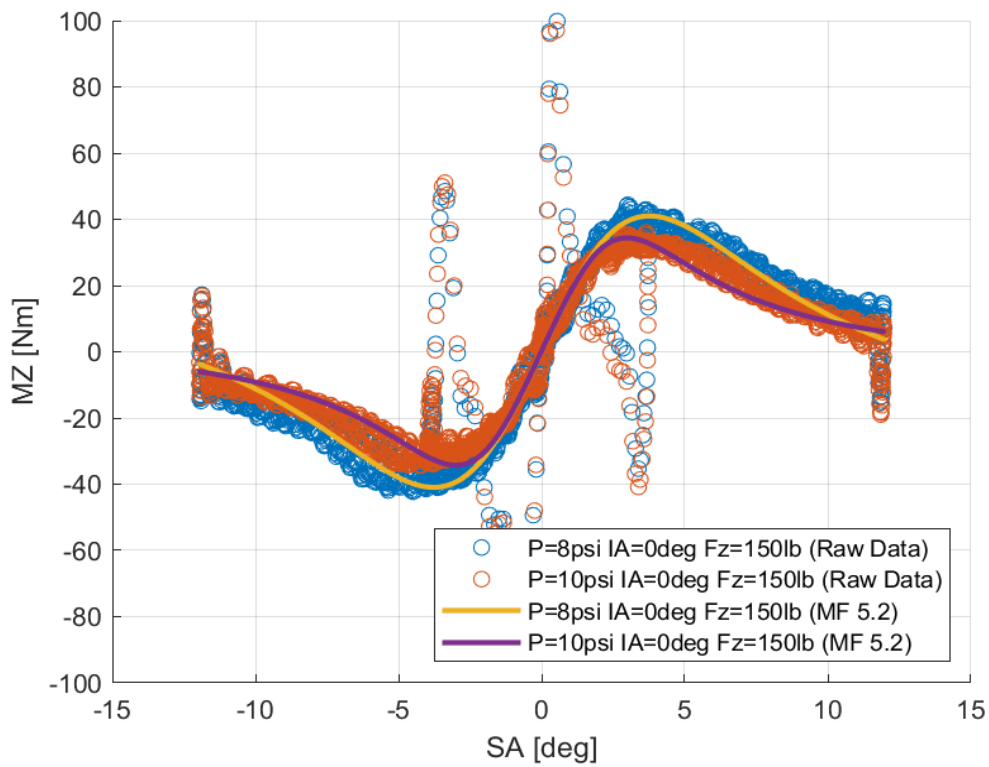
Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.216: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

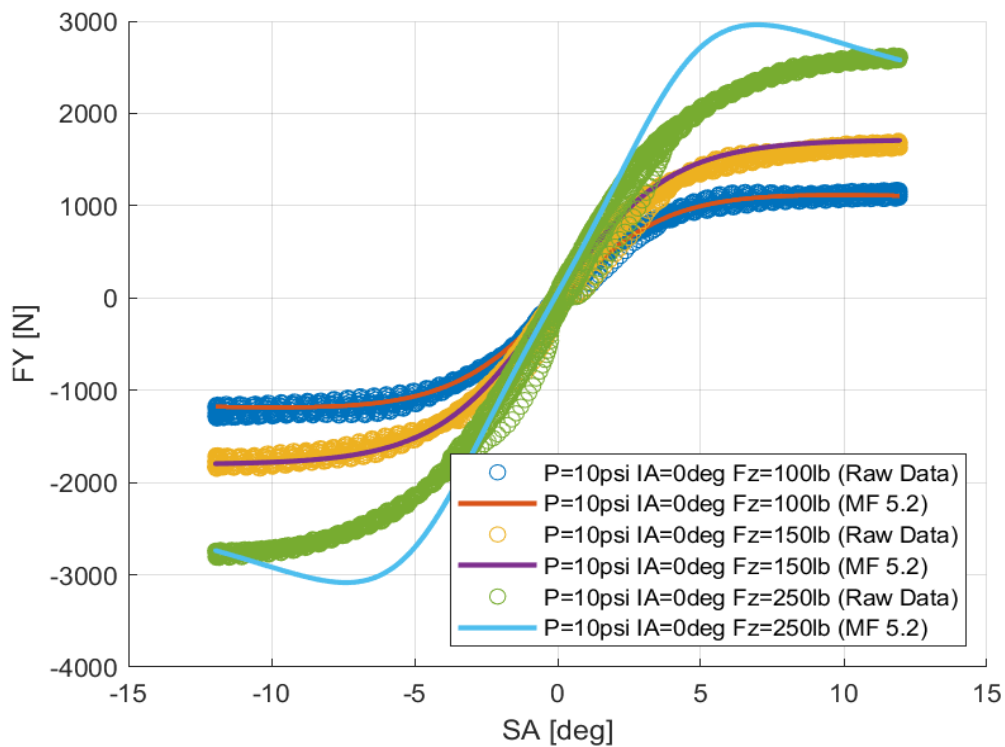


Διάγραμμα 7.217: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber



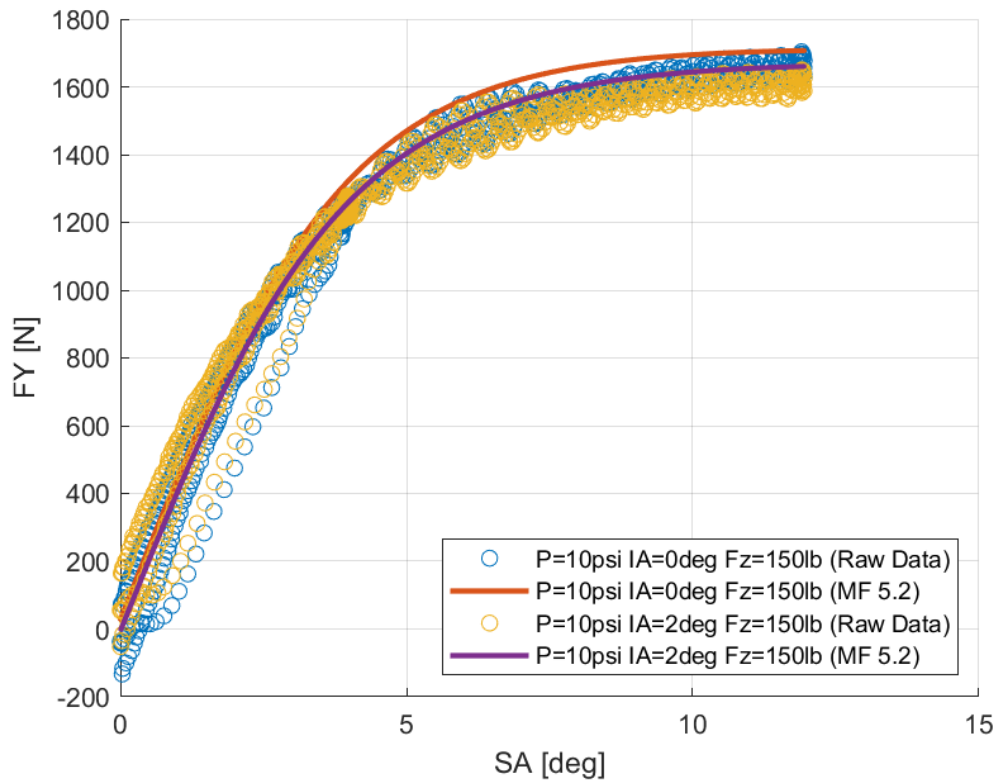
Διάγραμμα 7.218: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

7.3.2 Hoosier 16.0x7.5-10 LC0

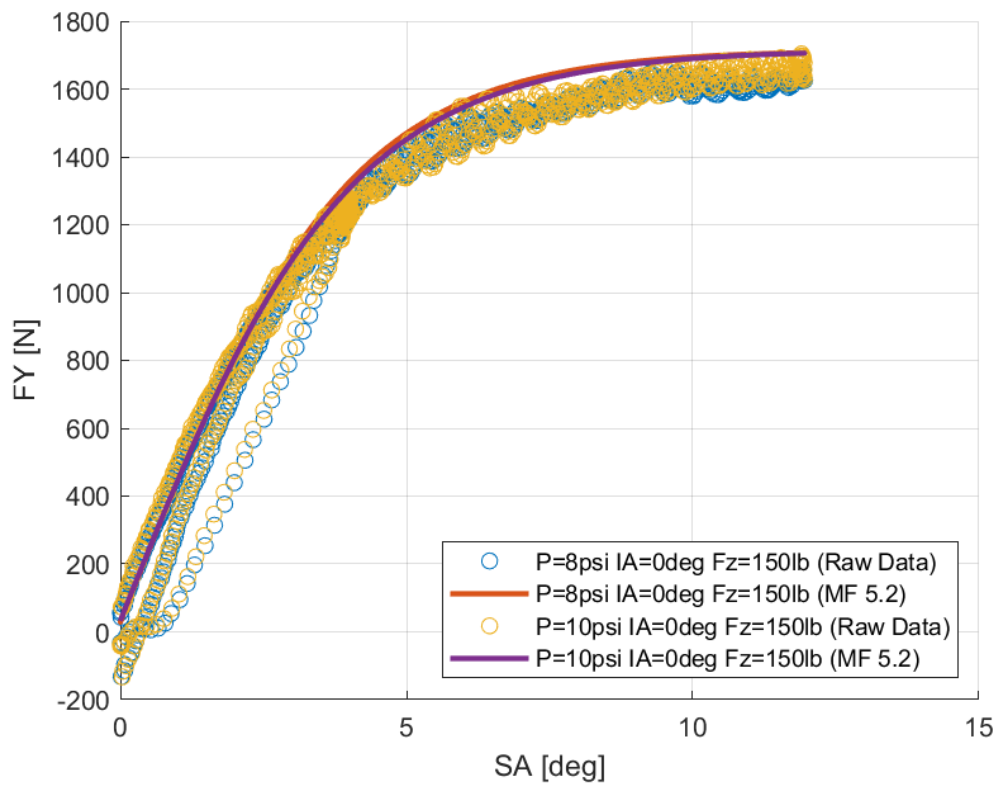


Διάγραμμα 7.219: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Εγκάρσιας Δύναμης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

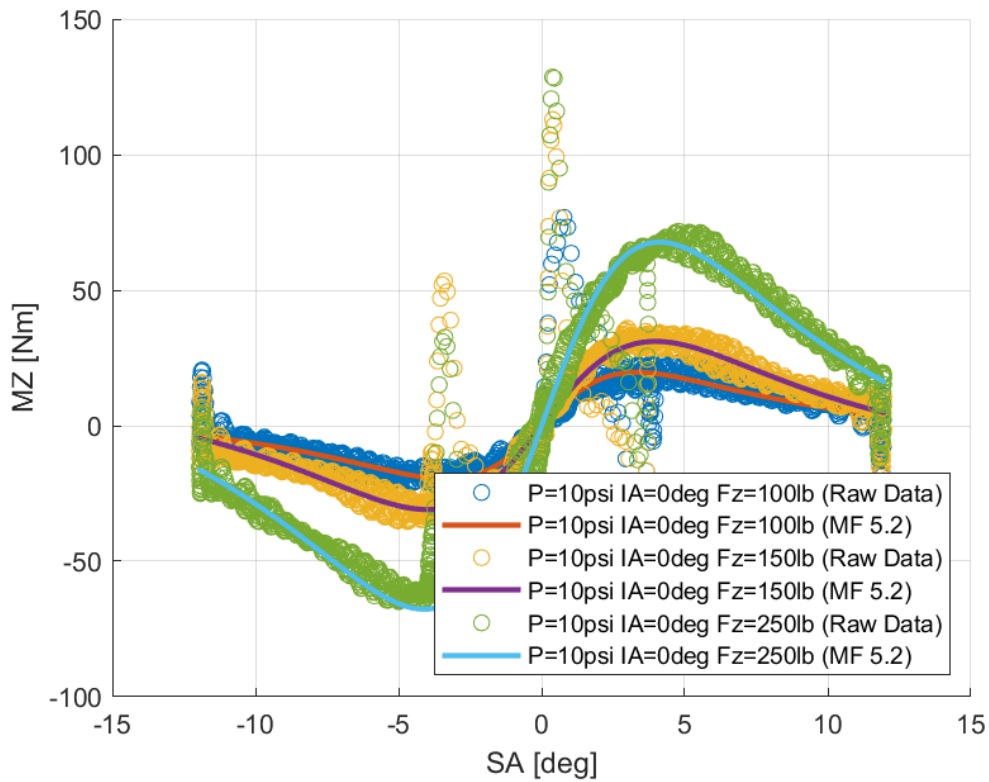
Κεφάλαιο 7



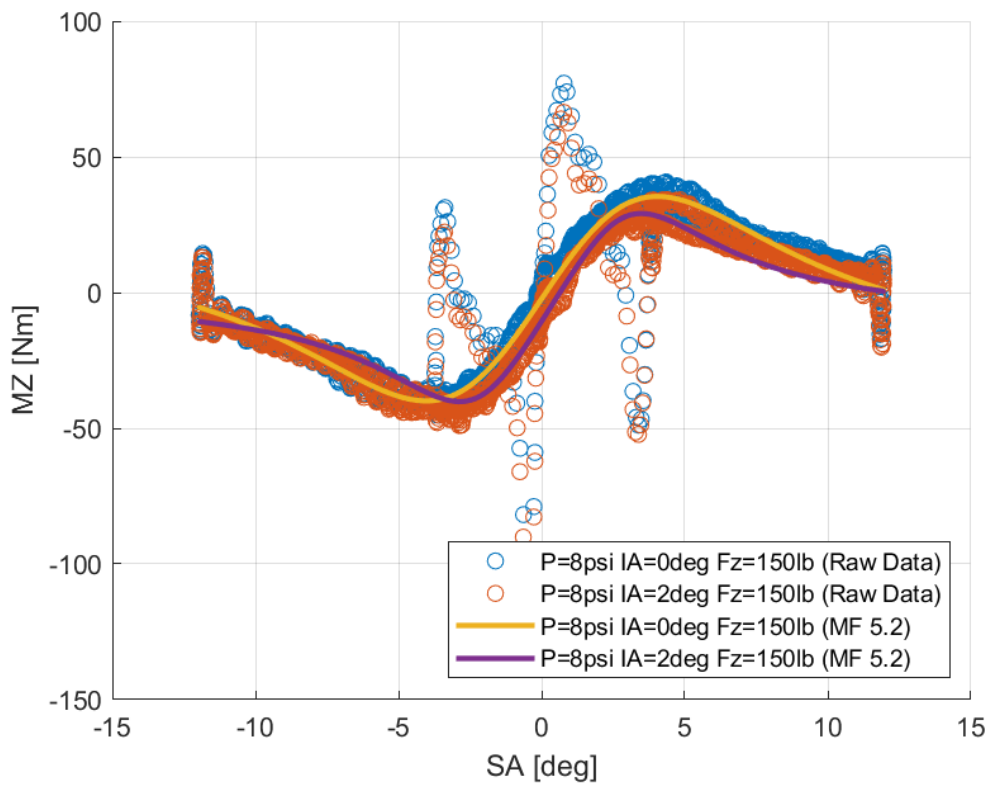
Διάγραμμα 7.220: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Εγκάρσιας Δύναμης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber



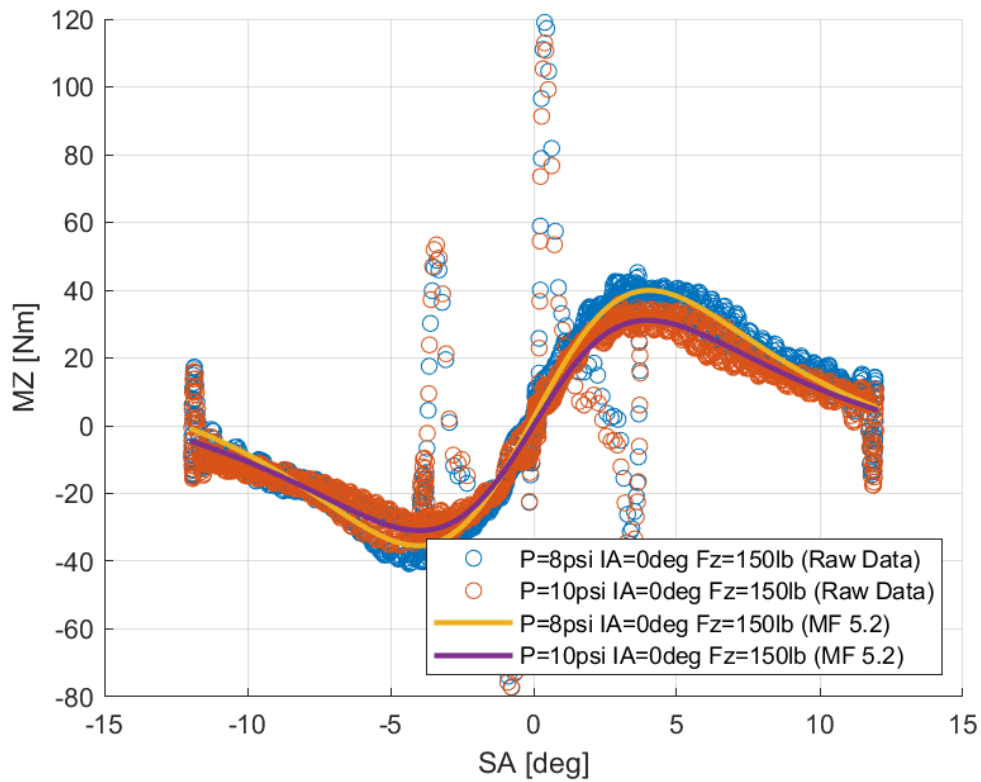
Διάγραμμα 7.221: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Εγκάρσιας Δύναμης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού



Διάγραμμα 7.222: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

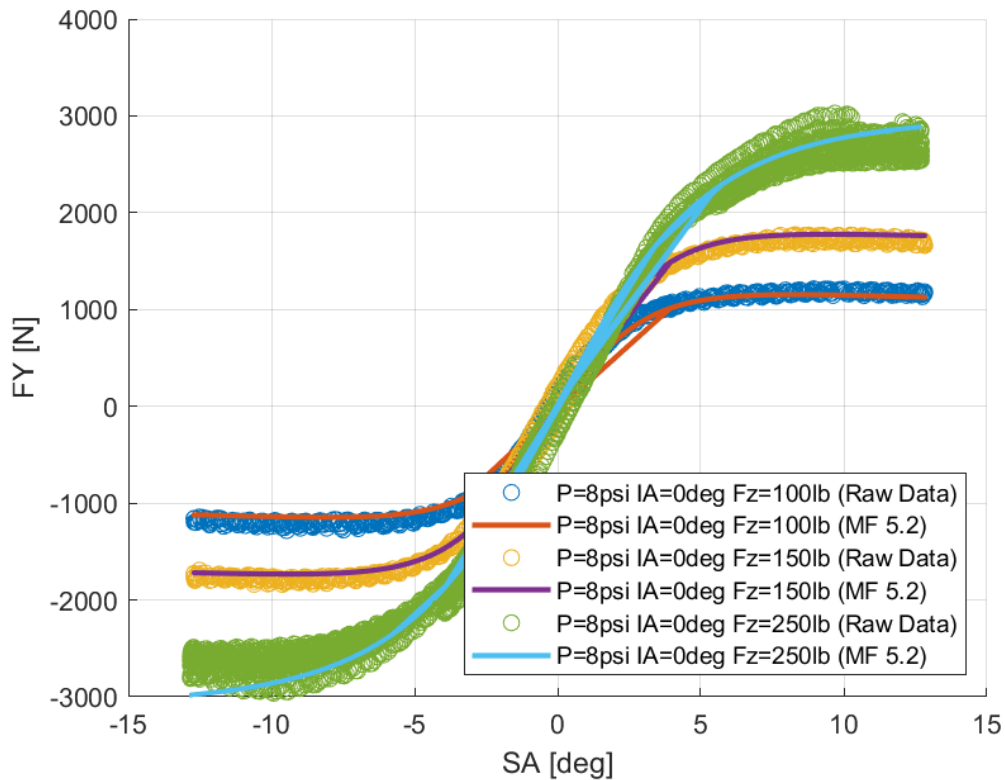


Διάγραμμα 7.223: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber

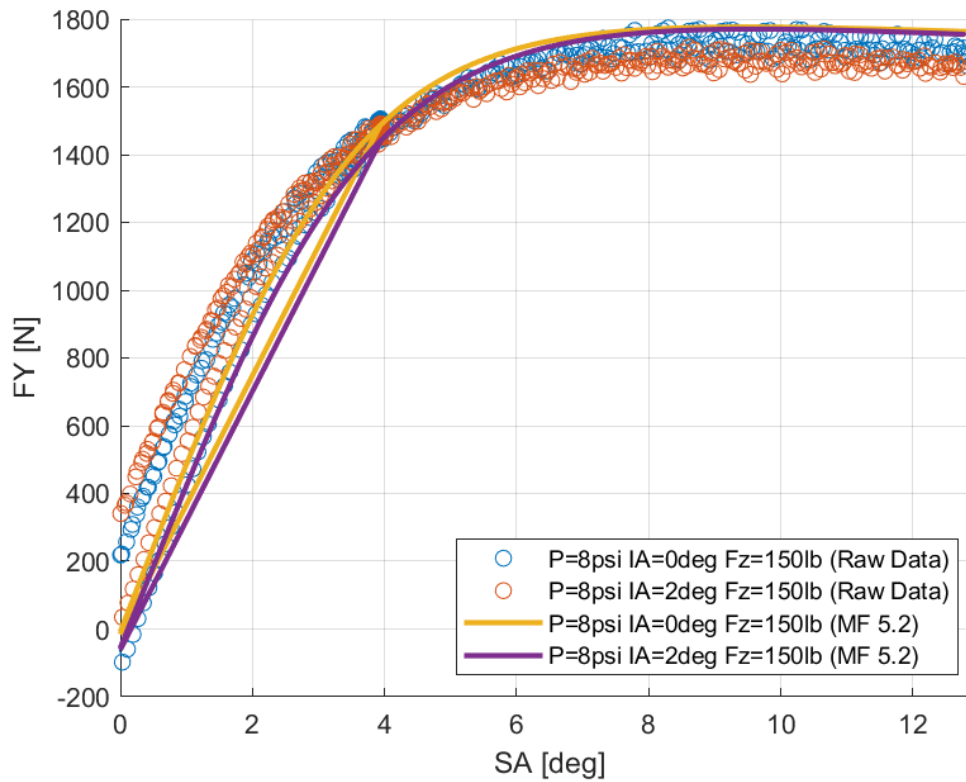


Διάγραμμα 7.224: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

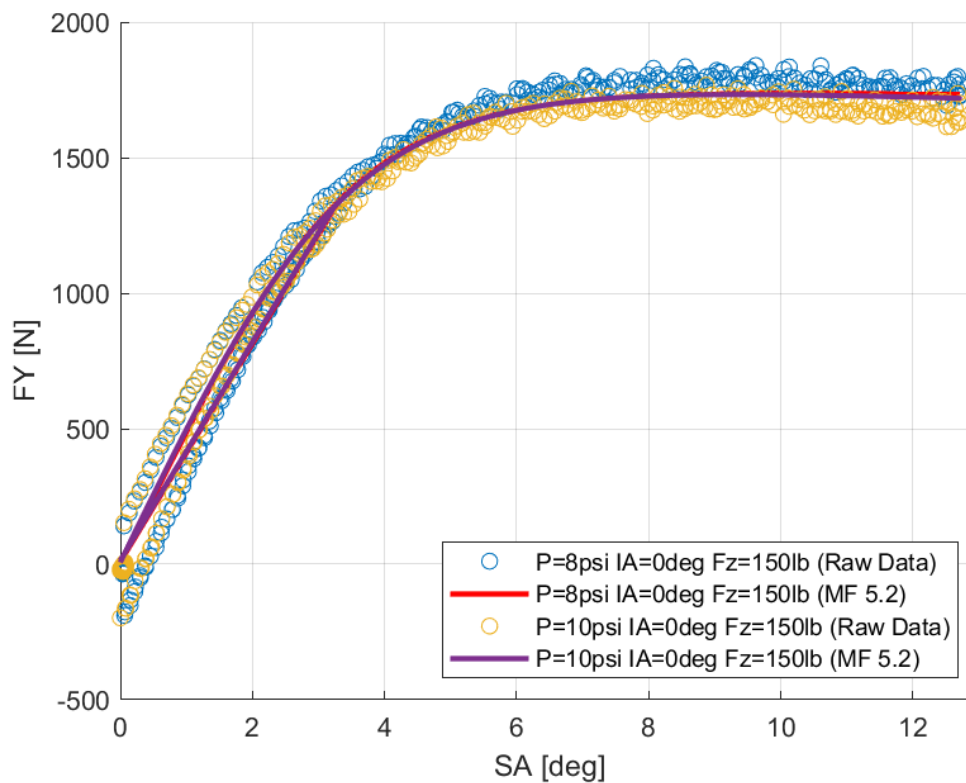
7.3.3 Hoosier 18.0x6.0-10 R25B



Διάγραμμα 7.225: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Εγκάρσιας Δύναμης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθεται Φορτία

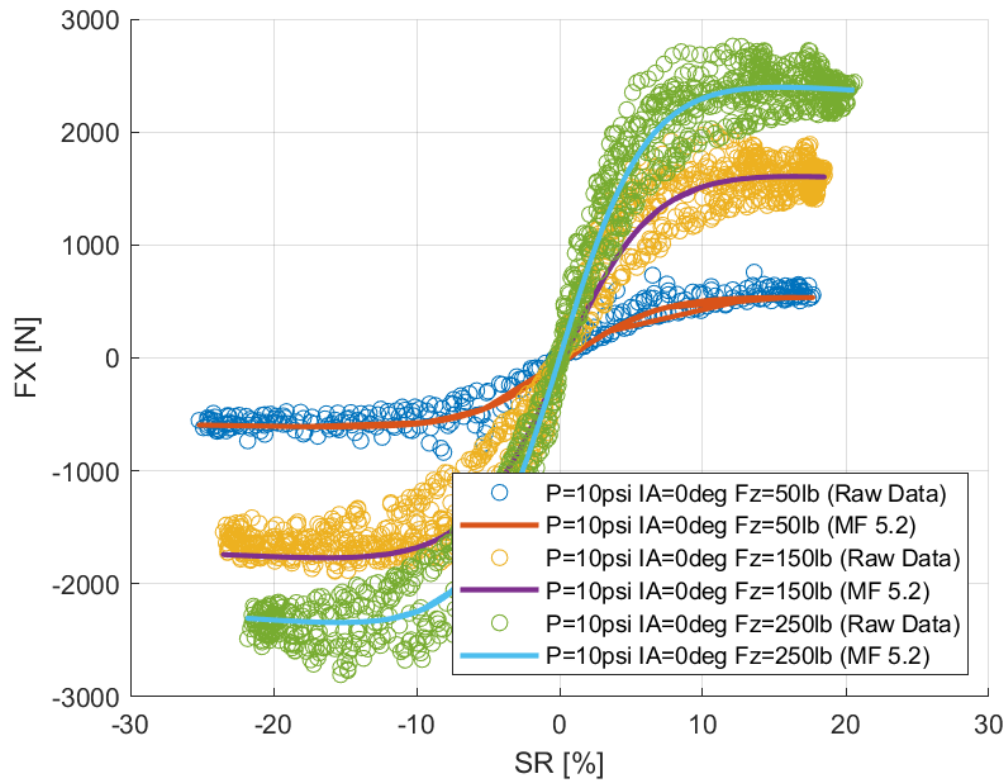


Διάγραμμα 7.226: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Εγκάρσιας Δύναμης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber

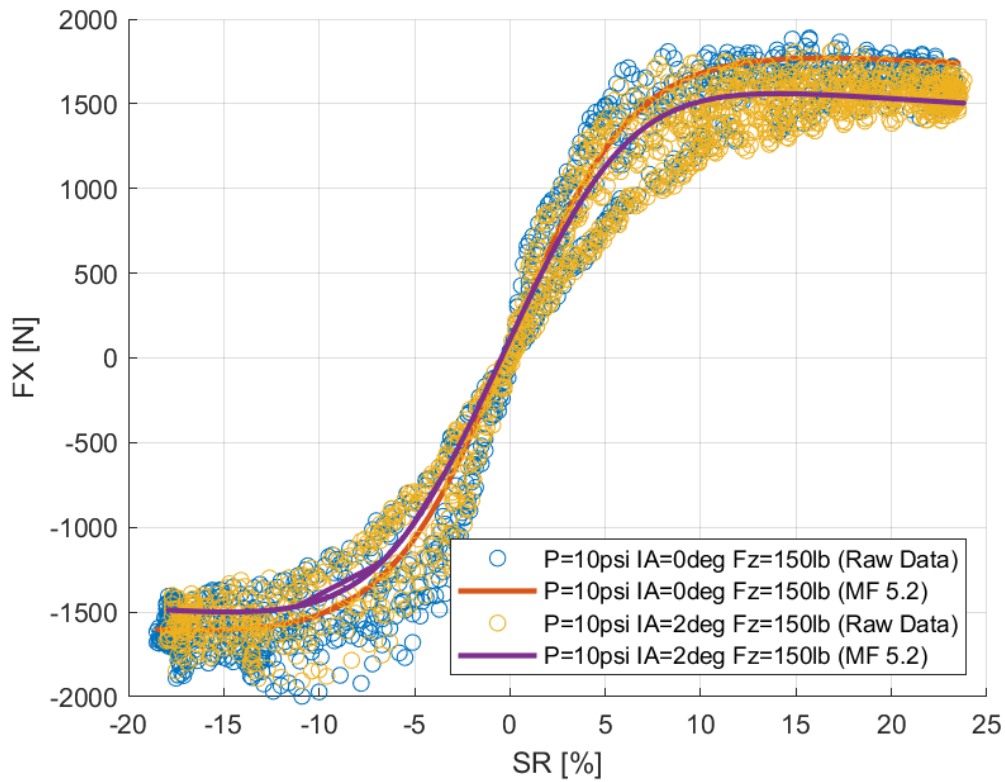


Κεφάλαιο 7

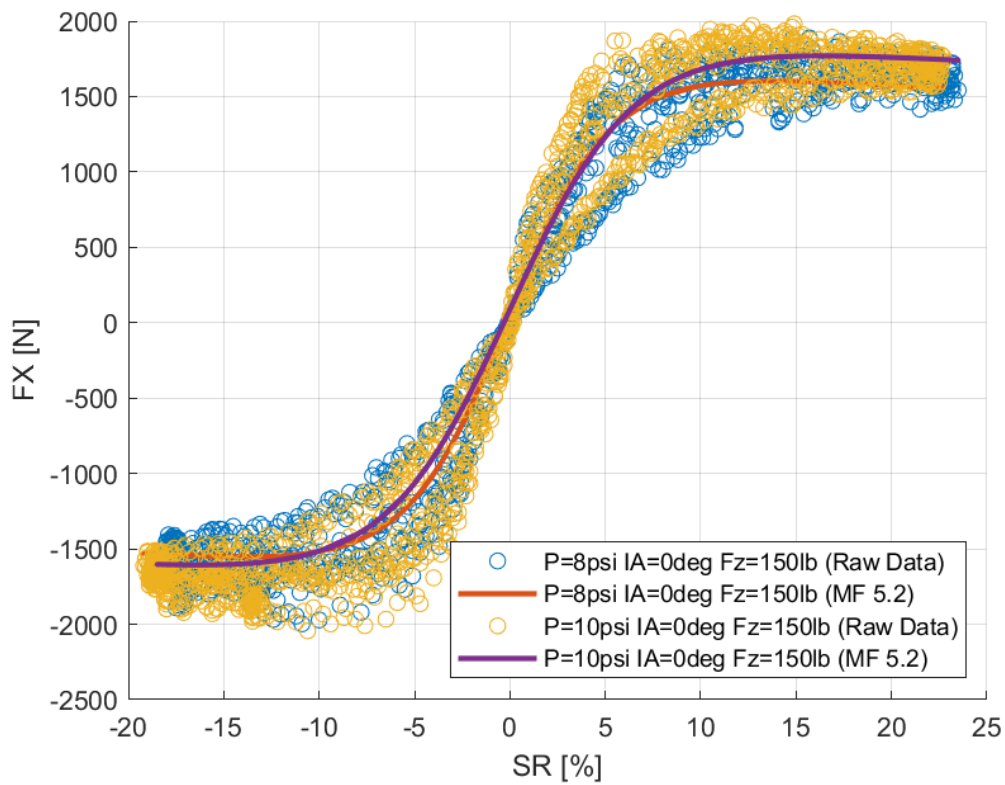
Διάγραμμα 7.227: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Εγκάρσιας Δύναμης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού



Διάγραμμα 7.228: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσεως του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

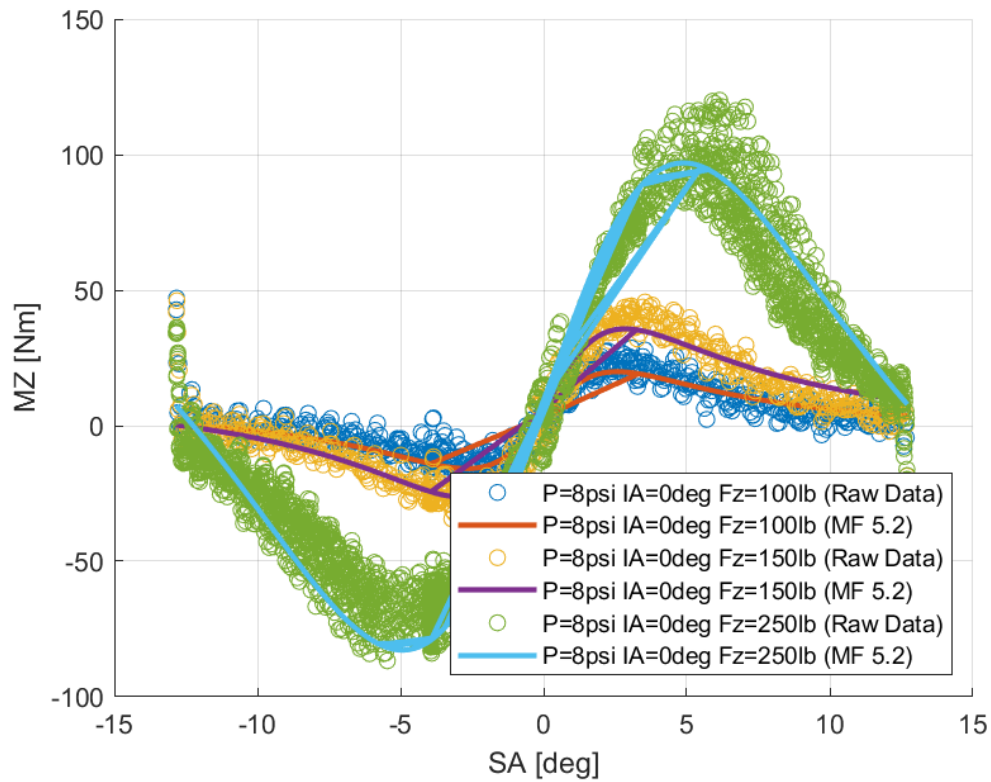


Διάγραμμα 7.229: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber

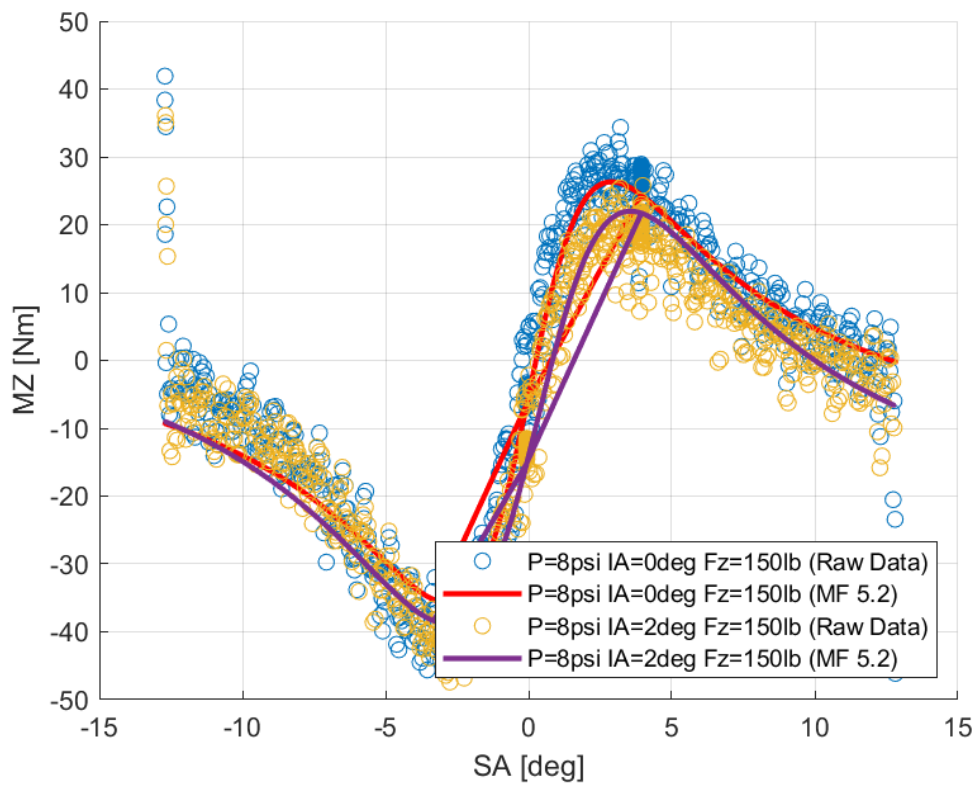


Διάγραμμα 7.230: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

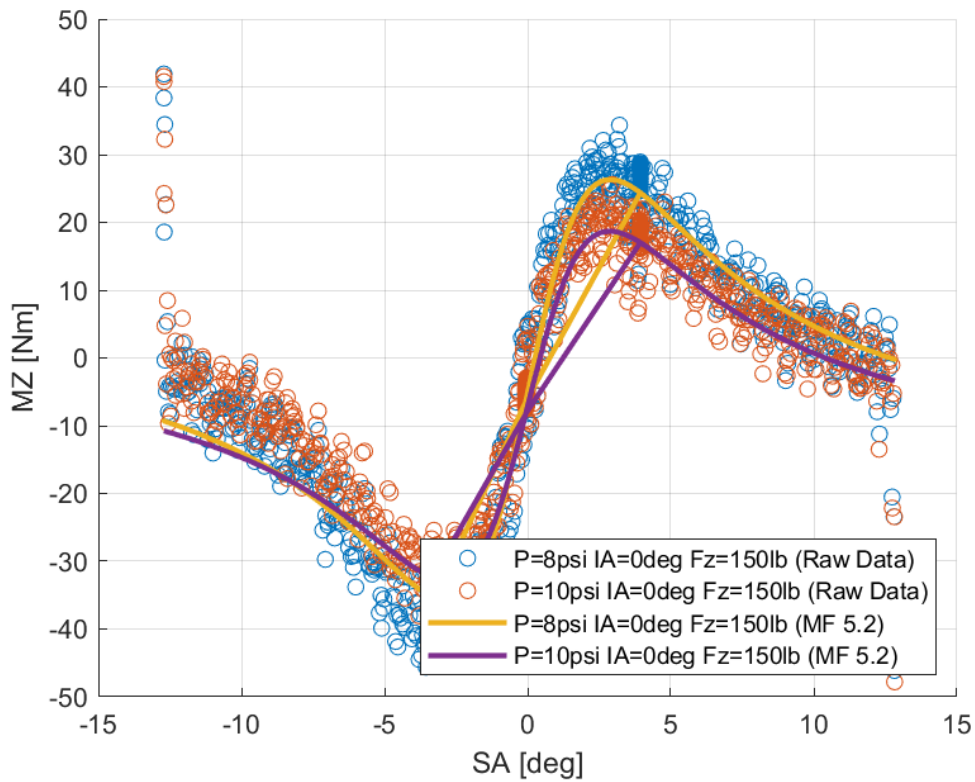
Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.231: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

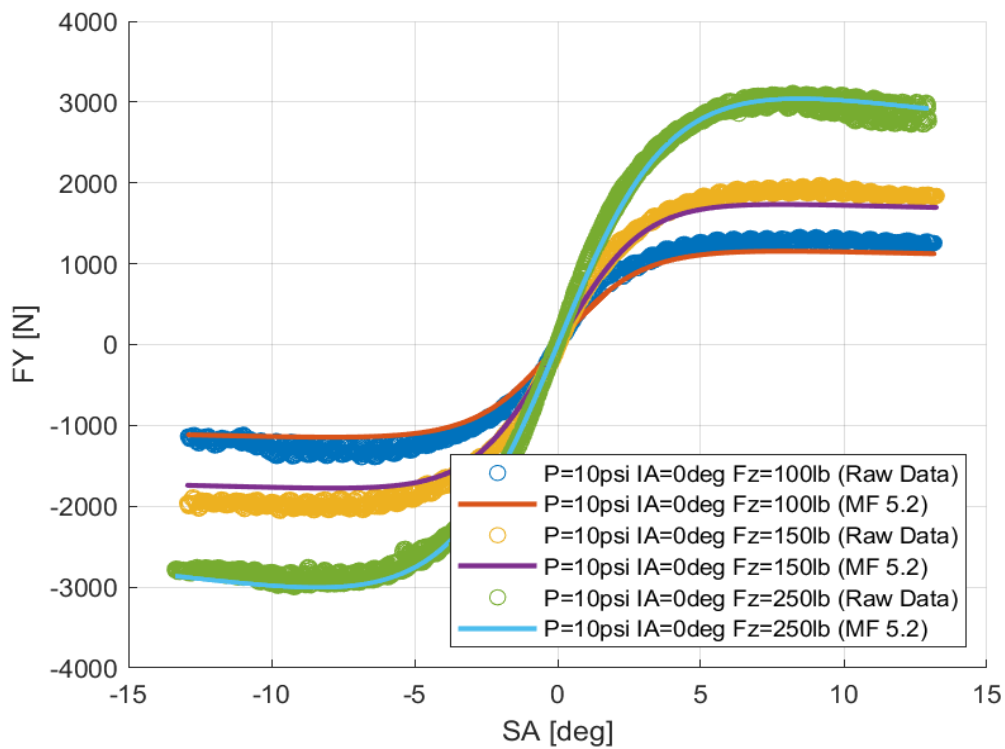


Διάγραμμα 7.232: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber



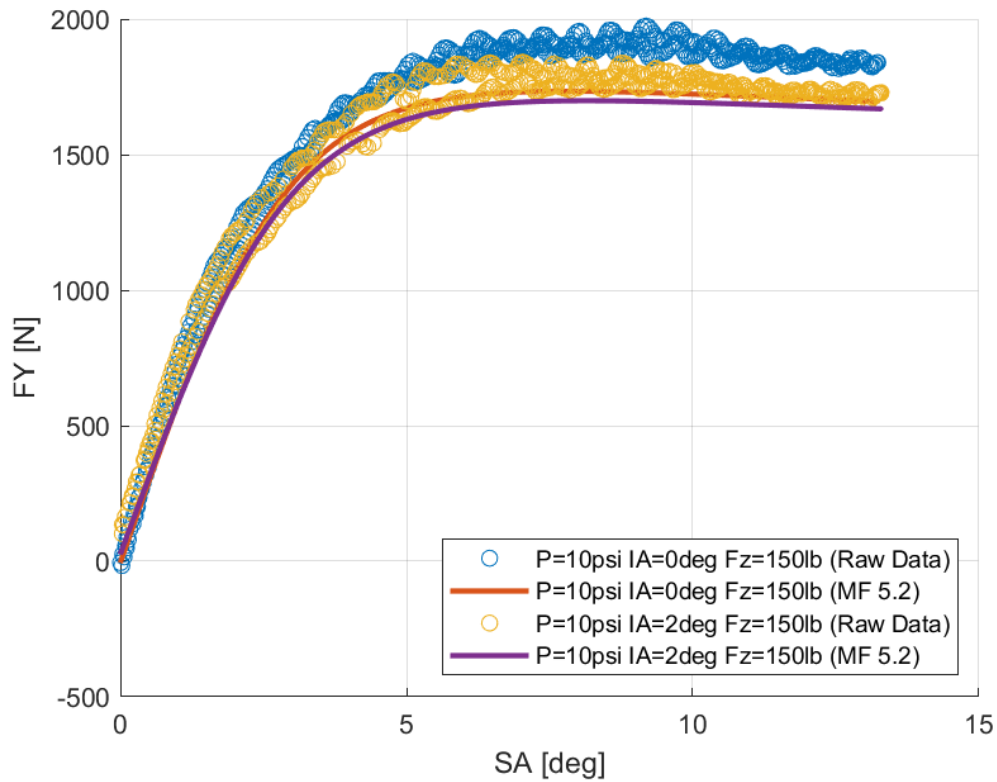
Διάγραμμα 7.233: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

7.3.4 Hoosier 20.5x7.0-13 R25B

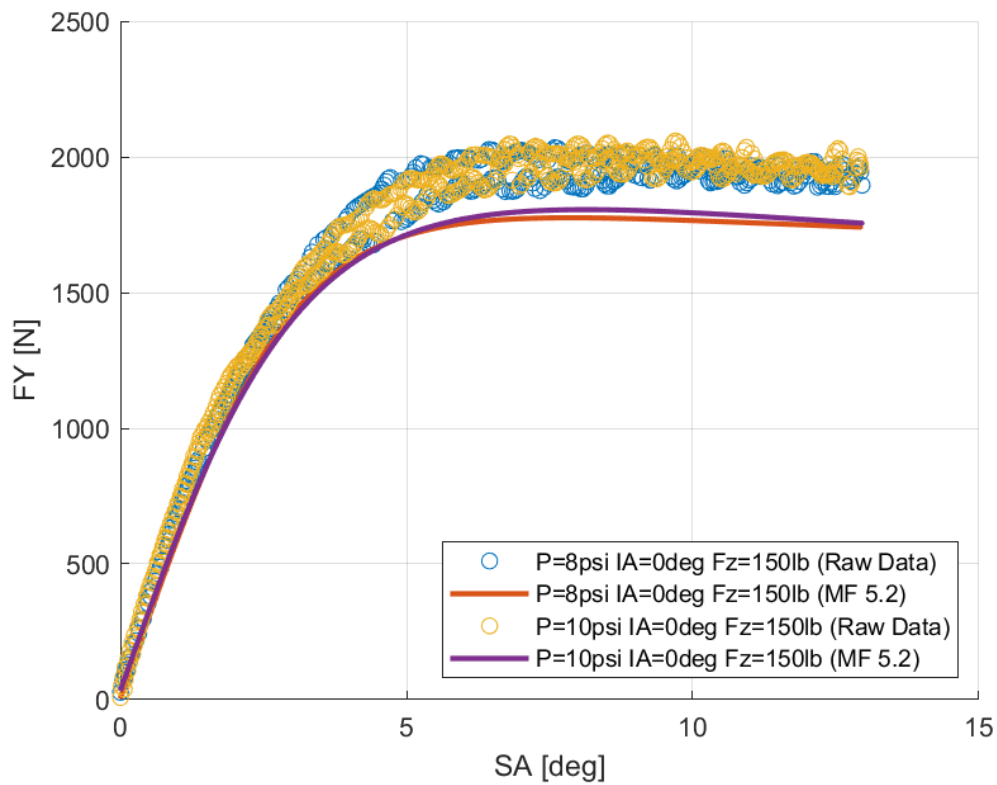


Διάγραμμα 7.234: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Εγκάρσιας Δύναμης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

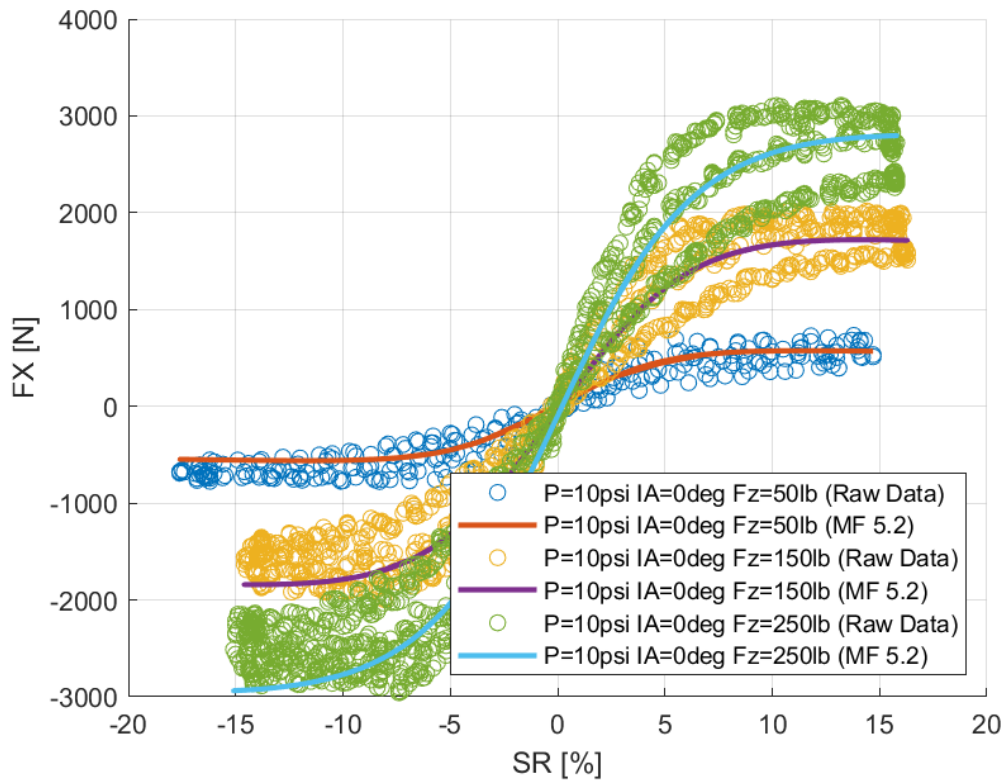
Κεφάλαιο 7



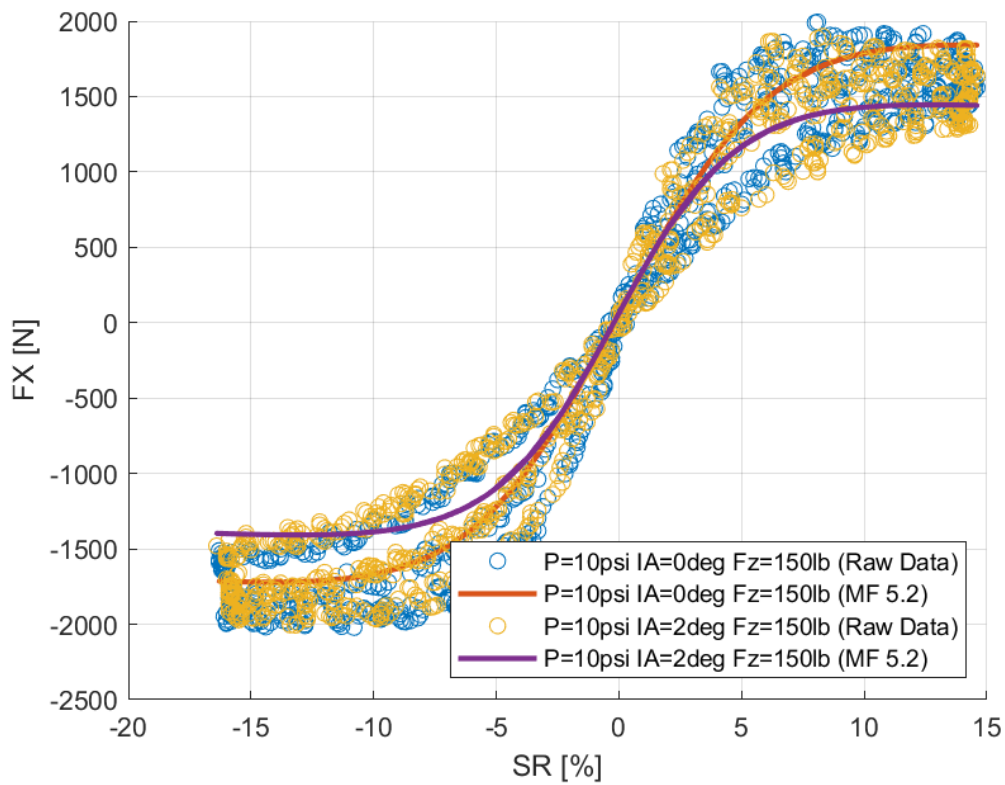
Διάγραμμα 7.235: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Εγκάρσιας Δύναμης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber



Διάγραμμα 7.236: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Εγκάρσιας Δύναμης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

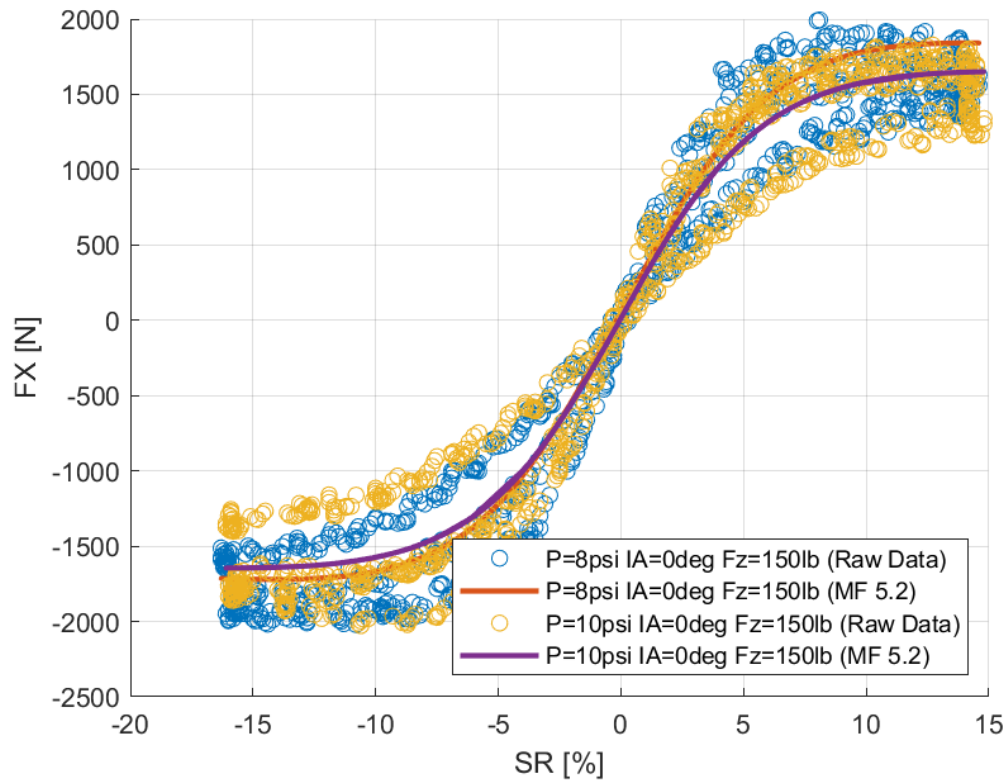


Διάγραμμα 7.237: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

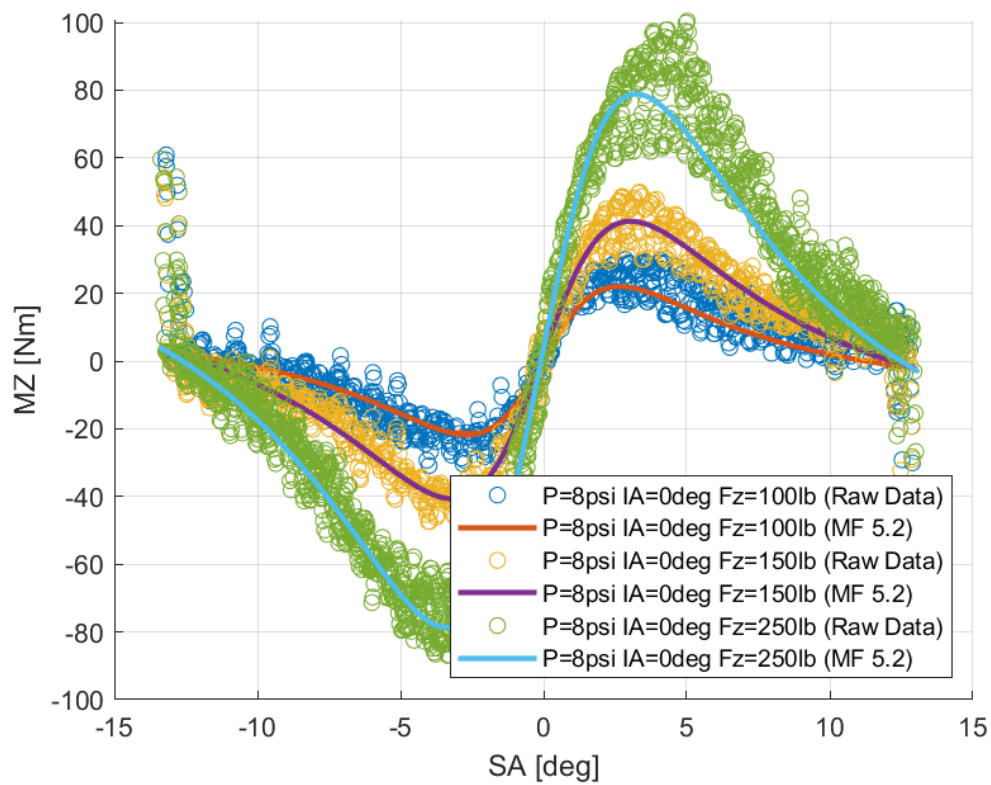


Διάγραμμα 7.238: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber

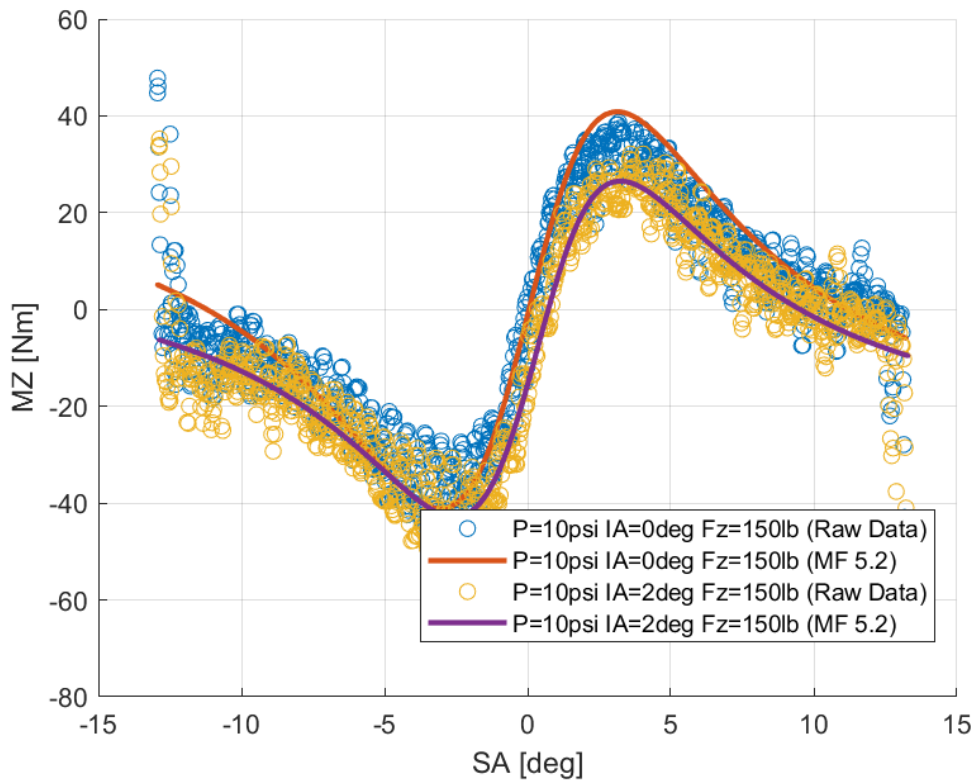
Κεφάλαιο 7



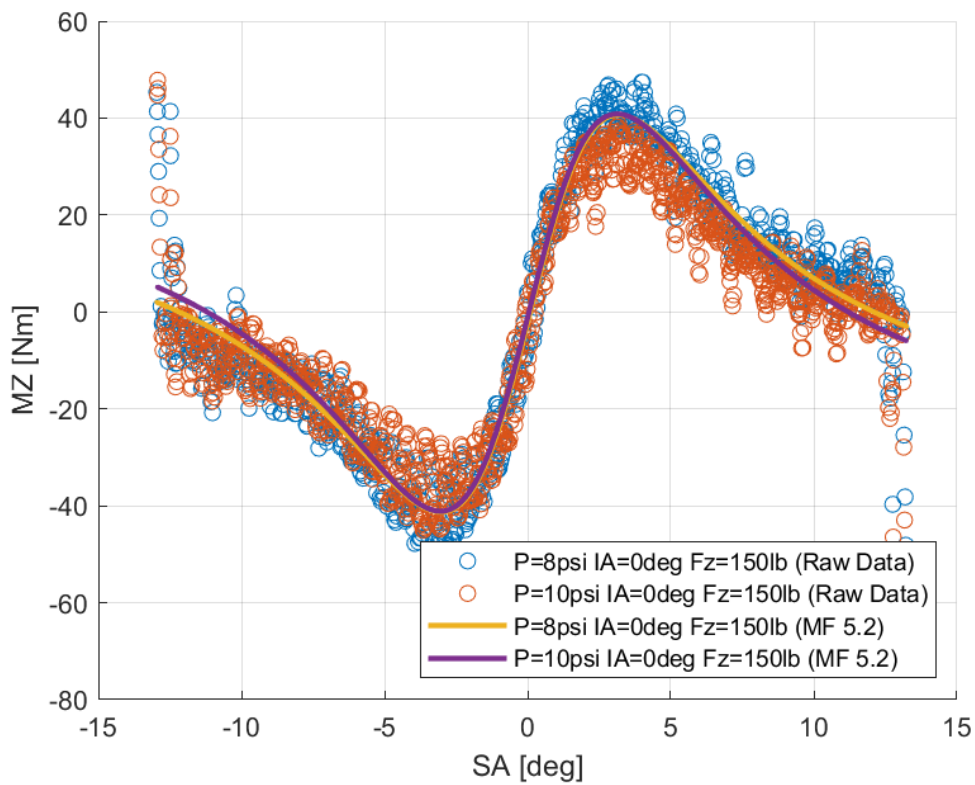
Διάγραμμα 7.239: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσεσ του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού



Διάγραμμα 7.240: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσεσ της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

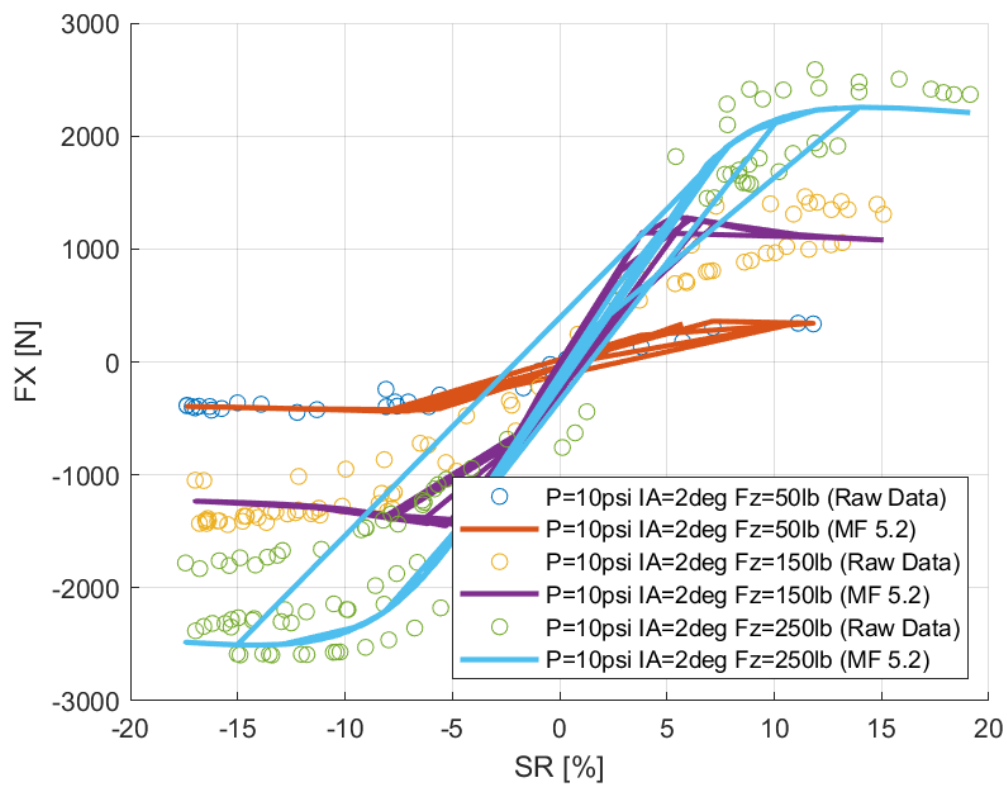


Διάγραμμα 7.241: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber

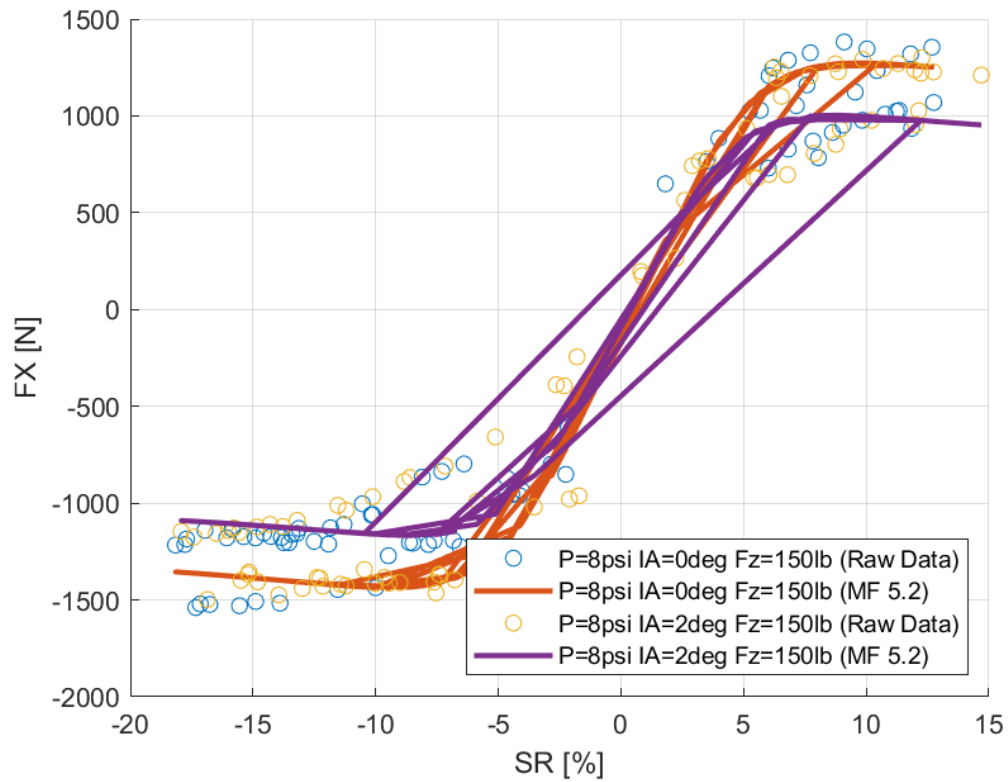


Διάγραμμα 7.242: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

7.3.5 Goodyear 20.0x7.0-13 D2704



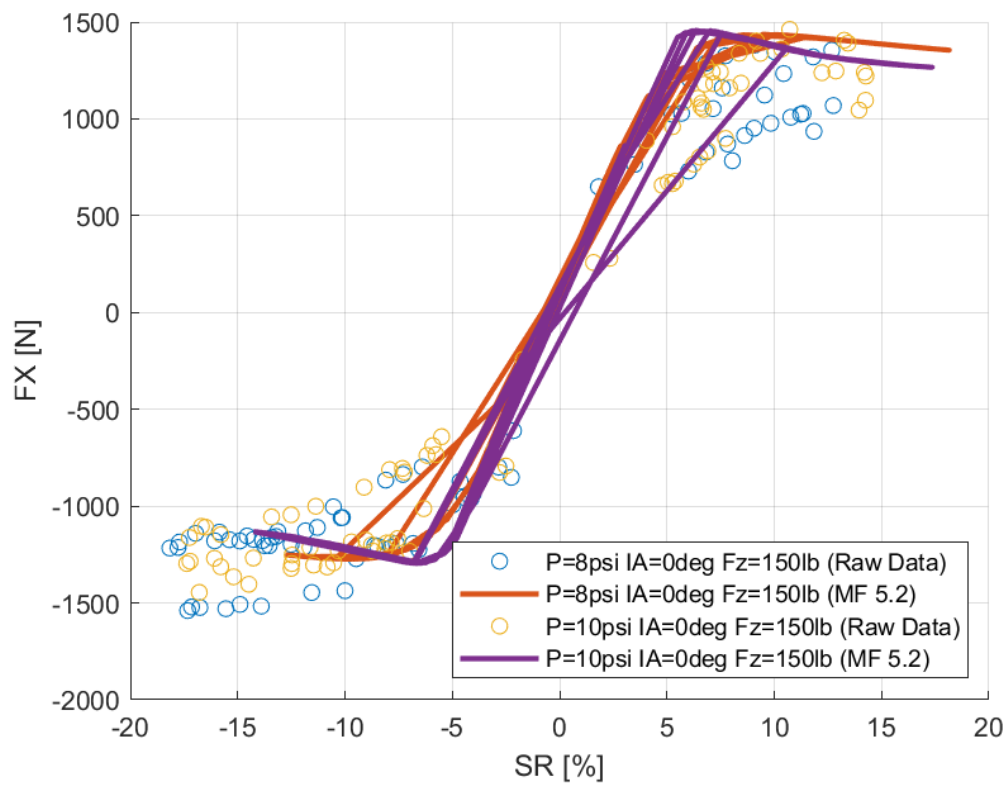
Διάγραμμα 7.243: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσεσ του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



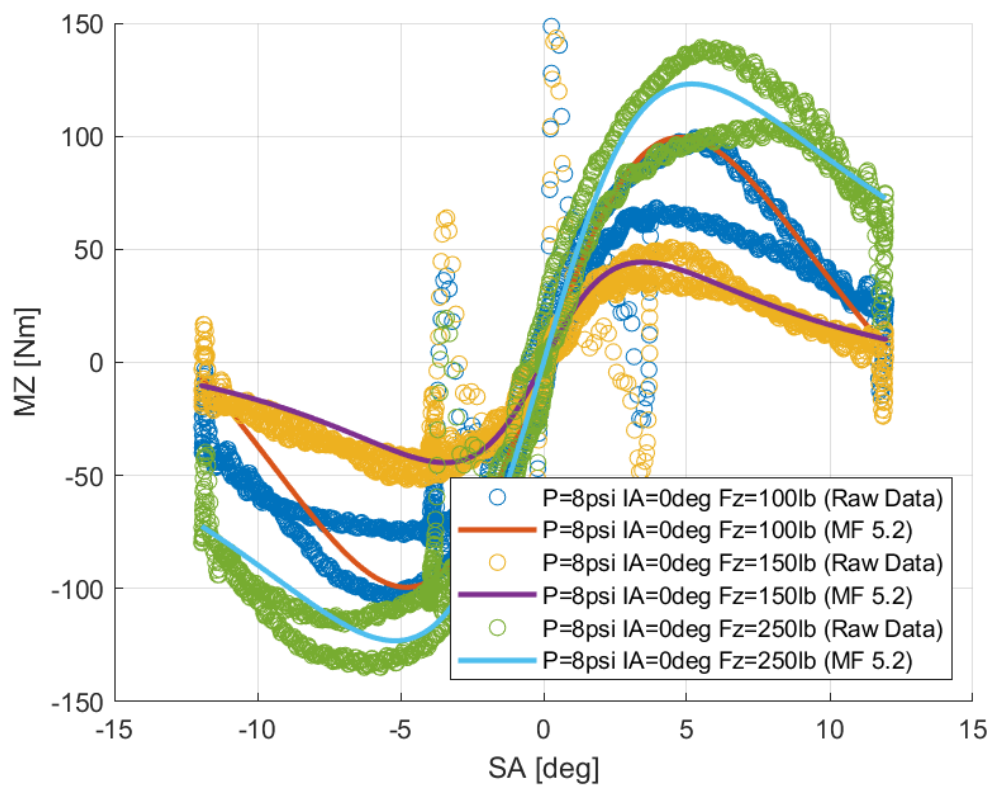
Διάγραμμα 7.244: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσσει του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

Διάγραμμα 7.245: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσσει του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίας Camber

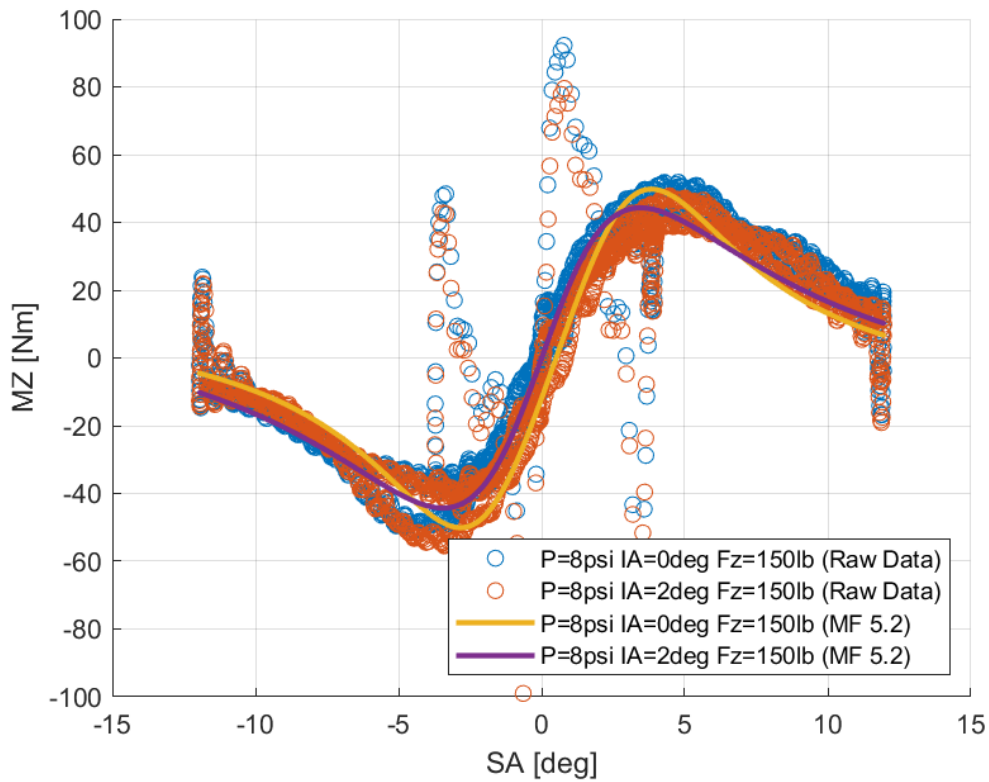
Κεφάλαιο 7



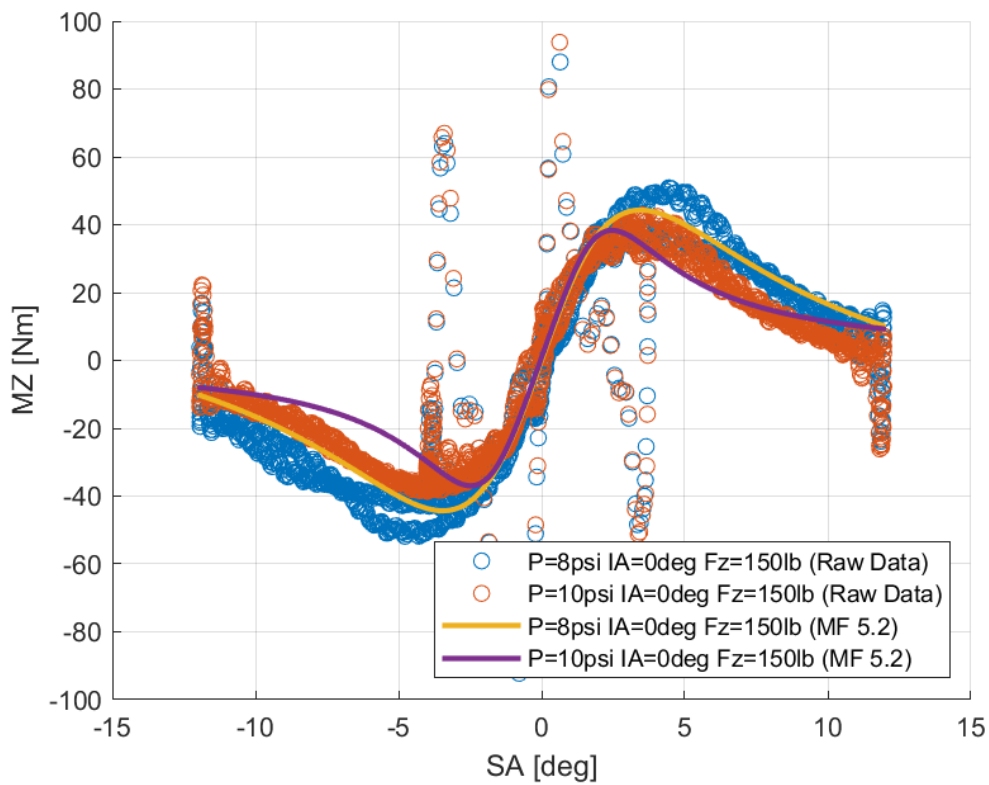
Διάγραμμα 7.246: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού



Διάγραμμα 7.247: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

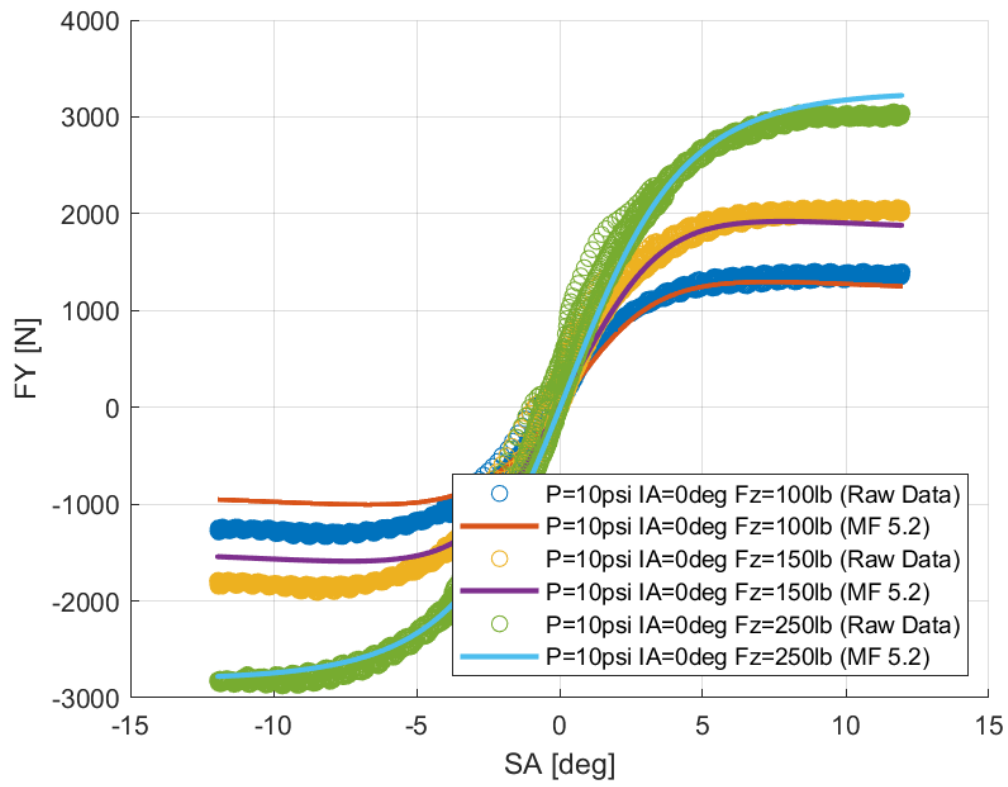


Διάγραμμα 7.248: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber

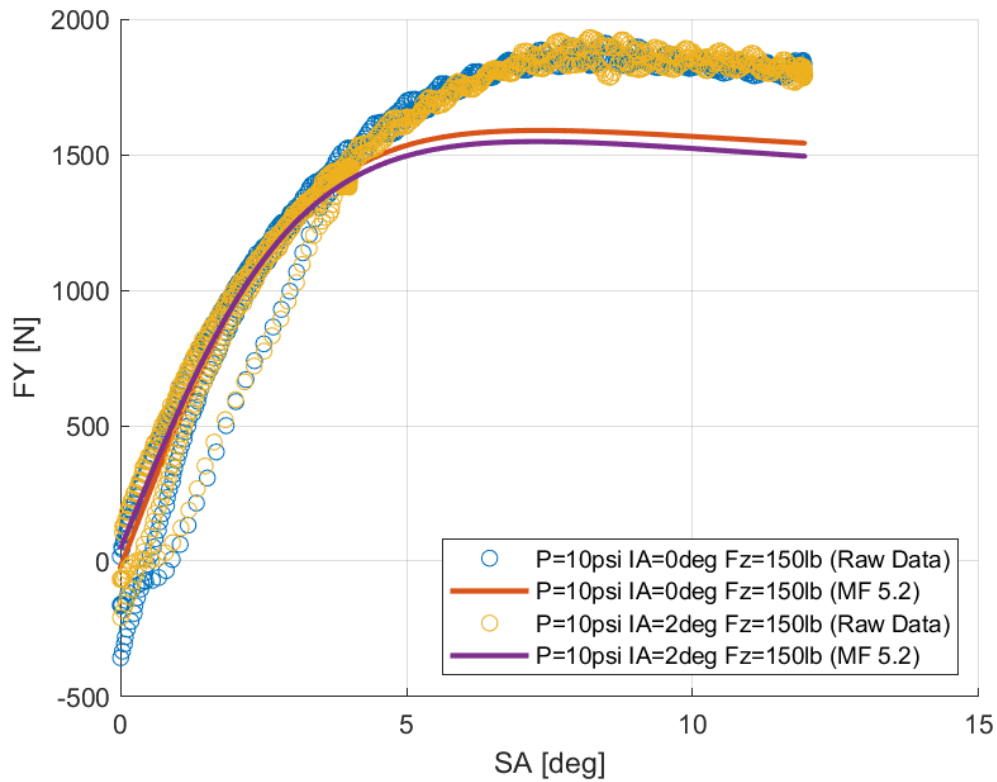


Διάγραμμα 7.249: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

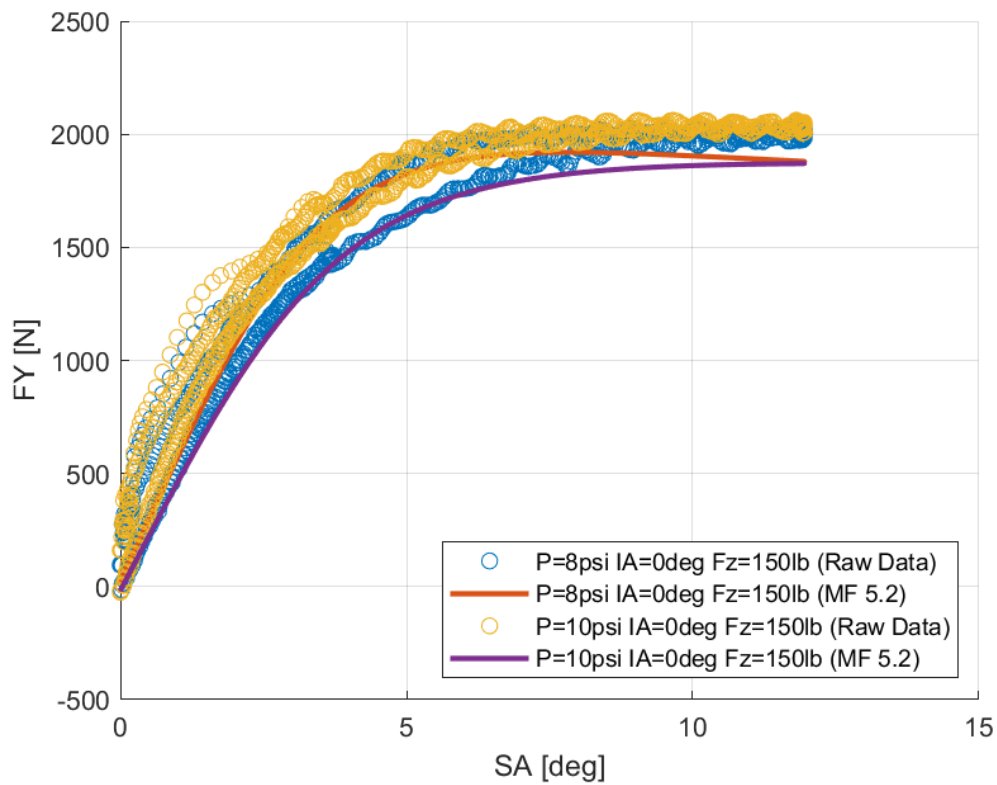
7.3.6 Continental 205/470 R13



Διάγραμμα 7.250: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Εγκάρσιας Δύναμης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

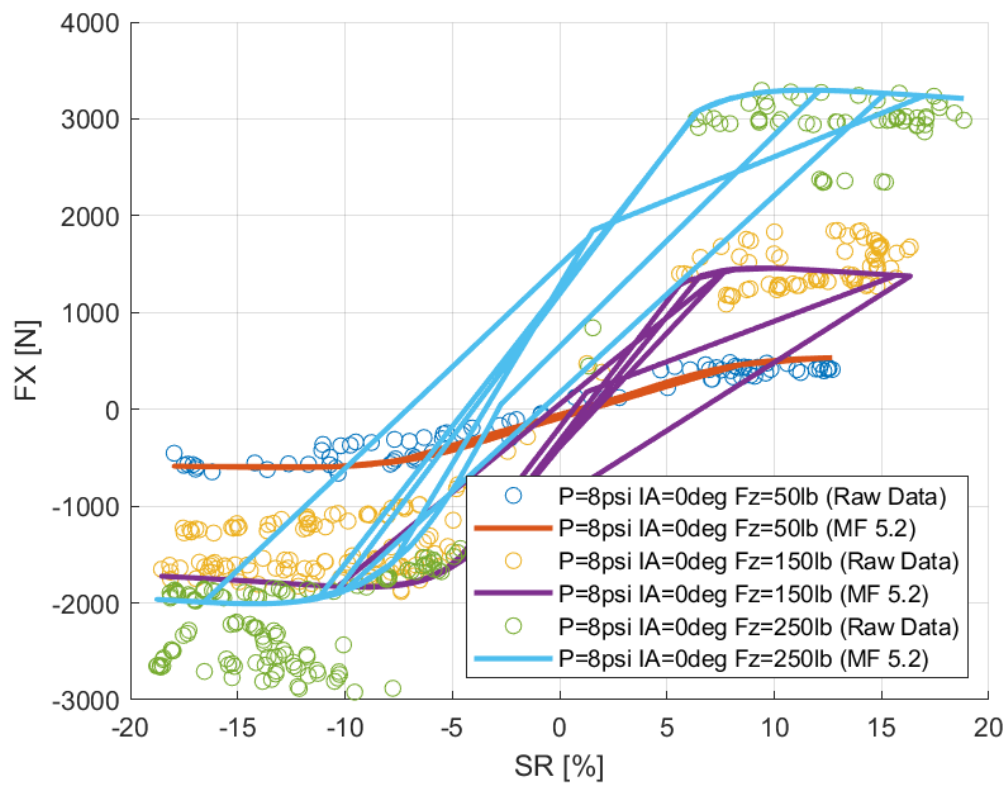


Διάγραμμα 7.251: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Εγκάρσιας Δύναμης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber

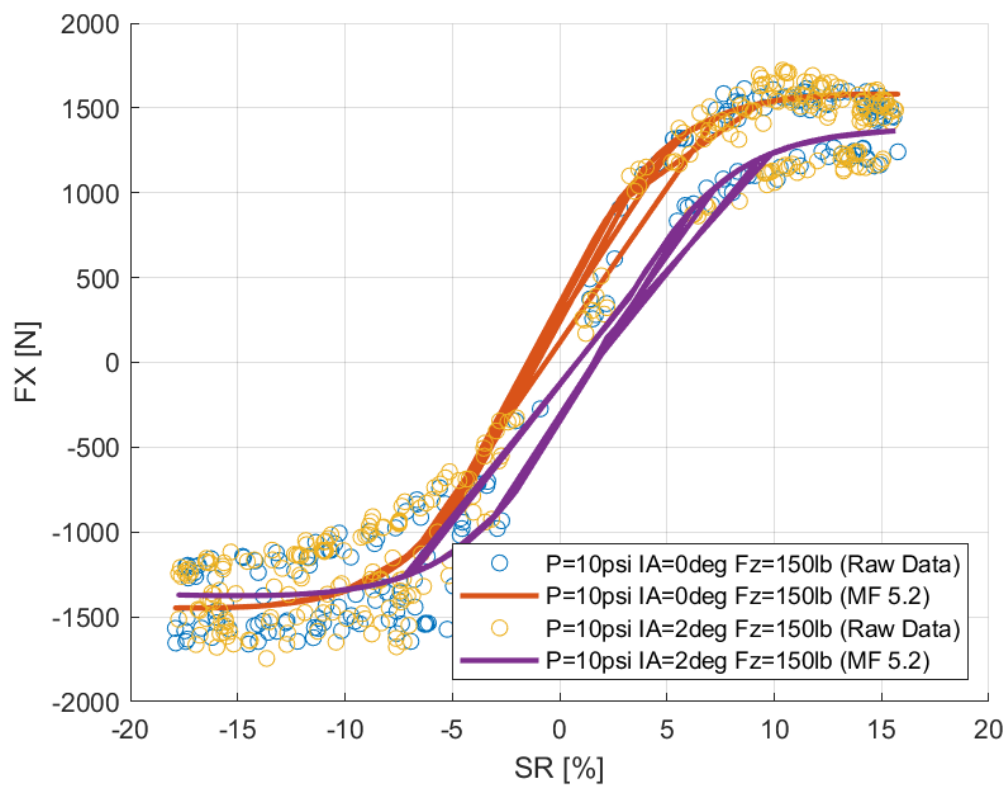


Διάγραμμα 7.252: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Εγκάρσιας Δύναμης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

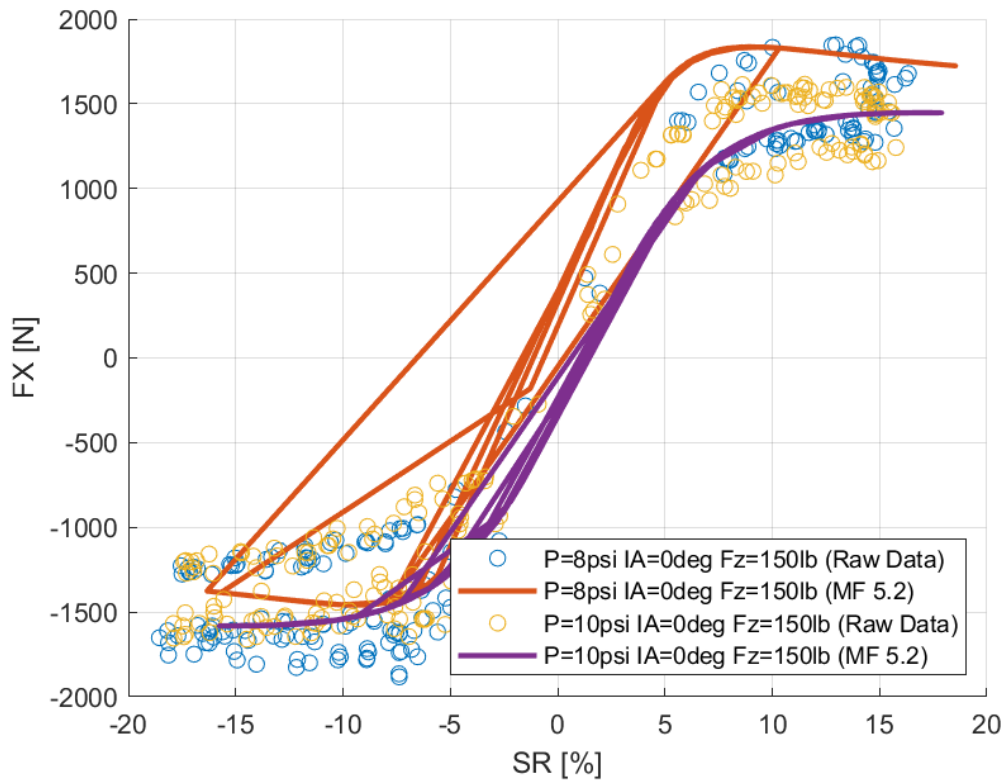
Κεφάλαιο 7



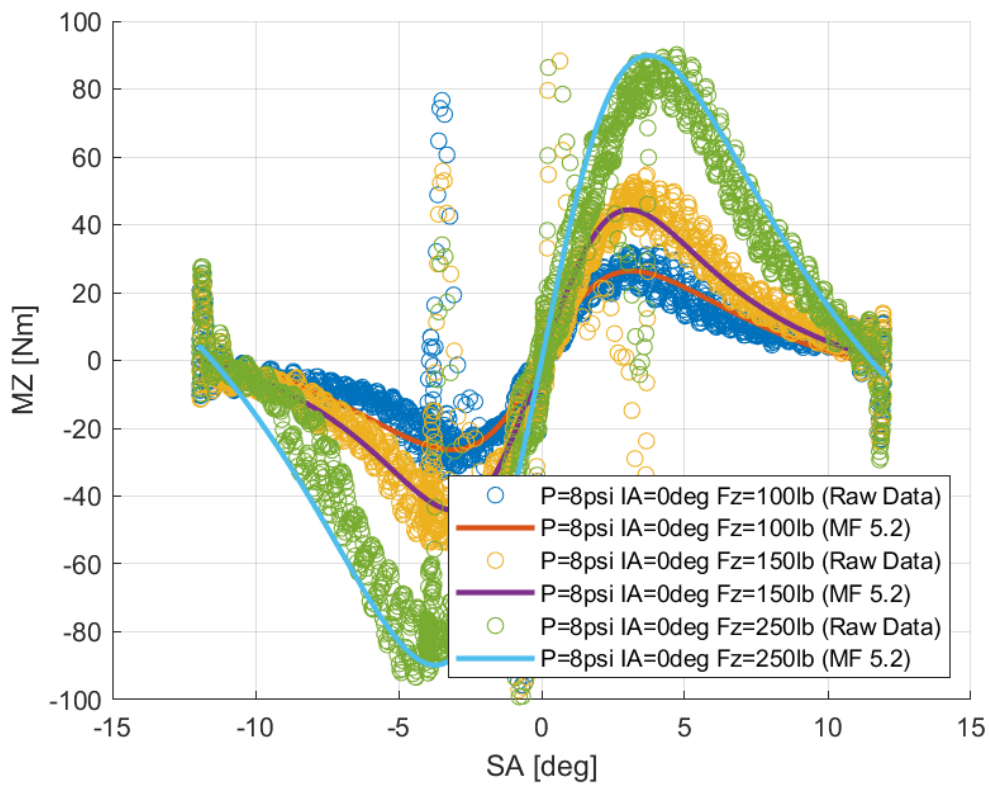
Διάγραμμα 7.253: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσεσ του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία



Διάγραμμα 7.254: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσεσ του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber

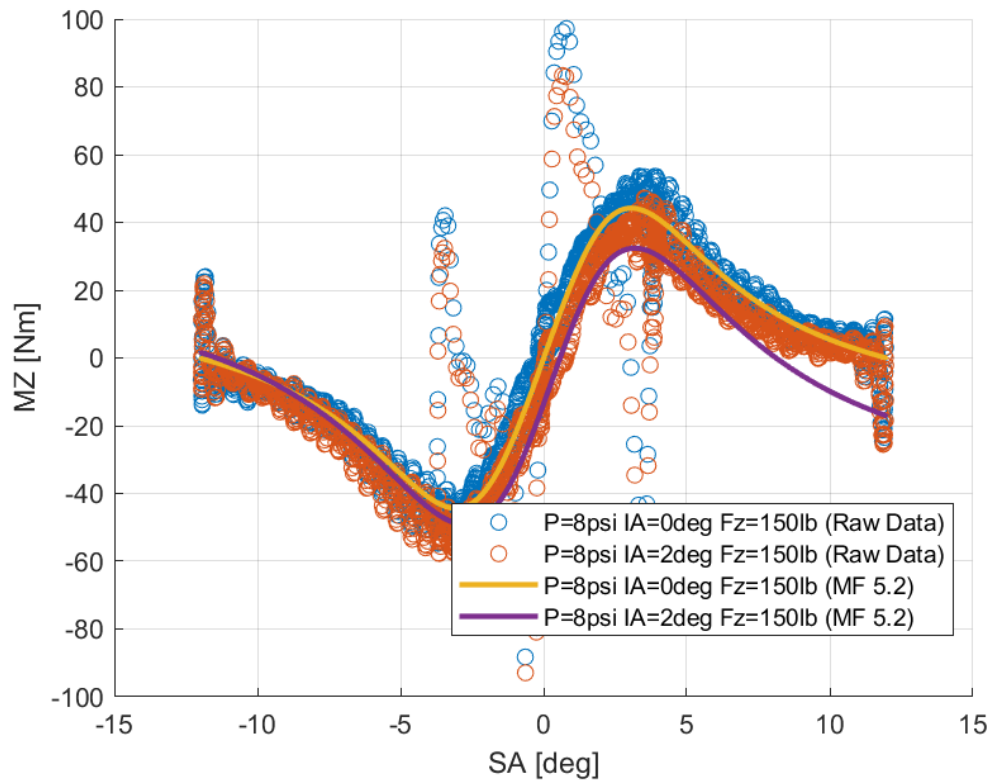


Διάγραμμα 7.255: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Διαμήκουσ Δύναμης Συναρτήσει του Λόγου Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

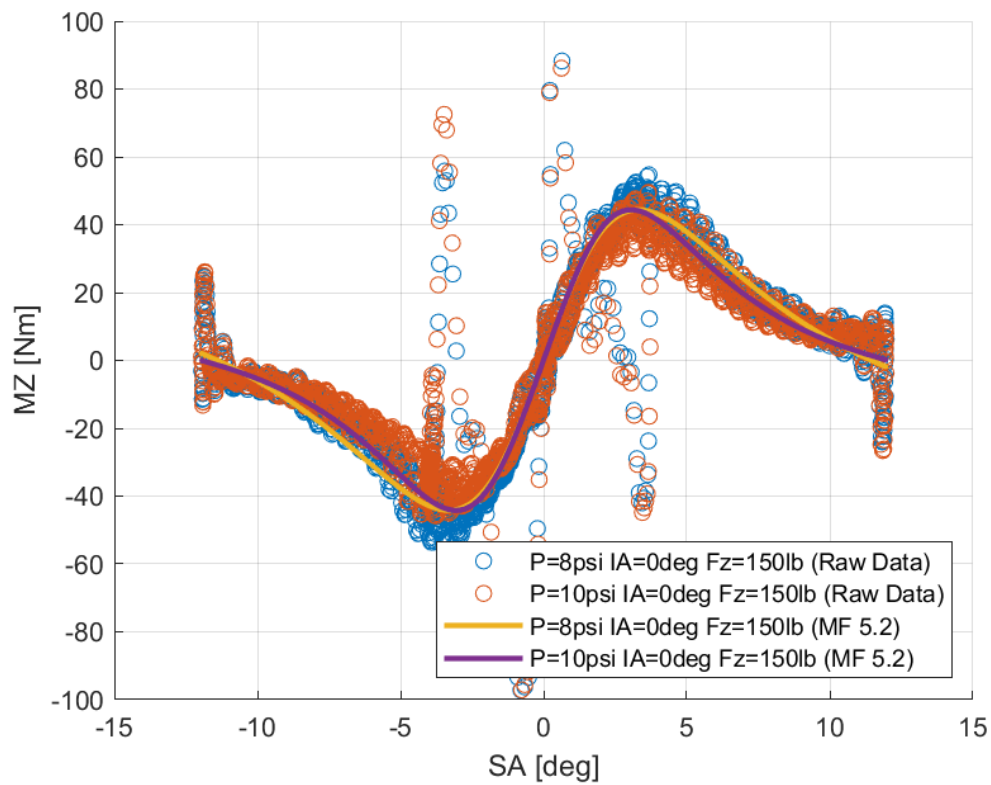


Διάγραμμα 7.256: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσει της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικά Κάθετα Φορτία

Κεφάλαιο 7



Διάγραμμα 7.257: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Γωνίες Camber



Διάγραμμα 7.258: Καμπύλες Ταξινομημένων και Μοντελοποιημένων Δεδομένων Ροπής Ευθυγράμμισης Συναρτήσεως της Γωνίας Ολίσθησης Για Διαφορετικές Πιέσεις Ελαστικού

8 Παράρτημα Β

8.1 Κώδικας Προκαταρκτικής Επεξεργασίας

8.1.1 Περίπτωση Εγκάρσιας Δύναμη

```
% Cornering data
% Initial figures
% Tip: Careful with unit of
measurements
clc
close all
%% Presenting raw data
figure('Name','Velocity,
Pressure, Loaded Radius, IA,
Fz')
subplot(5,1,1);
plot(V)
ylabel('V [mph]')
grid on
subplot(5,1,2);
plot(P)
ylabel('P [kPa]')
grid on
subplot(5,1,3);
plot(RL/10)
ylabel('RL [mm]')
grid on
subplot(5,1,4);
plot(IA)
ylabel('IA [deg]')
grid on
subplot(5,1,5);
plot(FZ)
ylabel('Fz [N]')
grid on
f_SA = figure('Name','SA
sweeps')
plot(SA)
ylabel('SA [deg]')
grid on
answer = questdlg('Select the
first and the last point of
each region. When you finish
the selection press Enter. For
erasing a point press
Delete'...
, 'Data Points
Selection','Continue','Stop the
whole process','Continue')
switch answer
case 'Continue'
%Help for Points
Selection
%f = msgbox({'Select
the first and the last point of
each region.';...
% 'When you finish
the selection press
Enter.';'For erasing a point
press Delete'},'Data Points
Selection','warn')
%% Separating the
different test phases: Cold-to-
hot, Break-in, Main sweeps
based on SA
% In order to close the
point selection just press
Enter
% If you want to delete
the previous selected point,
press Delete or Backspace
[xi,yi] = getpts(f_SA);
n = fix(length(xi)/2);
%% Sorting data blocks
based on PSI, Fz and IA
% Cold-to-hot: 12 SA
sweeps with constant Fz
% Break-in
% Main sweeps
% Sorting based on
examined pressures
count55 = 1;
count70 = 1;
count83 = 1;
count99 = 1;
%Selection of error
as an input from user
prompt='Enter
maximum error from Pressure
Nominal Value(%)'
dlgtitle='Error on
Pressure'
definput = {'5'};
answer =
inputdlg(prompt,dlgtitle,[1
45],definput) %Answer on %!!!
Perror=
str2num(answer{1})/100;
%answer's struct to number
for
i=round(xi(length(xi)-
1)):round(xi(length(xi)))
if abs((P(i)-
55))/55<Perror
inde.P55kPa(count55) = i;
count55 =
count55+1;
elseif abs((P(i)-
70))/70<Perror
inde.P70kPa(count70) = i;
count70 =
count70+1;
elseif abs((P(i)-
83))/83<Perror
```

```

inde.P83kPa(count83) = i;
count83 =
count83+1;
elseif abs((P(i)-
99))/99<Perror
inde.P99kPa(count99) = i;
count99 =
count99+1;
end
end
%%
global FINALcntpnt
global MaxminIA
global linIA
global erfz
global linFZ
global linP
% Presenting the sorted
results, based on pressure

[indefinal,linP]=Pressure_sort(
inde,SA);

[MaxminIA,linIA]=Borders_for_IA
(IA);

[erfz,linFZ]=Define_Error_FZ();
%%
for i = 1:numel(linP)
if linP(i) == 1

[inP55kPaIAaallFZaall]=sortforIAa
ndFZpro(indefinal.P55kPa,IA,FZ)
;
elseif linP(i) == 2

[inP70kPaIAaallFZaall]=sortforIAa
ndFZpro(indefinal.P70kPa,IA,FZ)
;
elseif linP(i) == 3

[inP83kPaIAaallFZaall]=sortforIAa
ndFZpro(indefinal.P83kPa,IA,FZ)
;
else

[inP99kPaIAaallFZaall]=sortforIAa
ndFZpro(indefinal.P99kPa,IA,FZ)
;

end
end
%%
%sorted data in
structures
for w=1:numel(linP)
if linP(w) == 1
%P=55kPa
for
k=1:numel(linIA)
if linIA(k)
== 1
%για
IA=0
for
j=1:7
if
inP55kPaIAaallFZaall(1,j)~=0
testdim=size(inP55kPaIAaallFZaall
);
if j==1
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAaallFZaall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA0(i)=inP55kPaIAaallF
Zaall(i,j);
inP55kPaIA0(i)=inP55kPaIAaallFza
ll(i,j);
end
end
elseif j==2
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAaallFZaall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA0FZ501b(i)=inP55kPa
IAaallFZaall(i,j);
end
end
elseif j==3
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAaallFZaall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA0FZ1001b(i)=inP55kP
aIAaallFZaall(i,j);
end
end
elseif j==4
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAaallFZaall(i,j)~=0

```



```

end
end
elseif j==13
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA1FZ250lb(i)=inP55kPa
aIAallFZall(i,j);
end
end
else
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA1FZ350lb(i)=inP55kPa
aIAallFZall(i,j);
end
end
end
end
end
end
end
elseif
linIA(k) == 3
%IA=2
for
j=15:21
if
inP55kPaIAallFZall(1,j)~=0
testdim=size(inP55kPaIAallFZall
);
if j==15
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA2(i)=inP55kPaIAallF
Zall(i,j);
inP55kPaIA2(i)=inP55kPaIAallFza
ll(i,j);
end
end
elseif j==16
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA2FZ501b(i)=inP55kPa
IAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==17
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA2FZ1001b(i)=inP55kPa
aIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==18
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA2FZ1501b(i)=inP55kPa
aIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==19
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA2FZ2001b(i)=inP55kPa
aIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==20
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA2FZ2501b(i)=inP55kPa
aIAallFZall(i,j);

```

Κεφάλαιο 8

```
end
end
else
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA2FZ350lb(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
end
end
end
end
end
linIA(k) == 4
elseif
%IA=3
for
if
inP55kPaIAallFZall(1,j)~=0
testdim=size(inP55kPaIAallFZall
);
if j==22
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA3(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
inP55kPaIA3(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==23
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA3FZ50lb(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==24
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA3FZ100lb(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==25
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA3FZ150lb(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==26
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA3FZ200lb(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==27
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA3FZ250lb(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
end
end
else
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA3FZ350lb(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
```

```

end
end
end
                                end
                                end
                                elseif
linIA(k) == 5
                                %IA=4
                                for
j=29:35
                                if
inP55kPaIAallFZall(1,j)~=0
testdim=size(inP55kPaIAallFZall
);
if j==29
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA4(i)=inP55kPaIAallF
Zall(i,j);
inP55kPaIA4(i)=inP55kPaIAallFza
ll(i,j);
end
end
elseif j==30
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA4FZ50lb(i)=inP55kPa
IAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==31
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA4FZ100lb(i)=inP55kP
aIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==32
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA4FZ150lb(i)=inP55kP
aIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==33
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA4FZ200lb(i)=inP55kP
aIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==34
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA4FZ250lb(i)=inP55kP
aIAallFZall(i,j);
end
end
else
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA4FZ350lb(i)=inP55kP
aIAallFZall(i,j);
end
end
end
end
end
end
end
elseif linP(w) == 2
%P=70kPa

```


Κεφάλαιο 8

```

                                for
k=1:numel (linIA)
                                if linIA(k)
== 1
                                %για
IA=0
                                for
j=1:7
                                if
inP70kPaIAallFZall (1,j)~=0
testdim=size (inP70kPaIAallFZall
);
if j==1
for i=1:(testdim(1))
if inP70kPaIAallFZall (i,j)~=0
in.P70kPa.IA0 (i)=inP70kPaIAallF
Zall (i,j);
inP70kPaIA0 (i)=inP70kPaIAallFZa
ll (i,j);
end
end
elseif j==2
for i=1:(testdim(1))
if inP70kPaIAallFZall (i,j)~=0
in.P70kPa.IA0FZ50lb (i)=inP70kPa
IAallFZall (i,j);
end
end
elseif j==3
for i=1:(testdim(1))
if inP70kPaIAallFZall (i,j)~=0
in.P70kPa.IA0FZ100lb (i)=inP70kP
aIAallFZall (i,j);
end
end
elseif j==4
for i=1:(testdim(1))
if inP70kPaIAallFZall (i,j)~=0
in.P70kPa.IA0FZ150lb (i)=inP70kP
aIAallFZall (i,j);
end
end
elseif j==5
for i=1:(testdim(1))
if inP70kPaIAallFZall (i,j)~=0
in.P70kPa.IA0FZ200lb (i)=inP70kP
aIAallFZall (i,j);
end
end
elseif j==6
for i=1:(testdim(1))
if inP70kPaIAallFZall (i,j)~=0
in.P70kPa.IA0FZ250lb (i)=inP70kP
aIAallFZall (i,j);
end
end
else
for i=1:(testdim(1))
if inP70kPaIAallFZall (i,j)~=0
in.P70kPa.IA0FZ350lb (i)=inP70kP
aIAallFZall (i,j);
end
end
end
                                end
                                elseif
linIA(k) == 2
                                %IA=1
                                for
j=8:14
                                if
inP70kPaIAallFZall (1,j)~=0
testdim=size (inP70kPaIAallFZall
);

```


Κεφάλαιο 8

```
elseif j==16
    for i=1:(testdim(1))
        if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P70kPa.IA2FZ501b(i)=inP70kPa
            IAallFZall(i,j);
        end
    end
elseif j==17
    for i=1:(testdim(1))
        if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P70kPa.IA2FZ1001b(i)=inP70kPa
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
elseif j==18
    for i=1:(testdim(1))
        if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P70kPa.IA2FZ1501b(i)=inP70kPa
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
elseif j==19
    for i=1:(testdim(1))
        if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P70kPa.IA2FZ2001b(i)=inP70kPa
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
elseif j==20
    for i=1:(testdim(1))
        if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P70kPa.IA2FZ2501b(i)=inP70kPa
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
end
end
else
    for i=1:(testdim(1))
        if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P70kPa.IA2FZ3501b(i)=inP70kPa
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
end
end
end
linIA(k) == 4
elseif
    %IA=3
    for
        if
            inP70kPaIAallFZall(1,j)~=0
            testdim=size(inP70kPaIAallFZall
            );
            if j==22
                for i=1:(testdim(1))
                    if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
                        in.P70kPa.IA3(i)=inP70kPaIAallF
                        Zall(i,j);
                        inP70kPaIA3(i)=inP70kPaIAallFza
                        ll(i,j);
                    end
                end
            elseif j==23
                for i=1:(testdim(1))
                    if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
                        in.P70kPa.IA3FZ501b(i)=inP70kPa
                        IAallFZall(i,j);
                    end
                end
            end
end
```


Κεφάλαιο 8

```

elseif j==32
    for i=1:(testdim(1))
        if inP70kPaIAaallFZall(i,j)~=0
            in.P70kPa.IA4FZ150lb(i)=inP70kPaIAaallFZall(i,j);
        end
    end
elseif j==33
    for i=1:(testdim(1))
        if inP70kPaIAaallFZall(i,j)~=0
            in.P70kPa.IA4FZ200lb(i)=inP70kPaIAaallFZall(i,j);
        end
    end
elseif j==34
    for i=1:(testdim(1))
        if inP70kPaIAaallFZall(i,j)~=0
            in.P70kPa.IA4FZ250lb(i)=inP70kPaIAaallFZall(i,j);
        end
    end
else
    for i=1:(testdim(1))
        if inP70kPaIAaallFZall(i,j)~=0
            in.P70kPa.IA4FZ350lb(i)=inP70kPaIAaallFZall(i,j);
        end
    end
end
end
end
end
elseif linP(w) == 3
    %P=83kPa
                                for
k=1:numel(linIA)
                                if linIA(k)
== 1
                                    %γτα
                                for
j=1:7
                                    if
inP83kPaIAaallFZall(1,j)~=0
                                testdim=size(inP83kPaIAaallFZall
);
                                if j==1
                                for i=1:(testdim(1))
                                if inP83kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                in.P83kPa.IA0(i)=inP83kPaIAaallF
Zall(i,j);
                                inP83kPaIA0(i)=inP83kPaIAaallFza
ll(i,j);
                                end
                                end
                                elseif j==2
                                for i=1:(testdim(1))
                                if inP83kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                in.P83kPa.IA0FZ50lb(i)=inP83kPa
IAaallFZall(i,j);
                                end
                                end
                                elseif j==3
                                for i=1:(testdim(1))
                                if inP83kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                in.P83kPa.IA0FZ100lb(i)=inP83kPa
aIAaallFZall(i,j);
                                end
                                end
                                elseif j==4
                                for i=1:(testdim(1))
                                if inP83kPaIAaallFZall(i,j)~=0

```

```

in.P83kPa.IA0FZ150lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==5

for i=1:(testdim(1))

if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P83kPa.IA0FZ200lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==6

for i=1:(testdim(1))

if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P83kPa.IA0FZ250lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

end

end

else

for i=1:(testdim(1))

if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P83kPa.IA0FZ350lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

end

end

end

end

end

elseif

linIA(k) == 2

%IA=1
for

j=8:14

if

inP83kPaIAallFZall(1,j)~=0

testdim=size(inP83kPaIAallFZall);

);

if j==8

for i=1:(testdim(1))

if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P83kPa.IA1(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==9

for i=1:(testdim(1))

if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P83kPa.IA1FZ50lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==10

for i=1:(testdim(1))

if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P83kPa.IA1FZ100lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==11

for i=1:(testdim(1))

if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P83kPa.IA1FZ150lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==12

for i=1:(testdim(1))

if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P83kPa.IA1FZ200lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

end

end

```



```

end
end
else
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA2FZ350lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
end
end
end
end
end
linIA(k) == 4
elseif
%IA=3
for
j=22:28
if
inP83kPaIAallFZall(1,j)~=0
testdim=size(inP83kPaIAallFZall
);
if j==22
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA3(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
inP83kPaIA3(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==23
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA3FZ50lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==24
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA3FZ100lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==25
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA3FZ150lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==26
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA3FZ200lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==27
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA3FZ250lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
end
end
else
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA3FZ350lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

```



```

                                for
k=1:numel(linIA)
                                if linIA(k)
== 1
                                %γ1α
IA=0
                                for
j=1:7
                                if
inP99kPaIAallFZall(1,j)~=0
testdim=size(inP99kPaIAallFZall
);
if j==1
for i=1:(testdim(1))
if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P99kPa.IA0(i)=inP99kPaIAallF
Zall(i,j);
inP99kPaIA0(i)=inP99kPaIAallFZa
ll(i,j);
end
end
elseif j==2
for i=1:(testdim(1))
if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P99kPa.IA0FZ50lb(i)=inP99kPa
IAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==3
for i=1:(testdim(1))
if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P99kPa.IA0FZ100lb(i)=inP99kP
aIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==4
for i=1:(testdim(1))
if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P99kPa.IA0FZ150lb(i)=inP99kP
aIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==5
for i=1:(testdim(1))
if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P99kPa.IA0FZ200lb(i)=inP99kP
aIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==6
for i=1:(testdim(1))
if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P99kPa.IA0FZ250lb(i)=inP99kP
aIAallFZall(i,j);
end
end
else
for i=1:(testdim(1))
if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P99kPa.IA0FZ350lb(i)=inP99kP
aIAallFZall(i,j);
end
end
end
                                end
                                elseif
linIA(k) == 2
                                %IA=1
                                for
j=8:14
                                if
inP99kPaIAallFZall(1,j)~=0
testdim=size(inP99kPaIAallFZall
);

```



```

elseif j==16
    for i=1:(testdim(1))
        if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P99kPa.IA2FZ501b(i)=inP99kPa
            IAallFZall(i,j);
        end
    end
elseif j==17
    for i=1:(testdim(1))
        if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P99kPa.IA2FZ1001b(i)=inP99kP
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
elseif j==18
    for i=1:(testdim(1))
        if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P99kPa.IA2FZ1501b(i)=inP99kP
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
elseif j==19
    for i=1:(testdim(1))
        if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P99kPa.IA2FZ2001b(i)=inP99kP
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
elseif j==20
    for i=1:(testdim(1))
        if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P99kPa.IA2FZ2501b(i)=inP99kP
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
end
else
    for i=1:(testdim(1))
        if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P99kPa.IA2FZ3501b(i)=inP99kP
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
end
end
elseif
    end
elseif
    linIA(k) == 4
    %IA=3
    for
        if
            inP99kPaIAallFZall(1,j)~=0
            testdim=size(inP99kPaIAallFZall
            );
            if j==22
                for i=1:(testdim(1))
                    if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
                        in.P99kPa.IA3(i)=inP99kPaIAallF
                        Zall(i,j);
                        inP99kPaIA3(i)=inP99kPaIAallFZa
                        ll(i,j);
                    end
                end
            elseif j==23
                for i=1:(testdim(1))
                    if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
                        in.P99kPa.IA3FZ501b(i)=inP99kPa
                        IAallFZall(i,j);
                    end
                end
            end
end

```

Κεφάλαιο 8

```
end
elseif j==24
for i=1:(testdim(1))
if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P99kPa.IA3FZ100lb(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==25
for i=1:(testdim(1))
if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P99kPa.IA3FZ150lb(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==26
for i=1:(testdim(1))
if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P99kPa.IA3FZ200lb(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==27
for i=1:(testdim(1))
if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P99kPa.IA3FZ250lb(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);
end
end
else
for i=1:(testdim(1))
if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P99kPa.IA3FZ350lb(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);
end
end
end
end
linIA(k) == 5
elseif
%IA=4
for
if
inP99kPaIAallFZall(1,j)~=0
testdim=size(inP99kPaIAallFZall);
if j==29
for i=1:(testdim(1))
if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P99kPa.IA4(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);
inP99kPaIA4(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==30
for i=1:(testdim(1))
if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P99kPa.IA4FZ50lb(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==31
for i=1:(testdim(1))
if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P99kPa.IA4FZ100lb(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);
```


Κεφάλαιο 8

```

the selection press Enter. For
erasing a point press
Delete'...
    , 'Data Points
Selection', 'Continue', 'Stop the
whole proccess', 'Continue')
switch answer
    case 'Continue'
        %Help for Points
Selection
        %f = msgbox({'Select
the first and the last point of
each region.';...
        %    'When you finish
the selection press
Enter.'; 'For erasing a point
press Delete'}, 'Data Points
Selection', 'warn')
        %% Separating the
different test phases: Cold-to-
hot, Break-in, Main sweeps
based on SA
        % In order to close the
point selection just press
Enter
        % If you want to delete
the previous selected point,
press Delete or Backspace
        [xi,yi] = getpts(f_SR);
        n = fix(length(xi)/2);
        %% Sorting data blocks
based on PSI, Fz and IA
        % Cold-to-hot: 12 SA
sweeps with constant Fz
        % Break-in
        % Main sweeps
        %{
        %Dimos idea:
        for
i=round(xi(5)):round(xi(6))
            sum(i) =
P(i)+FZ(i)+IA(i);
            end
            [sum,ind] = sort(sum);
            data.fy(:,1)=
FY(ind,1);
            data.sa(:,1)=
SA(ind,1);
            %}
        % Sorting based on
examined pressures
        count55 = 1;
        count70 = 1;
        count83 = 1;
        count99 = 1;
        %Selection of error
as an input from user
        prompt='Enter
maximum error from Pressure
Nominal Value(%)'
        dlgtitle='Error on
Pressure'
        definput = {'5'};
        answer =
inputdlg(prompt,dlgtitle,[1
45],definput) %Answer on %!!!
        Perror=
str2num(answer{1})/100;
        %answer's struct to number
        %for
i=round(xi(5)):round(xi(6))
            for
i=round(xi(length(xi)-
1)):round(xi(length(xi)))
                if abs((P(i)-
55))/55<Perror
                    inde.P55kPa(count55) = i;
                    count55 =
count55+1;
                    elseif abs((P(i)-
70))/70<Perror
                        inde.P70kPa(count70) = i;
                        count70 =
count70+1;
                        elseif abs((P(i)-
83))/83<Perror
                            inde.P83kPa(count83) = i;
                            count83 =
count83+1;
                            elseif abs((P(i)-
99))/99<Perror
                                inde.P99kPa(count99) = i;
                                count99 =
count99+1;
                                end
                            end
                        %%
                        global FINALcntpnt
                        global MaxminIA
                        global linIA
                        global erfz
                        global linFZ
                        global linP
                        % Presenting the sorted
results, based on pressure
                        [indefinal,linP]=Pressure_sort_
LONG(inde,SL);
                        [MaxminIA,linIA]=Borders_for_IA
(IA);
                        [erfz,linFZ]=Define_Error_FZ();
                        %%
                        for i = 1:numel(linP)
                            if linP(i) == 1

```


Κεφάλαιο 8

```
else
    for i=1:(testdim(1))
        if inP55kPaIAaallFZall(i,j)~=0
            in.P55kPa.IA0FZ350lb(i)=inP55kPa
            aIAaallFZall(i,j);
        end
    end
end
end
end
end
elseif
    linIA(k) == 2
        %IA=1
        for
            j=8:14
                if
                    inP55kPaIAaallFZall(1,j)~=0
                        testdim=size(inP55kPaIAaallFZall
                        );
                        if j==8
                            for i=1:(testdim(1))
                                if inP55kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                    in.P55kPa.IA1(i)=inP55kPaIAaallF
                                    Zall(i,j);
                                end
                            end
                        elseif j==9
                            for i=1:(testdim(1))
                                if inP55kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                    in.P55kPa.IA1FZ50lb(i)=inP55kPa
                                    IAaallFZall(i,j);
                                end
                            end
                        elseif j==10
                            for i=1:(testdim(1))
                                if inP55kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                    in.P55kPa.IA1FZ100lb(i)=inP55kPa
                                    aIAaallFZall(i,j);
                                end
                            end
                        elseif j==11
                            for i=1:(testdim(1))
                                if inP55kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                    in.P55kPa.IA1FZ150lb(i)=inP55kPa
                                    aIAaallFZall(i,j);
                                end
                            end
                        elseif j==12
                            for i=1:(testdim(1))
                                if inP55kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                    in.P55kPa.IA1FZ200lb(i)=inP55kPa
                                    aIAaallFZall(i,j);
                                end
                            end
                        elseif j==13
                            for i=1:(testdim(1))
                                if inP55kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                    in.P55kPa.IA1FZ250lb(i)=inP55kPa
                                    aIAaallFZall(i,j);
                                end
                            end
                        else
                            for i=1:(testdim(1))
                                if inP55kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                    in.P55kPa.IA1FZ350lb(i)=inP55kPa
                                    aIAaallFZall(i,j);
                                end
                            end
                        end
                    end
                end
            end
        end
    end
end
```

```

                                end
                                end
                                elseif
linIA(k) == 3
                                %IA=2
                                for
j=15:21
                                if
inP55kPaIAaallFZall(1,j)~=0
                                testdim=size(inP55kPaIAaallFZall
);
if j==15
                                for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                in.P55kPa.IA2(i)=inP55kPaIAaallF
Zall(i,j);
inP55kPaIA2(i)=inP55kPaIAaallFZa
ll(i,j);
end
end
elseif j==16
                                for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                in.P55kPa.IA2FZ50lb(i)=inP55kPa
IAaallFZall(i,j);
end
end
elseif j==17
                                for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                in.P55kPa.IA2FZ100lb(i)=inP55kP
aIAaallFZall(i,j);
end
end
elseif j==18
                                for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                in.P55kPa.IA2FZ150lb(i)=inP55kP
aIAaallFZall(i,j);
end
end
elseif j==19
                                for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                in.P55kPa.IA2FZ200lb(i)=inP55kP
aIAaallFZall(i,j);
end
end
elseif j==20
                                for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                in.P55kPa.IA2FZ250lb(i)=inP55kP
aIAaallFZall(i,j);
end
end
else
                                for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAaallFZall(i,j)~=0
                                in.P55kPa.IA2FZ350lb(i)=inP55kP
aIAaallFZall(i,j);
end
end
end
                                end
                                end
                                elseif
linIA(k) == 4
                                %IA=3
                                for
j=22:28
                                if
inP55kPaIAaallFZall(1,j)~=0
                                testdim=size(inP55kPaIAaallFZall
);

```

Κεφάλαιο 8

```
if j==22
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA3(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
inP55kPaIA3(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==23
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA3FZ501b(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==24
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA3FZ1001b(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==25
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA3FZ1501b(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==26
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA3FZ2001b(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==27
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA3FZ2501b(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
end
end
else
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA3FZ3501b(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
end
end
end
end
elseif
linIA(k) == 5
%IA=4
for
if
inP55kPaIAallFZall(1,j)~=0
testdim=size(inP55kPaIAallFZall);
if j==29
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA4(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
inP55kPaIA4(i)=inP55kPaIAallFZall(i,j);
end
end
```

```

end
elseif j==30
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA4FZ501b(i)=inP55kPa
IAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==31
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA4FZ1001b(i)=inP55kPa
aIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==32
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA4FZ1501b(i)=inP55kPa
aIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==33
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA4FZ2001b(i)=inP55kPa
aIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==34
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA4FZ2501b(i)=inP55kPa
aIAallFZall(i,j);
end
end
else
for i=1:(testdim(1))
if inP55kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P55kPa.IA4FZ3501b(i)=inP55kPa
aIAallFZall(i,j);
end
end
end
end
end
elseif linP(w) == 2
%P=70kPa
for
k=1: numel(linIA)
if linIA(k)
%γ<α
for
j=1:7
if
inP70kPaIAallFZall(1,j)~=0
testdim=size(inP70kPaIAallFZall
);
if j==1
for i=1:(testdim(1))
if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P70kPa.IA0(i)=inP70kPaIAallF
Zall(i,j);
inP70kPaIA0(i)=inP70kPaIAallFza
ll(i,j);
end
end
elseif j==2
for i=1:(testdim(1))

```

Κεφάλαιο 8

```

if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
    in.P70kPa.IA0FZ50lb(i)=inP70kPa
    IAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==3
    for i=1:(testdim(1))
        if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P70kPa.IA0FZ100lb(i)=inP70kP
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
elseif j==4
    for i=1:(testdim(1))
        if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P70kPa.IA0FZ150lb(i)=inP70kP
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
elseif j==5
    for i=1:(testdim(1))
        if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P70kPa.IA0FZ200lb(i)=inP70kP
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
elseif j==6
    for i=1:(testdim(1))
        if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P70kPa.IA0FZ250lb(i)=inP70kP
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
else
    for i=1:(testdim(1))
        if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P70kPa.IA0FZ350lb(i)=inP70kP
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
    end
    elseif
        linIA(k) == 2
            %IA=1
            for
                j=8:14
                    if
                        inP70kPaIAallFZall(1,j)~=0
                            testdim=size(inP70kPaIAallFZall
                            );
                            if j==8
                                for i=1:(testdim(1))
                                    if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
                                        in.P70kPa.IA1(i)=inP70kPaIAallF
                                        Zall(i,j);
                                    end
                                end
                            elseif j==9
                                for i=1:(testdim(1))
                                    if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
                                        in.P70kPa.IA1FZ50lb(i)=inP70kPa
                                        IAallFZall(i,j);
                                    end
                                end
                            elseif j==10
                                for i=1:(testdim(1))
                                    if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0

```

```

end
in.P70kPa.IA1FZ1001b(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==11
for i=1:(testdim(1))
if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P70kPa.IA1FZ1501b(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==12
for i=1:(testdim(1))
if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P70kPa.IA1FZ2001b(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==13
for i=1:(testdim(1))
if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P70kPa.IA1FZ2501b(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);
end
end
else
for i=1:(testdim(1))
if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P70kPa.IA1FZ3501b(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);
end
end
end

linIA(k) == 3
%IA=2
for
if
inP70kPaIAallFZall(1,j)~=0
testdim=size(inP70kPaIAallFZall);
if j==15
for i=1:(testdim(1))
if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P70kPa.IA2(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);
inP70kPaIA2(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==16
for i=1:(testdim(1))
if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P70kPa.IA2FZ501b(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==17
for i=1:(testdim(1))
if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P70kPa.IA2FZ1001b(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==18
for i=1:(testdim(1))
if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0

```

Κεφάλαιο 8

```

in.P70kPa.IA2FZ150lb(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==19

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P70kPa.IA2FZ200lb(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==20

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P70kPa.IA2FZ250lb(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);

end

end

else

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P70kPa.IA2FZ350lb(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);

end

end

end

end

end

linIA(k) == 4

elseif

%IA=3
for

j=22:28

if

inP70kPaIAallFZall(1,j)~=0

testdim=size(inP70kPaIAallFZall);

if j==22

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P70kPa.IA3(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);

inP70kPaIA3(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==23

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P70kPa.IA3FZ50lb(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==24

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P70kPa.IA3FZ100lb(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==25

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P70kPa.IA3FZ150lb(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==26

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0

```

```

in.P70kPa.IA3FZ200lb(i)=inP70kPaIAaallFZall(i,j);

end

end

elseif j==27

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAaallFZall(i,j)~=0

in.P70kPa.IA3FZ250lb(i)=inP70kPaIAaallFZall(i,j);

end

end

else

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAaallFZall(i,j)~=0

in.P70kPa.IA3FZ350lb(i)=inP70kPaIAaallFZall(i,j);

end

end

end

end

end

linIA(k) == 5

%IA=4
for

j=29:35

if

inP70kPaIAaallFZall(1,j)~=0

testdim=size(inP70kPaIAaallFZall);

if j==29

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAaallFZall(i,j)~=0

in.P70kPa.IA4(i)=inP70kPaIAaallFZall(i,j);

inP70kPaIA4(i)=inP70kPaIAaallFZall(i,j);

end

end

end

elseif j==30

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAaallFZall(i,j)~=0

in.P70kPa.IA4FZ50lb(i)=inP70kPaIAaallFZall(i,j);

end

end

elseif j==31

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAaallFZall(i,j)~=0

in.P70kPa.IA4FZ100lb(i)=inP70kPaIAaallFZall(i,j);

end

end

elseif j==32

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAaallFZall(i,j)~=0

in.P70kPa.IA4FZ150lb(i)=inP70kPaIAaallFZall(i,j);

end

end

elseif j==33

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAaallFZall(i,j)~=0

in.P70kPa.IA4FZ200lb(i)=inP70kPaIAaallFZall(i,j);

end

end

elseif j==34

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAaallFZall(i,j)~=0

```


Κεφάλαιο 8

```

in.P70kPa.IA4FZ250lb(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);

end

end

else

for i=1:(testdim(1))

if inP70kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P70kPa.IA4FZ350lb(i)=inP70kPaIAallFZall(i,j);

end

end

end

end

end

end

end

end

end

elseif linP(w) == 3
    %P=83kPa
    for
k=1:numel(linIA)
        if linIA(k)
            %γ<α
            IA=0
            for
j=1:7
                if
inP83kPaIAallFZall(1,j)~=0

testdim=size(inP83kPaIAallFZall);

if j==1

for i=1:(testdim(1))

if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P83kPa.IA0(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

inP83kPaIA0(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==2

for i=1:(testdim(1))

if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P83kPa.IA0FZ50lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==3

for i=1:(testdim(1))

if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P83kPa.IA0FZ100lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==4

for i=1:(testdim(1))

if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P83kPa.IA0FZ150lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==5

for i=1:(testdim(1))

if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P83kPa.IA0FZ200lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==6

for i=1:(testdim(1))

if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P83kPa.IA0FZ250lb(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);

end

end

```

```

else
    in.P83kPa.IA1FZ1001b(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
end
for i=1:(testdim(1))
    if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
        in.P83kPa.IA0FZ3501b(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
    end
end
end
end
end
elseif
    linIA(k) == 2
        %IA=1
        for
            j=8:14
                if
                    inP83kPaIAallFZall(1,j)~=0
                        testdim=size(inP83kPaIAallFZall);
                    end
                    if j==8
                        for i=1:(testdim(1))
                            if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
                                in.P83kPa.IA1(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
                            end
                        end
                    elseif j==9
                        for i=1:(testdim(1))
                            if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
                                in.P83kPa.IA1FZ501b(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
                            end
                        end
                    elseif j==10
                        for i=1:(testdim(1))
                            if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
                                in.P83kPa.IA1FZ1001b(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
                            end
                        end
                    elseif j==11
                        for i=1:(testdim(1))
                            if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
                                in.P83kPa.IA1FZ1501b(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
                            end
                        end
                    elseif j==12
                        for i=1:(testdim(1))
                            if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
                                in.P83kPa.IA1FZ2001b(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
                            end
                        end
                    elseif j==13
                        for i=1:(testdim(1))
                            if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
                                in.P83kPa.IA1FZ2501b(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
                            end
                        end
                    else
                        for i=1:(testdim(1))
                            if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
                                in.P83kPa.IA1FZ3501b(i)=inP83kPaIAallFZall(i,j);
                            end
                        end
                    end
                end
            end
        end
    end
end

```

Κεφάλαιο 8

```

                                end
                                end
                                elseif
linIA(k) == 3
                                %IA=2
                                for
j=15:21
                                if
inP83kPaIAallFZall(1,j)~=0
testdim=size(inP83kPaIAallFZall
);
if j==15
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA2(i)=inP83kPaIAallF
Zall(i,j);
inP83kPaIA2(i)=inP83kPaIAallFZa
ll(i,j);
end
end
elseif j==16
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA2FZ50lb(i)=inP83kPa
IAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==17
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA2FZ100lb(i)=inP83kP
aIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==18
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
                                end
                                end
                                elseif
in.P83kPa.IA2FZ150lb(i)=inP83kP
aIAallFZall(i,j);
                                end
                                end
                                elseif j==19
                                for i=1:(testdim(1))
                                if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
                                in.P83kPa.IA2FZ200lb(i)=inP83kP
aIAallFZall(i,j);
                                end
                                end
                                elseif j==20
                                for i=1:(testdim(1))
                                if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
                                in.P83kPa.IA2FZ250lb(i)=inP83kP
aIAallFZall(i,j);
                                end
                                end
                                else
                                for i=1:(testdim(1))
                                if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
                                in.P83kPa.IA2FZ350lb(i)=inP83kP
aIAallFZall(i,j);
                                end
                                end
                                end
                                end
                                end
                                elseif
linIA(k) == 4
                                %IA=3
                                for
j=22:28
                                if
inP83kPaIAallFZall(1,j)~=0
testdim=size(inP83kPaIAallFZall
);

```


Κεφάλαιο 8

```

end
elseif j==30
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA4FZ501b(i)=inP83kPa
IAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==31
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA4FZ1001b(i)=inP83kP
aIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==32
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA4FZ1501b(i)=inP83kP
aIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==33
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA4FZ2001b(i)=inP83kP
aIAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==34
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA4FZ2501b(i)=inP83kP
aIAallFZall(i,j);
end
end
else
for i=1:(testdim(1))
if inP83kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P83kPa.IA4FZ3501b(i)=inP83kP
aIAallFZall(i,j);
end
end
end
end
end
elseif linP(w) == 4
%P=99kPa
for
k=1: numel(linIA)
if linIA(k)
%γ<α
for
j=1:7
if
inP99kPaIAallFZall(1,j)~=0
testdim=size(inP99kPaIAallFZall
);
if j==1
for i=1:(testdim(1))
if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
in.P99kPa.IA0(i)=inP99kPaIAallF
Zall(i,j);
inP99kPaIA0(i)=inP99kPaIAallFza
ll(i,j);
end
end
elseif j==2
for i=1:(testdim(1))

```

```

if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
    in.P99kPa.IA0FZ50lb(i)=inP99kPa
    IAallFZall(i,j);
end
end
elseif j==3
    for i=1:(testdim(1))
        if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P99kPa.IA0FZ100lb(i)=inP99kP
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
elseif j==4
    for i=1:(testdim(1))
        if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P99kPa.IA0FZ150lb(i)=inP99kP
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
elseif j==5
    for i=1:(testdim(1))
        if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P99kPa.IA0FZ200lb(i)=inP99kP
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
elseif j==6
    for i=1:(testdim(1))
        if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P99kPa.IA0FZ250lb(i)=inP99kP
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
else
    for i=1:(testdim(1))
        if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
            in.P99kPa.IA0FZ350lb(i)=inP99kP
            aIAallFZall(i,j);
        end
    end
end
end
end
elseif
    linIA(k) == 2
        %IA=1
        for
            j=8:14
                if
                    inP99kPaIAallFZall(1,j)~=0
                        testdim=size(inP99kPaIAallFZall
                        );
                        if j==8
                            for i=1:(testdim(1))
                                if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
                                    in.P99kPa.IA1(i)=inP99kPaIAallF
                                    Zall(i,j);
                                end
                            end
                        elseif j==9
                            for i=1:(testdim(1))
                                if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0
                                    in.P99kPa.IA1FZ50lb(i)=inP99kPa
                                    IAallFZall(i,j);
                                end
                            end
                        elseif j==10
                            for i=1:(testdim(1))
                                if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0

```



```

in.P99kPa.IA2FZ150lb(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==19

for i=1:(testdim(1))

if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P99kPa.IA2FZ200lb(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==20

for i=1:(testdim(1))

if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P99kPa.IA2FZ250lb(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);

end

end

else

for i=1:(testdim(1))

if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P99kPa.IA2FZ350lb(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);

end

end

end

end

end

elseif

linIA(k) == 4

%IA=3
for

j=22:28

if

inP99kPaIAallFZall(1,j)~=0

testdim=size(inP99kPaIAallFZall);

if j==22

for i=1:(testdim(1))

if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P99kPa.IA3(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);

inP99kPaIA3(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==23

for i=1:(testdim(1))

if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P99kPa.IA3FZ50lb(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==24

for i=1:(testdim(1))

if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P99kPa.IA3FZ100lb(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==25

for i=1:(testdim(1))

if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0

in.P99kPa.IA3FZ150lb(i)=inP99kPaIAallFZall(i,j);

end

end

elseif j==26

for i=1:(testdim(1))

if inP99kPaIAallFZall(i,j)~=0

```


Κεφάλαιο 8

```

        f_SA=figure('Name',
'SA sweeps based on examined
pressure during Testrun')
plot(SA(inde.P55kPa))
    ylabel('SA [deg]')
    title('SA for 55
kPa tire pressure')
    grid on
    elseif linP==2
        f_SA=figure('Name',
'SA sweeps based on examined
pressure during Testrun')
plot(SA(inde.P70kPa))
    ylabel('SA [deg]')
    title('SA for 70
kPa tire pressure')
    grid on
    elseif linP==3
        f_SA=figure('Name',
'SA sweeps based on examined
pressure during Testrun')
plot(SA(inde.P83kPa))
    ylabel('SA [deg]')
    title('SA for 83
kPa tire pressure')
    grid on
    else
        f_SA=figure('Name',
'SA sweeps based on examined
pressure during Testrun')
plot(SA(inde.P99kPa))
    ylabel('SA [deg]')
    title('SA for 99
kPa tire pressure')
    grid on
    end
end
    % Removing useless data,
i.e. start or end of the
experiment
    check = 1;
    while (check == 1)
        answer = questdlg('Would
you like to erase anymore data
points?', ...
        'Cleaning unnecessary
data', 'Yes', 'No', 'No');
        switch answer
            case 'Yes'
                list = {'8 psi', '10
psi', '12 psi', '14 psi'};
                [lindx, tf] =
listdlg('PromptString', 'Select
diagrams to crop
data', 'ListString', list);
                %NA ELEGXW TH
GENIKOTHTA AYTOY TOY TROPOY
                for i = 1:numel(lindx)
                    if lindx(i) == 1
                        [nx_55, ny_55]
= cutter('SA [deg]', 'SA for 55
kPa tire pressure',
inde.P55kPa, SA(inde.P55kPa));
                    elseif lindx(i) ==
2
                        [nx_70, ny_70]
= cutter('SA [deg]', 'SA for 70
kPa tire pressure',
inde.P70kPa, SA(inde.P70kPa));
                    elseif lindx(i) ==
3
                        [nx_83, ny_83]
= cutter('SA [deg]', 'SA for 83
kPa tire pressure',
inde.P83kPa, SA(inde.P83kPa));
                    else
                        [nx_99, ny_99]
= cutter('SA [deg]', 'SA for 99
kPa tire pressure',
inde.P99kPa, SA(inde.P99kPa));
                    end
                    check = 1;
                end
            case 'No'
                check = 0;
            end
        end
        % Structure rearrangement
based on cropped data
        % Given that pressure data
are CONTINIOUS!
        if answer ~= 'No'
            for i = 1:numel(lindx)
                if lindx(i) ==
1
                    indefinal.P55kPa =
[nx_55(1):nx_55(2)];
                    elseif lindx(i)
== 2
                    indefinal.P70kPa =
[nx_70(1):nx_70(2)];
                    elseif lindx(i)
== 3
                    indefinal.P83kPa =
[nx_83(1):nx_83(2)];
                    else
                    indefinal.P99kPa =
[nx_99(1):nx_99(2)];
                    end
                end
            end
        else
            for i = 1:numel(linP)
                if linP(i) == 1

```

```

indefinal.P55kPa=inde.P55kPa;
    elseif linP(i) == 2

indefinal.P70kPa=inde.P70kPa;
    elseif linP(i) == 3

indefinal.P83kPa=inde.P83kPa;
    else

indefinal.P99kPa=inde.P99kPa;
    end
end
end

function
[MaxminIA,linIA]=Borders_for_IA
(IA)
close all
%Define max and min for every
available camber angle
listforcamber = {'0 deg','1
deg','2 deg','3 deg','4 deg'};
[linIA,~] =
listdlg('PromptString','Select
Available Inclination
Angles','ListString',
listforcamber);
    for i = 1:numel(linIA)
        if linIA(i) == 1
            check=0;
            pausingtime=10;
%[sec]
            while check == 0
                plot(IA)
                grid on
                xlabel('Data
Points')
                ylabel('IA
[deg]')
                f =
msgbox({'Zoom in and observe
values range for IA=0 deg', ...
'Fill in
the min and max you chose in
the following message'},...
'Selection of range for
IA=0deg','warn')
                %Pausing in
order to let the user to zoom
pause(pausingtime);
                answer =
questdlg('Have you chosen
?', '', 'Yes', ...
'Stop the
whole process','Need more
time','Yes');
                switch answer
                    case 'Yes'
                        check=1;
%Selection of error for IA as
an input from user
prompt={'Enter max accepted
value [deg]:','Enter min
accepted value [deg]:'}
                        dlgtitle='Max & Min on
IA=0deg';
                                dims =
[1 48];
                                definput = {'0.01','-0.01'};
                                        answer
=
inputdlg(prompt,dlgtitle,dims,d
efinput) %Answer on deg!!!
                                MaxminIA.IA0.max=
str2num(answer{1});
                                %answer's struct to number
                                MaxminIA.IA0.min=
str2num(answer{2});
                                %answer's struct to number
                                        case 'Need
more time'
                                pausingtime=pausingtime+10;
                                        case 'Stop
the whole process'
                                        break
                                end
                                end
                                elseif linIA(i) == 2
                                    check=0;
                                    pausingtime=10;
%[sec]
                                    while check == 0
                                        plot(IA)
                                        grid on
                                        xlabel('Data
Points')
                                        ylabel('IA
[deg]')
                                        f =
msgbox({'Zoom in and observe
values range for IA=1 deg', ...
'Fill in
the min and max you chose in
the following message'},...
'Selection of range for
IA=1deg','warn')
                                        %Pausing in
order to let the user to zoom

```

Κεφάλαιο 8

```

pause(pausingtime);
        answer =
questdlg('Have you chosen
?', '', 'Yes', ...
        'Stop the
whole process', 'Need more
time', 'Yes');
        switch answer
        case 'Yes'
check=1;

%Selection of error for IA as
an input from user

prompt={'Enter max accepted
value [deg]:', 'Enter min
accepted value [deg]:'};

dlgtitle='Max & Min on
IA=1deg';

        dims =
[1 48];

definput = {'1.01', '0.995'};
        answer
=
inputdlg(prompt,dlgtitle,dims,d
efinput); %Answer on deg!!!

MaxminIA.IA1.max=
str2num(answer{1});
%answer's struct to number

MaxminIA.IA1.min=
str2num(answer{2});
%answer's struct to number
        case 'Need
more time'

pausingtime=pausingtime+10;
        case 'Stop
the whole process'
                break
        end
        end
        elseif linIA(i) == 3
check=0;
pausingtime=10;

%[sec]
        while check == 0
plot(IA)
grid on
xlabel('Data
Points')

ylabel('IA
[deg]')

f =
msgbox({'Zoom in and observe
values range for IA=2 deg', ...
        'Fill in
the min and max you chose in
the following message'},...

'Selection of range for
IA=2deg', 'warn')

%Pausing in
order to let the user to zoom

pause(pausingtime);
        answer =
questdlg('Have you chosen
?', '', 'Yes', ...
        'Stop the
whole process', 'Need more
time', 'Yes');
        switch answer
        case 'Yes'

check=1;

%Selection of error for IA as
an input from user

prompt={'Enter max accepted
value [deg]:', 'Enter min
accepted value [deg]:'}

dlgtitle='Max & Min on
IA=2deg';

        dims =
[1 48];

definput = {'2.01', '1.98'};
        answer
=
inputdlg(prompt,dlgtitle,dims,d
efinput) %Answer on deg!!!

MaxminIA.IA2.max=
str2num(answer{1});
%answer's struct to number

MaxminIA.IA2.min=
str2num(answer{2});
%answer's struct to number
        case 'Need
more time'

pausingtime=pausingtime+10;
        case 'Stop
the whole process'
                break
        end
        end
        elseif linIA(i) == 4
check=0;
pausingtime=10;

%[sec]
        while check == 0
plot(IA)

```

```

        grid on
        xlabel('Data
Points')
        ylabel('IA
[deg]')
        f =
msgbox({'Zoom in and observe
values range for IA=3 deg', ...
        'Fill in
the min and max you chose in
the following message'},...

'Selection of range for
IA=3deg','warn')
        %Pausing in
order to let the user to zoom
pause(pausingtime);
        answer =
questdlg('Have you chosen
?', '', 'Yes', ...
        'Stop the
whole process', 'Need more
time', 'Yes');
        switch answer
        case 'Yes'
check=1;

%Selection of error for IA as
an input from user
prompt={'Enter max accepted
value [deg]:', 'Enter min
accepted value [deg]:'}

dlgtitle='Max & Min on
IA=3deg';
        dims =
[1 48];
definput = {'3.01', '2.98'};
        answer
=
inputdlg(prompt,dlgtitle,dims,d
efinput) %Answer on deg!!!

MaxminIA.IA3.max=
str2num(answer{1});
%answer's struct to number

MaxminIA.IA3.min=
str2num(answer{2});
%answer's struct to number
        case 'Need
more time'
pausingtime=pausingtime+10;
        case 'Stop
the whole process'
break
end
elseif linIA(i) == 5
check=0;
pausingtime=10;
        %[sec]
while check == 0
plot(IA)
grid on
xlabel('Data
Points')
ylabel('IA
[deg]')
f =
msgbox({'Zoom in and observe
values range for IA=4 deg', ...
        'Fill in
the min and max you chose in
the following message'},...

'Selection of range for
IA=4deg','warn')
        %Pausing in
order to let the user to zoom
pause(pausingtime);
        answer =
questdlg('Have you chosen
?', '', 'Yes', ...
        'Stop the
whole process', 'Need more
time', 'Yes');
        switch answer
        case 'Yes'
check=1;

%Selection of error for IA as
an input from user
prompt={'Enter max accepted
value [deg]:', 'Enter min
accepted value [deg]:'}

dlgtitle='Max & Min on
IA=4deg';
        dims =
[1 48];
definput = {'4.01', '3.98'};
        answer
=
inputdlg(prompt,dlgtitle,dims,d
efinput) %Answer on deg!!!

MaxminIA.IA4.max=
str2num(answer{1});
%answer's struct to number

MaxminIA.IA4.min=

```

Κεφάλαιο 8

```
str2num(answer{2});
%answer's struct to number
case 'Need
more time'

pausingtime=pausingtime+10;
case 'Stop
the whole process'
break
end
end
end
end
end
end

function
[erfz,linFZ]=Define_Error_FZ()
%Selection of available
Vertical Loads
listforloads =
{'501b', '1001b', '1501b', '2001b'
, '2501b', '3501b'};
```

```
[linFZ,~] =
listdlg('PromptString','Select
Available Vertical
Loads','ListString',
listforloads);

%Selection of error for FZ as
an input from user
prompt='Enter maximum error
from Nominal Vertical Load [%]'
dlgtitle='Error on Vertical
Load when IA=0deg'
dims = [1 60];
definput = {'0.5'};
answer =
inputdlg(prompt,dlgtitle,dims,d
efinput) %Answer on %!!!
erfz=
str2num(answer{1})/100; %FZ
error
end
```

8.1.4 Συναρτήσεις Ταξινόμησης Κάθετου Φορτίου και Γωνίας Camber

```
function
[inP00kPaIAallFZall]=sortforIAa
ndFZpro (indeP00kPa, IA, FZ)
%indeP00kPa=indeP70kPa;
global MaxminIA
global linIA
global erfz
global linFZ
sec0=0;
sec1=0;
sec2=0;
sec3=0;
sec4=0;
dim0=0;
dim1=0;
dim2=0;
dim3=0;
dim4=0;
for i=1:numel(linIA)
if linIA(i) == 1
%IA=0

[inP00kPaIA0FZall,inP00kPaIA0,s
ize050,size0100,size0150,size02
00,size0250,size0350,dim0,sec0]
=testforFZwhenIA0pro (IA, FZ, inde
P00kPa);
elseif linIA(i) == 2
%IA=1

[inP00kPaIA1FZall,inP00kPaIA1,s
ize150,size1100,size1150,size12
00,size1250,size1350,dim1,sec1]
=testforFZwhenIA1pro (IA, FZ, inde
P00kPa);
elseif linIA(i) == 3
```

```
%IA=2

[inP00kPaIA2FZall,inP00kPaIA2,s
ize250,size2100,size2150,size22
00,size2250,size2350,dim2,sec2]
=testforFZwhenIA2pro (IA, FZ, inde
P00kPa);
elseif linIA(i) == 4
%IA=3

[inP00kPaIA3FZall,inP00kPaIA3,s
ize350,size3100,size3150,size32
00,size3250,size3350,dim3,sec3]
=testforFZwhenIA3pro (IA, FZ, inde
P00kPa);
elseif linIA(i) == 5
%IA=4

[inP00kPaIA4FZall,inP00kPaIA4,s
ize450,size4100,size4150,size42
00,size4250,size4350,dim4,sec4]
=testforFZwhenIA4pro (IA, FZ, inde
P00kPa);
end
end
testsec=[sec0 sec1 sec2
sec3 sec4];
testdim=[dim0 dim1 dim2
dim3 dim4]; % για να βρω τη
μεγιστη διασταση και να ορισω
το μεγεθος του πινακα
findim=max(testdim);
diast=35;

inP00kPaIAallFZall=zeros (findim
,diast);
```

```

    %% Creation of output
matrix
    for i=1:numel(linIA)
        if linIA(i) == 1
            %IA=0
            for
i=1:length(inP00kPaIA0)

inP00kPaIAaallFZall(i,1)=inP00kPaIA0(i);
                end
            if size050~=0
                for i=1:size050

inP00kPaIAaallFZall(i,2)=inP00kPaIA0FZall(i,1);
                    end
                end
            if size0100~=0
                for
i=1:size0100

inP00kPaIAaallFZall(i,3)=inP00kPaIA0FZall(i,2);
                    end
                end
            if size0150~=0
                for
i=1:size0150

inP00kPaIAaallFZall(i,4)=inP00kPaIA0FZall(i,3);
                    end
                end
            if size0200~=0
                for
i=1:size0200

inP00kPaIAaallFZall(i,5)=inP00kPaIA0FZall(i,4);
                    end
                end
            if size0250~=0
                for
i=1:size0250

inP00kPaIAaallFZall(i,6)=inP00kPaIA0FZall(i,5);
                    end
                end
            if size0350~=0
                for
i=1:size0350

inP00kPaIAaallFZall(i,7)=inP00kPaIA0FZall(i,6);
                    end
                end
            elseif linIA(i) == 2
                %IA=1
                for
i=1:length(inP00kPaIA1)

inP00kPaIAaallFZall(i,8)=inP00kPaIA1(i);
                    end
                if size150~=0
                    for i=1:size150

inP00kPaIAaallFZall(i,9)=inP00kPaIA1FZall(i,1);
                        end
                    end
                if size1100~=0
                    for
i=1:size1100

inP00kPaIAaallFZall(i,10)=inP00kPaIA1FZall(i,2);
                        end
                    end
                if size1150~=0
                    for
i=1:size1150

inP00kPaIAaallFZall(i,11)=inP00kPaIA1FZall(i,3);
                        end
                    end
                if size1200~=0
                    for
i=1:size1200

inP00kPaIAaallFZall(i,12)=inP00kPaIA1FZall(i,4);
                        end
                    end
                if size1250~=0
                    for
i=1:size1250

inP00kPaIAaallFZall(i,13)=inP00kPaIA1FZall(i,5);
                        end
                    end
                if size1350~=0
                    for
i=1:size1350

inP00kPaIAaallFZall(i,14)=inP00kPaIA1FZall(i,6);
                        end
                    end
                end
            elseif linIA(i) == 3
                %IA=2
                for
i=1:length(inP00kPaIA2)

inP00kPaIAaallFZall(i,15)=inP00kPaIA2(i);
                    end
                end
            end
        end
    end

```


Κεφάλαιο 8

```

        if size250~=0
            for i=1:size250
                inP00kPaIAallFZall(i,16)=inP00k
                PaIA2FZall(i,1);
            end
        end
        if size2100~=0
            for
                i=1:size2100
                    inP00kPaIAallFZall(i,17)=inP00k
                    PaIA2FZall(i,2);
                end
            end
            if size2150~=0
                for
                    i=1:size2150
                        inP00kPaIAallFZall(i,18)=inP00k
                        PaIA2FZall(i,3);
                    end
                end
                if size2200~=0
                    for
                        i=1:size2200
                            inP00kPaIAallFZall(i,19)=inP00k
                            PaIA2FZall(i,4);
                        end
                    end
                    if size2250~=0
                        for
                            i=1:size2250
                                inP00kPaIAallFZall(i,20)=inP00k
                                PaIA2FZall(i,5);
                            end
                        end
                        if size2350~=0
                            for
                                i=1:size2350
                                    inP00kPaIAallFZall(i,21)=inP00k
                                    PaIA2FZall(i,6);
                                end
                            end
                            elseif linIA(i) == 4
                                %IA=3
                                for
                                    i=1:length(inP00kPaIA3)
                                        inP00kPaIAallFZall(i,22)=inP00k
                                        PaIA3(i);
                                    end
                                end
                                if size350~=0
                                    for i=1:size350
                                        inP00kPaIAallFZall(i,23)=inP00k
                                        PaIA3FZall(i,1);
                                    end
                                end
                            end
                        end
                    end
                end
            end
        end
        if size3100~=0
            for
                i=1:size3100
                    inP00kPaIAallFZall(i,24)=inP00k
                    PaIA3FZall(i,2);
                end
            end
            if size3150~=0
                for
                    i=1:size3150
                        inP00kPaIAallFZall(i,25)=inP00k
                        PaIA3FZall(i,3);
                    end
                end
                if size3200~=0
                    for
                        i=1:size3200
                            inP00kPaIAallFZall(i,26)=inP00k
                            PaIA3FZall(i,4);
                        end
                    end
                    if size3250~=0
                        for
                            i=1:size3250
                                inP00kPaIAallFZall(i,27)=inP00k
                                PaIA3FZall(i,5);
                            end
                        end
                        if size3350~=0
                            for
                                i=1:size3350
                                    inP00kPaIAallFZall(i,28)=inP00k
                                    PaIA3FZall(i,6);
                                end
                            end
                            elseif linIA(i) == 5
                                %IA=4
                                for
                                    i=1:length(inP00kPaIA4)
                                        inP00kPaIAallFZall(i,29)=inP00k
                                        PaIA4(i);
                                    end
                                end
                                if size450~=0
                                    for i=1:size450
                                        inP00kPaIAallFZall(i,30)=inP00k
                                        PaIA4FZall(i,1);
                                    end
                                end
                            end
                        end
                    end
                end
            end
        end
        if size4100~=0
            for
                i=1:size4100
                    inP00kPaIAallFZall(i,31)=inP00k
                    PaIA4FZall(i,1);
                end
            end
        end
    end
end

```

```

inP00kPaIAallFZall(i,31)=inP00k
PaIA4FZall(i,2);
    end
end
if size4150~=0
    for
i=1:size4150
inP00kPaIAallFZall(i,32)=inP00k
PaIA4FZall(i,3);
    end
end
if size4200~=0
    for
i=1:size4200
inP00kPaIAallFZall(i,33)=inP00k
PaIA4FZall(i,4);
    end
end
if size4250~=0
    for
i=1:size4250
inP00kPaIAallFZall(i,34)=inP00k
PaIA4FZall(i,5);
    end
end
if size4350~=0
    for
i=1:size4350
inP00kPaIAallFZall(i,35)=inP00k
PaIA4FZall(i,6);
    end
end
end
end
end

function
[inP00kPaIA0FZall,inP00kPaIA0,c
nt50,cnt100,cnt150,cnt200,cnt25
0,cnt350,dim,secure]=testforFZw
henIA0pro(IA,FZ,indeP00kPa)
global MaxminIA
global erfz
global linFZ
%max min for loads 350, 250,
100, 50
max350=1556.877+erfz*1556.877;
    min350=1556.877-
erfz*1556.877;
max250=1112.055+erfz*1112.055;
    min250=1112.055-
erfz*1112.055;
max200=889.644+erfz*889.644;
    min200=889.644-
erfz*889.644;
max150=667.233+erfz*667.233;
    min150=667.233-
erfz*667.233;
max100=444.822+erfz*444.822;
    min100=444.822-
erfz*444.822;
max50=222.411+erfz*222.411;
    min50=222.411-erfz*222.411;
% For already sorted data
count0=1;
count50=1;
count100=1;
count150=1;
count200=1;
count250=1;
count350=1;
secure=0;
for i=1:length(indeP00kPa)
    if
IA(indeP00kPa(i))<=MaxminIA.IA0
.max &&
IA(indeP00kPa(i))>=MaxminIA.IA0
.min
        secure=1;
inP00kPaIA0(count0)=indeP00kPa(
i);
        count0=count0+1;
        if
FZ(indeP00kPa(i))<=(-min50) &&
FZ(indeP00kPa(i))>=(-max50)
inP00kPaIA0FZ50lb(count50)=inde
P00kPa(i);
count50=count50+1;
        elseif
FZ(indeP00kPa(i))<=(-min100) &&
FZ(indeP00kPa(i))>=(-max100)
inP00kPaIA0FZ100lb(count100)=in
deP00kPa(i);
count100=count100+1;
        elseif
FZ(indeP00kPa(i))<=(-min150) &&
FZ(indeP00kPa(i))>=(-max150)
inP00kPaIA0FZ150lb(count150)=in
deP00kPa(i);
count150=count150+1;
        elseif
FZ(indeP00kPa(i))<=(-min200) &&
FZ(indeP00kPa(i))>=(-max200)

```

Κεφάλαιο 8

```

inP00kPaIA0FZ200lb(count200)=in
deP00kPa(i);

count200=count200+1;
    elseif
FZ(indeP00kPa(i))<=(-min250) &&
FZ(indeP00kPa(i))>=(-max250)

inP00kPaIA0FZ250lb(count250)=in
deP00kPa(i);

count250=count250+1;
    %else
    elseif
FZ(indeP00kPa(i))<=(-min350) &&
FZ(indeP00kPa(i))>=(-max350)

inP00kPaIA0FZ350lb(count350)=in
deP00kPa(i);

count350=count350+1;
    end
end
cnt50=0;
cnt100=0;
cnt150=0;
cnt200=0;
cnt250=0;
cnt350=0;
for i=1:numel(linFZ)
    if linFZ(i) == 1

cnt50=length(inP00kPaIA0FZ50lb)
;
    elseif linFZ(i) == 2

cnt100=length(inP00kPaIA0FZ100l
b);
    elseif linFZ(i) == 3

cnt150=length(inP00kPaIA0FZ150l
b);
    elseif linFZ(i) == 4

cnt200=length(inP00kPaIA0FZ200l
b);
    elseif linFZ(i) == 5

cnt250=length(inP00kPaIA0FZ250l
b);
    elseif linFZ(i) == 6

cnt350=length(inP00kPaIA0FZ350l
b);
    end
end
pinsub=[cnt50 cnt100
cnt150 cnt200 cnt250 cnt350];
dim=max(pinsub);

inP00kPaIA0FZall=zeros(dim,6);
%!!!!!!!!!!!!
    if cnt50~=0
%if we dont have data, put 0
        for i=1:cnt50

inP00kPaIA0FZall(i,1)=inP00kPaI
A0FZ50lb(i);
            end
        end
        if cnt100~=0
            for i=1:cnt100

inP00kPaIA0FZall(i,2)=inP00kPaI
A0FZ100lb(i);
                end
            end
            if cnt150~=0
                for i=1:cnt150

inP00kPaIA0FZall(i,3)=inP00kPaI
A0FZ150lb(i);
                    end
                end
                if cnt200~=0
                    for i=1:cnt200

inP00kPaIA0FZall(i,4)=inP00kPaI
A0FZ200lb(i);
                        end
                    end
                    if cnt250~=0
                        for i=1:cnt250

inP00kPaIA0FZall(i,5)=inP00kPaI
A0FZ250lb(i);
                            end
                        end
                            if cnt350~=0
                                for i=1:cnt350

inP00kPaIA0FZall(i,6)=inP00kPaI
A0FZ350lb(i);
                                    end
                                end
                            end
                        end
                    end
                end
            end
        end
    end
end
end

```


Κεφάλαιο 8

8.2 Κώδικας Μοντελοποίησης

8.2.1 Περίπτωση Ροπής Ευθυγράμμισης

```
%close all
global MAGIC_Param
[linP,linIA,linFZ]=Available_Combination_MF();
for parP=1:numel(linP)
    if linP(parP) == 1
        %% P=55kPa
        for
parIA=1:numel(linIA)
            if linIA(parIA) ==
1
                %IA0
                    IA=0;
                    for
parFZ=1:numel(linFZ)
                        if
linFZ(parFZ) == 1
                            %FZ=501b
                                Normal_Load=50;
                                mz=mz55050;
                                sa=sa55050;
                                [SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
                                ;
                                    tic
                                [finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                    toc
                                    load
                                gong.mat;        %handel.mat;
                                sound(y);
                                [check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
                                    if
                                check == 1
                                    [MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                    end
                                    elseif
                                linFZ(parFZ) == 2
                                    %FZ=1001b
                                        Normal_Load=100;
                                        mz=mz550100;
                                        sa=sa550100;
                                        [SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
                                        ;
                                            tic
                                        [finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                            toc
                                            load
                                        gong.mat;        %handel.mat;
                                        sound(y);
                                        [check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
                                            if
                                        check == 1
                                            [MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
```

```

RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
        end
elseif
linFZ (parFZ) == 4
        %FZ=2001b
Normal_Load=200;
mz=mz550200;
sa=sa550200;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;
        tic
[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;        %handel.mat;
sound (y);
[check]=MF_error_plot_MZ (mz, MZm
agic, sa);
        if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
        end
elseif
linFZ (parFZ) == 6
        %FZ=3501b
Normal_Load=350;
mz=mz550350;
sa=sa550350;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;
        tic
[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;        %handel.mat;
sound (y);
[check]=MF_error_plot_MZ (mz, MZm
agic, sa);
        if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
        end
        end
        elseif linIA (parIA)
== 2
        %IA1
        IA=1;
        for
parFZ=1:numel (linFZ)
        if
linFZ (parFZ) == 1
                %FZ=501b
sound (y);
[check]=MF_error_plot_MZ (mz, MZm
agic, sa);
        if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
        end
        end
        elseif linIA (parIA)
== 2
        %IA1
        IA=1;
        for
parFZ=1:numel (linFZ)
        if
linFZ (parFZ) == 1
                %FZ=501b

```

Κεφάλαιο 8

```

Normal_Load=50;

mz=mz55150;

sa=sa55150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                        %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 2
                                %FZ=100lb

Normal_Load=100;

mz=mz551100;

sa=sa551100;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                        %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 3
                                %FZ=150lb

Normal_Load=150;

mz=mz551150;

sa=sa551150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                        %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 4
                                %FZ=200lb

Normal_Load=200;

mz=mz551200;

sa=sa551200;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc

```

```

                                load
gong.mat;           %handel.mat;           [SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
sound(y);           tic

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);

                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 5
                                %FZ=250lb

Normal_Load=250;

mz=mz551250;

sa=sa551250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);

                                toc
                                load
gong.mat;           %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);

                                end
                                end
                                elseif linIA(parIA)
== 3
                                %IA2
                                IA=2;
                                for
parFZ=1:numel(linFZ)
                                if
linFZ(parFZ) == 1
                                %FZ=50lb

Normal_Load=50;

mz=mz55250;

sa=sa55250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);

                                toc
                                load
gong.mat;           %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

```


Κεφάλαιο 8

```

                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);

                                end
                                elseif
linFZ (parFZ) == 2
                                %FZ=100lb

Normal_Load=100;

mz=mz552100;

sa=sa552100;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;
                                tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                                %handel.mat;

sound (y);

[check]=MF_error_plot_MZ (mz, MZm
agic, sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);

                                end
                                elseif
linFZ (parFZ) == 4
                                %FZ=200lb

Normal_Load=200;

mz=mz552200;

sa=sa552200;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;
                                tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                                %handel.mat;

sound (y);

[check]=MF_error_plot_MZ (mz, MZm
agic, sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);

                                end
                                elseif
linFZ (parFZ) == 3
                                %FZ=150lb

Normal_Load=150;

mz=mz552150;

sa=sa552150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;
                                tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                                %handel.mat;

sound (y);

[check]=MF_error_plot_MZ (mz, MZm
agic, sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);

                                end
                                elseif
linFZ (parFZ) == 5
                                %FZ=250lb

Normal_Load=250;

mz=mz552250;

```

```

sa=sa552250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_PRO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters,sa,mz);
end
elseif
linFZ(parFZ) == 6
%FZ=350lb

Normal_Load=350;

mz=mz552350;

sa=sa552350;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_PRO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters,sa,mz);
end
elseif
linFZ(parFZ) == 2
%FZ=100lb

Normal_Load=100;

mz=mz553100;

sa=sa553100;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
end
end
elseif linIA(parIA)
== 4
%IA3
IA=3;
for
parFZ=1:numel(linFZ)
if
linFZ(parFZ) == 1
%FZ=50lb

Normal_Load=50;

mz=mz55350;

sa=sa55350;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_PRO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters,sa,mz);
end
elseif
linFZ(parFZ) == 6
%FZ=350lb

Normal_Load=350;

mz=mz552350;

sa=sa552350;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_PRO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters,sa,mz);
end
elseif
linFZ(parFZ) == 2
%FZ=100lb

Normal_Load=100;

mz=mz553100;

sa=sa553100;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin

```

Κεφάλαιο 8

```

C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
        elseif
linFZ(parFZ) == 3
        %FZ=150lb

Normal_Load=150;

mz=mz553150;

sa=sa553150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
        elseif
linFZ(parFZ) == 5
        %FZ=250lb

Normal_Load=250;

mz=mz553250;

sa=sa553250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
mz=mz553200;

sa=sa553200;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
        end
        elseif
linFZ(parFZ) == 3
        %FZ=150lb

Normal_Load=150;

mz=mz553150;

sa=sa553150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
        end
        elseif
linFZ(parFZ) == 4
        %FZ=200lb

Normal_Load=200;

```

```

inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
elseif
linFZ(parFZ) == 6
        %FZ=350lb
Normal_Load=350;
mz=mz553350;
sa=sa553350;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic
[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;        %handel.mat;
sound(y);
[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
        elseif
linFZ(parFZ) == 2
        %FZ=100lb
Normal_Load=100;
mz=mz554100;
sa=sa554100;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic
[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;        %handel.mat;
sound(y);
[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
        end
        elseif linIA(parIA)
== 5
        %IA4
        IA=4;
        for
parFZ=1:numel(linFZ)
        if
linFZ(parFZ) == 1
        %FZ=50lb
Normal_Load=50;
mz=mz55450;
sa=sa55450;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic
[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;        %handel.mat;
sound(y);
[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
        elseif
linFZ(parFZ) == 3
        %FZ=150lb

```

Κεφάλαιο 8

```

Normal_Load=150;

mz=mz554150;

sa=sa554150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                        %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 4
                                %FZ=2001b

Normal_Load=200;

mz=mz554200;

sa=sa554200;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                        %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 5
                                %FZ=2501b

Normal_Load=250;

mz=mz554250;

sa=sa554250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                        %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 6
                                %FZ=3501b

Normal_Load=350;

mz=mz554350;

sa=sa554350;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc

```

```

                                load
gong.mat;                        %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);

                                end
                                end
                                end
                                end

                                elseif linP (parP) == 2
                                %% P=70kPa
                                for
parIA=1:numel (linIA)
                                if linIA (parIA) ==
1
                                %IA0
                                IA=0;
                                for
parFZ=1:numel (linFZ)
                                if
linFZ (parFZ) == 1
                                %FZ=50lb

Normal_Load=50;

mz=mz70050;

sa=sa70050;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;

                                tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);

                                toc
                                load
gong.mat;                        %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);

                                end
                                elseif
linFZ (parFZ) == 2
                                %FZ=100lb

Normal_Load=100;

mz=mz700100;

sa=sa700100;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;

                                tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);

                                toc
                                load
gong.mat;                        %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);

                                end
                                elseif
linFZ (parFZ) == 3
                                %FZ=150lb

Normal_Load=150;

mz=mz700150;

sa=sa700150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;

                                tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);

                                toc
                                load
gong.mat;                        %handel.mat;

```

Κεφάλαιο 8

```

                                                                    tic
sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
                                                                    if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                                                    end
                                                                    elseif
linFZ(parFZ) == 4
                                                                    %FZ=200lb
Normal_Load=200;
mz=mz700200;
sa=sa700200;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                                                    tic
[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                                                    toc
                                                                    load
gong.mat;                                                                    %handel.mat;
sound(y);
[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
                                                                    if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                                                    end
                                                                    elseif
linFZ(parFZ) == 5
                                                                    %FZ=250lb
Normal_Load=250;
mz=mz700250;
sa=sa700250;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                                                    tic
[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                                                    toc
                                                                    load
gong.mat;                                                                    %handel.mat;
sound(y);
[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
                                                                    if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                                                    end
                                                                    end
                                                                    end
                                                                    elseif linIA(parIA)
== 2
                                                                    %IA1
                                                                    IA=1;
                                                                    for
parFZ=1:numel(linFZ)

```

```

linFZ(parFZ) == 1
    if
        %FZ=50lb
Normal_Load=50;
mz=mz70150;
sa=sa70150;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic
[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;        %handel.mat;
sound(y);
[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
    elseif
linFZ(parFZ) == 2
        %FZ=100lb
Normal_Load=100;
mz=mz701100;
sa=sa701100;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic
[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;        %handel.mat;
sound(y);
[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
    if
        check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
    elseif
linFZ(parFZ) == 3
        %FZ=150lb
Normal_Load=150;
mz=mz701150;
sa=sa701150;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic
[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;        %handel.mat;
sound(y);
[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
    elseif
linFZ(parFZ) == 4
        %FZ=200lb
Normal_Load=200;
mz=mz701200;
sa=sa701200;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic
[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=

```


Κεφάλαιο 8

```

magic_approachC_final_MZ(sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
    toc
    load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz, MZmagic, sa);
    if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP), linIA(parIA), l
inFZ(parFZ), finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
    end
elseif
linFZ(parFZ) == 5
    %FZ=250lb

Normal_Load=250;

mz=mz701250;

sa=sa701250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa, mz)
;
    tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
    toc
    load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz, MZmagic, sa);
    if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP), linIA(parIA), l
inFZ(parFZ), finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
    end
elseif linIA(parIA)
== 3
    %IA2
    IA=2;
    for
parFZ=1:numel(linFZ)
    if
linFZ(parFZ) == 1
        %FZ=50lb

Normal_Load=50;

mz=mz70250;

sa=sa70250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa, mz)
;
    tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
    toc
    load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

mz=mz701350;

```

```

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 2
                                %FZ=100lb

Normal_Load=100;

mz=mz702100;

sa=sa702100;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;          %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 4
                                %FZ=200lb

Normal_Load=200;

mz=mz702200;

sa=sa702200;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;          %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 5
                                %FZ=250lb

```

Κεφάλαιο 8

```

Normal_Load=250;

mz=mz702250;

sa=sa702250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
end
elseif
linFZ (parFZ) == 6
%FZ=350lb

Normal_Load=350;

mz=mz702350;

sa=sa702350;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
end
elseif
linFZ (parFZ) == 2
%FZ=100lb

Normal_Load=100;

mz=mz703100;

sa=sa703100;

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
end
elseif linIA (parIA)
== 4
%IA3
IA=3;
for
parFZ=1:numel (linFZ)
if
linFZ (parFZ) == 1
%FZ=50lb

Normal_Load=50;

mz=mz70350;

sa=sa70350;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
end
elseif
linFZ (parFZ) == 6
%FZ=350lb

Normal_Load=350;

mz=mz702350;

sa=sa702350;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
end
elseif
linFZ (parFZ) == 2
%FZ=100lb

Normal_Load=100;

mz=mz703100;

sa=sa703100;

```

```

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters,sa,mz);
end
elseif
linFZ(parFZ) == 3
%FZ=150lb

Normal_Load=150;

mz=mz703150;

sa=sa703150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters,sa,mz);
end
elseif
linFZ(parFZ) == 4
%FZ=200lb

Normal_Load=200;

mz=mz703200;

sa=sa703200;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters,sa,mz);
end
elseif
linFZ(parFZ) == 5
%FZ=250lb

Normal_Load=250;

mz=mz703250;

sa=sa703250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

```



```

elseif                                     if
linFZ(parFZ) == 3                          check == 1
    %FZ=150lb
    [MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
    RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_
    parameters,sa,mz);
    Normal_Load=150;
    mz=mz704150;
    sa=sa704150;
    [SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
    ;
    tic
    [finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
    magic_approachC_final_MZ(sa,IA,mz,Normal_Load,SlopeMZ);
    toc
    load
    gong.mat; %handel.mat;
    sound(y);
    [check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
    if
    check == 1
    [MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
    RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_
    parameters,sa,mz);
    end
    elseif
    linFZ(parFZ) == 4                          %FZ=200lb
    Normal_Load=200;
    mz=mz704200;
    sa=sa704200;
    [SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
    ;
    tic
    [finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
    magic_approachC_final_MZ(sa,IA,mz,Normal_Load,SlopeMZ);
    toc
    load
    gong.mat; %handel.mat;
    sound(y);
    [check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
    if
    check == 1
    [MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
    RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_
    parameters,sa,mz);
    end
    elseif
    linFZ(parFZ) == 5                          %FZ=250lb
    Normal_Load=250;
    mz=mz704250;
    sa=sa704250;
    [SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
    ;
    tic
    [finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
    magic_approachC_final_MZ(sa,IA,mz,Normal_Load,SlopeMZ);
    toc
    load
    gong.mat; %handel.mat;
    sound(y);
    [check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
    if
    check == 1
    [MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
    RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_
    parameters,sa,mz);
    end
    elseif
    linFZ(parFZ) == 6                          %FZ=350lb
    Normal_Load=350;
    mz=mz704350;
    sa=sa704350;
    [SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
    ;
    tic
    [finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=

```

Κεφάλαιο 8

```

magic_approachC_final_MZ(sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
    toc
    load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz, MZmagic, sa);

check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
    end
    end
    end
    end

elseif linP (parP) == 3
%% P=83kPa
for
parIA=1:numel (linIA)
    if linIA (parIA) ==
1
        %IA0
        IA=0;
        for
parFZ=1:numel (linFZ)
            if
linFZ (parFZ) == 1
                %FZ=501b

Normal_Load=50;

mz=mz83050;

sa=sa83050;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;
                tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
                toc
                load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ (mz, MZmagic, sa);

check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
                end
                elseif
linFZ (parFZ) == 3
                    %FZ=1501b

Normal_Load=150;

mz=mz830150;

sa=sa830150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;
                    tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=

```

```

magic_approachC_final_MZ(sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
    toc
    load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic, sa);
    if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
    end
elseif
linFZ (parFZ) == 4
    %FZ=200lb

Normal_Load=200;

mz=mz830200;

sa=sa830200;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa, mz)
;
    tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
    toc
    load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic, sa);
    if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
    end
elseif
linFZ (parFZ) == 6
    %FZ=350lb

Normal_Load=350;

mz=mz830350;

sa=sa830350;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa, mz)
;
    tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
    toc
    load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic, sa);
    if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
    end
elseif
linFZ (parFZ) == 5
    %FZ=250lb

Normal_Load=250;

mz=mz830250;

```


Κεφάλαιο 8

```

nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
                                end
                                end
                                end
                                elseif linIA(parIA)
== 2
                                %IA1
                                IA=1;
                                for
parFZ=1:numel(linFZ)
                                if
linFZ(parFZ) == 1
                                %FZ=50lb

Normal_Load=50;

mz=mz83150;

sa=sa83150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa, mz)
;
                                tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz, MZm
agic, sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP), linIA(parIA), l
inFZ(parFZ), finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 3
                                %FZ=150lb

Normal_Load=150;

mz=mz831150;

sa=sa831150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa, mz)
;
                                tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz, MZm
agic, sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP), linIA(parIA), l
inFZ(parFZ), finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 2
                                %FZ=100lb

Normal_Load=100;

mz=mz831100;

sa=sa831100;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa, mz)
;
                                tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz, MZm
agic, sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP), linIA(parIA), l
inFZ(parFZ), finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 4
                                %FZ=200lb

Normal_Load=200;

```

```

mz=mz831200;

sa=sa831200;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters]=magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
        elseif
linFZ(parFZ) == 5
        %FZ=250lb

Normal_Load=250;

mz=mz831250;

sa=sa831250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters]=magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
        end
        elseif linIA(parIA)
== 3
        %IA2
        IA=2;
        for
parFZ=1:numel(linFZ)
        if
linFZ(parFZ) == 1
        %FZ=50lb

Normal_Load=50;

mz=mz83250;

sa=sa83250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
        elseif
%FZ=350lb

Normal_Load=350;

mz=mz831350;

sa=sa831350;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters]=magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
        end
        elseif linIA(parIA)
== 3
        %IA2
        IA=2;
        for
parFZ=1:numel(linFZ)
        if
linFZ(parFZ) == 1
        %FZ=50lb

Normal_Load=50;

mz=mz83250;

sa=sa83250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic

```

Κεφάλαιο 8

```

                                                                    %FZ=1501b
[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;          %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
elseif
linFZ(parFZ) == 2
        %FZ=1001b

Normal_Load=100;

mz=mz832100;

sa=sa832100;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;          %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
elseif
linFZ(parFZ) == 3
                                                                    %FZ=2001b
Normal_Load=150;

mz=mz832150;

sa=sa832150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;          %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
elseif
linFZ(parFZ) == 4
        %FZ=2001b

Normal_Load=200;

mz=mz832200;

sa=sa832200;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;          %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1

```

```

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
                                end
                                elseif
linFZ (parFZ) == 5
                                %FZ=250lb
Normal_Load=250;
mz=mz832250;
sa=sa832250;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;
                                tic
[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                                %handel.mat;
sound (y);
[check]=MF_error_plot_MZ (mz, MZm
agic, sa);
                                if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
                                end
                                end
                                elseif linIA (parIA)
== 4
                                %IA3
                                IA=3;
                                for
parFZ=1: numel (linFZ)
                                if
linFZ (parFZ) == 1
                                %FZ=50lb
Normal_Load=50;
mz=mz83350;
sa=sa83350;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;
                                tic
[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                                %handel.mat;
sound (y);
[check]=MF_error_plot_MZ (mz, MZm
agic, sa);
                                if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
                                end
                                elseif
linFZ (parFZ) == 2

```

Κεφάλαιο 8

```

                                %FZ=100lb
Normal_Load=100;

mz=mz833100;

sa=sa833100;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                                %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 3
                                %FZ=150lb

Normal_Load=150;

mz=mz833150;

sa=sa833150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                                %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 4
                                %FZ=200lb

Normal_Load=200;

mz=mz833200;

sa=sa833200;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                                %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 5
                                %FZ=250lb

Normal_Load=250;

mz=mz833250;

sa=sa833250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc

```

```

                                load                                %FZ=501b
gong.mat;                       %handel.mat;
sound(y);
[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
                                if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 6
                                %FZ=3501b
Normal_Load=350;
mz=mz833350;
sa=sa833350;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic
[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                       %handel.mat;
sound(y);
[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
                                if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 2
                                %FZ=1001b
Normal_Load=100;
mz=mz834100;
sa=sa834100;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic
[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                       %handel.mat;
sound(y);
[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
                                if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
                                end
                                end
                                elseif linIA(parIA)
== 5
                                %IA4
                                IA=4;
                                for
parFZ=1:numel(linFZ)
                                if
linFZ(parFZ) == 1

```

Κεφάλαιο 8

```

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
                                end
                                elseif
linFZ (parFZ) == 3
                                %FZ=150lb

Normal_Load=150;

mz=mz834150;

sa=sa834150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;
                                tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                                %handel.mat;

sound (y);

[check]=MF_error_plot_MZ (mz, MZm
agic, sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
                                end
                                elseif
linFZ (parFZ) == 5
                                %FZ=250lb

Normal_Load=250;

mz=mz834250;

sa=sa834250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;
                                tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                                %handel.mat;

sound (y);

[check]=MF_error_plot_MZ (mz, MZm
agic, sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
                                end
                                elseif
linFZ (parFZ) == 4
                                %FZ=200lb

Normal_Load=200;

mz=mz834200;

sa=sa834200;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;
                                tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat;                                %handel.mat;

sound (y);

[check]=MF_error_plot_MZ (mz, MZm
agic, sa);
                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
                                end
                                elseif
linFZ (parFZ) == 6
                                %FZ=350lb

Normal_Load=350;

mz=mz834350;

sa=sa834350;

```

```

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
end
elseif
linFZ (parFZ) == 2
%FZ=100lb

Normal_Load=100;

mz=mz990100;

sa=sa990100;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
end
elseif
linFZ (parFZ) == 3
%FZ=150lb

Normal_Load=150;

mz=mz990150;

sa=sa990150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;

```


Κεφάλαιο 8

```

tic
[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;
sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
end
elseif
linFZ (parFZ) == 4
%FZ=200lb

Normal_Load=200;

mz=mz990200;

sa=sa990200;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;
sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
end
elseif
linFZ (parFZ) == 5
%FZ=250lb

Normal_Load=250;

mz=mz990250;

sa=sa990250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;
sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
end
elseif
linFZ (parFZ) == 6
%FZ=350lb

Normal_Load=350;

mz=mz990350;

sa=sa990350;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;
sound(y);
end

```

```

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
                                if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_PRO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters,sa,mz);
                                end
                                end
                                elseif linIA(parIA)
== 2
                                %IA1
                                IA=1;
                                for
parFZ=1:numel(linFZ)
                                if
linFZ(parFZ) == 1
                                %FZ=50lb
Normal_Load=50;
mz=mz99150;
sa=sa99150;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz);
;
                                tic
[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=magic_approachC_final_MZ(sa,IA,mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat; %handel.mat;
sound(y);
[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
                                if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_PRO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters,sa,mz);
                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 3
                                %FZ=150lb
Normal_Load=150;
mz=mz991150;
sa=sa991150;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz);
;
                                tic
[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=magic_approachC_final_MZ(sa,IA,mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat; %handel.mat;
sound(y);
[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
                                if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_PRO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),1
mz=mz991100;
sa=sa991100;
[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz);
;
                                tic
[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=magic_approachC_final_MZ(sa,IA,mz,Normal_Load,SlopeMZ);
                                toc
                                load
gong.mat; %handel.mat;
sound(y);
[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
                                if
check == 1
[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_PRO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),1

```

Κεφάλαιο 8

```

inFZ(parFZ), finBCD, finD, finV, finH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
        end
elseif
linFZ(parFZ) == 4
        %FZ=200lb

Normal_Load=200;
mz=mz991200;
sa=sa991200;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa, mz)
;
        tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, finC, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa, IA, mz, Normal_Load, SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;        %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz, MZmagic, sa);
        if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_PRO_MZ(linP(parP), linIA(parIA), linFZ(parFZ), finBCD, finD, finV, finH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
        end
elseif
linFZ(parFZ) == 6
        %FZ=350lb

Normal_Load=350;
mz=mz991350;
sa=sa991350;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa, mz)
;
        tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, finC, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa, IA, mz, Normal_Load, SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;        %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz, MZmagic, sa);
        if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_PRO_MZ(linP(parP), linIA(parIA), linFZ(parFZ), finBCD, finD, finV, finH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);
        end
        end
        elseif linIA(parIA)
== 3
        %IA2
        IA=2;
        for
parFZ=1:numel(linFZ)
        if
linFZ(parFZ) == 1
        %FZ=50lb

```

```

Normal_Load=50;

mz=mz99250;

sa=sa99250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
end
elseif
linFZ(parFZ) == 2
%FZ=100lb

Normal_Load=100;

mz=mz992100;

sa=sa992100;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
end
elseif
linFZ(parFZ) == 3
%FZ=150lb

Normal_Load=150;

mz=mz992150;

sa=sa992150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);
if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
end
elseif
linFZ(parFZ) == 4
%FZ=200lb

Normal_Load=200;

mz=mz992200;

sa=sa992200;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc

```

Κεφάλαιο 8

```

                                load
gong.mat;           %handel.mat;           [SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
sound(y);
                                tic

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);

                                end
                                elseif
linFZ(parFZ) == 5
                                %FZ=250lb

Normal_Load=250;

mz=mz992250;

sa=sa992250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,mz,Normal_Load,SlopeMZ);

                                toc
                                load
gong.mat;           %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);

                                end
                                end
                                elseif linIA(parIA)
== 4
                                %IA3
                                IA=3;
                                for
parFZ=1:numel(linFZ)
                                if
linFZ(parFZ) == 1
                                %FZ=50lb

Normal_Load=50;

mz=mz99350;

sa=sa99350;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
                                tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,mz,Normal_Load,SlopeMZ);

                                toc
                                load
gong.mat;           %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

```

```

                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);

                                end
                                elseif
linFZ (parFZ) == 2
                                %FZ=100lb

Normal_Load=100;

mz=mz993100;

sa=sa993100;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;

                                tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);

                                toc
                                load
gong.mat;                                %handel.mat;

sound (y);

[check]=MF_error_plot_MZ (mz, MZm
agic, sa);

                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);

                                end
                                elseif
linFZ (parFZ) == 4
                                %FZ=200lb

Normal_Load=200;

mz=mz993200;

sa=sa993200;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;

                                tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);

                                toc
                                load
gong.mat;                                %handel.mat;

sound (y);

[check]=MF_error_plot_MZ (mz, MZm
agic, sa);

                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);

                                end
                                elseif
linFZ (parFZ) == 3
                                %FZ=150lb

Normal_Load=150;

mz=mz993150;

sa=sa993150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF (sa, mz)
;

                                tic

[finBCD, finD, finV, finH, finE, fin
C, MZmagic, secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ (sa, IA,
mz, Normal_Load, SlopeMZ);

                                toc
                                load
gong.mat;                                %handel.mat;

sound (y);

[check]=MF_error_plot_MZ (mz, MZm
agic, sa);

                                if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ (linP (parP) , linIA (parIA) , l
inFZ (parFZ) , finBCD, finD, finV, fi
nH, finE, finC, MZmagic, secondary_
parameters, sa, mz);

                                end
                                elseif
linFZ (parFZ) == 5
                                %FZ=250lb

Normal_Load=250;

mz=mz993250;

```

Κεφάλαιο 8

```

sa=sa993250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_PRO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters,sa,mz);
end
elseif
linFZ(parFZ) == 6
%FZ=350lb

Normal_Load=350;

mz=mz993350;

sa=sa993350;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_PRO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters,sa,mz);
end
elseif
linFZ(parFZ) == 2
%FZ=100lb

Normal_Load=100;

mz=mz994100;

sa=sa994100;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters,sa,mz);
end
end
elseif linIA(parIA)
== 5
%IA4
IA=4;
for
parFZ=1:numel(linFZ)
if
linFZ(parFZ) == 1
%FZ=50lb

Normal_Load=50;

mz=mz99450;

sa=sa99450;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_PRO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters,sa,mz);
end
elseif
linFZ(parFZ) == 6
%FZ=350lb

Normal_Load=350;

mz=mz993350;

sa=sa993350;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
toc
load
gong.mat; %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZmagic,sa);

if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_PRO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),linFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,finH,finE,finC,MZmagic,secondary_parameters,sa,mz);
end
elseif
linFZ(parFZ) == 2
%FZ=100lb

Normal_Load=100;

mz=mz994100;

sa=sa994100;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin

```

```

C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
        elseif
linFZ(parFZ) == 3
        %FZ=150lb

Normal_Load=150;

mz=mz994150;

sa=sa994150;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l
inFZ(parFZ),finBCD,finD,finV,fi
nH,finE,finC,MZmagic,secondary_
parameters,sa,mz);
        end
        elseif
linFZ(parFZ) == 5
        %FZ=250lb

Normal_Load=250;

mz=mz994250;

sa=sa994250;

[SlopeMZ]=SlopeMZ_for_MF(sa,mz)
;
        tic

[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,MZmagic,secondary_parameters]=
magic_approachC_final_MZ(sa,IA,
mz,Normal_Load,SlopeMZ);
        toc
        load
gong.mat;      %handel.mat;

sound(y);

[check]=MF_error_plot_MZ(mz,MZm
agic,sa);
        if
check == 1

[MAGIC_Param]=Sorting_MFparam_P
RO_MZ(linP(parP),linIA(parIA),l

```



```

[finE]=magic_approachE_MZ(sa,mz
);

[finBCD,a3fin,a4fin,a5fin]=magi
c_approachBCD_MZ(Normal_Load,Slo
peMZ);
    a0max=3;
    a0min=1.8;
    diast=500;
    for j=1:diast
        if j==1
            a0=a0min;
        else
            a0=a0min+(j-
1)*(a0max-a0min)/diast);
        end
        C(j)=a0;
        cnt1=1;
        for i=1:length(sa)

finB=finBCD/(C(j)*finD);
            at=sa(i)+finH;
            fi=(1-
finE)*at+(finE/finB)*atan(finB*
at);

MZmagicinitial(j,cnt1)=finD*sin
(C(j)*atan(finB*fi))+finV;

    diaf_C(j,cnt1)=abs(mz(i)-
MZmagicinitial(j,cnt1))/abs(mz(
i))*100;
        cnt1=cnt1+1;
    end
end
meso_error=mean(diaf_C,2);
%average in every row
minC=meso_error(1);
a0fin=a0min;
for i=2:diast
    if minC>meso_error(i)
        minC=meso_error(i);
        a0fin=a0min+(i-
1)*(a0max-a0min)/diast);
    end
end
finC=a0fin;
finB=finBCD/(finC*finD);
for i=1:length(sa)
    at=sa(i)+finH;
    fi=(1-
finE)*at+(finE/finB)*atan(finB*
at);

MZmagic(i)=finD*sin(finC*atan(f
inB*fi))+finV;
end
sec_param(1)=a0fin;
sec_param(2)=a1fin;

    sec_param(3)=a2fin;
    sec_param(4)=a21fin;
    sec_param(5)=a3fin;
    sec_param(6)=a4fin;
    sec_param(7)=a5fin;
    sec_param(8)=a9fin;
    sec_param(9)=a91fin;
    sec_param(10)=a92fin;
    sec_param(11)=a10fin;
    sec_param(12)=a11fin;
    sec_param(13)=a10_11fin;
end

function
[finBCD,a3fin,a4fin,a5fin]=magi
c_approachBCD_MZ(normalload,Slo
peMZ)
    a3min=5;
    a3max=5;
    a4min=-10;
    a4max=30;
    a5min=-0.1;
    a5max=0.1;
    diast=200;

fz=4.4482216153*normalload*10^(
-3);
    Slope=SlopeMZ;
% [N/deg]

BCD=zeros(diast,diast,diast);
BCD(1,1,1)=(a3min*fz^2+a4min*fz
)/exp(a5min*fz);
    for i=2:diast
        a3=a3min+(i-1)*((a3max-
a3min)/diast);
        for j=2:diast
            a4=a4min+(j-
1)*((a4max-a4min)/diast);
            for k=2:diast
                a5=a5min+(k-
1)*((a5max-a5min)/diast);

BCD(i,j,k)=(a3*fz^2+a4*fz)/exp(
a5*fz);
            end
        end
    end
end
for i=1:diast
    for j=1:diast
        for k=1:diast

diaf_bcd(i,j,k)=abs(BCD(i,j,k)-
Slope);
        end
    end
end
finBCD=BCD(1,1,1);
mindiaf=diaf_bcd(1,1,1);
a3fin=a3min;

```

Κεφάλαιο 8

```

a4fin=a4min;
a5fin=a5min;
for i=2:diast
    for j=2:diast
        for k=2:diast
            if
mindiaf>diaf_bcd(i,j,k)
mindiaf=diaf_bcd(i,j,k);

finBCD=BCD(i,j,k);

a3fin=a3min+(i-1)*((a3max-
a3min)/diast);

a4fin=a4min+(j-1)*((a4max-
a4min)/diast);

a5fin=a5min+(k-1)*((a5max-
a5min)/diast);
            end
        end
    end
end

function
[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,FYmagic,sec_param]=magic_appr
oachC_final_Lateral(sa,IA,fy,No
rma1_Load,Cornering_Stiffness)

    FYmagic=[];

[finD,a1fin,a2fin,a15fin]=magic
_approachD_Lateral(sa,IA,fy,Nor
mal_Load);

[finV,a11_12fin,a13fin,a14fin]=
magic_approachV_Lateral(sa,IA,f
y,Normal_Load);

[finH,a8fin,a9fin,a10fin]=magic
_approachH_Lateral(sa,IA,fy,Nor
mal_Load);

[finE,a6fin,a7fin,a16fin]=magic
_approachE_Lateral(sa,fy,IA,Nor
mal_Load,finH);

[finBCD,a3fin,a4fin,a5fin]=magi
c_approachBCD_Lateral(IA,Normal
_Load,Cornering_Stiffness);

    a0max=1.4;
    a0min=0;
    diast=500;

    for j=1:diast
        if j==1
            a0=a0min;
        else
            a0=a0min+(j-
1)*((a0max-a0min)/diast);
        end
        C(j)=a0;
        cnt1=1;
        for i=1:length(sa)
            finB=finBCD/(C(j)*finD);

            Bx1=finB*(sa(i)+finH);

            FYmagicinitial(j,cnt1)=finD*sin
(deg2rad(C(j)*atan(deg2rad(Bx1-
finE*(Bx1-
atan(deg2rad(Bx1)))))))+finV;

            diaf_C(j,cnt1)=abs(-fy(i)-
FYmagicinitial(j,cnt1))/abs(-
fy(i))*100;
            cnt1=cnt1+1;
        end
    end
    meso_error=mean(diaf_C,2);
    minC=meso_error(1);
    a0fin=a0min;
    for i=2:diast
        if minC>meso_error(i)
            minC=meso_error(i);
            a0fin=a0min+(i-
1)*((a0max-a0min)/diast);
        end
    end
    finC=a0fin;

    finB=finBCD/(finC*finD);

    cnt1=1;
    for i=1:length(sa)
        Bx1(i)=finB*(sa(i)+finH);

        FYmagic(cnt1)=finD*sin(deg2rad(
finC*atan(deg2rad(Bx1(i)-
finE*(Bx1(i)-
atan(deg2rad(Bx1(i)))))))+finV
;

        cnt1=cnt1+1;
    end
end

```

```

sec_param(1)=a0fin;
sec_param(2)=a1fin;
sec_param(3)=a2fin;
sec_param(4)=a3fin;
sec_param(5)=a4fin;
sec_param(6)=a5fin;
sec_param(7)=a6fin;
sec_param(8)=a7fin;
sec_param(9)=a8fin;
sec_param(10)=a9fin;
sec_param(11)=a10fin;
sec_param(12)=a11fin;
sec_param(13)=NaN;
sec_param(14)=a13fin;
sec_param(15)=a14fin;
sec_param(16)=a15fin;
sec_param(17)=a16fin;
sec_param(18)=NaN;

end

function
[finD,alfin,a2fin,a21fin]=magic
_approachD_MZ(sa,ia,mz,Normal_L
oad)
    maxmz=0;
    for i=1:length(sa)
        if 2<=sa(i) &&
sa(i)<=10
            if maxmz<mz(i)
                maxmz=mz(i);
            end
        end
    end
    almin=-10;
    almax=10;
    a2min=-55;
    a2max=60;
    a21min=-0.02;
    a21max=0.02;
    diast=500;
    %Normal_Load=100;

%[lb]
fz=4.4482216153*Normal_Load*10^
(-3); % [kN]
%ia=0;

%[deg]
D(1,1,1)=fz*(almin*fz+a2min)*(1
-a21min*ia^2);
    for i=2:diast
        a1=almin+(i-
1)*((almax-almin)/diast);
        for j=2:diast
            a2=a2min+(j-
1)*((a2max-a2min)/diast);
            for k=2:diast
                a21=a21min+(k-1)*((a21max-
a21min)/diast);

                D(i,j,k)=fz*(a1*fz+a2)*(1-
a21*ia^2);
            end
        end
    end
    diaf_peak=abs(D-maxmz);
    finD=D(1,1,1);
    min=diaf_peak(1,1,1);
    alfin=0;
    a2fin=0;
    a21fin=0;
    for i=2:diast
        for j=2:diast
            for k=2:diast
                if
min>diaf_peak(i,j,k)
                    mindiaf=diaf_peak(i,j,k);
                    finD=D(i,j,k);

                    alfin=almin+(i-1)*((almax-
almin)/diast);

                    a2fin=a2min+(j-1)*((a2max-
a2min)/diast);

                    a21fin=a21min+(k-1)*((a21max-
a21min)/diast);
                end
            end
        end
    end
end

function
[finE]=magic_approachE_MZ(sa,mz
)
    pp=polyfit(sa,mz,9);
    cnt1=1;
    for i=1:length(sa)
        if sa(i)>=4
            valuesforE(cnt1)=9*pp(1)*sa(i)^
8+8*pp(2)*sa(i)^7+7*pp(3)*sa(i)
^6+6*pp(4)*sa(i)^5+5*pp(5)*sa(i)
^4+4*pp(6)*sa(i)^3+3*pp(7)*sa(i)
^2+2*pp(8)*sa(i)+pp(9);
            cnt1=cnt1+1;
        end
    end
    vale=abs(valuesforE);
    M=min(vale);
    for i=1:length(valuesforE)
        if M==abs(vale(i))
            minopa=vale(i)
        end
    end
end

```

Κεφάλαιο 8

```

        end
    end
    finE=-minopa;
end

function
[finH,a91fin,a92fin,a9fin]=magi
c_approachH_MZ(sa,ia,mz,normall
oad)
    diast=500;

fz=4.4482216153*normalload*10^(
-3);           %[kN]
    cnt1=1;
    for i=1:length(mz)
        if -2<=mz(i) &&
mz(i)<=2
            saforH(cnt1)=sa(i);
            cnt1=cnt1+1;
        end
    end
end

finpntforH=min(abs(saforH));
    a9min=-1;
    a9max=1;
    a91min=-25;
    a91max=10;
    a92min=-5;
    a92max=1;
    %Normal_Load=100;
%[lb]

fz=4.4482216153*normalload*10^(
-3);           %[kN]
    %IA=0;
%[deg]

H(1,1,1)=a91min*fz+a92min+a9min
*ia;
    for i=2:diast
        a91=a91min+(i-
1)*((a91max-a91min)/diast);
        for j=2:diast
            a92=a92min+(j-
1)*((a92max-a92min)/diast);
            for k=2:diast
                a9=a9min+(k-
1)*((a9max-a9min)/diast);

H(i,j,k)=a91*fz+a92+a9*ia;
            end
        end
    end
end
    diaf_h=abs(H-finpntforH);
    finH=H(1,1,1);
    mindiaf=diaf_h(1,1,1);
    a91fin=a91min;
    a92fin=a92min;
    a9fin=a9min;
    for i=2:diast

```

```

        for j=2:diast
            for k=2:diast
                if
mindiaf>diaf_h(i,j,k)

mindiaf=diaf_h(i,j,k);

                finH=H(i,j,k);

                a91fin=a91min+(i-1)*((a91max-
a91min)/diast);

                a92fin=a92min+(j-1)*((a92max-
a92min)/diast);

                a9fin=a9min+(k-1)*((a9max-
a9min)/diast);
            end
        end
    end
end

function
[finV,a10fin,a11fin,a10_11fin]=
magic_approachV_MZ(sa,ia,mz,nor
mload)
    cnt1=1;
    for i=1:length(sa)
        if -1<=sa(i) &&
sa(i)<=1
            mzforV(cnt1)=mz(i);
            cnt1=cnt1+1;
        end
    end
end

finpntforV=min(abs(mzforV));
%meso shmeio
    %finpntforV=mean(mzforV);
    a10min=-30;
    a10max=30;
    a11min=-35;
    a11max=35;
    a10_11min=-100;
    a10_11max=100;
    diast=500;
    %Normal_Load=100;
%[lb]

fz=4.4482216153*normalload*10^(
-2);           %[kN]
    %ia=0;
%[deg]

V(1,1,1)=(a10min*fz+a11min)*ia*
fz+a10_11min;
    for i=2:diast
        a10_11=a10_11min+(i-
1)*((a10_11max-
a10_11min)/diast);
        for j=2:diast

```


Κεφάλαιο 8

```

Bx1=finB*(sa(i)+finH);

FYmagicinitial(j,cnt1)=finD*sin
(C(j)*atan(Bx1-finE*(Bx1-
atan(Bx1))))+finV;

diaf_C(j,cnt1)=abs(-fy(i)-
FYmagicinitial(j,cnt1))/abs(-
fy(i))*100;
        cnt1=cnt1+1;
    end
end
%den mporei na kanei diaf
se kelia (argei poly)
meso_error=mean(diaf_C,2);
%average in every row
minC=meso_error(1);
a0fin=a0min;
for i=2:diast
    if minC>meso_error(i)
        minC=meso_error(i);
        a0fin=a0min+(i-
1)*(a0max-a0min)/diast);
    end
end
finC=a0fin;
finB=finBCD/(finC*finD);
cnt1=1;
for i=1:length(sa)

Bx1(i)=finB*(sa(i)+finH);

FYmagic(cnt1)=finD*sin(finC*ata
n(Bx1(i)-finE*(Bx1(i)-
atan(Bx1(i)))))+finV;

        cnt1=cnt1+1;
    end
    sec_param(1)=a0fin;
    sec_param(2)=a1fin;
    sec_param(3)=a2fin;
    sec_param(4)=a3fin;
    sec_param(5)=a4fin;
    sec_param(6)=a5fin;
    sec_param(7)=a6fin;
    sec_param(8)=a7fin;
    sec_param(9)=a8fin;
    sec_param(10)=a9fin;
    sec_param(11)=a10fin;
    sec_param(12)=a11_12fin;
%a11&a12 look Vapproach
    sec_param(13)=NaN;
    sec_param(14)=a13fin;
    sec_param(15)=a14fin;
    sec_param(16)=a15fin;

        sec_param(17)=a16fin;
%a16
        sec_param(18)=NaN;
%a17
end

function
[finBCD,a3fin,a4fin,a5fin]=magi
c_approachBCD_Lateral(ia,normal
load,CornStif)
    a3min=500;
    a3max=1500;
    a4min=0;
    a4max=50;
    a5min=-0.1;
    a5max=0.1;
    diast=200;

fz=4.4482216153*normalload*10^(
-3); % [N]

Cornering_Stiffness=CornStif;
% [N/deg]

BCD=zeros(diast,diast,diast);

BCD(1,1,1)=a3min*sin(atan(fz/a4
min)*2)*(1-a5min*abs(ia));
    for i=2:diast
        a3=a3min+(i-1)*((a3max-
a3min)/diast);
        for j=2:diast
            a4=a4min+(j-
1)*((a4max-a4min)/diast);
            for k=2:diast
                a5=a5min+(k-
1)*((a5max-a5min)/diast);

BCD(i,j,k)=a3*sin(atan(fz/a4)*2
)* (1-a5*abs(ia));
                end
            end
        end
    end
    for i=1:diast
        for j=1:diast
            for k=1:diast

diaf_bcd(i,j,k)=abs(BCD(i,j,k)-
Cornering_Stiffness);
            end
        end
    end
    finBCD=BCD(1,1,1);
    mindiaf=diaf_bcd(1,1,1);
    a3fin=a3min;
    a4fin=a4min;
    a5fin=a5min;
    for i=2:diast
        for j=2:diast
            for k=2:diast

```

```

        if
mindiaf>diaf_bcd(i,j,k)

mindiaf=diaf_bcd(i,j,k);

finBCD=BCD(i,j,k);

a3fin=a3min+(i-1)*((a3max-
a3min)/diast);

a4fin=a4min+(j-1)*((a4max-
a4min)/diast);

a5fin=a5min+(k-1)*((a5max-
a5min)/diast);
        end
    end
end
end

function
[finD,alfin,a2fin,a15fin]=magic
_approachD_Lateral(sa,ia,fy,Nor
mal_Load)
    maxfy=0;
    maxsa=0;
    minfy=0;
    minsa=0;
    for i=1:length(sa)
        if 5<=sa(i) && sa(i)<=9
            if maxfy<-fy(i)
                maxfy=-fy(i);
                maxsa=sa(i);
            end
        elseif -9<=sa(i) &&
sa(i)<=-5
            if minfy>-fy(i)
                minfy=-fy(i);
                minsa=sa(i);
            end
        end
    end
    almin=-200;
    almax=200;
    a2min=900;
    a2max=2500;
    a15min=-0.02;
    a15max=0.02;
    diast=500;

fz=4.4482216153*Normal_Load*10^
(-3); % [kN]

D(1,1,1)=fz*(almin*fz+a2min)*(1
-a15min*ia^2);
    for i=2:diast
        al=almin+(i-
1)*((almax-almin)/diast);
        for j=2:diast

```

```

        a2=a2min+(j-
1)*((a2max-a2min)/diast);
        for k=2:diast

a15=a15min+(k-1)*((a15max-
a15min)/diast);

D(i,j,k)=fz*(a1*fz+a2)*(1-
a15*ia^2);
        end
    end
end
for i=1:diast
    for j=1:diast
        for k=1:diast

diaf_peak(i,j,k)=abs(D(i,j,k)-
maxfy)/D(i,j,k)*100;
        end
    end
end
end
finD=D(1,1,1);
min=diaf_peak(1,1,1);
for i=2:diast
    for j=2:diast
        for k=2:diast
            if
min>diaf_peak(i,j,k)

mindiaf=diaf_peak(i,j,k);

finD=D(i,j,k);

alfin=almin+(i-1)*((almax-
almin)/diast);

a2fin=a2min+(j-1)*((a2max-
a2min)/diast);

a15fin=a15min+(k-1)*((a15max-
a15min)/diast);
        end
    end
end
end

function
[finE,fina6,fina7,final6]=magic
_approachE_Lateral(sa,fy,ia,Nor
mal_Load,finH)

fz=4.4482216153*Normal_Load*10^
(-3); % [kN]
pp=polyfit(sa,-fy,9);
cnt1=1;
for i=1:length(sa)
    if sa(i)>=5

valuesforE(cnt1)=9*pp(1)*sa(i)^

```


Κεφάλαιο 8

```

8+8*pp(2)*sa(i)^7+7*pp(3)*sa(i)
^6+6*pp(4)*sa(i)^5+5*pp(5)*sa(i)
)^4+4*pp(6)*sa(i)^3+3*pp(7)*sa(
i)^2+2*pp(8)*sa(i)+pp(9);
    cnt1=cnt1+1;
    end
end
valE=abs(valuesforE);
M=min(valE);
a6min=-2;
a6max=2;
a7min=-20;
a7max=1;
a16min=-0.01;
a16max=0.01;
diast=251;
E=(a6min*fz+a7min)*(1-
a16min*ia*sign(sa(1)+finH));
dEmin=abs(-M-E);
for i=2:diast
    a6=a6min+(i-1)*((a6max-
a6min)/diast);
    for j=2:diast
        a7=a7min+(j-
1)*((a7max-a7min)/diast);
        for k=2:diast
            a16=a16min+(k-
1)*((a16max-a16min)/diast);
            for
w=2:length(sa)
E=(a6*fz+a7)*(1-
a16*ia*sign(sa(w)+finH));
                if
dEmin>abs(-M-E)
dEmin=abs(-M-E);
fina6=a6;
fina7=a7;
fina16=a16;
                    end
                end
            end
        end
    end
    finE=-M;
end

function
[finH,a8fin,a9fin,a10fin]=magic
_approachH_Lateral(sa,ia,fy,nor
mload)
    cnt1=1;
    for i=1:length(fy)
        if -300<=-fy(i) && -
fy(i)<=300
            saforH(cnt1)=sa(i);
            cnt1=cnt1+1;
                end
            end
        end
    end
    pnt=0;
    for i=1:length(saforH)
        pnt=pnt+saforH(i);
    end
    finpntforH=pnt/length(saforH);
    a8min=-1;
    a8max=1;
    a9min=-1;
    a9max=1;
    a10min=-0.1;
    a10max=0.1;
    diast=500;
    fz=4.4482216153*normalload*10^(
-3);
    %[kN]
    H(1,1,1)=a8min*fz+a9min+a10min*
ia;
    for i=2:diast
        a8=a8min+(i-1)*((a8max-
a8min)/diast);
        for j=2:diast
            a9=a9min+(j-
1)*((a9max-a9min)/diast);
            for k=2:diast
                a10=a10min+(k-
1)*((a10max-a10min)/diast);
                H(i,j,k)=a8*fz+a9+a10*ia;
            end
        end
    end
    for i=1:diast
        for j=1:diast
            for k=1:diast
                diaf_h(i,j,k)=abs(H(i,j,k)-
finpntforH);
            end
        end
    end
    finH=H(1,1,1);
    mindiaf=diaf_h(1,1,1);
    a8fin=a8min;
    a9fin=a9min;
    a10fin=a10min;
    for i=2:diast
        for j=2:diast
            for k=2:diast
                if
mindiaf>diaf_h(i,j,k)
mindiaf=diaf_h(i,j,k);
            end
        end
    end
    finH=H(i,j,k);

```

```

a8fin=a8min+(i-1)*((a8max-
a8min)/diast);

a9fin=a9min+(j-1)*((a9max-
a9min)/diast);

a10fin=a10min+(k-1)*((a10max-
a10min)/diast);
        end
    end
end

function
[finV,a11_12fin,a13fin,a14fin]=
magic_approachV_Lateral(sa,ia,f
y,normalload)
    cnt1=1;
    for i=1:length(sa)
        if -1<=sa(i) &&
sa(i)<=1
            fyforV(cnt1)=-
fy(i);
            cnt1=cnt1+1;
        end
    end
    finpntforV=mean(fyforV);
    a11min=-200;
    a11max=200;
    a12min=-25;
    a12max=25;
    a13min=-20;
    a13max=20;
    a14min=-15;
    a14max=15;
    diast=500;

    fz=4.4482216153*normalload*10^(
-3);
    % [kN]
    a11_12min=a11min*fz+a12min;
    a11_12max=a11max*fz+a12max;

    V(1,1,1)=a11_12min+(a13min*fz+a
14min)*ia*fz;
    cnt1=1;
    for i=2:diast
        a11_12=a11_12min+(i-
1)*((a11_12max-
a11_12min)/diast);

        for j=2:diast
            a13=a13min+(j-
1)*((a13max-a13min)/diast);
            for k=2:diast
                a14=a14min+(k-
1)*((a14max-a14min)/diast);
                V(i,j,k)=a11_12+(a13*fz+a14)*ia
*fz;
            end
        end
    end
    minV=V(1,1,1);
    for i=1:diast
        for j=1:diast
            for k=1:diast
                diaf_V=abs(V(i,j,k)-
finpntforV);
            end
        end
    end
    minV=V(1,1,1);
    a11_12fin=a11_12min;
    a13fin=a13min;
    a14fin=a14min;
    for i=2:diast
        for j=2:diast
            for k=2:diast
                if
minV>V(i,j,k)
                    minV=V(i,j,k);
                end
            end
        end
    end
    a11_12fin=a11_12min+(i-
1)*((a11_12max-
a11_12min)/diast);
    a13fin=a13min+(j-1)*((a13max-
a13min)/diast);
    a14fin=a14min+(k-1)*((a14max-
a14min)/diast);
    end
end
end
end
finV=minV;
finV=finpntforV;
end

```

8.2.6 Σύναρτήσεις Υπολογισμού Μεταβλητών στην Περίπτωση της Διαμήκουσ Δύναμης

```

function
[slst]=SlopeStiffness_for_MF(sl
,fx)
    pp=polyfit(sl,fx,9);
    syms x

sol=solve([pp(1)*x^9+pp(2)*x^8+
pp(3)*x^7+pp(4)*x^6+pp(5)*x^5+p
p(6)*x^4+pp(7)*x^3+pp(8)*x^2+pp
(9)*x+pp(10)==0,x>=-
9,x<=9],[x]);
    shm=double(sol);
    shm0=shm(1);

slst=9*pp(1)*shm0^8+8*pp(2)*shm
0^7+7*pp(3)*shm0^6+6*pp(4)*shm0
^5+5*pp(5)*shm0^4+4*pp(6)*shm0^
3+3*pp(7)*shm0^2+2*pp(8)*shm0+p
p(9)
end

function
[finBCD,finD,finV,finH,finE,fin
C,FXmagic,sec_param]=magic_appr
oachC_final_Longitudinal(sl,IA,
fx,Normal_Load,Long_Stiffness)

[finBCD,b3fin,b4fin,b5fin]=magi
c_approachBCD_Longitudinal(Norm
al_Load,Long_Stiffness);

[finD,b1fin,b2fin,b21fin]=magic
_approachD_Longitudinal(sl,IA,f
x,Normal_Load);

[finV,b11fin,b12fin]=magic_appr
oachV_Longitudinal(sl,fx,Normal
_Load);

[finH,b9fin,b10fin]=magic_appro
achH_Longitudinal(sl,fx,Normal_
_Load);

[finE]=magic_approachE_Longitud
inal(sl,fx);
    b0min=0,6;
    b0max=1.4;
    diast=500;
    for j=1:diast
        if j==1
            b0=b0min;
        else
            b0=b0min+(j-
1)*(b0max-b0min)/diast);
        end
        C(j)=b0;
        cnt1=1;

        for i=1:length(sl)
            finB=finBCD/(C(j)*finD);

            Bx1(i)=finB*(sl(i)+finH);

            FXmagic_initial(j,cnt1)=finD*si
n(deg2rad(C(j)*atan(deg2rad(Bx1
(i)-finE*(Bx1(i)-
atan(deg2rad(Bx1(i))))))))+finV
;

            diaf_C(j,cnt1)=abs(fx(i)-
FXmagic_initial(j,cnt1));
            cnt1=cnt1+1;
        end
    end

    meso_error=mean(diaf_C,2);
    minC=meso_error(1);
    b0fin=b0min;
    for i=2:diast
        if minC>meso_error(i)
            minC=meso_error(i);
            b0fin=b0min+(i-
1)*(b0max-b0min)/diast);
        end
    end
    finC=b0fin;
    finB=finBCD/(finC*finD);
    cnt1=1;
    for i=1:length(sl)
        Bx1(i)=finB*(sl(i)+finH);

        FXmagic(cnt1)=finD*sin(finC*ata
n(Bx1(i)-finE*(Bx1(i)-atan(
Bx1(i))))))+finV;
        cnt1=cnt1+1;
    end
    sec_param(1)=b0fin;
    sec_param(2)=b1fin;
    sec_param(3)=b2fin;
    sec_param(4)=b3fin;
    sec_param(5)=b4fin;
    sec_param(6)=b5fin;
    sec_param(7)=NaN;
    sec_param(8)=NaN;
    sec_param(9)=NaN;
    sec_param(10)=b9fin;
    sec_param(11)=b10fin;
    sec_param(12)=b11fin;
    sec_param(13)=b12fin;
    sec_param(14)=NaN;
    sec_param(15)=b21fin;
end
end

```

```

function
[finBCD,b3fin,b4fin,b5fin]=magic_
approachBCD_Longitudinal(Normal_
Load,Slope_Stiff)
    b3min=-20;
    b3max=0;
    b4min=100;
    b4max=1000;
    b5min=-100;
    b5max=0;
    diast=500;

fz=4.4482216153*Normal_Load*10^
(-3); % [kN]

BCD=zeros(diast,diast,diast);

BCD(1,1,1)=(b3min*fz^2+b4min*fz
)*exp(-b5min*fz);
    for i=2:diast
        b3=b3min+(i-1)*((b3max-
b3min)/diast);
        for j=2:diast
            b4=b4min+(j-
1)*((b4max-b4min)/diast);
            for k=2:diast
                b5=b5min+(k-
1)*((b5max-b5min)/diast);

BCD(i,j,k)=(b3*fz^2+b4*fz)*exp(
-b5*fz);
            end
        end
    end
    for i=1:diast
        for j=1:diast
            for k=1:diast

diaf_bcd(i,j,k)=abs(BCD(i,j,k)-
Slope_Stiff);
            end
        end
    end
    finBCD=BCD(1,1,1);
    mindiaf=diaf_bcd(1,1,1);
    b3fin=b3min;
    b4fin=b4min;
    b5fin=b5min;
    for i=2:diast
        for j=2:diast
            for k=2:diast
                if
mindiaf>diaf_bcd(i,j,k)

mindiaf=diaf_bcd(i,j,k);

    finBCD=BCD(i,j,k);

    b3fin=b3min+(i-1)*((b3max-
b3min)/diast);

```

```

    b4fin=b4min+(j-1)*((b4max-
b4min)/diast);

    b5fin=b5min+(k-1)*((b5max-
b5min)/diast);
    end
    end
    end
end

function
[finD,b1fin,b2fin,b21fin]=magic
_approachD_Longitudinal(sl,ia,fx,
normalload)
    maxfx=0;
    maxsl=0;
    minfx=0;
    minsl=0;
    for i=1:length(sl)
        if 5<=sl(i) &&
sl(i)<=12
            if maxfx<fx(i)
                maxfx=fx(i);
                maxsl=sl(i);
            end
            elseif -12<=sl(i) &&
sl(i)<=5
                if minfx>fx(i)
                    minfx=fx(i);
                    minsl=sl(i);
                end
            end
        end
        b1min=-200;
        b1max=350;
        b2min=900;
        b2max=2500;
        b21min=-0.05;
        b21max=0.05;
        diast=500;

fz=4.4482216153*normalload*10^(
-3); % [kN]

D(1,1,1)=fz*(b1min*fz+b2min)*(1
-b21min*ia^2);
    for i=2:diast
        b1=b1min+(i-
1)*((b1max-b1min)/diast);
        for j=2:diast
            b2=b2min+(j-
1)*((b2max-b2min)/diast);
            for k=2:diast
                b21=b21min+(k-1)*((b21max-
b21min)/diast);

```

Κεφάλαιο 8

```

D(i,j,k)=fz*(b1*fz+b2)*(1-
b21*ia^2);
    end
    end
end
for i=1:diast
    for j=1:diast
        for k=1:diast
            diaf_peak(i,j,k)=abs(D(i,j,k)-
maxfx)/D(i,j,k)*100;
        end
    end
end
finD=D(1,1,1);
min=diaf_peak(1,1,1);
for i=2:diast
    for j=2:diast
        for k=2:diast
            if
min>diaf_peak(i,j,k)
mindiaf=diaf_peak(i,j,k);
finD=D(i,j,k);
b1fin=b1min+(i-1)*((b1max-
b1min)/diast);
b2fin=b2min+(j-1)*((b2max-
b2min)/diast);
b21fin=b21min+(k-1)*((b21max-
b21min)/diast);
        end
    end
end
end
function
[finE]=magic_approachE_Longitud
inal(sl,fx)
    pp=polyfit(sl,fx,5);
    cnt1=1;
    for i=1:length(sl)
        if sl(i)>=5
valuesforE(cnt1)=5*pp(1)*sl(i)^
4+4*pp(2)*sl(i)^3+3*pp(3)*sl(i)
^2+2*pp(4)*sl(i)+pp(5);
            cnt1=cnt1+1;
        end
    end
    vale=abs(valuesforE);
    M=min(vale);
    for i=1:length(valuesforE)
        if M==abs(vale(i))
            minopa=vale(i);
        end
    end
    end
    finE=-minopa;
end
function
[finH,b9fin,b10fin]=magic_appro
achH_Longitudinal(sl,fx,Normal_
Load)
    cnt1=1;
    for i=1:length(fx)
        if -20<=fx(i) &&
fx(i)<=20
            slforH(cnt1)=sl(i);
            cnt1=cnt1+1;
        end
    end
    pnt=0;
    for i=1:length(slforH)
        pnt=pnt+slforH(i);
    end
    finpntforH=pnt/length(slforH);
    b9min=-3;
    b9max=0;
    b10min=-8;
    b10max=0;
    diast=500;
    FZ=4.4482216153*Normal_Load*10^
(-3);
    H(1,1)=b9min*FZ+b10min;
    for i=2:diast
        b9=b9min+(i-1)*((b9max-
b9min)/diast);
        for j=2:diast
            b10=b10min+(j-
1)*((b10max-b10min)/diast);
            H(i,j)=b9*FZ+b10;
        end
    end
    for i=1:diast
        for j=1:diast
            diaf_h(i,j)=abs(H(i,j)-
finpntforH);
        end
    end
    finH=H(1,1);
    mindiaf=diaf_h(1,1);
    b9fin=b9min;
    b10fin=b10min;
    for i=2:diast
        for j=2:diast
            if
mindiaf>diaf_h(i,j)
mindiaf=diaf_h(i,j);
                finH=H(i,j);
                b9fin=b9min+(i-
1)*((b9max-b9min)/diast);
            end
        end
    end
end

```

